

# ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

---

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

БАХ А. П., БУХАРИН Н. И., ВИЛЬЯМС В. Р., ГЕНДЛЕР Е. С.  
ГУБКИН И. М., ДОЛГОВ А. Н., ИОФФЕ А. Ф., КЕРЖЕНЦЕВ П. М.,  
КРЖИЖАНОВСКИЙ Г. М., КРИЦМАН Л. Н., КУЙБЫШЕВ В. В.,  
ЛАПИРОВ-СКОБЛО М. Я., ЛЕНГНИК Ф. В., ЛИНДЕ В. В., МАР-  
ТЕНС Л. К., МЕЩЕРЯКОВ Н. Л., ФЕДОРОВСКИЙ Н. М., ША-  
ТЕЛЕН М. А., ШМИДТ О. Ю., ШПРИНК Б. Э.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Л. К. МАРТЕНС

ТОМ ДЕВЯТНАДЦАТЫЙ

РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ—РЯЖИ



---

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»

МОСКВА ♦ ОГИЗ РСФСР ♦ 1934

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»



XIX том сдан в производство 3 июля 1932 г.;  
подписан и печатан 10 марта 1933 г.

В феврале м-це 1934 г. выпущен дополнительный тираж 16 000 экз.

Набор текста и верстка, печать, брошировочно-переплетные работы выполнялись в 16-й типографии треста «Полиграфкнига» под общим наблюдением директора 16-й типографии Смирнова П. Г. и помощников директора Моргунова Н. В. и Кудряшова П. В. Набор и верстка произведены под руководством Колобашкина И. Г. и Самойлова И. К. Верстали Горшков М. С. и Егоров П. А. Печатью руководил Майоров С. Г. Брошировочно-переплетные работы выполнялись под общим наблюдением Баранова В. В., Курчева Н. Н., Овсяникова М. П., Костюшина П. И. и Комарова И. М. Тиснением руководил Александров А. А. Клише для тиснения на переплете гравировано Законовым Г. А. Клише выполнялись цинкографией 3-й типографии ОГИЗ «Красный пролетарий». Бумага бумажной фабрики Вишхимза, Дерматин Кунцевской фабрики им. В. П. Ногина. Картон Миропольской фабрики и Валахнинского комбината.

*В XIX томе ТЭ помещены 931 иллюстрация в тексте,  
три вкладки к статьям: «Рассеяние света»—1, «Резание»—1,  
«Рудничный подъем»—1.*

Адрес редакции Технической Энциклопедии: Москва, Остоженка, 1.  
Адрес издательства: Москва, Волхонка, 14.

16-я типография треста «Полиграфкнига», Москва, Трехпрудный пер., 9.  
Уполномоченный Главлита В 72422. Гиз 10. 3-00 г. Заказ № 1294.  
Бумага 72×108/16. 29 печ. листов×97 000 знаков. Тираж 16 000 экз.

# РЕДАКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭНЦИКЛОПЕДИИ

РЕДАКЦИОННОЕ БЮРО

Главный Редактор—проф. **Л. К. Мартенс.**

Зам. Глав. Редактора—инж. **Б. Э. Шпринк.**  
Иом. Глав. Редактора—**А. А. Дашкевич.**

Председатель Правления—**Б. П. Рогачев.**  
Ученый Секретарь—**Н. П. Ракицкий.**

## НАУЧНЫЕ СОТРУДНИКИ

**Ельцина Н. М.;** инж. **Знаменский А. А.;** **Мельников И. И.;** инж. **Мушенко И. Н.;** инж. **Павлушков Л. С.;** **Ракицкий Н. П.;** инж. **Фрязиновский И. А.;** инж. **Шпринк Б. Э.;** Зав. библиографией: инж. **Таубман С. И.;** Технический Редактор: **Никаноров В. М.,**

## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ СЕКТОР

Зам. Зав. ГСЭИ по производственной части, руководитель Произв. сектора: **Татиев Д. П.;** Зам. руковод. Произв. сектора: **Маркус В. А.;** Технический Редактор по иллюстрациям: **Гавастерна В. Я.;** Зав. Технической редакцией при типографии: **Кулешов Н. Э.;** Технический Редактор при типографии: инж. **Савмаров Н. Г.;** Зав. корректорской: **Бокшицкая Л. И.;** Старший корректор: **Полякова В. М.**

## СОКРАЩЕНИЯ И СИМВОЛИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

### I. Метрические меры.

**км** километры (1 000 м).  
**м** метры.  
**дм** дециметры (0,1 м).  
**см** сантиметры (0,01 м).  
**мм** миллиметры (0,001 м).  
**мк** микроны (0,001 мм).  
**ти** миллимикроны (0,001 м).  
**ми** микромикроны (0,000001 м).  
**км<sup>2</sup>** квадратные километры.  
**га** гектары (квадратные гектометры).  
**а** ары (квадр. декаметры).  
**м<sup>2</sup>** квадратные метры.  
**м<sup>3</sup>** кубические метры.  
**дм<sup>3</sup>** » дециметры.  
**см<sup>3</sup>** » сантиметры.  
**мм<sup>3</sup>** » миллиметры.  
**т** метрич. тонны (1 000 кг).  
**ц** центнеры (100 кг).  
**кг** килограммы (1 000 г).  
**г** граммы.  
**дг** дециграммы (0,1 г).  
**сг** сантиграммы (0,01 г).  
**мг** миллиграммы (0,001 г).  
**мкг** микрограммы (0,001 мг).  
**к** караты (200 мг).  
**мл** миллилитры (1 000 л).  
**дл** децилитры (10 л).  
**л** литры.  
**дл** децилитры (0,1 л).  
**сл** сантитлитры (0,01 л).  
**мл** миллилитры (0,001 л).  
**тм** тоннометры.  
**кгм** килограммометры.  
**т/м<sup>2</sup>** тонны на кв. метр.  
**кг/см<sup>2</sup>** килограммы на кв. сантиметр.  
**м/сек** метры в секунду.  
**п. м** погонные метры.  
**рег. т** регистровые тонны.

**cos** косинус.  
**ctg** котангенс.  
**csc** косеканс.  
**arc sin** арксинус.  
**arc tg** арктангенс.  
**sh** гиперболический синус.  
**ch** гиперболич. косинус.  
**th** » тангенс.  
**∅** диаметр.  
**e** основание натуральных логарифмов.  
**lg** логарифм десятичный.  
**ln** » натуральный.  
**lim** предел.  
**Const** постоянная величина.  
**∑** сумма.  
**∫** интеграл.  
**~** приблизительно.  
**∞** бесконечность.  
**d** полный дифференциал.  
**∂** частный »

**t°заст.** температура застывания.  
**t°отв.** » отвердевания.  
**t°крит.** » критическая.  
**atm** атмосфера техническая.  
**Atm** » барометрич.  
**I** сила тока.  
**Q** электр. заряд, количество электричества.  
**E** электродвижущая сила.  
**V, U** напряжение, потенциал.  
**A** работа.  
**W** энергия.  
**N** мощность.  
**f** период колебания.  
**T, ν** частота.  
**ω** угловая скорость, угловая частота.  
**Ω** боковая частота.  
**λ** длина волны.  
**φ** сдвиг фазы.  
**L** самоиндукция.  
**C** емкость.  
**R** сопротивление активное (ваттное).

### III. Международные символы.

#### а) Единицы.

**A** ампер.  
**Ah** ампер-час.  
**W** ватт.  
**Wh** ватт-час.  
**kW** киловатт.  
**kWh** киловатт-час.  
**V** вольт.  
**mV** милливольт.  
**VA** вольт-ампер.  
**kVA** киловольт-ампер.  
**mA** миллиампер.  
**Ω** ом.  
**MΩ** мегом.  
**μΩ** микроом.  
**C** кулон.  
**VC** вольт-кулон.  
**H** генри.  
**J** джоуль.  
**F** фарада.  
**μF** микрофарада.  
**Å** ангстрем.  
**D** дына  
**Cal** калория большая.  
**cal** калория малая.  
**IP** лошадиная сила.  
**lm** люмен.  
**lx** люкс.  
**m** морг.  
**Hz** герц.

#### б) Величины.

**t°** температура обыкновенная.  
**T°** » абсолютная.  
**t°кип.** » кипения.  
**t°пл.** » плавления.

**ε** диэлектрич. постоянная.  
**μ** магнитн. проницаемость.  
**e** удельное сопротивление.  
**σ** удельная проводимость.  
**δ** decrement затухания.  
**Φ** магнитный поток.  
**H<sub>B</sub>T** твердость по Бринеллю.  
**A<sub>c1</sub>, A<sub>c2</sub>, A<sub>c3</sub>** критич. точки.  
**A<sub>T1</sub>, A<sub>T2</sub>, A<sub>T3</sub>** железн. сплавов.  
**g** ускорение силы тяжести.  
**l** длина.  
**m** масса.  
**D<sub>t1</sub>** уд. вес при t°<sub>1</sub> по отношению к воде при t°<sub>2</sub>.  
**[a]; [a]D** угол вращения плоскости поляризации.  
**C<sub>H</sub>; [H']** концентрация водородных ионов.  
**<sup>1</sup>/<sub>2</sub>PH; P<sub>H</sub>** водородный показатель.  
**<sup>1</sup>/<sub>2</sub>N** нормальный раствор.  
**n<sup>o</sup>** коэф. преломления.  
**D**

### IV. Основные сокращения.

**фт.**—футы.  
**дм.**—дюймы.  
**кц.**—килоцикл.  
**д.**—диэл.  
**св.**—свеча.  
**об/м.**—обороты в минуту.  
**п-вс.**—пудоверсты.  
**п-фт.**—пудофуты.  
**фт/сек.**—футы в секунду.  
**чв-д.**—человекодни.  
**чв-ч.**—человекочасы.  
**долл., \$**—доллары.  
**мар.**—марки.  
**фн. ст., £**—фунты стерлингов.

**°** градус.  
**'** минута, фут.  
**"** секунда, дюйм.  
**'''** терция, линия.  
**<** больше (< меньше).  
**<<** не больше (<< не меньше).  
**≈** приблизительно равно.  
**≈** больше или равно.  
**≈** меньше или равно.  
**≪** значительно больше.  
**≲** значительно меньше.  
**∠** угол, измеряемый дугой.  
**∥** параллельно.  
**⊥** перпендикулярно.  
**от—до.**  
**sin** синус.  
**tg** тангенс.  
**sec** секанс.

фр.—франки.  
 шилл.—шиллинги.  
 млн.—миллионы.  
 млрд.—миллиарды.  
 ч.—часы.  
 м., мин.—минуты.  
 сек.—секунды.  
 °Вб.—градусы Бомера.  
 °Э.—градусы Энглера.  
 Градусы температурных шкал:  
 °К.—Кельвина.  
 °С, °Ц.—Цельсия (100°-ной).  
 °Р.—Реомюра.  
 °Ф.—Фаренгейта.  
 °С.—температура по 100°-ной шкале (С).  
 °Р.—температура по Реомюру.  
 °Ф.—температура по Фаренгейту.  
 абс. ед.—абсолютная единица.  
 ат. в.—атомный вес.  
 Aufl.—Auflage.  
 В.—Band, Bände.  
 v.—volume, volumes.  
 вкл.—включительно.  
 гг.—годы, города.  
 д.—деревня, долгота.  
 д. б.—должно быть.  
 ж. д., ж.-д.—железная дорога, железнодорожный.  
 з.—европ.—западноевропейский.  
 з-д.—завод.  
 изд.—издание.  
 ин-т.—институт.  
 Jg.—Jahrgang.  
 кнд.—коэффициент полезного действия.  
 к.—какой-либо.  
 к-рый—который  
 к-та—кислота.  
 Lfg.—Lieferung.  
 м.—мета (хим.).  
 м. б.—может быть.  
 м. г.—минувшего года.  
 меш (mesh)—число отверстий в ситах на лин. дюйм.  
 мн-к—многоугольник.  
 мол. в.—молекулярный вес.  
 нек-рый—некоторый.  
 о—орто (хим.).  
 об-во—общество.  
 о-в—остров.  
 п—пара (хим.).  
 р.—pagina, paginae (лат.—страница, страницы).  
 пром-сть—промышленность.  
 проф.—профессор.  
 СК—зегеровские конуса.  
 С., Ю., В., З.—север, юг, восток, запад.  
 с.-з., ю.-в.—северо-западный, юго-восточный.  
 стр.—страницы.  
 т.—том, томы.  
 т.—tome, tomes.  
 Т.—Teil, Teile.  
 тв.—твердость.  
 т-во—товарищество.  
 темп-ра—температура.  
 т. н.—так называемый.  
 тр-к—треугольник.  
 уд.—удельный.  
 уд. в.—удельный вес.

ур-не—уравнение.  
 У. П.—Урочное положение.  
 u. ff.—und folgende.  
 ф-ия—функция.  
 ф-ка—фабрика.  
 ф-ла—формула.  
 Н.—Heft, Hefte.  
 хим. сост.—химический состав.  
 ц. т.—центр тяжести.  
 Ztg—Zeitung.  
 Ztrbl.—Zentralblatt.  
 Ztschr.—Zeitschrift.  
 ш.—широта.  
 эдс—электродвижущая сила.  
 эфф.—эффективный.  
 Ан. П.—английский патент.  
 Ам. П.—американский »  
 Г. П.—германский »  
 Р. П.—русский »  
 Сов. П.—советский »  
 Ф. П.—французский »  
 В.—Berlin.  
 Brschw.—Braunschweig.  
 L.—London.  
 Lpz.—Leipzig.  
 Mch.—München.  
 N. Y.—New York.  
 P.—Paris.  
 Stg.—Stuttgart.  
 W.—Wien.  
 Wsh.—Washington.  
 Л.—Ленинград.  
 М.—Москва.  
 П.—Петроград.  
 СПб—Петербург.

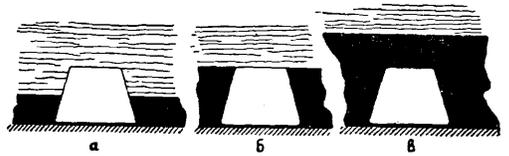
фр.—франки.  
 шилл.—шиллинги.  
 млн.—миллионы.  
 млрд.—миллиарды.  
 ч.—часы.  
 м., мин.—минуты.  
 сек.—секунды.  
 °Вб.—градусы Бомера.  
 °Э.—градусы Энглера.  
 Градусы температурных шкал:  
 °К.—Кельвина.  
 °С, °Ц.—Цельсия (100°-ной).  
 °Р.—Реомюра.  
 °Ф.—Фаренгейта.  
 °С.—температура по 100°-ной шкале (С).  
 °Р.—температура по Реомюру.  
 °Ф.—температура по Фаренгейту.  
 абс. ед.—абсолютная единица.  
 ат. в.—атомный вес.  
 Aufl.—Auflage.  
 В.—Band, Bände.  
 v.—volume, volumes.  
 вкл.—включительно.  
 гг.—годы, города.  
 д.—деревня, долгота.  
 д. б.—должно быть.  
 ж. д., ж.-д.—железная дорога, железнодорожный.  
 з.—европ.—западноевропейский.  
 з-д.—завод.  
 изд.—издание.  
 ин-т.—институт.  
 Jg.—Jahrgang.  
 кнд.—коэффициент полезного действия.  
 к.—какой-либо.  
 к-рый—который  
 к-та—кислота.  
 Lfg.—Lieferung.  
 м.—мета (хим.).  
 м. б.—может быть.  
 м. г.—минувшего года.  
 меш (mesh)—число отверстий в ситах на лин. дюйм.  
 мн-к—многоугольник.  
 мол. в.—молекулярный вес.  
 нек-рый—некоторый.  
 о—орто (хим.).  
 об-во—общество.  
 о-в—остров.  
 п—пара (хим.).  
 р.—pagina, paginae (лат.—страница, страницы).  
 пром-сть—промышленность.  
 проф.—профессор.  
 СК—зегеровские конуса.  
 С., Ю., В., З.—север, юг, восток, запад.  
 с.-з., ю.-в.—северо-западный, юго-восточный.  
 стр.—страницы.  
 т.—том, томы.  
 т.—tome, tomes.  
 Т.—Teil, Teile.  
 тв.—твердость.  
 т-во—товарищество.  
 темп-ра—температура.  
 т. н.—так называемый.  
 тр-к—треугольник.  
 уд.—удельный.  
 уд. в.—удельный вес.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ НАЗВАНИЙ РУССКИХ И ИНОСТРАННЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ, ОБЩЕСТВ, ФИРМ

- «АВНХ»—Азербайджанское нефтяное хозяйство, Баку.  
 «ВВФ»—Вестник воздушного флота, Москва.  
 «ВИ»—Вестник инженеров, Москва.  
 «ВС»—Вестник стандартизации, Москва.  
 «ВТ»—Вопросы труда, Москва.  
 «ГЖ»—Горный журнал, Москва.  
 «ГТ»—Гигиена труда, Москва.  
 «Ж»—Журнал Русского физико-химического общества, Ленинград.  
 «ЖРМО»—Журнал Русского металлургического общества, Ленинград.  
 «ЖХП»—Журнал химической промышленности, Москва.  
 «ИТИ»—Известия Теплотехнического института им. Ф. Дзержинского, Москва.  
 «МС»—Минеральное сырье, Москва.  
 «МХ»—Мировое хозяйство и мировая политика, Москва.  
 «НИ»—Нерудные ископаемые, Ленинград.  
 «НХ»—Нефтяное хозяйство, Москва.  
 «ОСТ»—Общесоюзные стандарты, Москва.  
 «ПТ»—Промышленность и техника, СПб.  
 «ПХ»—Плановое хозяйство, Москва.  
 «СГ»—Социальная гигиена, Москва.  
 «СП»—Строительная пром-сть, Москва.  
 «СТ»—Санитарная техника, Москва.  
 «СХ»—Социалистическое хозяйство, Москва.  
 «ТТБП»—Телеграфия и телефония без проводов, Н.-Новгород.  
 «Труды ГЭИ»—Труды Гос. экспериментального электротехнического института, Москва.  
 «Труды НАМИ»—Труды Научного автомобильного ин-та, Москва.  
 «Труды НИУ»—Труды Научного института по удобствам, Москва.  
 «Труды ЦАГИ»—Труды Центрального аэрогидродинамич. ин-та, Москва.  
 «УФН»—Успехи физических наук, Москва.  
 «ААЗ»—Allgemeine Automobil-Zeitung, Wien.  
 «A. Ch.»—Annales de Chimie et de Physique, Paris.  
 AEG—Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.  
 AGFA—Aktien-Gesellschaft für Anilin-Fabrikation, Berlin.  
 «Am. Soc.»—Journal of the American Chemical Society, Easton, Pa.  
 «Ann. d. Phys.»—Annalen der Physik, Leipzig.  
 «Ann. Min.»—Annales des Mines, Paris.  
 «B.»—Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft, Berlin.  
 BAMAG—Berlin-Anhaltische Maschinenbau - Aktien - Gesellschaft, Dessau.  
 BASF—Bädische Anilin- und Soda-Fabrik, Ludwigshafen a/R.  
 BEAMA—The British Electrical and Allied Manufacturers Association, London.  
 «B. u. E.»—Beton und Eisen, Berlin.  
 Bayer—Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Co., Köln a/R.  
 «Ch.-Ztg.»—Chemiker-Zeitung, Cöthen.  
 «Ch. Ztrbl.»—Chemisches Zentralblatt, Berlin.  
 DIN—Deutsche Industrie-Normen.  
 «EChZ»—Elektrochemische Zeitschrift, Berlin.  
 «EMA»—Zeitschrift für Elektrotechnik und Maschinenbau, Berlin.  
 «EuM»—Elektrotechnik und Maschinenbau, Wien.  
 «ETZ»—Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin.  
 «GC»—Genie Civil, Paris.  
 «I. Eng. Chem.»—Industrial and Engineering Chemistry, Easton, Pa.  
 I. G. Farben—Interessengemeinschaft Farben - Industrie A.-G., Leverkusen b. Köln a/R.  
 «JAIEE»—Journal of the American Institute of Electrical Engineers, New York.  
 «J. Ch. I.»—Journal of the Society of Chemical Industry, London.  
 «Mitt. Forsch.»—Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Berlin.  
 NDI—Normenausschuss der deutschen Industrie.  
 «PeKa»—Fachblatt für Parfümerie und Kosmetik, München.  
 «RGÉ»—Revue Générale de l'Électricité, Paris.  
 «Soc.»—Journal of the Chemical Society, London.  
 «St. u. E.»—Stahl und Eisen, Düsseldorf.  
 Ullm. Enz.—Enzyklopädie der technischen Chemie, herausgegeben von F. Ullmann, Wien—Berlin, 1 Auflage, 1915—23, 2 Auflage erscheint ab 1928.  
 «WeTeZ»—Westdeutsche Textil-Zeitung, Elberfeld.  
 «Z. ang. Ch.»—Zeitschrift für angewandte Chemie, Berlin.  
 «Z. d. VDI»—Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Berlin.  
 «ZFM»—Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt, München.

**РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ** (месторождений), совокупность горных работ для извлечения ископаемых из недр земли. Эксплуатация месторождений полезных ископаемых производится разнообразными способами. Разработка твердых полезных ископаемых ведется подземными или открытыми работами. При подземных разработках непосредственному извлечению ископаемого должно предшествовать *вскрытие месторождения* (см.). Часть месторождения, отведенная для эксплуатации самостоятельной производственной единицей (шахтой, штольней) и называемая поэтому шахтным полем (или полем штольни), вырабатывается за время существования этой производственной единицы, причем выработка шахтного поля ведется последовательно, почти всегда т. н. этажами. В настоящее время под термином *этаж* в горном искусстве понимают часть шахтного поля (или поля штольни), которая со стороны восстания и падения месторождения ограничена основными штреками, проводимыми по мере развития работ до границ поля, а по простиранию—границами шахтного поля. Гораздо реже, при горизонтальном залегании или очень малом падении (угол наклона) месторождения, шахтное поле разделяется не на этажи, а на т. н. панели, т. е. отдельные участки, имеющие прямоугольную или квадратную форму и отделенные друг от друга целыми камнями (т. е. невыработанными частями) полезных ископаемых. Производство подготовительных работ как в пространстве, так и во времени и их отношение к очистным работам (см. *Горные работы*) должны подчиняться определенному порядку. Этот порядок ведения подготовительных и очистных работ называется системой разработки данного месторождения. В виду многочисленности и изменчивости факторов, влияющих на выбор системы разработки, нередки случаи, когда в пределах одного и того же шахтного поля, этажа или его участка применяются различные системы разработки. Правильная система разработки должна обеспечивать безопасность, экономичность (наименьшая затрата рабочей силы, механической энергии и материалов) и наименьшую потерю полезных ископаемых в недрах. Системы разработки, сопровождаемые большими потерями полезных ископаемых, называются хищническими. Значительные потери допустимы толь-

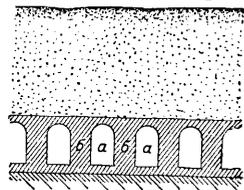
ко при Р. п. и. малоценных, притом таких, запасы к-рых в природе чрезвычайно велики (строительные камни, мел, гипс, каменная соль и нек-рые др.). На выбор системы разработки влияют следующие факторы: форма месторождения, мощность его, угол падения, строение и свойства ископаемого, свойства и интенсивность обрушения боковых пород, количество гремучего газа, водоносность пород, механизация добычи и наконец требования рынка к качествам ископаемых. 1) Как форма, так и залегание месторождения бывают различными (пласт, пластообразная залежь, россыпь, жила, шток и т. п., геологически спокойное или нарушенное складками или сбросами залегание). 2) По мощности месторождения (преимущественно пластовые) условно подразделяются на 3 группы: тонкие месторождения (мощностью до 1,5 м), когда при проходке штреков приходится кроме выемки самого полезного ископаемого (фиг. 1, а) еще подрывать и боковую



Фиг. 1.

породу; месторождения средней мощности (от 1,5 до 2,5—3 м), в к-рых проведение штреков производится без подрывания пород (фиг. 1, б), и мощные (толстые) месторождения (более 2,5—3,0 м), в которых над (или под) штреками остается некоторая толща полезных ископаемых (фиг. 1, в). 3) В зависимости от угла падения (наклона к горизонтальной плоскости) месторождения подразделяют на пологопадающие, или пологие (0—30°), наклонные (30—45°) и крутопадающие, или крутые (45—90°). 4) Крепость ископаемого обуславливает способы, инструменты и машины очистной выемки; направление кливажа (способность полезных ископаемых или пустой породы по нек-рым направлениям более легко отделяться от общей массы) нередко обуславливает расположение очистного забоя; чистота месторождения или, наоборот, наличие прослоек или включений пустых пород также влияет на способ очистной выемки; склонность ископаемого к самовозгоранию требует полной по возможности

выемки его. 5) Свойства боковых пород (степень устойчивости, трещиноватость, направление трещин, способность обрушаться и оседать отдельными массами, падать внезапно или же плавно прогибаться, способность к поддуванию, т. е. к приподниманию в выработках почвы) влияют на способы выемки ископаемого; при разработке пологопадающих месторождений наиболее важны свойства кровли, при крутопадающих — и свойства почвы. Выработанные пространства (см. *Горные выработки*) влияют на устойчивость вышележащих (а при крутом падении и нижележащих) пород. В зависимости от отношения к выработанным пространствам различают три основных принципа разработки месторождений полезных ископаемых: а) среди выработанных пространств  $a$ ,  $a$  (фиг. 2) навсе-



Фиг. 2.

гда остаются неизвлекаемые части полезных ископаемых  $b$ ,  $b$ , называемые столбами или целиками и играющие роль колонн, поддерживающих вышележащие породы; б) выработанные пространства заполняются закладкой (см. *Механизация горных работ*); в) в выработанных пространствах целики не оставляются и закладка не возводится, происходит обрушение боковых пород (разработка с обрушением, разработка без закладки).

На практике эти три основных принципа нередко комбинируются между собой, например возводится не полная закладка, а частичная; кроме оставляемых целиков применяется и закладка; целики полезных ископаемых оставляются временно и т. д. При системах разработки, сопровождаемых обрушением или оседанием кровли, крайне важно, не распространяясь на части выработанного пространства, необходимые для работы. Мероприятия для осуществления этого условия (способы крепления забоев, качество и способ возведения закладки и др.) называются управлением кровли. 6) Наличие или отсутствие гремучего газа и формы его выделения в каменноугольных рудниках, в виде исключения в некоторых других — калийных, медных, в алмазных коях Южной Африки, — оказывают значительное влияние на способы разработки, доставки, освещения рудников и пр. 7) Вода в местах работы понижает производительность труда и опасна для здоровья (простуды, возможность поскользнуться и упасть; при наличии соответствующих температурных условий появление особых гlistов — болезнь *ankylostomiasis*). Поэтому необходимо вести разработку так, чтобы вода не мешала работам. 8) Механизация добычи оказывает огромное влияние на систему разработки, побуждая в корне менять многие прежние положения горного искусства (длина и форма забоев, величина ежесуточного подвигания забоев, размеры и производительность выемочных участков и т. д.). Преобразование системы разработки под влиянием механизации есть одно из характернейших явлений в горной промышленности СССР за последнее пятилетие. Нельзя сомневаться, что под влиянием механизации и концентрации производства в будущем появятся совершенно новые системы

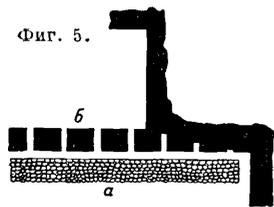
разработки помимо известных (описываемых ниже) до настоящего времени. 9) Требования рынка к качествам полезных ископаемых (кусковатость, допустимый % мелочи и зольности и пр.) тоже влияют на выбор способа выемки в забоях.

Закладка выработанных пространств, т. е. заполнение последних пустыми породами или, очень редко, малоценным полезным ископаемым, бывает сухая или гидравлическая (мокрая). Промежуточное место занимает изредка применяемая полумокрая закладка. Сухая закладка может возводиться мускульным трудом (обыкновенная, ручная закладка) или помощью особых закладочных машин (машинная закладка) или сжатым воздухом (пневматическая закладка). Разработка с закладкой имеет след. важные преимущества перед разработкой с обрушением: 1) при закладке уменьшается, а иногда и вовсе устраняется вредное влияние подземных разработок на земную поверхность, 2) в рудниках уменьшается давление пород на крепление выработок, 3) в очистных забоях уменьшается вероятность обвалов, вредных для правильного ведения производства и опасных для людей, 4) сокращаются потери полезных ископаемых, 5) улучшается вентиляция. С другой стороны, получение закладочного материала, его перемещение к забоям и возведение закладки требуют лишнего, обычно значительных, расходов. Поэтому в каждом отдельном случае необходимо тщательно сравнивать в техническом и экономическом отношении систему разработки без закладки и с закладкой выработанного пространства. Закладка особо важна для мощных месторождений.

Сухая закладка. Источники закладочного материала могут находиться под землей или на дневной поверхности. К первым принадлежат: прослойки или включения пустых пород среди полезных ископаемых; боковые породы, добываемые при проходке выработок или в очистных забоях; иногда в выработанных пространствах прокладывают специально слепые штреки (исключительно с целью добычи закладочного материала), горные мелницы (см. *Горные выработки*) или даже специальные камеры (напр. в массивах каменной соли, идущей на закладку при добыче калийных солей). Для получения закладочного материала на земной поверхности организуют открытые работы (карьеры) в местах залегающих пород, добыча которых не представляет особых затруднений (песок, глина, разрушенные выветриванием на выходах более крепкие породы), по возможности ближе к выработкам, по которым производится спуск закладки в подземные работы. Добыча закладки в карьерах ведется приемами, принятыми для открытых работ (см. ниже). Реже представляется возможным добывать материал для закладки из других источников: старые отвалы пустых пород, отходы обоганительных ф-к, отбросы химич. переработки, шлаки металлургич. заводов, шлаки из топок паровых котлов, строительный мусор и т. п. От места добычи к месту спуска в подземные работы закладочный материал транспортируется, в зависимости от местных условий, в больших ж.-д. саморазгружающихся вагонах, в рудничных вагонетках, подвесными дорогами и т. п.



снабжают длинными конвейерами, выдающими уголь непосредственно на основной штрек, благодаря чему надобность в бремсбергах и промежуточных штреках отпадает. Нормально забой нижних (а не верхних) подэтажей идут впереди, чем достигается: наличие над очистными забоями каждого подэтажа невыработанной толщи угля, что существенно важно для устойчивости кровли в очистном забое; при движении вдоль забоев вентиляционной струи (направление к-рой на фиг. 4 показано стрелками) последняя лучше омывает забой, не теряясь в выработанном пространстве; могущая быть вода в верхних горизонтах не попадает в забой нижележащих подэтажей. На фиг. 4 показано расположение очистных забоев по линии падения, но иногда при желании считаться с направлением кливажа они располагаются и диагонально по отношению к направлению падения. При горизонтальном залегании пластов для уменьшения среднего расстояния доставки в очистном забое промежуточные штреки целесообразнее подводить к середине подэтажей. Так как при сплошной разработке штреки (и бремсберги) неизбежно оказываются окруженными выработанными пространствами, то с целью предохранить их от разрушения при обрушениях кровли они ограждаются или стенками, выложенными из кусков пустой породы *a* (фиг. 5), или целиками угля *б*. Существует довольно много способов расположения таких целиков и стенок. Отбойка угля в очистных забоях только изредка при очень мягком угле производится непосредственно кусок за куском, обычно же предварительно делается *вруб* (см.). При ручной работе вруб обычно бывает глубиной  $0,7 \div 1,0$  м, высота его у забоя от 0,1 до 0,3 м, в глубину вруб сходит на-нет. П а й зарубчика в 1 смену назначается в зависимости от крепости угля и глубины вруба  $2 \div 5$  м (по длине забоя). В настоящее время ручная подрубка быстро вытесняется работой *врубовых машин* (см.). При сплошной разработке наибольшее значение имеют тяжелые врубовые машины типа лонгулл, обычно делающие вруб на глубину от 1,3 до 1,5 м. Подрубленный уголь отделяется от общей массы ручными инструментами, отбойными пневматич. молотками (см. *Пневматический инструмент*) или, чаще, *взрывными работами* (см.). Для бурения шпуров при взрывных работах очень удобны и производительные ручные электросверла. Чтобы уголь меньше дробился, пользуются небольшими зарядами более слабых взрывчатых веществ (порох, динамиты с малым содержанием нитроглицерина, при наличии гремучего газа—предохранительные взрывчатые вещества, напр. гризутины). В Донецком бассейне на 1 т добытого угля расходуется 15—40 г взрывчатого вещества. О креплении очистных забоев см. *Рудничное крепление*.

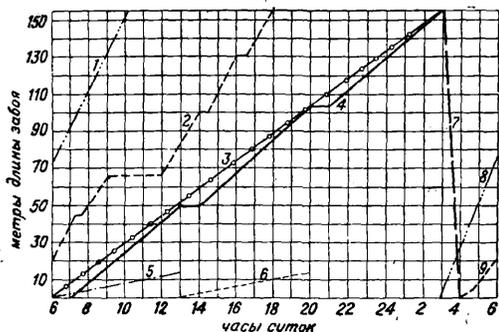


Сплошная система разработок может вестись с полной закладкой или без таковой. Очень широкое распространение эта система разработок имеет в Донецком бассейне, где работают как правило без закладки, за ис-

ключением тех случаев, когда закладочная порода попутно добывается из прослоек в пласте и сейчас же из забоя забрасывается в выработанное пространство. Так как таковой породы почти всегда нехватает на полную закладку, то иногда ее выкладывают в правильно располагаемые столбы, поддерживающие кровлю. Иногда закладку получают из слепых штреков. В Рурском бассейне (Германия) подобная система разработок применяется с полной закладкой. Доставляемая по верхнему штреку порода распределяется вдоль забоя помощью качающихся конвейеров. О доставке добытого угля до штрека см. *Доставка рудничная*. Почти исключительно от способа доставки в забое зависит высота подэтажа, т. к., начиная с некоторой вообще незначительной длины забоя, давление в нем кровли становится постоянным, независящим от высоты подэтажа. Если при саночной доставке длина забоя обычно бывает в пределах 20—50 м, то при доставке скреперами целесообразно эту величину увеличивать до 70—80 м, а при конвейерах до 100 м. Если же ставить 2 или несколько конвейеров, вытянутых по одному направлению, снабженных отдельными моторами и передающих уголь друг на друга, то является возможность делать сплошные забой по 200, 300 и даже более м, в частности вовсе не разделяя этаж на подэтажи (т. н. д л и н н ы е л а в ы). Для доставки угля по промежуточным штрекам еще и ныне широко применяется ручная доставка; однако в последнее время существует стремление к механизации этой работы конвейерами или же небольшими установками с головным и хвостовым канатом. В отличие от доставки в забоях, на промежуточных штреках во многих повидимому случаях может оказаться целесообразным применение ленточных конвейеров.

В сплошных забоях, в частности механизированных, отдельные процессы работ периодически повторяются: после подрубки, отбойки и выдачи подрубленного угля следует новый вруб, отбойка и выдача и т. д. Все другие работы в забое—крепление, перестановка транспортных механизмов, возведение закладки и другие—также повторяются в определенной последовательности. Иными словами, работы в забое укладываются в определенные ц и к л ы. Организация работ получается наиболее простой, если последовательность отдельных операций угледобычи и циклов в целом определенным образом приурочивается к распределению рабочих смен. Так, если операции угледобычи повторяются каждые сутки, то говорят о с у т о ч н о м ц и к л е работ в забое. Известны примеры организации работ, рассчитанных на  $1\frac{1}{2}$  цикла в сутки, на 1 цикл в смену. При коротких забоях при столбовых системах разработки бывают даже в 2 цикла в смену. Выполнение установленных циклов в забоях в назначенное время крайне важно. Если какая-либо операция выполняется несвоевременно, то она задерживает другие, с ней связанные операции, и т. о. установленный цикл будет нарушен, производительность забоя упадет. Т. к. механизированные забой, особенно большой длины, имеют очень большую нормальную производительность, то срыв работы в таком забое заметным образом отразится на добыче всей шахты. По этим причинам чрез-

вычайно существенна хорошо продуманная организация работ в механизированных забоях. Отдельные операции работ должны правильно сочетаться или следовать друг за другом, на каждую из них должно быть назначено соответствующее число людей должных квалификаций, производительность механизмов д. б. достаточна. Распределение работ по времени д. б. по возможности уплотнено и простой механизмов доведен до минимума. Использование механизмов достигнет максимума, если выдача угля из забоя будет происходить непрерывным потоком.



Фиг. 6.

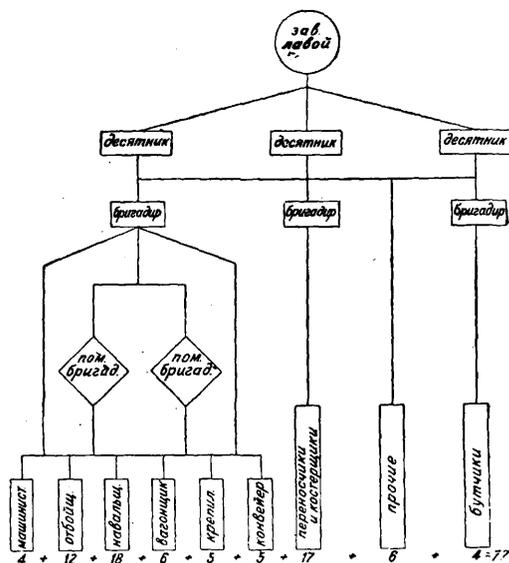
она в Донецком бассейне при разработке пологопадающего, спокойно залегающего пласта мощностью в среднем 1,08 м. Почва и кровля средней устойчивости. Длина сплошного забоя 155 м. Угледобыча механизирована электр. врубовыми машинами лонг-уолл и качающимися конвейерами. Закладка над нижним штреком получается из специального сл е п о г ш т р е к а. Распределение различных работ по длине лавы в течение суток и их взаимное сочетание наглядно изображаются на планеграмме фиг. 6, где 1—переноска рештаков, 2—подрубка, 3—выгрузка угля, 4—крепление, 5—бурение породы, 6—закладка, 7—спуск машины, 8—переноска рештаков, 9—подрубка. Число и категории рабочих и организация надзора в течение суток даются схемой фиг. 7, а распределение людей по сменам и порядок оплаты их труда ясны из графика выходов фиг. 8. Наконец основные показатели выражаются следующей таблицей:

Показатели	По графику	Фактич. за декабрь 1930 г.
Длина забоя, м . . . . .	155	155
Глубина вруба, м . . . . .	1,39	1,39
Производит. пласта, т . . . . .	1,25	1,25
Циклов в мес. . . . .	30	21
Подвиг. забоя в мес., м . . . . .	41,7	29,3
Суточная добыча, т . . . . .	269	189
Суточная добыча, вагончиков . . . . .	418	315
Месячная добыча, т . . . . .	8 070	5 676
» произв. маш., т . . . . .	8 070	5 676
Штат в работе . . . . .	77	58
Суточн. произв. труда, т . . . . .	3,49	3,25
Средн. мес. заработка, р . . . . .	84,50	89,00

Приведенные цифры в связи с фиг. 6, 7, 8 и 9 рисуют довольно полную картину организации работ в забое и могут служить базой для разнообразных технико-экономич. подсчетов и сопоставлений. При организации работ

Наибольшие затруднения при практич. осуществлении идеи непрерывного потока в механизированных забоях возникают из-за условия управления кровлей, т. е. из-за необходимости производить периодическую посадку кровли, если работа ведется без закладки. Т. о. механизированный забой должен работать по определенному расписанию, нередко довольно сложному, поскольку приходится согласовывать работу многих людей различных специальностей и квалификаций, ряда механизмов и разнородных работ. Поэтому такое расписание бывает более наглядно, если его выполнить в виде планеграмм и графиков. График изображения следует сопровождать и цифровыми показателями тех производительностей отдельных категорий рабочих и всего забоя в целом, какие обеспечиваются выполнением графиков. Эти цифры необходимы для плановых и сметных расчетов и служат для контроля успешности выполнения работ в забое. Организацией работ, т. е. наиболее рациональной последовательностью выполнения операций угледобычи, правильной расстановкой рабочей силы, наибольшим использованием механизмов, уплотнением рабочего времени, максимальным осуществлением принципа непрерывного производства и непрерывного потока, можно достичь огромных результатов в отношении эффективности и экономичности работы забоя, даже не вводя в работу каких-либо новых типов механизмов или технич. приемов. Именно по этому пути пошли те многие организаторы и рационализаторы добычи в механизированных забоях каменноугольных рудников СССР, имена которых в последние годы приобрели широкую известность (Косауров, Карташев и др.).

В качестве примера техники и организации работ в механизированных забоях приведем простейший случай одного цикла в одной работы в забое в сутки на шахте № 5 Петровского шахтоуправления Сталинского рай-



Фиг. 7.

не в 1, а в 1<sup>1/2</sup> или 2 цикла в сутки, а тем более при непрерывном потоке в буквальном смысле, организация работ в забое получается более сложной, но принцип ее графич. изображений остается прежним. На фиг. 9 (где 1—переноска крепления, 2—закладка, 3—отбойка и уборка угля, 4—доставка леса, 5—вруб, 6—закладка, 7—переноска рештаков, 8—отбойка и уборка угля, 9—бурение

шпуров, 10—отбойка и уборка угля, 11—доставка леса, 12—вруб, 13—переноска рештаков, 14—переноска крепления, 15—паление шпуров) дана планограмма работ в забое дологопадающего пласта при длине лавы в

живых породах при пологом или наклонном залегании. Благодаря длинным сплошным забоям эта система чрезвычайно благоприятна для механизации—применения врубовых машин и конвейеров. К новейшим идеям при

Наименование квалификации	оплата по ставкам	ГРАФИК ВЫХОДОВ																								Фактическая стоимость цикла по существующим нормам и ценам				
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	единиц измерен.	норма	цена	сумма
машинист вруб машины	2	4,80																									на паре	13,8	40,22	
помощн. машиниста	2	3,75																									п. метр	3,6	27,0	119,62
отбойщики	12	4,0																									вагон	24		
навалыщики	18	3,0																									72	9,0	15,0	
вагонщики	6	2,60																									упр.	-	27,0	10,000
крепыльщики	5	3,0																									шт.	70	43,0	43,00
костерщики	5	2,60																									перен.	-	28,7	11,00
переносчики	12	2,60																									упр.	-	3,75	22,50
конвейерщики	5	2,20																									"	-	-	-
эл. слесаря	6	3,75																									п. м.	1,35	6,0	10,60
бурильщики	1	2,85																												
бутчики	3	2,60																												274,0
	77																													

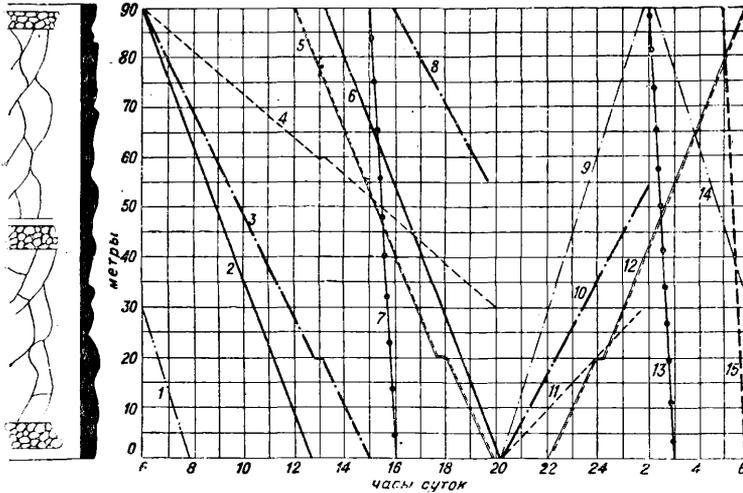
Фиг. 8.

90 м при двух циклах в сутки. Использование времени здесь весьма уплотнено, а простой механизмов доведены до минимума.

По мере продвижения вперед очистных забоев длина промежуточных штреков (а также откаточных путей) все увеличивается, почему является необходимым проводить новый

разработке длинными сплошными забоями надо отнестись: стремление к длинным лавам и цикличность работ, т. е. планомерное чередование всех работ в забое через определенные промежутки времени. До сего времени считается вполне удовлетворительным суточный цикл работ в механизированном очистном

забое, но уже появилось стремление добиваться двух циклов в сутки; для цикличности работ и планомерного управления кровлей весьма важно систематич. крепление забоев, увязанное с работой и перестановкою механизмов; для производительности и безопасности работ важно достаточно яркое электрич. освещение забоев. Изредка находит применение система разработки, совершенно аналогичная описанной, но с направлением выемки по восстанию или диагональному направлению в соответствии с желанием считать с ясно выраженным кливажем. При горизонтальном или близком к горизонтальному залегании пласта, когда понятие простирания и падения вовсе или почти утрачивается, сплошные забои могут развиваться во все стороны от шахты б. или м. равномерно. При крутом падении пластов сплош-

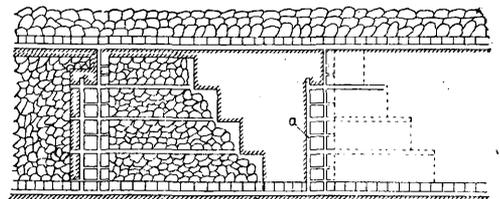


Фиг. 9.

бремсберг. По идее сплошной разработки этот бремсберг должен проводиться в выработанном пространстве, что иногда и делается. Но так как проведение бремсберга с путевым ходком при нем через обрушенное пространство—работа очень медленная, то в настоящее время, обычно даже при сплошной разработке, бремсберги а (фиг. 10) заблаговременно проводятся среди невыработанных толщ угля. Такую систему разработки по характеру подготовительных работ надо считать переходной к столбовым системам (см. ниже).

Описанная система разработки в соответствии с направлением движения очистных забоев называется с п л о ш н о ю р а з р а б о т к о ю по простиранию. Область ее применения: тонкие пласты, не свыше примерно 1 м, залегающие в относительно устой-

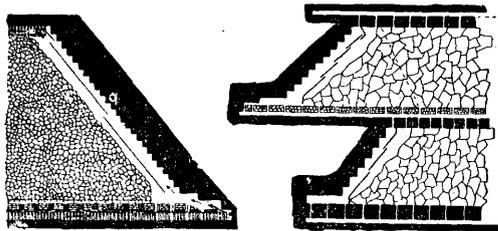
вредной среде. Выемка угля ведется в полтолкустгупном забое (фиг. 11), который имеет



Фиг. 10.

ная система разработки получает своеобразные особенности. Выемка угля ведется в полтолкустгупном забое (фиг. 11), который имеет

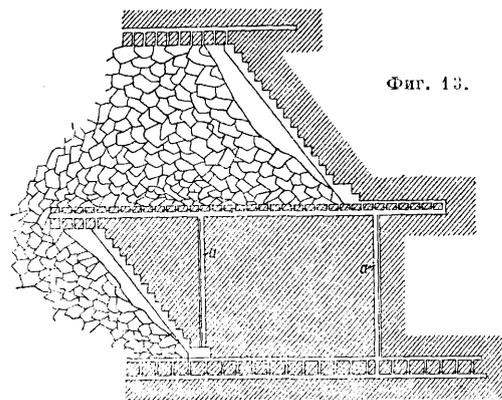
вид опрокинутой лестницы. В каждом уступе находится один забойщик, предохраняемый формой забоя от ударов кусков угля, которые отбиваются в вышележащих уступах и при крутом падении немедленно падают вниз. Ручная отбойка угля в потолкоуступном забое в последние годы все больше вытесняется работой с пневматическими отбойными молотками, сильно (при благоприятных условиях) повышающими производительность забойщика (на 50—100% и более). Наибольший эффект отбойные молотки дают при угле не слишком крепком, трещиноватом. В очень крепком, слитном угле отбойка ведется взрывчатыми веществами. Тщательное и своевременное



Фиг. 11.

Фиг. 12.

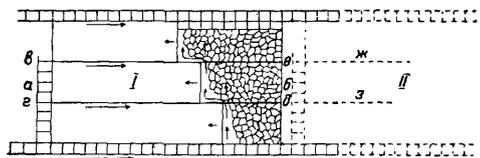
крепление забоев, так же как и закладка выработанного пространства при крутом падении, еще более существенно, чем при пологом, т. к., во-первых, при крутом падении могут обрушаться не только породы всячего бока, но и сползать породы лежащего и, во-вторых, какая-либо в одном месте упавшая глыба породы при скатывании вниз может повредить нижестоящую крепь и тем вызвать массовый завал. Забой крепится также рядами стоек, по кровля, а при слабости породы и почва, затягиваются обанолами, досками или затяжками. При работе без закладки требуется постановка передко большого числа



Фиг. 13.

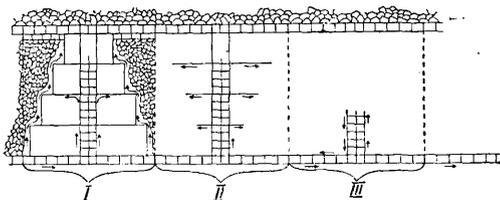
костров, к-рые как правило не переносятся и теряются. Отбитый в уступах уголь падает на поставленные вдоль забоя доски (р е ш т а к и), по к-рым скатывается в нижнюю часть этажа, где через короткие скаты, снабженные люками, выпускается в вагончики, стоящие на откаточном штреке. Закладка при крутом падении легче (самотеком) размещается вдоль забоя, почему в этом случае она применяется чаще. Закладка особенно желательна при разработке пластов со слабыми, легко обрушающимися боковыми породами, пластов не очень тонких, залегающих под большим углом падения. При разработке с закладкой

потолкоуступный забой обычно делается прямолинейным на весь этаж (фиг. 11), для того чтобы закладочный материал, подаваемый через верхний штрек, легко было размещать в выработанном пространстве. При работе же с обрушением столь длинный прямолинейный



Фиг. 14.

забой был бы опасен, почему этаж разделяется на 2 (фиг. 12) или несколько подэтажей и следовательно общая линия забоев становится зигзагообразной, что содействует устойчивости боковых пород. Уголь, спускаемый из уступов верхнего подэтажа, откатывается по промежуточному штреку к забоям нижнего, по решатам которого и спускается на откаточный штрек. Для того же чтобы при менее устойчивых породах или более толстых производительных пластах иметь из верхнего

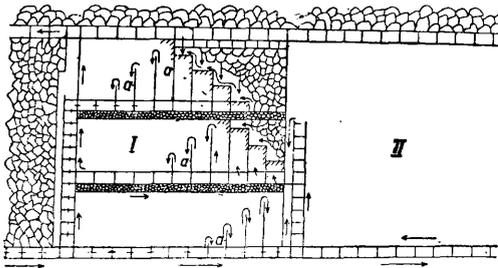


Фиг. 15.

подэтажа независимый выход, иногда проводятся т. н. передовые скаты *a* (фиг. 13). Следует упомянуть, что в последнее время существуют попытки механизировать врубовыми машинами работу в очистных забоях при крутых пластах, но надо считать пневматические отбойные молотки методом механизации при крутом падении гораздо более универсальным.

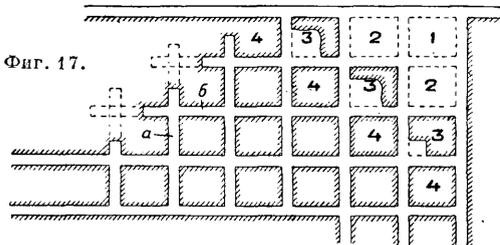
Столбовые системы разработки. Основное отличие столбовых систем разработки от сплошных состоит в том, что толща полезных ископаемых предварительно, до начала очистных работ, разделяется подготовительными выработками на отдельные части, т. н. столбы, имеющие вид прямоугольников. Следовательно подготовительные выработки за время их службы бывают окружены столбами полезных ископаемых, а не выработанными пространствами (как при сплошных системах разработки), и над ними не происходит массового оседания кровли. В этом и состоит основная идея столбовых систем. В зависимости от формы и расположения столбов возможно различать системы разработок длинными столбами по простиранию (фиг. 14 и 15), по восстанию (фиг. 16) и короткими столбами (фиг. 17). При всех этих системах разработки проведением бремсбергов *a*, *б* (фиг. 14) или скатов этаж разрезается на выемочные поля *I*, *II*, ..., которые в свою очередь промежуточными штреками подразделяются на выемочные участки (черчения *вдг* и т. д.). В пределах каждого выемочного поля сначала идет подготовка столбов проведением штреков *жс*, *з* от бремсберга, а затем столбы вырабатываются очистными работами

в обратном направлении. Поэтому для столбовых систем разработки очень важно правильное соотношение между подготовительными и очистными работами, состоящее в том, чтобы в каждый данный момент развитие подготовительных выработок гарантировало бы дальнейшее бесперебойное развитие очистных работ. Вместе с тем запас подготовительных



Фиг. 16.

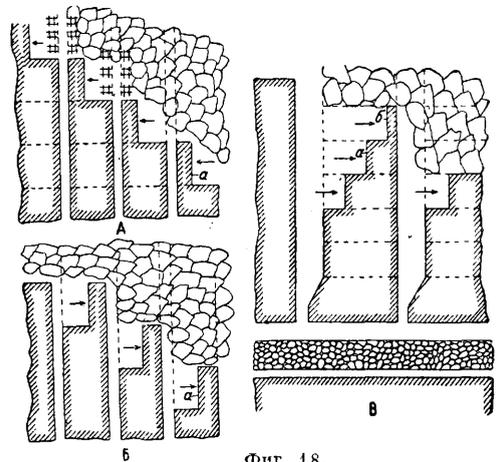
работ не должен быть излишним, так как это требует напрасного увеличения оборотного капитала. В виду многочисленности подготовительных работ при столбовых системах разработки следует обращать особое внимание на быстрое прохождение подготовительных выработок, почему механизация этих работ, особенно в крупных шахтах, приобретает особое значение. Наибольшее значение в настоящее время в этом отношении для работы в породе имеют пневматические бурильные молотки (в США) и погрузочные машины, а для работ по углю—врубковые машины типов, предназначенных для подготовок (см. *Врубковые машины*), а также погрузочные и комбинированные—врубковые и погрузочные машины (США). При столбовых системах разработки в отличие от сплошных надо считать нормальным тот порядок выемки подэтажей, когда раньше выработываются вышележащие подэтажи и следовательно забои верхних подэтажей идут впереди забоев нижних. Это требуется для того, чтобы рабочая часть бремсберга в период заканчивания данного выемочного поля находилась бы среди невыработанных толщ угля. Очистные работы могут развиваться не только по одну сторону от



Фиг. 17.

бремсберга (одностороннее бремсберговое поле), но и по обеим сторонам его (двустороннее бремсберговое поле). Двусторонние поля (фиг. 15) по сравнению с односторонними обладают преимуществом концентрации работ, но их главный недостаток—необходимость поддерживать бремсберг при заканчивании выемки данного бремсбергового поля среди выработанного пространства—проявляется в различной степени в зависимости от местных условий. Поэтому при более слабых породах и более мощных пластах, а также

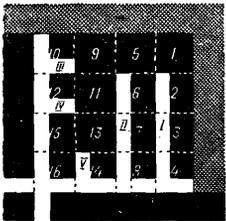
при более наклонном падении могут оказаться предпочтительнее односторонние поля. Теоретич. расчеты показывают, что длина по простиранию двустороннего поля должна при прочих равных условиях превосходить длину одностороннего приблизительно в  $\sqrt{2}$  раз. Что касается собственно очистных работ и в частности методов их механизации, то при разработке длинными столбами по простиранию столбы почти всегда, особенно при механизированном производстве, вынимаются сплошными забоями, ведение работ в которых почти не отличается от такового при сплошной системе. Но многочисленность подготовительных выработок требует тщательного проветривания их глухих забоев, в особенности в газовых рудниках. В новейшее время в этом отношении особое значение получили подземные переносные электровентиляторы. Разработка длинными столбами по простиранию применима при любых углах падения, но при крутом падении очистные забои делаются потолкоуступными. Эта система наиболее применима для пластов мощностью в 1—3 м,



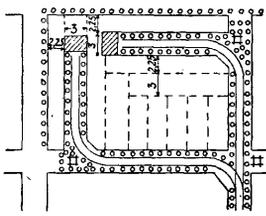
Фиг. 18.

залегающих в относительно устойчивых породах. При разработке длинными столбами по простиранию (фиг. 16) подготовительные работы, т. е. проведение этажных штреков, бремсбергов и промежуточных штреков, такие же, как и при разработке длинными столбами по простиранию, но каждый подэтаж разделяется печами *a* (узкие штреки по углю) на длинные столбы, вытянутые по простиранию. Так как выемка каждого столба производится, начиная с его верхней части, то доставка угля к штреку происходит не в выработанном пространстве, как при сплошной системе разработки или при разработке длинными столбами по простиранию, а по печам, огражденным невыработанными частями столбов, в чем и заключается основная идея этой системы. В зависимости от ширины столбов, свойств кровли, направления кливажа и способа работы—ручная или механизированная выемка—каждый столб может выработываться различно. В США эта система применяется при очень пологом падении с полной механизацией; столбы шириною ок. 25 м выработывают сплошными забоями (с расположением забоев по схеме фиг. 16). При ручной работе ширина столба делается обычно 8—12 м. Такой столб при благо-

приятных условиях иногда вырабатывается сплошным забоем, расположенным в зависимости от направления кливажа по простиранию или диагонально, но гораздо чаще, при менее устойчивых породах и при кливаже, близком к падению, или при отсутствии кливажа столбы вынимаются отдельными заходами  $a$  и  $a$  (фиг. 18, А) на всю ширину столба или на половину ширины. В одном столбе  $m. б.$  и несколько заходов (фиг. 18, В). Длина забоя заходок 3—10 м. Забои заходок могут двигаться от завала (фиг. 18, А) или к завалу (фиг. 18, Б). В последнем случае работа безопаснее, почему выемка к завалу предпочтительнее при менее устойчивой кровле, хотя обычно приходится бросать ножку угля  $b$ —узкую полосу невыбранного угля. Применение разработки столбами по восстановлению в виду большого числа подготовительных, трудно проветриваемых выработок очень ограничено. При системе разработки короткими столбами подготовительные работы производятся аналогично предыдущим столбовым системам, но подэтажи путем проведения выработок  $a$  (фиг. 17) по восстановлению (печи) и выработок  $b$  по простиранию (просеки) разрезаются на короткие столбы. Подэтажи как правило вырабатываются, начиная с верхних, а столбы в подэтаже, — начиная с верхних и наиболее удаленных от бремсберга (цифры на фиг. 17). Это обеспечивает нахождение всех подготовительных выработок среди массивов угля. Система коротких столбов наиболее приспособлена к эксплуатации месторождений не тонких, залегающих в малоустойчивых боковых породах, с некрепким полезным ископаемым. Именно таким условиям удовлетворяют многие буроголовые месторождения, где короткие столбы квадратной формы со сторонами в 15—20 м приходится во избежание одновременного обнажения значительных площадей кровли вынимать отдельными частями, напр. в порядке, указанном римскими цифрами на фиг. 19. Аналогично по идее разделение при выемке коротких столбов на отдельные части и в Подмосковном бассейне. В США при разработке горизонтально залегающих каменноугольных пластов средней мощности выемка коротких столбов полностью механизмуется, напр. так (фиг. 20), что столб



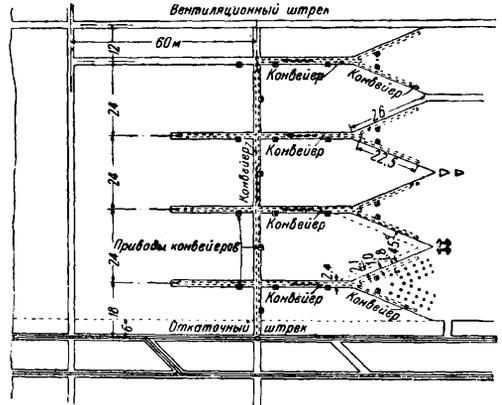
Фиг. 19.



Фиг. 20.

вынимается полосою с уменьшающейся длины, причем в забоях работают врубные машины специальной конструкции (типа аркулл), доставляемые к забою по рельсовым путям, по которым происходит и откатка угля от забоя непосредственно в рудничных вагончиках. При очень пологом залегании месторождений (примерно в пределах  $2 \div 5^\circ$ ) иногда бывает желательно некоторые подготовительные выработки для облегчения от-

катки проводить не по простиранию или падению, а диагонально к этим направлениям. Поэтому получаемые при такой подготовке столбы называются диагональными. Их подготовка и выемка производятся вполне аналогично тому, как при длинных или коротких столбах. В русской литературе иногда можно встретить термин в-и-с-т-е-м-а разработки (главным образом в США). Все разработки, им обозначаемые, представляют собой одну из столбовых систем разработки, но со своеобразным взаимным расположением забоев в виде латинской буквы  $V$ , откуда и привилось название этой системы разработки. Обычно забои образуют пилообразную линию с симметричными (фиг. 21) или несимметричными зубцами (т. н. полуви-система).

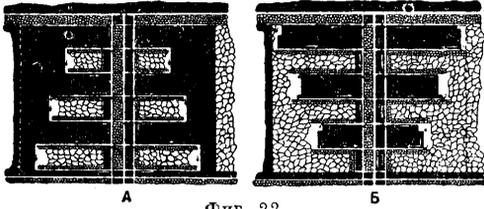


Фиг. 21.

Диагональное расположение забоев по отношению к оси столба обуславливает при прочих равных условиях быстрое продвижение забоев, что в связи с концентрированным расположением последних обуславливает большую производительность выемочных полей и при надлежащей механизации значительно увеличивает производительность рабочих. К недостаткам подобной системы надо отнести: 1) необходимость строгого согласования всех работ в отдельных участках выемочного поля; 2) необходимость быстрого продвижения подготовительных работ; 3) невозможность ставить забои по кливажу; 4) трудность управления кровлей; 5) затруднения с вентиляцией; 6) при работе столбами по восстановлению при притоке воды последняя идет по очистным забоям. Поэтому на практике описанное выше расположение забоев несмотря на отмеченные достоинства его применяется в редких случаях.

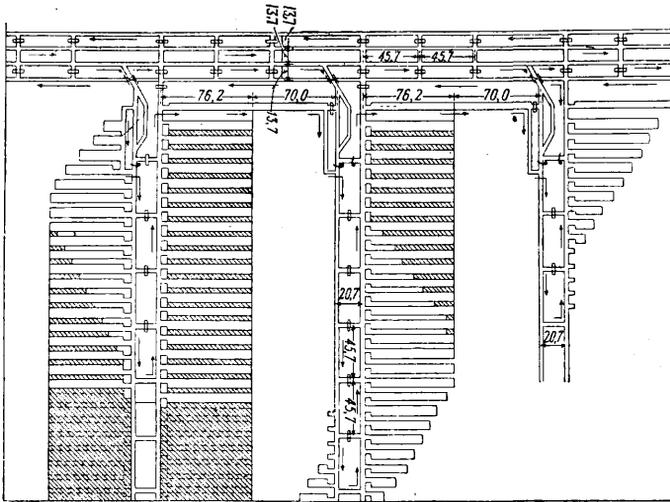
Комбинированные системы разработки и. Принципы, положенные в основу двух главных типов системы разработки—сплошной и столбовой, — иногда при надлежащих условиях бывает целесообразно применять в одной какой-либо системе. Такие системы называются комбинированными, или смешанными. Приведем два примера: фиг. 22 изображает комбинированную систему разработки—сплошную и длинными столбами по простиранию. Как и при столбовых системах, этап предварительно разбивается на бремсберговые поля, но каждое крыло поля вырабатывается частью (через подэтаж) сплошными забоями, с направленным их движения

от бремсберга к границам поля (фиг. 22, А), частью же длинными столбами (фиг. 22, Б), выработываемыми в обратном направлении. За каждым из упомянутых очистных забоев ведутся параллельно два штрека, верхний и



Фиг. 22.

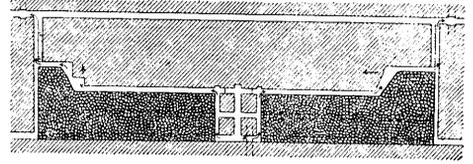
нижний, почему эта система получила в Донском бассейне очень характерное название системы парных штреков. Ее достоинства: 1) отсутствие промежуточных штреков, проходимых узким ходом; 2) простота



Фиг. 23.

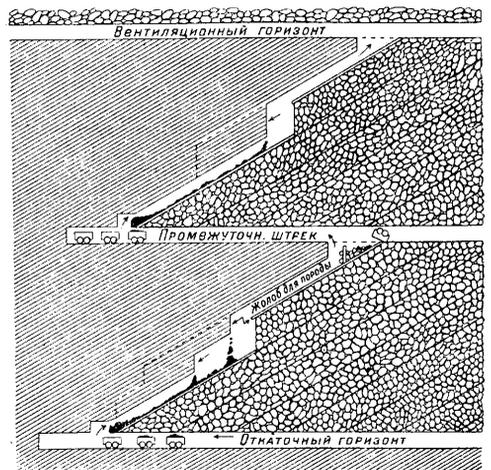
подготовительных работ. Наилучшие результаты эта система дает при разработке пластов ок. 1 м мощностью с падением не свыше 10—15°, залегающих в породах средней устойчивости. Эта система мало пригодна для механизации. В США широчайшим распространением пользуется камерно-столбовая система разработки, сущность к-рой заключается в том (фиг. 23), что от штреков проводятся камеры шириною 4÷12 м, отделенные друг от друга столбами примерно такой же ширины. Длина камер достигает 70—100 м. Для образования целиков у штреков каждая камера сначала ведется узким ходом, а потом расширяется. Междукamerные столбы по мере возможности выработываются. Общее направление выемки камер идет от главной откаточной выработки к границам поля, что касается столбов, то их выработка идет или вслед за выемкой камер (средняя часть фиг. 23) или обратным ходом (нижняя часть фиг. 23). Так как выемка угля в камерах происходит в относительно узких забоях, окруженных столбами угля, то наблюдается очень слабое давление пород, что обуславливает малый расход (на крепление) лесных материалов. Зато в период выемки столбов наступает сильное давление кровли, почему как правило столбы выраба-

тываются с большими потерями. В США эта система применяется преимущественно для разработки горизонтально залегающих пластов средней мощности. Многие америк. машины для угледобычи и предметы шахтного



Фиг. 24.

оборудования приспособлены именно к этим условиям (врубные машины шорт-уолл и лонг-уолл, погрузочные машины, комбинированные машины, большегрузные низкие и широкие вагонетки). Но камерно-столбовая система применяется и для мощных крутопадающих пластов (см. ниже). В самые последние годы камерно-столбовая разработка находит широкое применение в Черемховском каменноугольном бассейне. Системы разработки, называемые в Вестфалии Stossbau и Schrägbau, по характеру подготовительных работ приближаются то к сплошным то к столбовым системам, но в виду своеобразного расположения очистных забоев заслуживают особого наименования. Их сущность всего лучше может быть выражена по-русски, для первой—термином выемка по л о с а м и (фиг. 24), а для второй—выемка диагональными полосами (фиг. 25). Разработка ведется с полной закладкой. Уголь, выработываемый в забое полосы, откатывается по штреку к скату (или бремсбергу), а закладка спускается с верхнего штрека по скатам

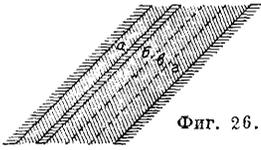


Фиг. 25.

у границ выемочного поля и идет вслед за выемкой угля. Смысл системы разработки диагональными полосами ясен из фиг. 25. Очевидно, что органич. недостатком выемки полосами яв-

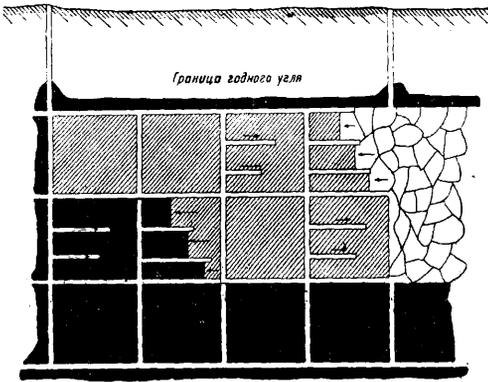
ляется малая длина линии забоя в пределах выемочных участков и следовательно малая производительность последних, почему эта система находит применение только для пластов с трудными условиями разработки—мощностью не менее 2—3 м, с плохими породами, слабым, самовозгорающимся углем,—преимущественно при наклонном и крутом падении их.

**Системы разработки мощных каменноугольных пластов.** Эти разработки производятся или сразу на полную мощность или отдельными слоями. Основная идея слоевых разработок



Фиг. 26.

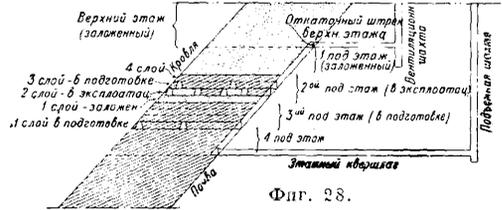
состоит в том, что мощный пласт выработывается постепенно слоями такой толщины, чтобы работа в нем была удобна. Чаще всего толщина слоя принимается в 2,2—3 м. Таким образом выемка мощного пласта ведется до известной степени как бы в условиях работы в пласте средней мощности. Мысленно разделить мощный пласт на слои названной мощности можно множеством способов, но на практике встречаются почти исключительно два способа расположения слоев: наклонные слои, расположенные параллельно плоскостям напластования, и горизонтальные. Иные расположения (например наклонные, но не параллельные напластованию, или вертикальные слои) встречаются крайне редко. Наклонные слои, на которые разделяется мощный пласт для выемки, могут являться отдельными пачками пласта (слой а, фиг. 26), если они обла-



■ Работы по верхнему слою Фиг. 27. ■ Работы по нижнему слою

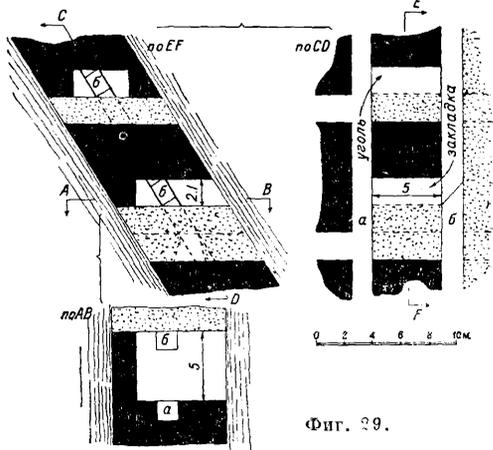
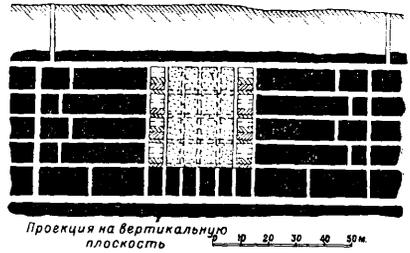
дают постоянством строения и подходящей мощностью и отделены прослойками пустых пород значительной (несколько метров) толщины или пласт с однородным строением искусственно разделяется на несколько наклонных слоев (б, в, г, фиг. 26). Подготовительные работы (штреки, бремсберги, скаты и т. д.) ведутся так, чтобы каждый слой можно было выработывать как отдельный пласт средней мощности. Слои могут выработываться или в восходящем порядке (по направлению от почвы пласта к кровле) или в нисходящем (от кровли к почве). В первом случае безусловно необходима закладка, тогда как во втором возможна работа и с обрушением. Т. к. при этом в почве очистных забоев имеет место закладка или в кровле—обрушение, то система разработки наклонными слоями чаще

всего применяется для пластов такой толщины, чтобы их приходилось делить не более чем на 4 слоя. На фиг. 27 представлена разработка наклонного пласта мощностью в 4—5 м двумя слоями, в нисходящем порядке, с обрушением кровли. На фиг. 27 можно видеть опережение выемки верхнего слоя (черный цвет) по отношению к нижнему (запириванный) и способ выемки каждого слоя. Вообще эта система пригодна для раз-



Фиг. 28.

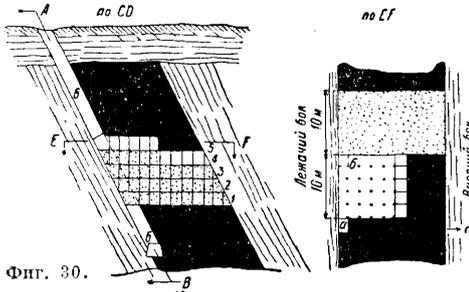
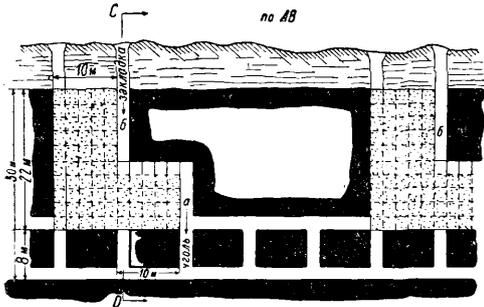
работки мощных пластов умеренной толщины (предпочтительно > 8—10 м) с падением > 30°, с правильным строением и залеганием, но допустимы прослойки, могущие служить границами отдельных слоев. Одна из возможных разработок горизонтальными слоями дана на фиг. 28. Этаж разделяется на подэтажи, а последние—на слои. При разработке мощных пластов высота этажа берется вообще меньше, чем при разработке тонких. В зависимости от свойств боковых пород, масштаба предприятия, числа разрабатываемых пластов и многих других причин, в особенности от угла падения, вертикальная высота этажа колеблется в ширьких пределах 20÷80 м, но чаще всего



Фиг. 29.

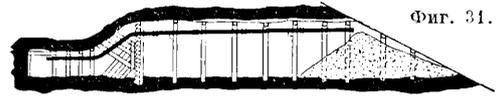
бывает около 50—60 м. Высота слоя обычно принимается в 2—2,5 м, иногда—при крепком угле—2,75—3 м, при мокрой закладке—до 4 м. Число слоев в подэтаже при сухой закладке чаще всего бывает 4—5, но при благоприятных условиях (крутое падение, устой-

чивые породы и уголь, хорошая закладка) достигает 8—10 и даже больше, при мокрой закладке—до 15 слоев. Слои обычно выработываются в восходящем порядке, выемка сверху вниз, менее удобная и неэкономичная, иногда применяется при сильно самовозгорающихся пластах. Характер подготовительных работ и способы выемки каждого слоя могут быть чрезвычайно разнообразны в соответствии с местными условиями. Приведем 3 характерных примера. 1) На шахте Центральной Кемеровского рудника в Кузнецком бассейне при разработке пласта мощностью в



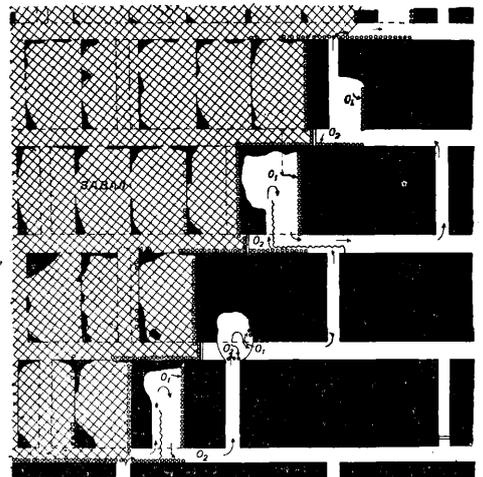
6—7 м с самовозгорающимся углем, с преобладанием круглого падения принята высота этажа в 55—65 м (фиг. 29). Подэтажи высотой в 10—11 м разбиваются на горизонтальные слои толщиной в 2,5 м, выработываемые с сухой закладкой. Желая из-за самовозгорания угля обнажать кровлю на возможно ограниченной площади, выемочным участкам придается крайне малый размер по простиранию—только 5 м, почему с целью повысить производительность участков выемка угля ведется одновременно в нескольких подэтажах. Выемка каждого слоя начинается от скатов *a* и *b*. Подробности разработки (закладки) показаны на фиг. 31. 2) На Прокопьевском руднике в Кузнецком бассейне системой горизонтальных слоев разрабатывается пласт Мощный толщиной в 14—15 м, с чистым крепким углем, при падении 55—62°. Этаж высотой ок. 30 м (фиг. 30, где *a*, *b*—скаты) разделяется на выемочные поля, а последние—на выемочные участки (зоны) в 10 м по простиранию, выработываемые горизонтальными слоями 1, 2, 3, 4, 5 снизу вверх, причем выемка каждого слоя толщиной в 2,2 м идет от лежащего к висячему боку, с станковой крепью и с полной сухой закладкой. Вследствие крепости угля его отбойка производится взрывными работами. (Детали системы разработки см. фиг. 32.) 3) В Дембровском бассейне горизонтальными слоями ра-

ботается пласт Реден мощностью в 10—20 м, с падением 18—20°, с мокрой закладкой, почему высота слоя взята в 4 м. Слои выработываются ортами (см. Горные выработки), по выемке к-рых у начала орта ставится дощатая перемычка (фиг. 31) для удержания заклад-



ки, подаваемой по трубам под кровлю орта. Вообще система разработки горизонтальными слоями в ее разновидностях может быть применима в разнообразнейших природных и технических условиях.

Из системы разработки мощных пластов без разделения на слои следует упомянуть о силезском способе и камерно-столбовой системе разработки. При силезском способе, применяемом для мощных пологопадающих и наклонных пластов, подготовительные работы аналогичны таковым при системе разработки длинными столбами по простиранию, но характерны очистные работы, последовательное развитие к-рых поясняется фиг. 32. Каждый столб выбирается последовательными заходками шириною в 7—9 м с предварительной подработкой потолка над штреком. В первый период очистных работ заходка движется по восстанию на всю мощность пласта, причем со стороны завала остается нога угля, к-рая затем выбирается движением забоев по простиранию. Отбойка ведется взрывчатыми веществами, бурение штургов—электросверлами с лестниц. Крепление очистного забоя производится очень высоким, следовательно тяжелым и неудобным для обращения лесом. После окончания заходки этот лес по мере возможности извлекается, почему над выработанным пространством происходит интенсивное обрушение вышележащих пород. Чтобы обрушение не прихватило и не раздавило

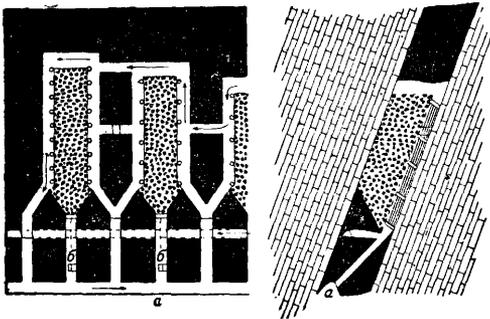


Фиг. 32.

уголь, по границе с будущим завалом заблаговременно ставится сильная органная крепь ( $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ ). Недостатки способа—интенсивность обрушений, резкие проявляющиеся подземных работ на земной поверхности, большая потеря угля и следовательно возможность

пожаров от самовозгорания, опасность очистных работ вследствие большой высоты забоев, трудность манипуляций с крепежным лесом, дороговизна последнего—побуждают переходить от силезского способа к разработке горизонтальными слоями с мокрой закладкой.

В антрацитовом районе Пенсильвании камерно-столбовая система служит для разработки не только пологопадающих, но и крутопадающих пластов (фиг. 33). От основного штрека *a* через каждые примерно 12 м ведутся наклонно печи *b* до почвы пласта, сбиваемые друг с другом наклонными просеками. Из печей, через одну, открываются камеры, нижняя часть к-рых имеет вид четырехугольной воронки. Отбиваемый в забоях камер антрацит выпускается из камер не полностью, а лишь в количестве, соответствующем приращению объема добытого разрыхленного антрацита. Остающийся в камере антрацит служит подмостями для рабочих (расстояние от верха отбитого антрацита до забоя все время поддерживается таким, чтобы в забое было удобно работать) и временной



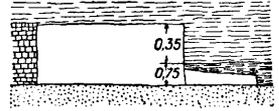
Фиг. 33.

закладкой камеры. Такое временное заполнение камеры отбитым полезным ископаемым называется магазином. Этот принцип, редко используемый при эксплуатации каменноугольных месторождений, находит широчайшее применение в рудном деле. Для сообщения с забоем по сторонам камеры раскрепляются ходки. Ход вентиляционных струй показан на фиг. 33 стрелками. Выемка междукамерных целиков при этой системе крайне затруднительна; обычно целики совсем бросаются, что ведет к громадным потерям запасов недр.

Размеры выемочных полей и участков и других характерных элементов системы разработки на практике устанавливаются применительно к наличным природным и технич. условиям на основе опыта, но в последние десятилетия наблюдается стремление к разрешению этих вопросов аналитич. методами. Это научное движение, возглавлявшееся проф. Б. И. Бокием, выражается преимущественно в работах русских авторов.

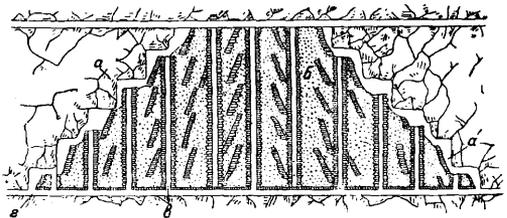
**Системы разработки других полезных ископаемых.** В громадном большинстве случаев эти системы сходны (кроме нек-рых деталей) с выше рассмотренными системами разработок каменноугольных месторождений; только изредка встречаются иные идеи. Для примера ниже приведено несколько типов систем разработок. Месторождения тонкие и средней мощности. 1) Сплошной системой разрабатывается пологопадающий пласт

медистого битуминозного сланца в Германии (Мансфельдский округ). Рудный пласт имеет мощность только в 15 см (фиг. 34) и отличается замечательным постоянством залегания; боковые породы устойчивы. С целью сделать возможным пребывание рабочих в очистном забое, при выемке пласта подрывается кровля с таким расчетом, чтобы общая высота выработанного пространства была 0,4—0,5 м. Подорванная порода служит для полной закладки. 2) Сплошной системой с потолкоступным забоем разрабатываются крутопадающие залежи железной руды в Криворожском районе, если только их мощность не превосходит 2—5 м. Система разработки аналогична фиг. 11 и 12, только наклонная высота этажа принимается небольшой—от 12 до 25 м, уступы далеко не так правильны, и работа идет всегда с полной закладкой. 3) Сплошной системой с потолкоступным забоем также издавна разрабатываются жильные серебро-свинцовые месторождения Фрейбергского горного округа в Германии. Жилы падают круто; этажи имеют высоту ок. 40 м (фиг. 35, где *a*—забой, *b*—закладка). Материал для полной закладки получается в забое из жильной породы. В закладке оставляются постепенно наращиваемые кверху скаты *в* для спуска руды. Богатые куски руды отбираются в забое при отбойке руды и спускаются на нижний штрек *г* отдельно в корзинах, бедная руда непосредственно сбрасывается в скаты. Подобная система разработки служит и для эксплуатации жильных месторождений золота, а также небольшой мощности (2—3 м) линз медистых колчеданов на Урале. 4) Столбовые системы разработки свойственны рудным месторождениям умеренной



Фиг. 34.

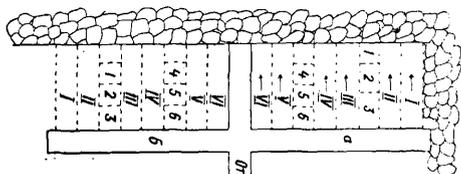
мощности (до 3—4 м) со слабыми боковыми породами. В Никопольском районе (Украина) марганцевые руды залегают приблизительно горизонтально в отложениях третичного возраста в виде рудоносного пласта в 1—3,5 м толщиной в слабых породах. Шахтные поля небольших размеров непосредственно разделяются на длинные столбы, вырабатываемые от границ шахтного поля к шахте, чтобы не было никаких выработок, окруженных выработанными пространствами. Столбы шириною ок. 40 м вырабатываются из каждого штрека на половину их ширины отдельными узкими забоями (фиг. 36); в 7—8 м от границы поля из откаточных штреков проводятся выемочные штреки *a*, *б* на расстояние, равное половине ширины столба (ок. 20 м). Из них открываются очистные забои в виде полос (заходок) *I*, *II* шириною в 2,4 м. В виду мяг-



Фиг. 35.

мощности (до 3—4 м) со слабыми боковыми породами. В Никопольском районе (Украина) марганцевые руды залегают приблизительно горизонтально в отложениях третичного возраста в виде рудоносного пласта в 1—3,5 м толщиной в слабых породах. Шахтные поля небольших размеров непосредственно разделяются на длинные столбы, вырабатываемые от границ шахтного поля к шахте, чтобы не было никаких выработок, окруженных выработанными пространствами. Столбы шириною ок. 40 м вырабатываются из каждого штрека на половину их ширины отдельными узкими забоями (фиг. 36); в 7—8 м от границы поля из откаточных штреков проводятся выемочные штреки *a*, *б* на расстояние, равное половине ширины столба (ок. 20 м). Из них открываются очистные забои в виде полос (заходок) *I*, *II* шириною в 2,4 м. В виду мяг-

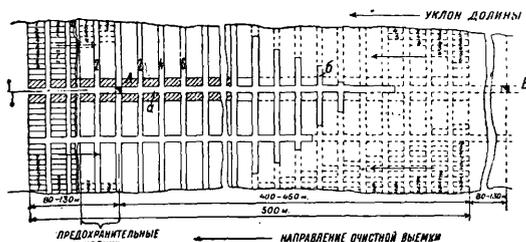
кости рудного пласта отбойка идет без предварительного вруба. Рельсовые пути подводятся непосредственно к забою. По окончании выемки полос I и II в них снимаются рельсовые пути, по мере возможности выбивается крепление и производится обрушение кровли. Временно оставив со стороны этого завала целик шириною ок. 2 м, из того же штрека вырабатываются полосы III и IV, затем ста-



Фиг. 36.

раются по мере возможности взять короткими забоями 1, 2, 3, 4, 5, 6 оставшиеся

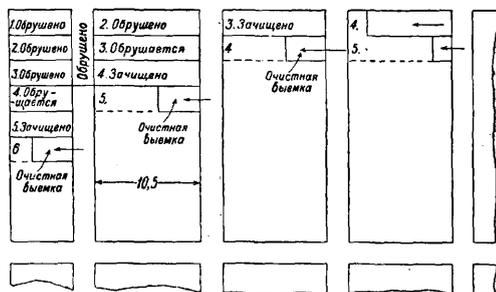
целики руды и т. д. 5) Аналогичная в общих чертах система принята для разработок подземным способом золотоносных россыпей в Ленско-Витимском округе Вост. Сибири (фиг. 37). Мощность золотоносного пласта от 1,4 до 3,0 м; он лежит почти горизонтально, непосредственно на крепких коренных породах (плотик россыпи), будучи прикрыт наносами (торфами) переменной мощности (20—50 м) и состава (пески, глины, галечники, валуны, много воды, пльвуны, местами слой вечной мерзлоты и даже прослойки чистого льда). В геологич. отношении россыпи являются наносными от-



Фиг. 37.

ложениями древнего потока, почему в общих чертах каждая из них имеет контур извивающейся ленты шириною в 60—80 м, но с расширениями до 120—200 м. Подобные россыпи вскрываются вертикальными или наклонными шахтами, проводимыми по длине россыпи через каждые примерно 500 м, ширина же шахтного поля равна ширине россыпи. Каждая шахта закладывается примерно посредине ширины поля, но значительно ближе к нижней (считая по направлению уклона древней долины) границе, для удобства водоотлива. От шахты А, приблизительно по срединной линии россыпи, ведется главный откаточный двухпутевой штрек а по направлению к следующей шахте Б, с параллельной выработкой (для удобства вентиляции). От этого штрека по мере подвигания его забоя засекаются и проводятся поперечные штреки б (просечки) до границ россыпи, к-рые устанавливаются систематич. опробованием на содержание золота породы из забоев этих штреков. Забой останавливаются, когда среднее содержание золота опускается ниже 5—9 г на 1 м<sup>3</sup>. Проведением штреков россыпь разделяется на длинные столбы переменной ширины (поряд-

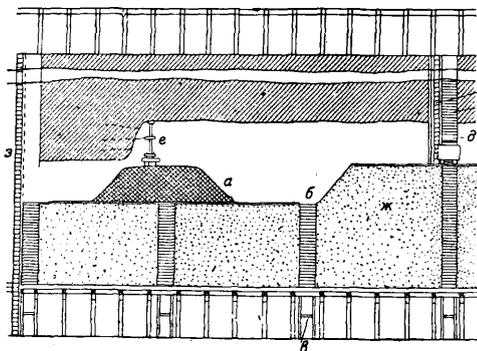
ка 10—12 м). Выемка отдельных столбов ведется полосами (лентами) шириною 3,2—3,6 м. Последовательность выработки см. фиг. 38. Выемка золотоносных пород ведется вручную или взрывными работами. В забое полосы работают 3 человека с производительностью 1,4—2,4 м<sup>3</sup> в смену. После выемки полосы в ней производится обрушение кровли, но предварительно делается тщательная зачистка почвы забоя, т. к. тяжелые частицы золота содержатся в значительном количестве именно у почвы россыпи. Зачистка состоит в выемке разрушенных верхов коренной породы помощью кайлы, лопаты и проволочных венчиков. 6) Примером камерно-столбовой системы разработок может служить разработка железных руд в Лотарингии, залегающих слабо



Фиг. 38.

наклонно (2—7°) в виде пластов 1,2÷13 м мощностью в устойчивых породах. Ширина камер и столбов ок. 8 м.

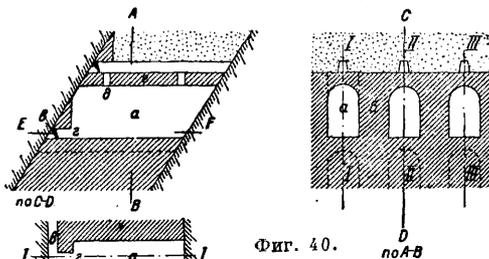
**Месторождения мощные.** Т. к. многие рудные месторождения залегают в крепких породах, то для эксплуатации их наиболее удобна сплошная с потолкоуступным забоем система разработки. 1) Такой системой (по схеме на фиг. 35) работают мощные серебро-свинцовые жилы в Фрейбергском округе. 2) Подобная же система, но с закладкой, подаваемой извне, дана на фиг. 39, где а—отбитая руда, к-рая спускается по скатам б в люки в, а из них в вагончики на откаточный штрек. Закладка из верхнего штрека спускается так-



Фиг. 39.

же по скатам в в люки д и разовьется в выработанном пространстве в небольших вагончиках; шпурь проводятся колонковым перфоратором е; з—лестничное отделение. 3) Сплошная выемка потолкоуступным забоем мощных месторождений нередко производится станковой крешью (см. Рудничное крепление), например при разработке медистых колчеданов

на Урале. 4) Нередко мощные месторождения работают камерными системами. Одна из разновидностей имела широкое применение для разработки мощных крутопадающих залежей железной руды в Кривом Роге (фиг. 40). Высота этажа принималась 12—20 м, ширина камер  $a$  и междукamerных целиков  $b$  по 4—6 м. Взаимное расположение камер и междукamerных целиков ясно из фиг. 40. Для образования камер от откаточного штрека  $e$ , пройденного у висячего бока, проводятся орты  $z$ ,

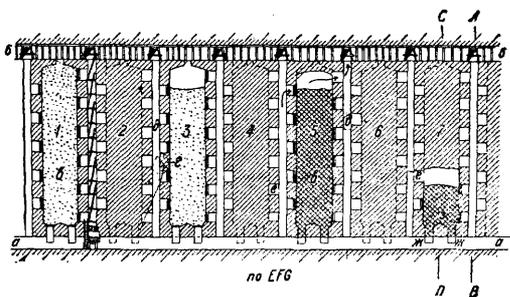


Фиг. 40.

из конца  $k$ -рых ведется вверх круглый гезенк (не показанный на чертеже) с таким расчетом, чтобы он пробился на вышележащий горизонт

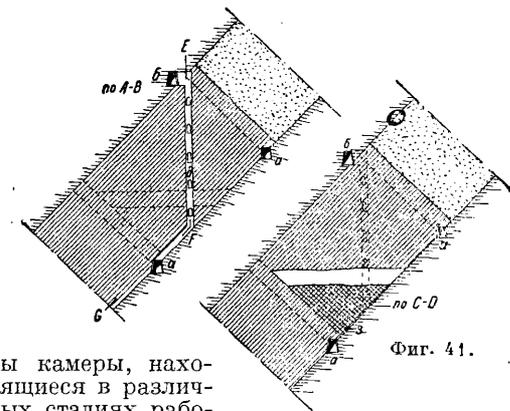
у вентиляционного штрека. Из верхней части этого гезенка открываются почвоуступные забои, в результате чего постепенно образуется камера. Отбиваемая руда спускается на откаточный горизонт через упомянутый гезенк. Потолок камеры обделывается сводообразно и прочно закрепляется. Выработанная камера заполняется закладкой, сыпавшейся с вышележащего горизонта через отверстия  $d$  в потолочной толще  $e$  над камерой. Впрочем среди закладки для последующего спуска руды при выемке потолочины устраивается вертикальный, прочно закрепленный деревом скат. Эта система разработки, обладающая рядом крупных недостатков (затруднительность выемки потолочины и особенно междукamerных целиков, большая высота очистных пространств в период выемки камеры и др.), ныне применяется редко. 5) В том же Криворожском районе известна своеобразная камерная система с магазинированием (фиг. 41), применяемая там также при мощных крутопадающих железорудных залежах. Высота этажей принимается в 20—30 м, откаточный штрек  $a$  проводится у лежащего бока, а вентиляционный  $b$  у висячего. Ширина камер  $c$  4,3—7 м, междукamerных целиков  $d$  3,2—4,3 м, т. е. расстояние по простиранию между осями камер 8—12 м. Подготовительные работы начинаются проведением от нижнего к верхнему штреку вертикальных (фиг. 41) или наклонных гезенков  $d$  с ходовым и рудосвалочным отделениями. От гезенков  $k$  местам будущих камер делаются в шахматном порядке проработки  $e$ . Для образования собственно камер  $e$  от основного штрека проходятся вверх по восстанию 2 коротких ската  $жс$ , сбиваемые между собой ломаной проработкой  $z$ . Из последней приступают к выемке руды, подрабатывая потолок и расширяя забой: по простиранию до ширины камеры, а вквост простирания—с одной стороны до лежащего бока, а с другой,—постепенно образуя наклонную

(45—50°) плоскость, почему нижняя часть камеры получает вид четырехгранной воронки с двумя отверстиями внизу ее, служащими для выпуска руды через люки. Руда выпускается не вся, а лишь в той мере, чтобы между подорванной рудой и еще нетронутым ее массивом постоянно оставалось свободное пространство высотой около 2 м, где размещаются рабочие. Т. о. потолок камеры все поднимается и одновременно накапливается подорванная руда (магазинирование). Сообщение с забоем производится через упомянутые проработки  $e$ . Вполне выработанная камера (сечение вквост простирания) имеет вид наклонного прямоугольника. Из законченной камеры производится выпуск магазинированной руды, после чего камера заполняется закладкой. При этой системе разработки выемка междукamerных целиков также крайне затруднительна. Развитие работ в камерах ясно из фиг. 41. Система пригодна для разработки залежей разнообразной мощности (но не менее примерно 10 м) при падении 40—80°, с устойчивой рудой, спокойно залегающими прочными боковыми породами. В руде не д. б. крупных включений пустых пород. Аналогичными системами разрабатываются железные руды и в Швеции. 6) Весьма интересна по замыслу система камер-магазинов с обрушением междукamerных целиков (фиг. 42), служащая для добычи медных руд в Миами (штат Аризона в США). На чертеже показана



по EFG

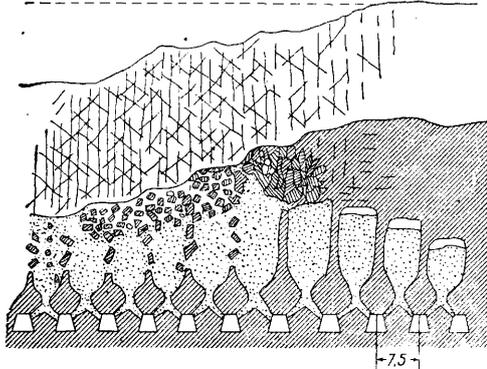
D B



Фиг. 41.

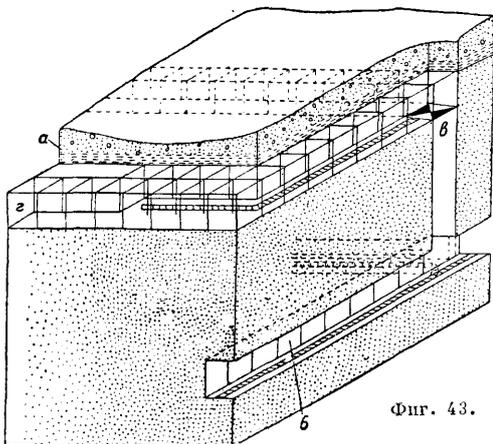
ны камеры, находящиеся в различных стадиях работы, справа налево: подрывка и магазинирование, выпуск руды, постепенное разрушение и опускание руды из междукamerных целиков. Выпуск руды из люков продолжается, пока не покажется руда, значительно загрязненная пустыми породами, оседающими вслед за рудой. На земной поверхности возникают обширные провалы. Такой системой разрабатывают в Швеции и железные руды. 7) Для добычи разнообразных руд, в частности же-

лезных руд в Кривом Роге, применяются различные видоизменения системы разработки горизонтальными слоями, лишь в деталях отличные от вышеописанных для каменноугольных месторождений. Главное преимущество



Фиг. 42.

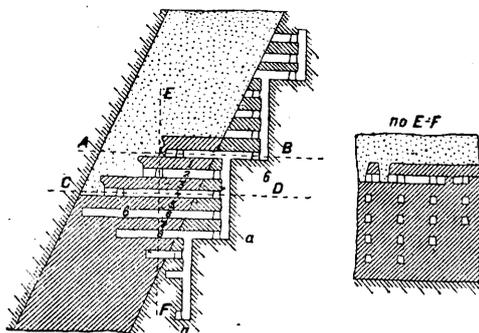
этой системы: легкая приспособляемость к самым различным природным условиям; главный недостаток—малое число забоев в выемочных полях и следовательно разбросанность работ. 8) Система разработки горизонтальными слоями с обрушением покрывающих пород. Ее сущность м. б. пояснена примером (фиг. 43), относящимся к добыче железных руд в районе Верхнего озера (США), а также медных руд в штате Аризона. Рудные тела громадных размеров разбиваются на этажи 9—15 м высотой. Прежде чем начать выемку горизонтальными слоями, верхняя часть месторождения выработывается какой-либо другой системой так, чтобы поверхность руды была выравнена в горизонтальную плоскость, края затем покрываются настилом из толстых досок (крепление стойками разрушается взрывными работами), после чего происходит обрушение вышележащих пород. Дощатый настил и сильно сдавленный крепежный лес образуют покров *a* (мат), служащий постепенно опускающейся кровлей при последующей выемке горизонтальных слоев в нисходящем порядке. На фиг. 43 дан перспективный вид части место-



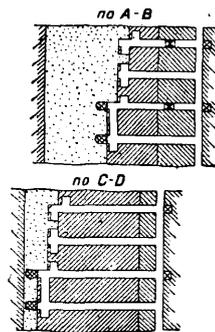
Фиг. 43.

рождения, вырабатываемого этой системой: *б*—откаточный горизонт, *в*—один из рудосвальных гезенков, *г*—вырабатываемый горизонтальный слой с выемочным штреком и полосой, по которому проведен рельсовый путь. Но в

последнее десятилетие на америк. металлург. рудниках для доставки руды от забоя до гезенка при этой системе разработки приобрели большое применение скреперы. Главное преимущество системы—возможность вырабатывать месторождения очень больших размеров без закладки и с малыми потерями руды. Но зато расход крепежного леса очень большой. 9) Система разработки с слоевым обрушением руды является по существу своеобразной разновидностью разработки горизонтальными слоями. Например при добыче железной руды в условиях Кривого Рога подготовительные выработки *a*, *б* (фиг. 44) проводятся в породах лежащего бока. От гезенков проводятся к руде через слой короткие квершлагы, сбиваемые слоевыми штреками и переходящие в рудных залежах в орты *в*. Когда орты доходят до висячего бока, начинается очистная выемка руды, но так, что руда по сторонам ортов и на их высоту берется заходками (фиг. 44, разрезы по *A—B*, *C—D*), а лежащая выше руда подрывается взрывчатыми веществами,



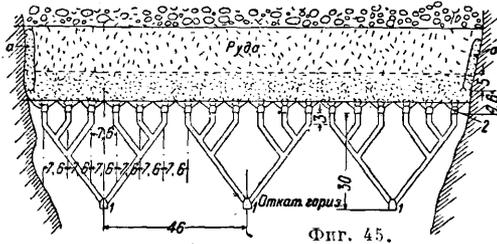
Фиг. 44.



падает на уровень почвы орта, где и грузится в вагончики. Вслед за рудой опускается находящаяся выше закладка. Обычно выемка слоевым обрушением ведется от границ разработок к шахте. Последовательность выемки слоев 1, 2, 3... в вертикальном и горизонтальном направлениях ясна из фиг. 44.

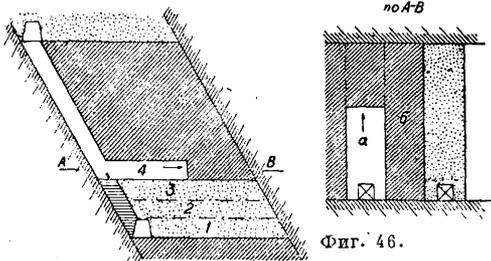
Для успеха работы требуется, чтобы руда не была крепкой или мелкотрещиноватой, но в то же время и не сыпучей; над полем, где начинается работа этой системой разработки, должно быть некоторое количество (п о д у ш к а) закладки; порода висячего бока должна опускаться вслед за оседанием подушки, постепенно пооплывая ее собою; залежь должна быть более или менее правильной, без вздутий и пережимов. Достоинства системы: большое число и сконцентрированность забоев, автоматичность закладки; зато продолжительны и дороги подготовительные работы, возможно засорение руды закладкой. 10) Система разработки с массовым обрушением руды. Примером может служить разработка мощных месторождений рыхлой медной руды в С. Америке (фиг. 45). Обрушаемые массивы руды имеют толщину в

23 м. Руда грузится в вагончики через люки в выпускных штреках (2), проводимых параллельно друг другу через 7,6 м. Эти штреки многочисленными скатами, наклоненными под углом  $53^\circ$  к горизонту, соединяются с главными откаточными штреками (1, 1), пройденными на 30 м ниже горизонта выпускных штреков. Для подсечки руды, необходимой для



Фиг. 45.

ее обрушения, из выпускных штреков (2) проводятся вверх многочисленные наклонные скаты попеременно с обеих сторон штрека на высоту 7,6 м, где от скатов ведутся выемочные штреки. Из последних проводятся веерообразно многочисленные шпурь, взрывами к-рых руда д. б. подорвана по всей подработанной штреками площади. Для того чтобы руда лучше обрушалась, по границам месторождения предварительно вырабатываются узкие, но высокие камеры-магазины а. 11) Комбинированная система разработки—горизонтальными слоями и камерная,—широко применяющаяся напр. для добычи железной руды в Кривом Роге, состоит в том (фиг. 46), что камеры а вырабатываются горизонтальными слоями 1, 2, 3, 4... снизу вверх с полной закладкой, а междукamerные целики б выбираются каким-либо способом впоследствии. Достоинства системы—применимость в разнообразных условиях, безопасность, плотность закладки; недостатки—большое количество подготовительных работ, трудность возведения закладки и выем-



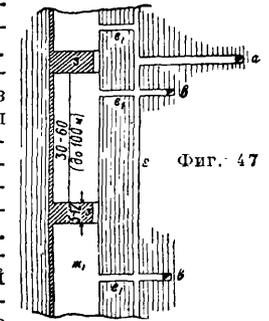
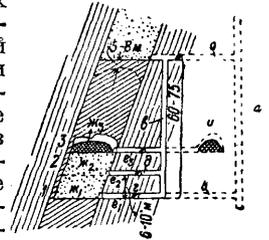
Фиг. 46.

ки междукamerных целиков. 12) Камерная система с оставлением навсегда покидаемых столбов применяется напр. при разработке месторождений каменной соли (см. *Поваренная соль, добыча поваренной соли*). При разработке месторождений каменной соли не должно допускаться обрушений кровли, крайне опасных из-за обширности очистных выработок и в особенности опасных тем, что они сопровождались бы образованием трещин в породах и возможным появлением воды в руднике. Для избежания обрушений д. б. выбраны размеры столбов на основе предположения, что при достаточно большом развитии очистных работ в шахтном поле на столбы начнет давить вес всех вышележащих пород. Для системы разработки ширина столбов а

между камерами по Шевякову определится:

$$a = \frac{A}{n(H-h)A_1(A+b) - 1},$$

где: А—ширина камеры в м, b—длина столба в м, H—глубина от поверхности до пола камеры в м, h—высота столба в м,  $A_1$ —средний уд. в. пород, n—коэф. запаса прочности (ок. 2—3),  $R' = 300 - 400 \text{ кг/см}^2$ —временное сопротивление каменной соли сжатию. Аналогично могут подсчитываться размеры столбов и для других ископаемых, добываемых подобной системой разработки, например гипса, мела, строительных камней и пр., причем следует значение  $R'$  не брать по справочникам, а устанавливать специальными исследованиями в виду разнообразия свойств пород одинакового наименования. При добыче каменной соли бурение шпуров успешно механизировалось электросверлами, подбор—врубковыми машинами, погрузка из куч—электрическими экскаваторами. 13) При разработке месторождений калийных солей добыча как правило ведется с полной закладкой, так как эти соли, особенно карналлит, менее крепки и не так устойчивы против выветривания, как каменная соль, вследствие чего одни столбы, особенно при больших глубинах разработки, оказываются недостаточными для удержания массового давления пород. В этом случае назначение покидаемых столбов состоит в том, чтобы поддерживать устойчивость окружающих пород только во время выемки и заполнения закладкой данной камеры. В виду легкой растворимости калийных солей проникание воды в выработку, проводимые по



солям, почти всегда влечет за собой гибель рудника. Пример камерной разработки при крутом падении дан на фиг. 47, где от шахты а, заложенной в лежачем боку залежи, проведены этажные квершлагги б, соединяемые гезенками в. Откаточный штрек г и промежуточные штреки д проводятся в лежачем боку залежи и сбиваются с нею короткими квершлаггами  $e_1, e_2, e_3, \dots$ , из к-рых вырабатываются камеры  $ж_1, ж_2, ж_3, \dots$  в восходящем порядке. Между камерами оставляются целики з. Во время подработки потолка камеры соль магазинируется. После удаления из камеры магазинированной соли камера заполняется закладкой, спущенной с поверхности (обычно отбросы химич. переработки сырых калиевых солей), или закладкой служит каменная соль, добываемая для этой цели в специальных камерах и. (Горных мельницах). С целью понизить расходы по доставке отбитой соли и закладки и уменьшить число подготовительных выработок иногда полукамер придается наклон, достаточный для самоскатывания соли и закладки.

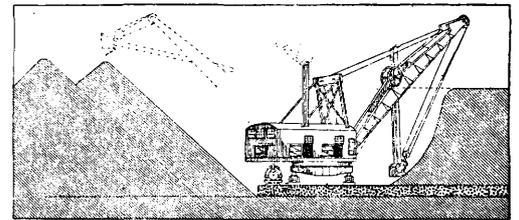
**Открытые работы.** Добыча полезных ископаемых открытыми работами более экономичная, чем подземными, возможна, если значительные количества полезных ископаемых находятся непосредственно на земной поверхности или недалеко от нее. Примеры: 1) при горизонтальном или слабо наклонном рельефе земной поверхности месторождение значительной толщины лежит тоже почти горизонтально при покрывающих породах небольшой мощности; 2) при крутом падении мощного месторождения его выход закрыт нетолстыми наносами; 3) выход мощного месторождения обнажается на склоне горы.

Удаление покрывающих пород называется в к р ы ш е й полезных ископаемых. Существует предельное отношение количества пустых пород к единице добываемого полезного ископаемого, превышать которое уже экономически невыгодно и по достижении которого обыкновенно переходят к подземным работам или прекращают эксплуатацию месторождения. Этот предел зависит от: 1) ценности полезных ископаемых, 2) относительной стоимости выемки полезных ископаемых в открытых и подземных разработках, 3) стоимости выемки пустой породы, сильно колеблющейся для отдельных случаев. Определение глубины вскрыши на основе предельного соотношения между количеством удаляемых пород на единицу полезных ископаемых должно устанавливаться не для всего карьера в целом, а для того горизонта, на котором это соотношение наступает. Известны случаи, когда опасность обрушения принуждает прекращать работу в карьере и переходить к подземной добыче раньше, чем это экономически выгодно; и, наоборот, мощные, сильно склонные к самовозгоранию каменноугольные пласты иногда во избежание подземных пожаров эксплуатируются открытыми работами до глубин, где была бы выгоднее уже подземная разработка. Открытые работы обладают многими преимуществами по сравнению с подземными: 1) более дешевая и легкая выемка полезных ископаемых благодаря большим размерам забоев (возможность добывать очень крупные монолиты для строительных и скульптурных целей); 2) полнота выемки полезных ископаемых; 3) относительно легкая возможность развить громадную производительность рудника; 4) возможность пользования дневным светом; 5) более легкая отборка пустых пород при дневном освещении; 6) отсутствие крепления, закладки, вентиляции и необходимости борьбы с вредными газами; 7) простота организации доставки; 8) возможность пользования большими машинами; 9) более безопасные условия работы. Недостатки открытых работ: 1) дождь или сильный холод временно делают работу в карьерах затруднительной или невозможной; 2) широко развитые открытые работы занимают большие участки земли, которые в большинстве случаев навсегда пропадают для земледелия; 3) ночные работы неудобны, т. к. трудно организовать достаточно сильное освещение; 4) при открытой разработке мощных каменноугольных месторождений получается большое, иногда и преобладающее количество угля из зоны выветривания, т. е. плохого качества. Открытые разработки в большинстве случаев ведутся почвоуступно (фиг. 48). Высота  $h$  уступов и величина угла

откоса зависят от свойств пород, а ширина  $a$  от способа работ. При более высоких уступах: 1) упрощается организация доставки и подъема, т. к. уменьшается число уступов; 2) реже требуется малопродуктивная подрезка подошвы уступов (важно для крепких пород); 3) лучше используются экскаваторы. Но при возрастании высоты уступов: 1) увеличивается возможность падения с поверхности уступа глыб полезных ископаемых или пустых

пород; 2) возрастает сила удара и дальность откатывания этих глыб; 3) затруднительнее осмотр забоя; 4) особенно опасны ночные работы; 5) опаснее и утомительнее работа людей на уступе, особенно в плохую и холодную погоду. В результате высота уступов бывает при разработке глин и песков 3—5 м, железных руд—7—10—12 м, медных руд

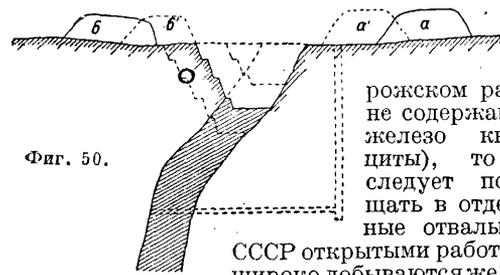
(США)—14—18 м и более. Угол откоса д. б. тем меньше, чем слабее породы. Ширина уступов при ручной доставке в тачках или вагончиках не д. б. меньше 2 м, при конной доставке—не меньше 3 м, при работе экскаваторами, находясь в зависимости от типа и размера последних, обыкновенно не меньше 15 м. Выемка пород в забоях уступов ведется ручными инструментами (только при некрепких породах и в предприятиях малой производительности) или взрывными работами или непосредственно экскаваторами. Заряды взрывчатых веществ помещаются в шпур, буровые скважины и минные камеры (см. *Взрывные работы и Бурение*). При добыче некоторых строительных материалов и камней для скульптурных целей необходимо обходиться без взрывных работ, чтобы камни еще в забое получились желательной формы и размеров и без трещин. Выемка слоистых пород ведется ломом и клиньями с использованием естественной трещиноватости. В случае необходимости протесываются борозды и делаются



Фиг. 49.

врубы. В массивных породах каменные глыбы требуемых размеров отделяются от общего массива проведением на близком расстоянии или даже так, чтобы получилась сплошная щель большого числа шпуров. Окончательное отделение монолита производится действием клиньев. Для выбуривания шпуров или приготовления врубов существуют специальные машины (см. *Механизация горных работ*). Мягкие породы могут распиливаться пилами с зубренным режущим краем (в очень мягких породах) или с гладким краем или наконеч проволокой или проволочным канатом. В последних случаях в пропилен насыпается кварцевый песок, наждак и т. п., зерна к-рых, прижимаемые пилою,

парапают камень. Подорванная в забоях уступов порода погружается для отвозки в вагоны—вручную или экскаваторами (см.). При рыхлых, а иногда и мягких породах экскаватор служит и для добычи породы в забое. Экскаваторы больших размеров при наличии соответствующих условий могут непосредственно отгружать породу из вскрыши в отвал (фиг. 49). Из различных типов экскаваторов для открытых горных работ наибольшее значение имеют о д н о ч е р п а к о в ы е, к-рые работают не только в рыхлых, но и ломких породах, способны захватывать и отгружать большие глыбы и очень выносливы, скреперные (канатные)—только для мягких, рыхлых пород, в частности для черниа из-под воды, и многочерпаковые—для рыхлых грунтов, не содержащих валунов, пней и т. п. Для отвозки полезных ископаемых и пустых пород из открытых работ служат вагоны разнообразнейших размеров (емкостью от долей  $m$  до 100  $m$  и более), но так или иначе приспособленные к автоматич. разгрузке. При всей своей простоте по сравнению с подземными работами открытые работы должны вестись по определенному плану, составленному хотя бы в общих чертах на весь срок их существования. В частности план должен предусматривать такое расположение отвалов на поверхности, чтобы их при дальнейшем развитии работ безусловно не пришлось бы перемещать ( $a, a', b, b'$ , фиг. 50). Если при вскрыше приходится удалять различные породы, могущие в будущем получить полезное употребление (песок, глина, в Криво-



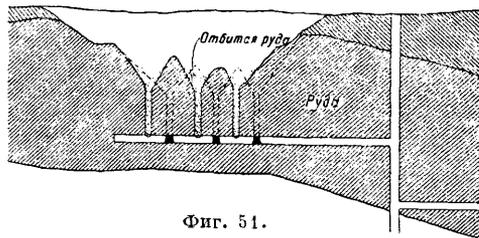
Фиг. 50.

рожском районе содержащие железно кварциты), то их следует помещать в отдельные отвалы. В СССР открытыми работами широко добываются железные

руды (Кривой Рог, Урал, Керченский полуостров), золотые россыши (Урал, Сибирь), известняк и доломиты для целей металлургии (например Донбасс), цементные материалы (район Новороссийска, Московская область, Нижняя Волга, Донбасс и др.), строительные камни и материалы (в очень многих местах), каменный уголь (напр. в Черемховском бассейне). Сюда же м. б. отнесены добыча самосадочной соли и разработка россыпей (золота, платины, олова) драгами (см. *Дражное дело*) и гидравлическим способом (см. *Гидравлические разработки*).

Разработка воронками (мельницами) (фиг. 51)—способ как бы промежуточный между открытыми и подземными работами. Под дном открытых работ проводится сеть подземных горизонтальных выработок, сообщаящихся с шахтой или штольней. От них до поверхности месторождения проводятся вертикальные гезенки, снабженные внизу выпускными люками. Забой над каждым гезенком имеет вид воронки, по наклонной поверхности к-рой добываемый материал скатывается в гезенку через переносную решетку внизу воронки для задержки больших глыб.

При достоинствах и недостатках, общих с открытыми работами, выемка воронками почти не допускает сортировки полезных ископаемых или отборки пустой породы; небезопасно положение рабочих на откосах забоев, требуются подготовительные подземные выра-



Фиг. 51.

ботки, но перемещение полезных ископаемых от забоя к вагончику и погрузка в последний упрощены до минимума.

О добыче нефти см. *Аэролифт, Бурение, Газлифт, Глубокие насосы, Нефти*; о добыче рассолов см. *Поваренная соль, Добыча*.

Лит.: Ш е в я к о в Л. Д., Разработка месторождений полезных ископаемых, 2 изд., Харьков, 1930; е го же. Сборник статей по горному искусству, 2 изд., вып. 1, Харьков, 1930; Б о к и й Б. И., Практический курс горного искусства, т. 1—3, М.—Л., 1923—28; е го же. Аналитический курс горного искусства, М.—Л., 1929; Т р у ш к о в Н. И., Разработка рудных месторождений, ч. 1, М., 1924, ч. 2, М., 1925, ч. 3, Л., 1929; Т е р п и г о р е в А. М., Описание Донецкого бассейна, т. 2, вып. 2, Харьков, 1915; е го же, Разбор систем разработок каменного угля, применяемых на рудниках Юга России, 2 изд., Енатеринослав, 1910; С и д о р о в А. Н., Мокрая закладка, М., 1923; С т р е л ь н и к о в Д. А., Разработка мощных пластов Кузнецкого каменноугольного бассейна, М.—Л., 1926; Б у л д а в с к и й А. К., Описание систем подземных разработок железной руды в Криворожском районе, М., 1922; С е р е б р о в с к и й А. Н., Золотопромышленность в США, ч. 1—2, 2 изд., М., 1929; М э р р и с Р., Экскаваторы и применение их при горных работах, пер. с нем., М., 1924; М и т к е Ч. А., Системы разработки рудных залежей, пер. с нем., М., 1930; «НИ», т. 1—4, 1925—29; H e i s e F. und H e r b s t F., Lehrbuch der Bergbaukunde, B. 1, 6 Aufl., B., 1930; T r e p t o w E., Grundzüge der Bergbaukunde, 6 Aufl., W., 1925; H a t o n de la G o u p i l l i è r e, Cours d'exploitation des mines, 4 éd., t. 1, P., 1928, t. 2—3 (печат.); G r u n e r L. E., Cours d'exploitation des mines, t. 1—6, P., 1921—25; Y o u n g G. I., The Working of Unstratified Mineral Deposits, L., 1927; В u l m a n H. F., The Working of Coal and Other Stratified Minerals, L., 1927; K n e e l a n d E. H., Getting out the Coal, N. Y., 1926; T a s c h e n b u c h f ü r B e r g - u n d H ü t t e n l e u t e, hrsg. v. F. K ö g l e r, 2 Aufl., B., 1929; P e e l e R., Mining Engineers Handbook, New York, 1927; H a n d b u c h f ü r d e n d e u t s c h e n B r a u n k o h l e n i n d u s t r i e, hrsg. v. G. K l e i n, B. 1, T. 1, 3 Aufl., Halle a/S., 1927; Yearbook on Coal Mine Mechanisation, Wash., 1928; B a r n e v e l d C. E., Iron Mining in Minnesota, Minneapolis, 1912; P h a l e n W. C., Technology of Salt Making in the U.S.A., Wash., 1917; S p r a c k e l e r J., Kaliberbaukunde, Halle a/S., 1925; H e r m a n n O., Steinbruchindustrie und Steinbruchgeologie, 2 Aufl., B., 1916; G r e e n w e l l A. and E l s e n J., Practical Stone Quarrying, L., 1913; B o w l e s O., Technology of Marble Quarrying, Wash., 1916; «ГЖ», «Уголь», Харьков; «Вестник угля», «Иллектерный работник», Днепропетровск; «МС», «Цветные металлы», М.; «Der Bergbau», «Braunkohle», Halle a/S.; «Glückauf», Essen; «Kali», Halle a/S.; «Kohle und Erz», B.; «Ztschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preussischen Staate», B.; «Annales des mines de Belgique», Bruxelles; «Annales des mines de France», P.; «Mines, carrières, grandes entreprises», P.; «Revue d'industrie minière», P.; «Bulletin of the Bureau of Mines», Wash.; «Canadian Mining Journal», Gardenvale; «Coal Age», N. Y.; «Colliery Engineering», «Colliery Guardian», L.; «Iron and Coal Trades Review», L.; «Mining and Metallurgy», N. Y.; «Transactions of the Amer. Inst. of Mining and Metallurgical Engineers», N. Y.; «Transactions of the Inst. of Mining Engineers», L. Л. Шевяков.

**Разработка отвалов металлургических заводов.** Разработка отвалов, образующихся из всевозможных отходов и отбросов производственных процессов металлургических предприятий, ведется с целью извлечения из

них металлсодержащего и строительного сырья, которое по признакам его утилизации делится на три вида: доменное, мартеновское и строительное. В доменном производстве употребляются железо-стальная и чугунная мелочь, стружка, окалина и т. д., а также шлаки: бессемеровский (содержание железа 15—20%), томасовский (Fe 13—18%), мартеновский (Fe 12—15%) и кричный. К мартеновскому металлосырью, извлекаемому из отвалов, относятся: козлы мартеновских и доменных печей, зашлакованные чугунные коржи, вкрупленный в шлак дробовидный чугун, ковшевые остатки, сливы, литники, донья ковшей, сифоны, скрап и пр. На строительные цели поступают извлеченные из отвалов: бой шамот-

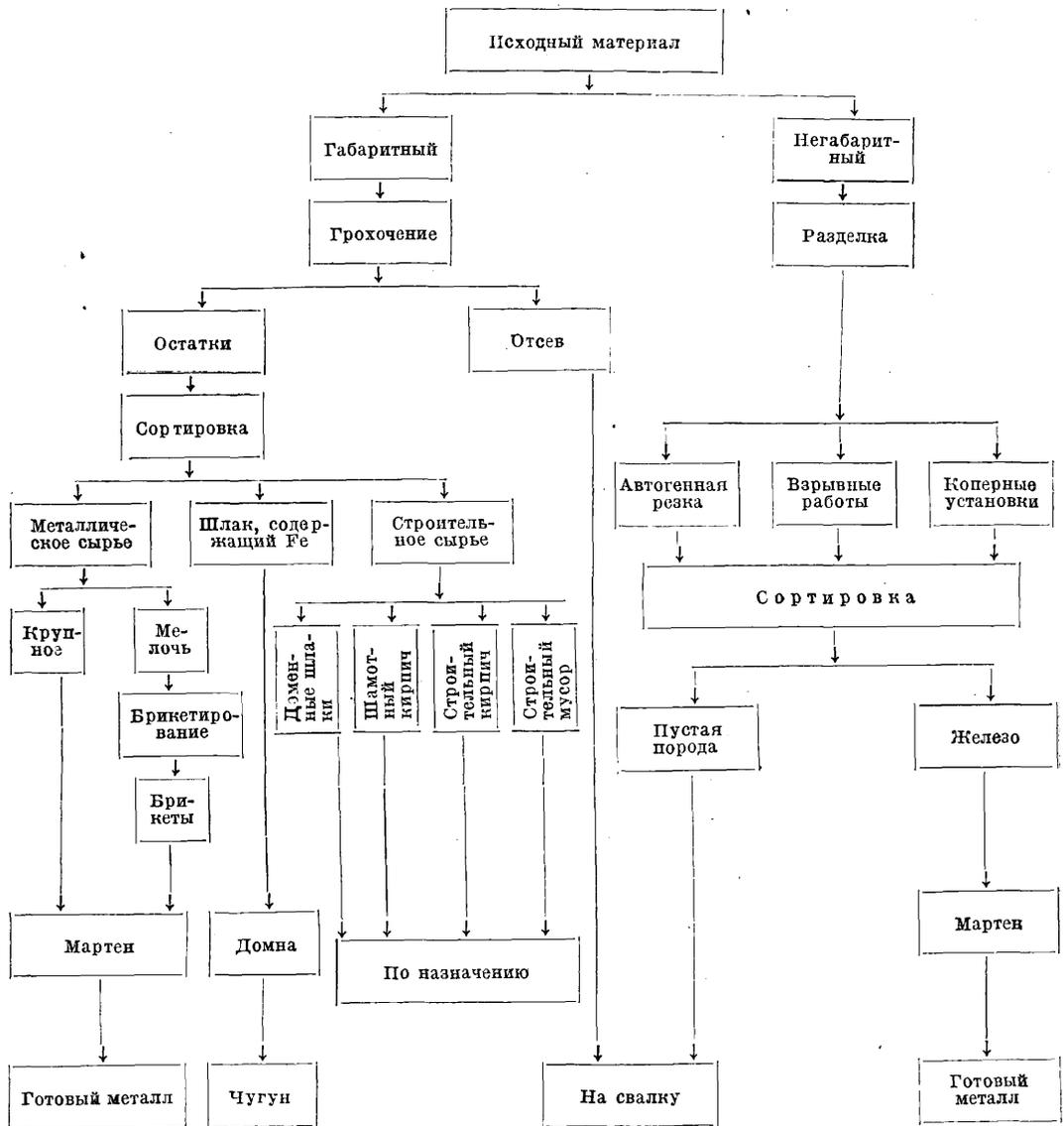
и запроектированного к получению металла из отвалов по отдельным районам.

Район разработки	1929/30 г.	1931 г.
Днепропетр. пром-сть . . .	30 676	100 000
Левобережная Украина . . .	38 270	120 000
Северо-западный . . . . .	—	35 000
Урал . . . . .	14 233	35 000
ГЧО . . . . .	84	4 000
Нижне-Волжский . . . . .	—	6 000
Северо-Кавказский . . . . .	5 803	6 000
Верхне-Волжский . . . . .	393	1 250
Всего . . . . .	89 458	307 250

На 1932 год было запроектировано к получению металла от разработки этих отвалов уже 375 тыс. *т*.

Разработку отвалов в СССР производят тремя способами: карьерами (забои распо-

Схема разработки металлургических отвалов.



ного кирпича, бой строительного кирпича, доменные шлаки, щебень и пр. строительный мусор. Перспективы в области разработки доменных и мартеновских отвалов в СССР чрезвычайно большие. Ниже приведены данные о количестве (в *т*) полученного в 1929/30г.

лагают почвоуступно), глубокими подбоями и переборской. Почвоуступно-карьерная система наиболее дешевая и применяется почти на всех отвальных разработках «Металлома» как Урала, так и юга. При работе глубокими подбоями (на длину кайла) обрушиваются

значительные откосы отвала; работа грабарей вперевалку является самым дорогим методом и применяется только в исключительных случаях. Для отвозки материала к ж.-д. путям прокладывают узкоколейные пути, по которым добытый материал в копелевских вагонетках передается к решеткам и опрокидывается в ж.-д. вагоны для направления на соответствующие заводы.

Полученный материал делится на две группы: габаритный и негабаритный. Габаритный материал с мусором и металлической мелочью поступает на прохода. Остатки на грохотах (металлическая часть) поступают в качественную сортировку, откуда отбирается чистый металл в крупных кусках, который в таком же виде поступает в мартеновскую печь, а металлическая мелочь подвергается предварительной брикетировке, а затем уже идет в печь. Металлическая мелочь в небрикетированном виде, а также железо-стальная и чугунная стружка, извлекаемая из отвалов, поступают в доменную печь; отсев в виде земли поступает на свалку. Отсортированные шлаки с содержанием Fe не ниже 10—12% поступают в домну. Отсортированный бой шмотного кирпича, а также и бой строительного кирпича используются по прямому назначению, отсев же в виде земли и пустой породы поступает на свалку. Негабаритные массивы, извлекаемые из отвалов, при зашлакованности их не менее 50%, разбивают в копровых установках; если зашлакованность достигает 30%, массивы взрывают либо в отвалах либо в специально устроенных для этого помещених. Незашлакованные массивы подвергаются автогенной резке. Выше на ст. ст. 47—48 приведена схема разработки отвалов металлургических заводов.

Наиболее усовершенствованные методы разработки отвалов металлургического производства применяются за границей. В Германии разработка отвалов и извлечение металла из них проводится при помощи электромагнитных сепараторов, передвижных или стационарных, с одним элеватором или же с двумя, и т. д. Сепаратор с двумя элеваторами подает первым элеватором отвальную массу на электромагнитный барабан, а вторым элеватором выбрасывает мусор на свалку. Барабаны улавливают мельчайшие частицы металла, что посредством грохочения является недостижимым. Производительность мощных электромагнитных сепараторов обычно достигает 15 т в час.

Издержки производства, падающие в среднем на тонну извлекаемого материала при разработке металлургических отвалов, в СССР следующие: железо 30 р. 14 к., скрап 21 р. 31 к., шлак 3 р. 40 к., керамика 14 р. 28 к. Издержки производства магнитной сепараторной установки (в Германии), пропускающей 15 т/ч отвального материала, содержащего 12% металла, следующие:

Эксплуатационные расходы (на 5 000 т)	В марках	В %
Ежегодная амортизация . . . . .	8 000	22,9
Стоимость электроэнергия . . . . .	2 000	5,7
Зарплата (10 раб. по 1 800 мар.) . . . . .	18 000	51,4
Ремонт инструментов . . . . .	3 000	8,6
Все прочие расходы . . . . .	4 000	11,4
<b>Всего . . . . .</b>	<b>25 000</b>	<b>100,0</b>

Стоимость извлеченного металла составляет примерно 7 марок за 1 т.

Лит.: Бочвар А. М., Утилизации доменных шлаков, СИБ, 1913; Доменные шлаки как дорожный материал, «МС», М., 1928; Недзвецкий В. И., Разработка мартеновских шлаков в Германии, Из отчета о заграничной командировке Президиуму ВСНХ СССР, Москва, 1930 (на гектографе); Ляховский И., Техно-экономическая записка о разработке металлургических отвалов, М., 1929; Гострест «Металлом», План разработки отвалов на 1931 г., М., 1931; Гострест «Металлом», Пятилетний план лома, М., 1929; York a n l o v e G. a. V i c k e r s C., Scrap Metals, New York—Cleveland, 1925. Г. Вали.

**РАЗРЯД ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ**, процесс прохождения тока через газовые, жидкие и твердые диэлектрики и их пробой (см.). Все явления электрич. разряда развиваются на две области: несамостоятельного и самостоятельного разряда. Первая из них характеризуется тем, что носители тока (ионы и электроны) образуются в среде вследствие внешних причин (фотоэффектом, процессами тепловой диссоциации в твердых и жидких диэлектриках, ионизации  $\gamma$ - и  $\alpha$ -лучами в газах). Вторая—характеризуется образованием носителей тока под действием приложенного электрического поля. В дальнейшем речь будет идти только о газовом разряде в самостоятельной области (о разряде в твердых и жидких средах см. *Диэлектрики*). Переход к самостоятельному разряду в случае всех газов и независимо от давления проявляется в виде сильного возрастания тока при неизменном напряжении на электродах. Это возрастание объясняется резким увеличением числа электронов и ионов в результате ударной ионизации в среде. Молекулы газа характеризуются со стороны прочности связей электронов в них значением ионизационной энергии, той энергии, которую необходимо затратить для отрывания от молекул одного из электронов. Под действием приложенного электрического поля первоначальные электроны газа ускоряются и, пройдя нек-рый путь, накапливают энергию, равную ионизационной. При столкновении таких электронов с молекулами газа последняя теряет электрон, в газе образуются новые добавочные носители тока. В виду того что последние в свою очередь вызывают ионизацию, число ионов в газе резко возрастает: он становится проводником электричества. Может случиться, что при столкновении с молекулой электрон еще не накопит ионизационной энергии, но будет двигаться уже достаточно быстро. В этом случае ионизации не произойдет, но расположение электронов в молекуле все же изменится; при восстановлении нормального расположения молекула будет излучать свет. Эти соображения позволяют понять наличие свечения в самостоятельном разряде.

Развитые выше соображения позволяют легко ориентироваться в многообразии форм самостоятельного Р. э. В основном нужно различать три такие формы: 1) Тоунсенд-разряд, 2) тлеющий разряд (см. *Гейслера трубка*), 3) дуговой разряд (см. *Дуговая лампа*). В первой из этих форм поле мало искажается развивающейся в газе ударной ионизацией (см.), во втором и третьем случаях, наоборот, это искажение очень велико; отличие же дугового Р. э. от тлеющего сводится к высокой (порядка нескольких тысяч градусов) температуре катоды в дуге. Искажение поля связано с движением больших масс ионов (продуктов ионизации) и образованием вдоль пути Р. э. объемных зарядов (см.). Так как объемные заряды образуются очень быстро вслед за ионизацией, устойчивы лишь тлеющий и дуго-

вой Р. э. Тоунсенд-форма только предшествует каждому из них, но не может длительное время существовать в газе. На фиг. 1 приведена диаграмма областей существования различных форм разряда по Зеелигеру. Координатами выбраны сила тока и давление газа. Из диаграммы видно, что при больших давлениях Тоунсенд-разряд переходит в дугу, причем этот переход определяется



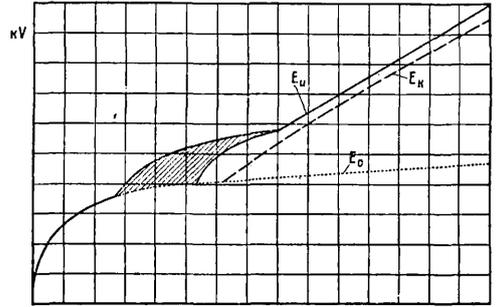
Фиг. 1.

плотностью протекающего через газ тока; чем выше давление, тем при большей плотности тока возможно возникновение дуги. Если мощность источника ограничена и дуга возникнуть не может, в газе периодически загорается и тухнет Тоунсенд-разряд (в форме искры). Начиная с давления  $P_m$ , возможно уже существование всех трех форм электрического разряда. Как видно из диаграммы на фиг. 1, возникновение дуги при этом давлении возможно при минимальной плотности тока; понижение, равно как и увеличение, давления требует для зажигания дуги больших токов.

Тоунсенд-разряд [1]. Свечение при Тоунсенд-разряде должно было бы быть одинаковым вдоль всего пути, но в такой простой форме явление наблюдается только в совершенно однородном поле. Большую сложность наблюдающегося на опыте Тоунсенд-разряда следует отнести именно к неоднородности поля между обычно употребляющимися в практике электродами. Только в тех случаях, когда расстояние между электродами мало по сравнению с их кривизной, разряд остается одинаковым вдоль всего пути. В случае напр. шаровых электродов и небольших расстояний между ними газ остается непроводящим вплоть до тех пор, пока разность потенциалов не достигнет некоего значения  $E_0$  (начальный потенциал), при котором между шарами проскакивает искра. Явление протекает также и при увеличении расстояния  $d$ , но лишь до некоторого критич. значения  $d_0$ ; последнее зависит от диаметра  $D$  шаров и связано с ним соотношением  $\frac{d_0}{D} =$

$= 5,5$ , если оба шара симметрично заряжены по отношению к земле. При больших расстояниях, чем  $d_0$ , поле уже становится заметно неоднородным, и при увеличении разности потенциалов при  $E_0$  свечение появляется только у поверхности шаров; здесь градиент поля выше, чем в окружающей среде, и в газе появляется местная ионизация. Это значение потенциала называется начальным. Далее, при повышении разности потенциалов, при значениях  $E_k$  (потенциал кистевого разряда) появляется Р. э. в виде кистей, к-рый затем уже при искровом потенциале  $E_u$  переходит в искру. Между расстоянием  $d_0$  и  $2d_0$  лежит переходная область; искровое напряжение здесь неопределенно, и искра может проскочить в газе при любых значениях, лежащих в заштрихованной области фиг. 2, где графически представлена зависимость  $E_0$ ,  $E_k$  и  $E_u$  от расстояния  $d$  между шарами. Аналогичные соотношения получаются для двух цилиндрич. электродов и в других случаях неоднородного поля. Исследования Кауфмана

позволили определить электрическое сопротивление в искре. Под этим следует понимать такое омич. сопротивление, что при замене им искрового промежутка количество теплоты, выделяемое в этом сопротивлении, будет тем же, что и в искре. В виду того



Фиг. 2.

что количество теплоты, выделяющейся в искре, пропорционально третьей степени приложенной разности потенциалов, электрическое сопротивление ее оказывается величиной переменной. Оно зависит от приложенной разности потенциалов, емкости системы и сопротивления подводящих к электродам ток проводов. В табл. 1 приведены значения этого сопротивления  $r_u$  при разных значениях искрового потенциала  $E_u$  и двух сопротивлений подводящих проводов  $R$ .

Табл. 1.—Значения  $r_u$  в  $\Omega$ .

Для $E_u$ в kV	При $R_1=0,35 \Omega$	При $R_2=1,4 \Omega$
6,9	0,022	0,046
9,1	0,034	0,062
15,6	0,043	0,078

Начальные и искровые напряжения меняются в зависимости от природы и давления газа. По отношению к последней зависимости Пашеном был установлен закон, по которому  $E_u$  является однозначной функцией произведения  $pd$ . Так как в общем случае  $E_u$  уменьшается при изменении расстояния  $d$  между электродами, оно будет уменьшаться и при понижении давления  $p$ . На фиг. 3 даны значения  $E_u$  для разных газов в зависимости от расстояния  $d$  между шарами (в см) при давлении в 750, 250 и 100 мм ртутного столба.

Целый ряд исследований показал, что сжатые газы, следуя в больших пределах закону Пашена, обладают чрезвычайно большим сопротивлением пробою. Так например, воздух, при нормальном давлении имеющий прочность  $\sim 30 \text{ kV/cm}$ , при увеличении давления до  $10 \text{ atm}$  упрочняется в 10 раз; пробивное напряжение его оказывается равным  $300 \text{ kV/cm}$ ; при  $15 \text{ atm}$  эта величина уже достигает  $450 \text{ kV/cm}$  и т. д. Бути предложил след. ф-лу зависимости от давления для областей с давлением  $> 1 \text{ atm}$ :

$$V = apd + \frac{ak}{2};$$

здесь  $a$  и  $k$  — константы,  $d$  — расстояние между электродами. С количественной стороны Тоунсенд-разряд в основном подчиняется теории Тоунсенда, на случай неоднородного поля подробно развитой Шуманом. Для силы тока  $I$

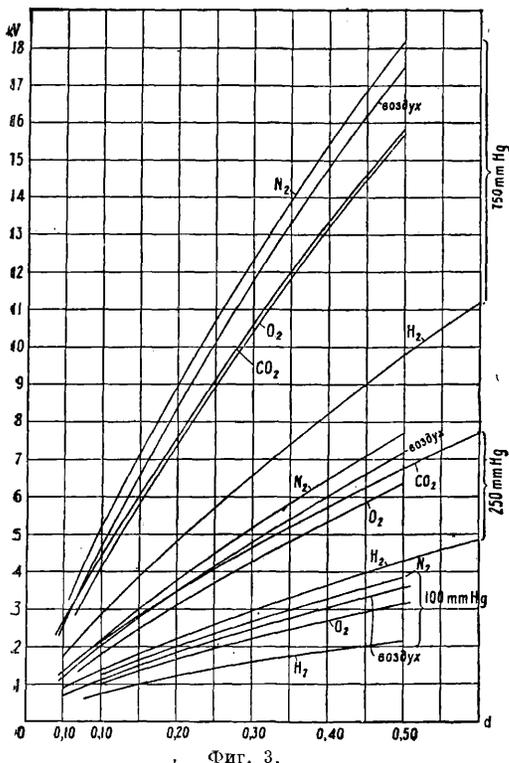
при ударной ионизации Тоунсенд дает ф-лу:

$$I = ne \frac{(\alpha_x - \beta_x) e^{(\alpha_x - \beta_x)d}}{\alpha_x - \beta_x e^{(\alpha_x - \beta_x)d}} *$$

где  $n$ —число пар электронов и ионов, созданных внешним ионизатором,  $e$ —элементарный заряд, равный  $4,77 \cdot 10^{-10}$  CGSE,  $d$ —расстояние между электродами,  $\alpha_x$  и  $\beta_x$ —коэф-ты, равные числу ионов, к-рое при силе поля  $x$  образуется в газе при ионизации одним электроном ( $\alpha_x$ ) и положительным ионом ( $\beta_x$ ) на 1 см пути. При расстоянии  $d$  между электродами пробой наступает в том случае, если

$$\alpha_x = \beta_x e^{(\alpha_x - \beta_x)d},$$

так как  $I$  здесь обращается в бесконечность. Функциональные зависимости  $\alpha_x$  и  $\beta_x$  от силы поля, а также и других условий не могут быть выведены теоретически при настоящем



Фиг. 3.

состоянии науки и задаются графически на основании специальных измерений при не особенно высоких давлениях. В последнее время теория Тоунсенда встретила ряд возражений со стороны немецких ученых в связи с большими затруднениями объяснения пробоя при ударных напряжениях. Опыт показывает, что при импульсах длительностью  $10^{-6}$  сек. пробой происходит при тех же напряжениях, как и в случае постоянного напряжения. Из этого следует, что процесс нарастания ударной ионизации должен успеть завершиться за  $10^{-6}$  сек. Может быть доказано, что это требование находится в противоречии с теорией Тоунсенда. Роговский, обративший внимание на эти затруднения, дал новую теорию

\* В формуле через одну и ту же букву  $e$  обозначены заряд электрона и основание натуральных логарифмов.

явления, к-рая однако даже после очень интересных изысканий Франка и Хиппеля не дает количественных закономерностей устойчивого характера.

Еще более неопределенно теоретическое состояние вопроса при Тоунсенд-разряде в многократном поле в условиях частичного разряда, при так называемой к о р о н е. Исследования показали, что радиус короны  $a$  (т. е. радиус чехла, охватывающего например цилиндрический проводник) растет пропорционально разности между приложенным  $E$  и начальным  $E_0$  потенциалом, при котором возникает разряд:

$$a = r_0 + \beta(E - E_0);$$

здесь  $r_0$ —радиус проводника,  $\beta$ —константа. Исходя из этих предположений, можно найти следующее теоретическое выражение для силы тока через цилиндрический конденсатор с радиусами обкладок  $R$  и  $r_0$  для напряжения постоянного тока:

$$i = \frac{2kE(E - E_0)}{R^2 \ln \frac{R}{r_0}};$$

здесь  $k$ —подвижность иона того знака, которым заряжена обкладка с меньшим радиусом. Эта формула хорошо объясняет тот факт, что во влажном воздухе ток утечки в короне сильно уменьшается, что очевидно связано с убыванием подвижности во влажном воздухе. Для короны переменного тока все явления протекают очень сложным образом; теоретическому разбору их посвящено несколько работ Хольма. Для величины энергии, к-рая затрачивается в короне, Хольм дает следующее выражение в случае двух параллельно натянутых проводников:

$$W = \frac{\cos 0,6 \alpha}{9 \cdot 10^3} f E_{эфф.} (E_{эфф.} - E_1).$$

$$\left[ \frac{2}{\ln \frac{R}{L}} - \left( 1 + \frac{\ln \frac{R}{L_1}}{\ln \frac{R}{L}} \right) \frac{1}{\ln \frac{R}{r_0}} \right] \text{кВ/к.м.},$$

где

$$E_1 = \ln \frac{R}{r_0} \cdot 42,3 \left( 1 + \frac{0,3}{\sqrt{V} r_0} \right) \text{кВ};$$

$$L^2 = 0,85 \cdot 10^8 \cos 0,3 \alpha \cdot \frac{E_{эфф.} \beta}{\ln \frac{R}{r_0}} \cdot \frac{a}{2\pi f} \text{см}^2;$$

$$L_1^2 = L^2 \left( 1 + \frac{\pi \beta_1}{2\alpha \cos 0,3 \alpha} \right);$$

$\cos \alpha = \frac{E_1}{E_{эфф.}}$ ;  $\beta = 2,12$ ;  $\beta_1 = 1,63$ ;  $f$ —частота;

$R$  и  $r_0$ —радиусы проводников в см. Эта ф-ла дает очень хорошее согласие с опытом. Худшее соответствие с опытом дает эмпирическая ф-ла для потерь на корону при переменном напряжении, хорошо известная в технике формула Цика; в данном случае она представляется соотношением ( $W$  в кВт/к.м.):

$$W = \frac{1,22}{10^3} (f + 25) \sqrt{\frac{r_0 + \frac{6}{R} + 0,04}{R}} \cdot (E_{эфф.} - E_1)^2,$$

где все обозначения те же, что и в ф-лах Хольма. Аналогичные соотношения даны Хольмом для трех одинаковых цилиндрических проводников, расположенных по вершинам равностороннего треугольника, в случае трехфазного переменного тока; им же разобраны и некоторые другие расположения.

Тлеющий и дуговой разряд [2]. Эти формы газового разряда являются стационарными, ток может длительное время проходить через газ, не меняя своего значения. Нетрудно сформулировать требования стационарности разряда. Около поверхности отрицательного электрода (катода) ионизации нет, т. е. агенты ионизации—электроны—именно отсюда начинают двигаться и способны достигнуть ионизационной энергии, только пройдя нек-рое расстояние  $d$ . В области от катода до этого  $d$  газ остается так. обр. непроводником. В первые моменты по наложению напряжения ток может проходить через газ емкостным образом в непроходящем слое и путем переноса зарядов в остальной части междуэлектродного пространства; длительное же существование разряда возможно очевидно только при наличии переноса зарядов также и в непроводящем слое. Было показано, что источником носителей тока в этом слое являются электроны, сорванные с катода. Процесс развивается след. образом: при включении напряжения равномерное распределение потенциала между электродами быстро искажается таким образом, что у катода образуется большое падение на непроводящем слое. Положительные ионы разгоняются в этом слое и, попадая на поверхность катода, вырывают оттуда электроны. В виду того что этот акт сильно зависит от металла катода, характеристики тлеющего разряда определяются не одним только газом, как в Тоунсенд-форме, но и материалом катода. Замечательной особенностью тлеющего разряда является постоянство катодного падения потенциала в очень значительных пределах изменения, приложенного извне к трубке. Сила тока через газ при тлеющем разряде может быть представлена соотношением  $I = \frac{V - V_k}{R}$ ;  $V$  и  $V_k$  — соответственно приложенный потенциал и катодное падение,  $R$  — сопротивление газового разряда. Чем легче теряет катод свои электроны, тем меньшая необходима энергия ударяющих в него ионов для того, чтобы обеспечить хорошую проводимость прикатодного слоя, т. е. тем меньше катодное падение. В табл. 2 приведены значения  $V_k$  в зависимости от металла катода и природы газа. Со стороны физики явление влечения газа сводится к различию в природе бомбардирующих ионов.

Табл. 2.—Значения  $V_k$  в вольтах.

Металл	Воздух	$H_2$	$N_2$	He	A
K . . . . .	—	94	170	61	61
Cu . . . . .	252	214	208	177	131
Ag . . . . .	279	247	233	162	132
Pt . . . . .	277	276	216	160	132
Al . . . . .	129	171	179	141	100
Fe . . . . .	269	193	215	160	131

Дуговой разряд по существу повторяет все характеристики тлеющего, но только катодное падение здесь оказывается очень малым. При больших плотностях тока, которые характерны для этой формы, происходит сильное нагревание катода; последний по этой причине дает интенсивное электронное излучение, которое обеспечивает хорошую электропроводность прикатодного слоя. В отличие от тлеющего разряда, где  $V_k$  достигает всегда многих

десятков, а иногда и сотен В, при дуговом разряде оно не превосходит обычно 2—3 В, и таким образом дуга может существовать при значительно меньших разностях потенциалов, чем тлеющий разряд.

Теоретические представления о дуговом разряде не дают еще в данный момент законченной теории этого явления. До самого последнего времени интерес исследователей был направлен гл. обр. на процессы у электродов, учет теплового баланса к-рых в основном определяет электронное излучение и всю характеристику дуги. На этой почве развилась известная теория Симона; если считать темп-ру катода равной  $T$ , а площадь раскаленного пятна  $F$ , то произведение этих двух величин  $S = FT$  является по Симону основным параметром дуги. Ур-ие, связывающее разность потенциалов  $V$  на электродах дуги с силой протекающего через нее тока  $i$ , выражается через этот параметр следующим образом:

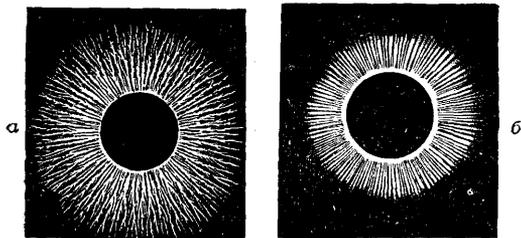
$$\frac{V}{i} = \frac{a^2 WS}{(WS - b)^2} \quad (1)$$

Здесь  $W$ —потеря тепла электродом,  $a$  и  $b$ —некоторые константы. Теория Симона удовлетворительно описывает явление дуги при переменном токе разной частоты, если известна вольт-амперная характеристика дуги на постоянном токе, позволяющая определить ряд необходимых констант в уравнении (1). За последние годы теоретические представления о дуге были значительно расширены Слепяном, который в своих изысканиях обратил большое внимание на процессы в междуэлектродном газовом пространстве. В этом пространстве через очень короткое время после зажигания дуги устанавливается равновесие; новые носители электричества непрерывно создаются электронными ударами, вместе с тем здесь они нейтрализуются в процессе рекомбинации и ациии; Слепян рассмотрел процессы, увеличивающие рекомбинацию и тем самым смещающие равновесие в междуэлектродном пространстве в сторону обеднения его ионами, в сторону так наз. деионизации газа. Эти процессы (увеличение пути и объема дуги магнитным раздуванием светящегося канала) положены в основу особой конструкции масляных выключателей, позволяющих достаточно надежно разрывать громадные мощности. Рассмотрение процессов горения дуги в очень узких каналах также, как показал Слепян, приводит к смещению равновесия и к совершенно особой вольт-амперной характеристике дугового разряда; эти исследования привели к новой системе защитных коронных разрядников, которые в последнее время приобрели большое значение в американской высоковольтной технике.

Разряд в вакууме. Теоретически легко показать, что разряд в вакууме может происходить только путем вырывания электронов из металла силами электрического поля. Потребный для этого градиент будет порядка  $10^8$  В/см. На практике же, где идеальный вакуум не достигается, процесс идет по совершенно отличному от предсказываемого теоретически пути. Так как такой разряд очень своеобразен, то его можно условно назвать разрядом в вакууме. В пространство между электродами иногда влетает ион, где-нибудь случайно образовавшийся в трубке. Под действием приложенной разности потенциалов

этот ион, двигаясь между электродами и не встречая нигде на своем пути препятствий (в виде столкновения с газовыми молекулами), развивает колоссальную скорость. При ударе об электрод ион дает сильное местное нагревание, из металла выделяется окклюдируемый в нем газ, давление в приборе повышается, и далее процесс идет так же, как и в уже описанных нами случаях. Энергия свободно движущегося в вакууме иона по основному уравнению механики определяется соотношением  $\frac{mv^2}{2} = eV$  и задается приложен-

ной разностью потенциалов ( $\frac{mv^2}{2}$  — кинетическая энергия). Так как величиной энергии будет обусловлен нагрев электрода, то очевидно, что независимо от расстояния между вводами в трубке пробой будет происходить при одной и той же разности потенциалов. Вакуум оказывается более прочным при небольших расстояниях между электродами. Практика уже давно подметила, что нельзя строить приборы с вакуумом на большие напряжения, увеличивая расстояние между вводами. Предельная разность потенциалов при любых конструкциях не превосходит 300—350 тыс. В.



Фиг. 4.

Скользкий «разряд» [3]. Он наблюдается на поверхностях твердых диэлектриков, лучше всего в том случае, когда электродами служат острие и пластина. На фиг. 4 представлен скользкий разряд в случае положительного (а) и отрицательного (б) заряженного по отношению к пластине тем острия. Разница получающейся фигуры тем больше, чем выше напряжение, и для напряжений выше 10 кВ линейно зависит от последнего. По Теплеру справедливо, вне зависимости от толщины твердого диэлектрика, соотношение  $V = 11,5R_{отр.}$  и  $V = 5,9R_{пол.}$ , где  $V$  — приложенная разность потенциалов, а  $R_{отр.}$  и  $R_{пол.}$  — соответственно радиусы отрицательной и положительной фигуры. Эта формула верна только при сравнительно больших длительностях приложения напряжения, больших, нежели  $10^{-7}$  сек. Для меньших промежутков времени радиусы получаются меньшими, чем вычисленные по ф-лам Теплера. Последнее обстоятельство связано с тем, что скорость распространения фигур относительно невелика и при атмосферном давлении достигает  $2 \div 3 \cdot 10^7$  см/сек. При уменьшении давления и остальных неизменных условиях разница фигур возрастает. Согласно Никола это возрастание задается формулой:

$$R = \frac{R_0}{\left(\frac{p}{p_0} + k_0\right)^{\frac{1}{2}}},$$

где  $k_0$  — постоянная. Наконец определенным образом меняются данные для скользкого

разряда при изменении твердого диэлектрика. Было установлено, что  $R\sqrt{\epsilon} = \text{Const}$ ; здесь  $R$  — радиус фигуры,  $\epsilon$  — диэлектрическая постоянная изолирующей простои. В силу этого соотношения на кристаллических пластинках получаются уже не круговые, а эллиптические фигуры. Очевидно все особенности скользкого разряда связаны не с принципиально новыми соотношениями в механизме явления, а только со специфическими особенностями строения поля.

Лит.: 1) Schumann W. O., Durchbruchfeldstärke von Gasen, Berlin, 1923; Rogowsky W., «Archiv für Elektrotechnik», Berlin, 1926. В. 16, p. 496; 1928, В. 20, p. 99 u. 625; Hippel u. Franck, «Zeitschrift für Physik», Berlin, 1930, В. 57, p. 696; 2) Seeliger R., Einführung in die Physik der Gasentladungen, Leipzig, 1927; 3) Prziбрам К., Die elektrische Figuren, Handb. der Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, В. 14, p. 391—404, Е., 1927. — Брагин С. М., Вальтер А. Ф. и Семенов Н. Н., Теория и практика пробоя диэлектриков, Москва—Ленинград, 1929.

К. Нурчат.

**РАЗРЯДНИКИ**, устройства для измерительных или защитных целей, проводимость которых резко меняется, когда разность потенциалов на их зажимах достигает некоторой определенной величины. В зависимости от назначения Р. могут быть разделены на две основные группы: на измерительные и защитные.

Измерительные Р. представляют собой устройства, состоящие из двух изолированных друг от друга разрядных электродов той или иной формы (острия, шары), расстояние между которыми м. б. регулировано по желанию. Разность потенциалов между разрядными электродами, при которой происходит электрический разряд, сопровождающийся изменением сопротивления разрядного промежутка от практически бесконечно больших значений до очень малых (порядка 1  $\Omega$  и ниже), зависит от расстояния между разрядными электродами; по величине этого расстояния можно судить о приложенном в момент разряда напряжении. Разрядное напряжение зависит и от плотности и состава газа, в котором происходит разряд, поэтому при пользовании такими устройствами для измерительных целей приходится вводить поправку на плотность,  $t^0$ , влажность газа и его состав. В настоящее время для измерительных целей пользуются почти исключительно Р. в виде шаров, диаметр которых берется тем большим, чем больше разности потенциалов подлежат измерению. Размеры шаров стандартизованы, причем обычно пользуются американскими стандартами с диам. 6,25; 12,5; 25; 50; 100 и 200 см. При точных измерениях расстояние между шарами не должно превосходить их диаметра более чем в  $1\frac{1}{2}$  раза, особенно в том случае, если один из электродов соединен с землей (фиг. 1). Для определения напряжения по измеренному между электродами расстоянию обычно пользуются соответственными таблицами. Следовательно с Р. включают омич. сопротивление с таким расчетом, чтобы на каждый измеряемый  $V$  приходилось около 1  $\Omega$ . Такой способ измерения напряжений является одним из наиболее распространенных благодаря своей простоте и большой достигаемой точности. При измерении очень высоких напряжений порядка 100 кВ и больше такой способ измерения является почти исключительно применимым в технике. Примененные ранее Р. с игольчатыми электродами в настоящее время вышли из употребления в виду гл. обр.

явления запаздывания разряда, т. е. зависимости разрядного напряжения от длительности приложения измеряемого напряжения к электродам разрядника (зависимость от частоты, крутизны импульсного напряжения и т. д.).

Под з а щ и т ы м и Р. понимаются устройства, позволяющие понижать напряжение на линии либо на той установке, к которой они присоединены за счет отвода части энергии в цепь самого Р. после его пробоя (разряда через него). Р. являются наиболее старым

типом защитных устройств и наиболее распространенным для защиты установок низкого и среднего напряжения. Для установок же высокого напряжения в настоящее время получили распространение особые типы устройств, являющиеся производными обычных Р., краткое описание к-рых дано ниже. Особого типа Р. применяются также для защиты телеграфных, телефонных и сигнализационных линий и установок.

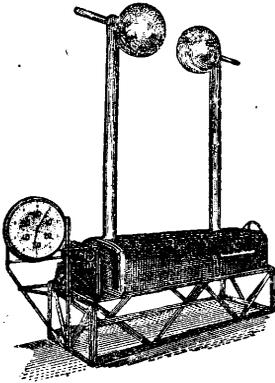
Наиболее простым видом защитных Р. являются т. н. роговые Р. (фиг. 2), представляющие собой два искровых электрода, расстояние между которыми различно. Один из электродов соединяют с защищаемой установкой или линией, а второй присоединяют к земле непосредственно либо через безиндукционное сопротивление. Когда напряжение на присоединенном к установке или линии электроде повысится по отношению к земле настолько, что произойдет разряд, тогда через Р. пойдет ток, в результате чего на той части установки, которая присоединена к Р., будет иметь место понижение потенциала. В виду малого сопротивления разрядного промежутка в момент прохождения через него тока для ограничения величины этого тока, уменьшения возникающих в системе в момент замыкания Р. на землю колебаний и облегчения прекращения разряда через Р. после исчезновения избытка напряжения против нормального рабочего, часто последовательно с Р. включают омическое сопротивление. Наличие такого сопротивления, особенно когда оно значительно по величине, уменьшает защитное действие разрядника, поэтому кроме вышеуказанных простых Р. с присоединенным к ним постоянным по величине сопротивлением иногда применяются Р. с переменным сопротивлением, автоматическим вводимым в цепь Р. спустя очень короткий промежуток времени после начала разряда. Автоматизм достигается либо при помощи реле либо при помощи подразделений рогов на отдельные изолированные друг от друга секции, причем между отдельными секциями включены сопротивления. Разряд, начавшийся в нижней части Р., где расстояние между электродами наименьшее, под влиянием естественного движения струи воздуха или искусственного дутья (электромагнитного) передвигается затем вверх и, проходя над отдельными сегментами, автоматически вводит в цепь включенные между ними сопротивления.

Другой тип Р., сильно распространенный раньше, а в настоящее время сохранившийся гл. обр. для защиты некоторых установок слабого тока, — это так наз. р о л и к о в ы е Р.; в этом типе разрядными электродами служат ролики из особого сплава, при котором образование дугового разряда затруднено. Расстояние между роликами берется небольшое, порядка мм. При защите такими Р. установок высокого напряжения (напр. кабельных сетей) вместо двух роликовых электродов берут количество их тем больше, чем выше

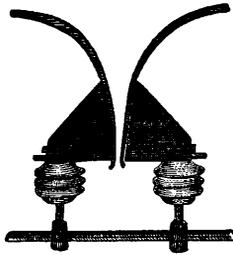
рабочее напряжение защищаемой установки, располагая ролики последовательно друг относительно друга, в некоторых случаях с сопровитивными, включенными последовательно или же в виде ответвлений (шунтов), как показано на фиг. 3. Видоизменением этого типа Р. является конструкция америк. Р. с разрядом между плоскими поверхностями, разделенными друг от друга очень небольшими воздушными промежутками (0,01 мм). Разрядное напряжение каждого из этих промежутков составляет около 350 В. При таком напряжении в промежутке появляется тихий разряд, причем сила тока, проходящая через такой промежуток, очень быстро возрастает с повышением приложенного напряжения. Для защиты такими Р. установок высокого напряжения число таких последовательно включенных промежутков берется очень большим, доходя в некоторых случаях до 200 и выше. Дальнейшим видоизменением этого типа являются Р. из пористого материала, обладающего значительной проводимостью. Из такого материала изготавливаются диски с омедненными поверхностями для получения хорошего контакта между отдельными элементами при их последовательном включении. Каждый элемент Р. изготавливается на 3 кВ. Стопки таких элементов помещаются в общем фарфоровом кожухе. Р., сконструированный т. о. в виде одной или нескольких последовательно включенных стоек, присоединяется к защищаемой установке через искровой промежуток. При прохождении тока через пористое тело Р. разность потенциалов на концах пор может повышаться настолько, что заключенный в порах газ начнет ионизироваться и тем самым уменьшать общее сопротивление цепи, вследствие чего повысится сила тока, проходящая через Р. После исчезновения перенапряжения сила тока, проходящего через Р., падает, ионизационные явления прекращаются, сопротивление Р. возрастает еще более и, при малой силе тока, последовательно включенный разрядник производит размыкание цепи в момент перехода тока через нуль.

Другой тип Р., близкий по своим характеристикам к только что описанному, — это т. н. т и р и т о в ы й Р. Этот Р. изготавливается из особого вещества — т р и т а, представляющего собой твердое вещество, аналогичное фарфору, сопротивление которого является функцией приложенного к нему напряжения, изменяясь в очень широких пределах, от очень большого при малых напряжениях (материал со свойствами изолятора) и до очень малого (проводник) при высоких разностях потенциалов. Изготовленные из этого материала диски покрыты с обеих сторон слоем меди аналогично тому, как это имеет место в предыдущем типе Р. Стопки из таких дисков заключены в фарфоровые кожухи, давая стандартную единицу на 11,5 кВ рабочего напряжения. Из такого рода единиц, включенных последовательно, в настоящее время составляются Р. для цепей с любым рабочим напряжением до 230 кВ включительно. Аналогично ранее рассмотренным типам, последовательно с такого рода разрядными сопротивлениями включается искровой Р., но типа многократного — с многими искровыми промежутками и с шунтирующими промежутками сопротивлениями.

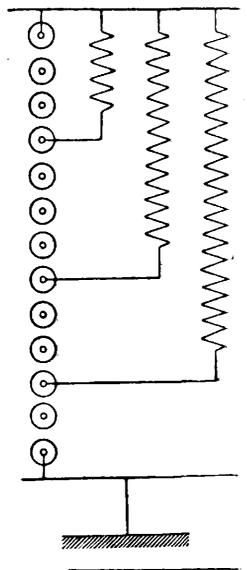
Необходимо указать еще на два типа разрядников: э л е к т р о л и т и ч е с к и е (алюминиевые) и с в и ц о в ы е, по своей идее несколько отличающиеся от ранее описанных. Первые из них состоят из последовательно включенных алюминиевых поверхностей А (в виде конических тарелок), отделенных друг от друга слоем щелочного электролита Е (фиг. 4). Когда через такую систему проходит ток, то на поверхности алюминиевых тарелок отлагается тонкий слой окиси алюминия, обладающий свойством непроводника вплоть до напряжения ок. 450 В. При дальнейшем повышении напряжения этот слой при нек-ром критич. значении напряжения пробивается и ток свободно проходит через электролит, причем при падении напряжения ниже критического непрерывность изолирующей пленки окиси восстанавливается и продолжение тока прекращается. С течением времени эта пленка растворяется в электролите, поэтому необходимо ее восстанавливать от времени до времени пропусканьем тока через все устройство. Так как такая



Фиг. 1.

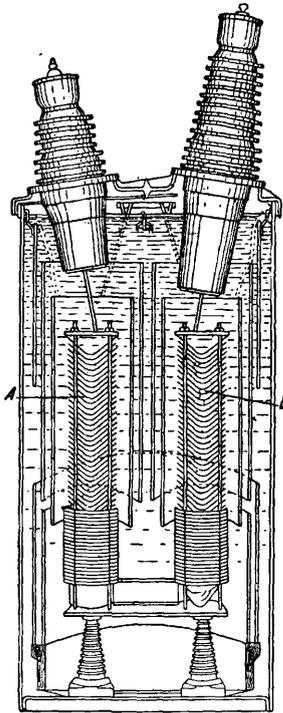


Фиг. 2.



Фиг. 3.

система обладает некоторой проводимостью и при напряжениях ниже критического, то, чтобы предохранить электродит от нагрева, который бы вызвал еще более сильное растворение окиси алюминия в электродите, что в конечном итоге привело бы к порче всего устройства, последовательно с последним включают систему из Р. шарового и рогового. В настоящее время электролитические Р. почти всюду вытеснены другими типами. Близким по идее описанному является свинцовый Р. Устроен он следующим образом: между дисками из оцинкованного железа, отделенными друг от друга фарфоровыми кольцами, помещается запрессованный порошок перекиси свинца, причем поверхности дисков, соприкасающиеся с перекисью свинца, покрыты тонким слоем лака с пробойным напряжением около 300 В. Такая система при приложении напряжения будет иметь свойства непроводника до тех пор, пока напряжение, приходящееся на каждый элемент, не будет превосходить пробойного. В том случае, когда напряжение превосходит эту величину, слой лака будет пробиты и через места пробоев будет проходить ток, который вызывает в местах пробоя лаковой пленки наибольшее нагревание перекиси свинца. Будучи нагретой до 150°, перекись свинца переходит в сурик, а при нагреве до 250° — в глет. В то время как перекись свинца является хорошим проводником, сурик сравнительно плохо, а глет совершенно не проводит электрического тока. Под действием местного нагрева происходит раскисление свинца и в результате — изменение проводимости вещества в местах нагрева с закупоркой



Фиг. 4.

для тока отверстий в слое лака. Стопки из таких отдельных элементов монтируются в фарфоровых конушках и приключаются к защищаемой цепи аналогично ранее указанным типам через искровые Р.

Разрядники, применяемые для защиты установок слабого тока, группируются вокруг двух основных типов: Р. с искровым промежутком и Р. пустотных, или газовых. Первый тип обычно представляет собой две угольные пластины, отделенные друг от друга тонким слоем слюды с отверстиями; в промежутке между пластинами происходит разряд в том случае, когда разность потенциалов превышает определенную величину, обычно около 300 В. Иногда одна из угольных пластин заменяется пластиной из легкоплавкого металла с целью получения плавления его и создания короткого замыкания в цепи при наличии сильных разрядов. В тех случаях когда возможно появление значительных перенапряжений большой мощности, например в случае параллельного хода линий слабого и линий сильного тока, в особенности мощных линий электропередач, необходимо пользоваться особыми типами Р., отличающихся от нормально применяемых для защиты линий слабого тока тем, что эти разрядники позволяют пропускать через себя значительные токи (новейшие типы до 100 А и даже выше) в течение нескольких секунд. У этого типа разрядные электроды помещены в разреженном до нескольких мм Hg газе, обычно аргоне, причем для придания характеристике разрядника (выражающей зависимость силы тока от разности потенциалов) на зажимах Р.) требуемого эксплуатационными условиями вида металлургические электроды покрываются сплавами щелочных или щелочноземельных металлов.

Лит.: Смуров В. А., Электротехника высокого напряжения и передача энергии, 2 изд., Л., 1931; Сиротинский Л. И., Перенапряжение, М., 1924; Эпштейн Г. Г., Перенапряжение на электрических установках, Киев, 1927; Рот А., Техника высоких напряжений, пер. с нем., М.—Л., 1930; Юрьев М. Ю., Влияние высоковольтных линий на линии связи, Москва, 1929; СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 3, отд. 19, Ленинград, 1928 (там же подробный список литературы).

А. Чернышев.

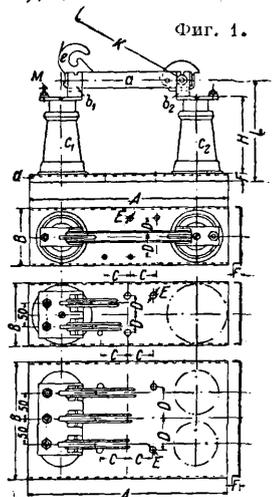
**РАЗЪЕДИНИТЕЛЬ**, треншальтер, аппарат, служащий для быстрого разъединения отдельных участков электрич. сети высокого напряжения. Устанавливается Р. с целью отделения от источника напряжения тех частей установки, которые должны подвергнуться осмотру, чистке или ремонту. Кроме основного своего назначения Р. применяется в распределительных устройствах высокого напряжения и для различных переключений (переход с одной системы шин на другую и т. п.). Р. можно производить выключение только тогда, когда в выключаемой цепи совсем не проходит ток или проходит весьма незначительный, не могущий причинить при размыкании вреда Р. (выгорание контактов, сваривание их между собой): им можно оперировать под напряжением, но не под током. Различают три основных типа Р.: рубящие, качающиеся и поворотные. Самые распространенные из них: рубящие однополюсные и трехполюсные Р.

Однополюсные рубящие Р. 3-дов ВЭО (фиг. 1) состоят из ножа *a*, сделанного из одной или (при больших токах) нескольких медных полос, двух медных контактных пластин *b*<sub>1</sub> и *b*<sub>2</sub>, укрепленных на фарфоровых опорных изоляторах *c*<sub>1</sub> и *c*<sub>2</sub>, и железной плиты *d*, на к-рой устанавливаются изоляторы. Нож Р. может устанавливаться в вертикальной плоскости, поворачиваясь около оси, помещенной на одной из контактных пластин. Свободный конец ножа врубается под некоторым усилием в пружинящие контакты, в которых удерживается трением. Нож может открываться на 60 и 90°, в зависимости от установки ограничительной шайбы, помещенной на оси ножа, или на 180°, если шайба снята с оси. Нож однополюсного Р. снабжен ушком *e*, служащим для управления Р. посредством шеста (ш а л ь т ш т а н г и), сделанного из изолирующего материала.

На верхнем конце шеста укреплен перпендикулярно его оси палец, закладываемый сбоку в ушко ножа. Вследствие того что шест имеет значительную длину, для оперирования им коридор, откуда производится управление Р., должен быть достаточной ширины (не менее 2 м).

Чтобы дать представление о геометрических размерах рубящих однополюсных Р., ниже в табл. приведены данные о Р. Всесоюзного электротехнич. объединения (ВЭО).

Описанная конструкция однополюсного Р. допускает приключение к нему проводов, расположенных по оси ножа. Нередко по конструктивным соображениям провода приходится подвести к зажимам Р. в направлении, перпендикулярном к оси ножа. В этом случае, чтобы выиграть в кубатуре распределительного устройства, устанавливают у Р. вместо опорных проходные изоляторы. Они монтируются на бетонной или железной плите (фиг. 2). В зависимости от местных условий Р. может быть изготовлен также в испол-



Данные о геометрических размерах рубящих однополюсных Р. ВЭО.

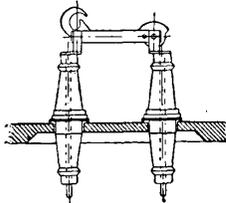
Сила тока в А	Напряжение в В	Кол-во полюсов*	Кол-во изоляторов*	Размеры в мм									
				А	В	С	Д	Е	F	Н	К	L	M**2
200	3 300	1	2	400	120	55	40	11	20	118	258	172	3/8
	6 600	1	2	400	120	55	40	11	20	163	258	217	3/8
	11 000	1	2	400	120	55	40	11	20	189	258	243	3/8
400	3 300	1	2	400	120	55	40	11	20	120	250	198	1/2
	6 600	1	2	400	120	55	40	11	20	165	250	218	1/2
	11 000	1	2	400	120	55	40	11	20	191	250	269	1/2
600	3 300	1	2	520	180	55	60	15	25	250	325	333	1/2
	6 600	1	2	400	120	55	40	11	20	120	245	202	5/8
	11 000	1	2	400	120	55	40	11	20	165	245	217	5/8
1 000	3 300	1	2	400	120	55	40	11	20	191	245	273	5/8
	6 600	1	2	520	180	55	60	15	25	250	315	347	5/8
	11 000	1	2	415	145	75	55	15	20	120	245	202	5/8
1 500	3 300	2	2	415	145	75	55	15	20	165	245	217	5/8
	6 600	2	2	415	145	75	55	15	20	191	245	273	5/8
	11 000	2	2	415	145	75	55	15	20	120	245	202	5/8

\* Приходящиеся на полюс.

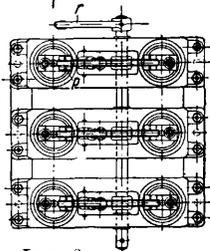
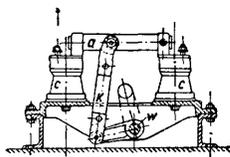
\*\* Размеры даны в англ. дм.

нении с одним проходным и одним опорным изоляторами. Для быстрого управления Р. и возможности одновременного разрыва цепи во всех трех фазах в больших распределительных устройствах обычно устанавливаются трехполюсные Р.

Трехполюсные рубящие Р. ВЭО (фиг. 3) представляют собою три ножа *a*, монтированных на опорных изоляторах *c*. Изоляторы установле-

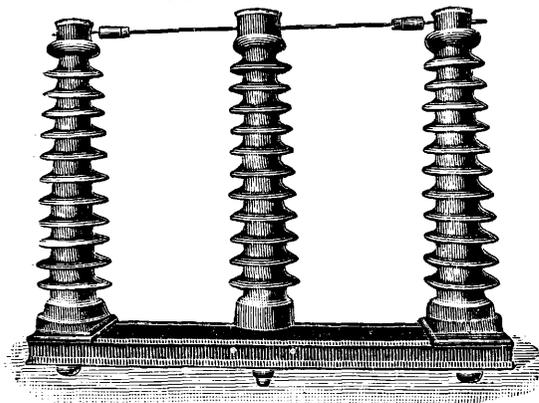


Фиг. 2.



Фиг. 3.

ны на железной плите. В плите расположен вал *w*, на к-рый насажен кривошип *k*, соединенный изолирующими тягами с тремя ножа-



Фиг. 4.

ми Р. При вращении вала рычагом *r*, надетым на вал снаружи плиты, ножи поворачиваются на угол 90° и врубаются все три одновременно в пружинящие контакты *p*. Управление трех-

полюсным разъединителем производится обычно механической рычажной, иногда цепной передачей, реже шальтигангой.

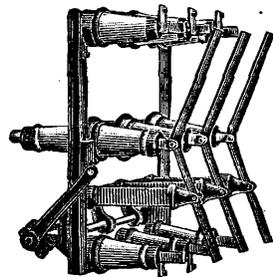
Эти Р. не удовлетворяют установке их на открытом воздухе, почему практикой и выработаны особые конструкции таких Р. с к а ч а ю щ и м и с я опорными изоляторами, несущими на себе ножи. Опорные изоляторы с ножками приводятся в движение рычагами, укрепленными вдоль махты. Разъединитель снабжен рогами для разрыва вольтовой дуги (см. Выключатели, фиг. 5).

При очень высоких напряжениях от 60 кВ и выше чаще применяются однополюсные поворотные Р., ножи к-рых поворачиваются в горизонтальной плоскости и имеют разрыв цепи в двух местах (фиг. 4). Средний изолятор

поворачивается вокруг своей оси, и укрепленный на нем горизонтальный нож входит в оба контакта, расположенные на двух других изоляторах. Для установки на открытом воздухе берутся ребристые изоляторы вместо гладких. Изоляторы Р. для очень высоких напряжений делают из особого изолирующего вещества (геакс, репелит и др.). Геакс представляет собой пропитанную специальным изолирующим составом бумагу, которая наливается в большом числе слоев, образуя необходимой толщины трубку. Геакс обладает значительной электрич. и механич. прочностью, однако не выдерживает атмосферных воздействий, почему и применяется только для внутренних установок.

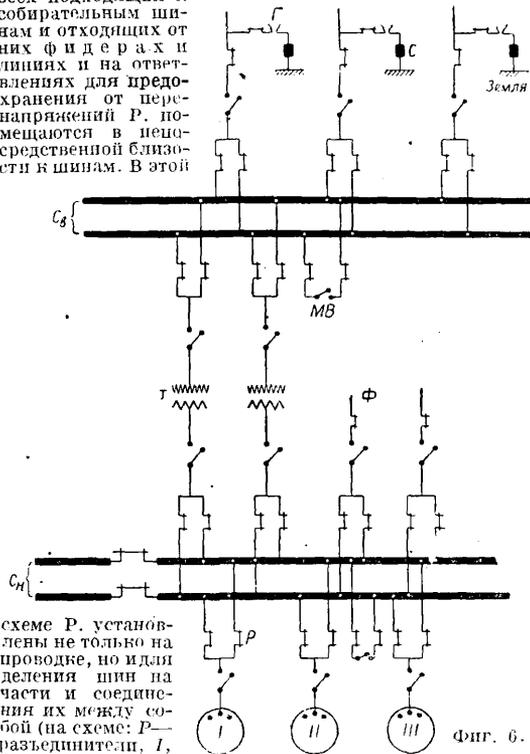
Р. строятся на нормальный ряд напряжений: 3, 6, 10, 20, 35, 60, 100, 150 и 200 кВ. Для номинальных сил тока принята следующая нормальная шкала: 200, 400, 600, 1 000, 1 500, 2 000, 3 000 и 4 000 А. Требования, которым должны удовлетворять Р.: механич. прочность, нагрев частей при номинальной силе тока не более 50°, плотность тока на контактных поверхностях 0,1—0,5 А/мм<sup>2</sup>.

Вследствие электродинамич. усилий, проявляющихся во время коротких замыканий в мощных установках, возможны самопроизвольные отключения Р. результатом которых м. б. аварии в распределительном устройстве. Современные конструкции Р. не допускают подобных выключений. Р. предпочитают располагать в распределительном устройстве т. о., чтобы обслуживающему персоналу с места управления видно было положение ножей Р. В виду того что в больших установках Р. помещаются далеко от места управления (в другом этаже или совсем в другом помещении), для контроля за положением ножей Р. устраивается сигнализация лампами накаливания или посредством специальных приборов. С этой целью у Р. устанавливаются сигнальные контакты, к-рые при разомкнутом положении Р. включают лампу безопасности. Загоревшаяся лампа указывает, что данный Р. выключен. В особо ответственных случаях, когда напр. нельзя допустить одновременно включения двух Р., на них устанавливают электрич. блокировочные замки. Сущность блокировки Р. электрич. замками состоит в том, что при отсутствии напряжения в обмотке соленоида (см. Соленоид) замка, монтированного на Р., якорь соленоида падает и запирает Р., т. е. делает невозможным изменение положения ножей Р. персоналом. Включение тока в соленоид замка производится от другого Р. Иногда трехполюсные Р. делаются с заземляющими контактами, замыкающимися при размыкании Р.



Фиг. 5.

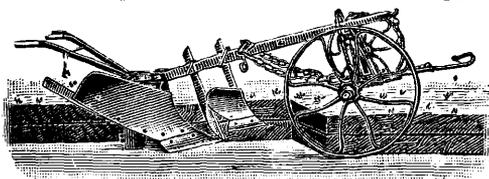
Заземляющие контакты служат для заземления линии, чтобы таким образом обезопасить работающий на линии персонал от соприкосновения с высоким напряжением. На фиг. 5 изображен переключатель Р., служащий для переключения фидеров или генераторов на одну или другую систему шин распределительного устройства. Чтобы дать представление относительно мест постановки Р., приводится схема фиг. 6: на всех подходящих к собирательным шинам и отходящих от них фидерах и линиях и на ответвлениях для предохранения от перенапряжений Р. помещаются в непосредственной близости к шинам. В этой



схеме Р. установлены не только на проводке, но и для деления шин на части и соединения их между собой (на схеме: Р.—разъединитель, I, II, III—трехфазные генераторы,  $C_b$ —собирательная шина низкого напряжения,  $C_n$ —собирательная шина высокого напряжения, Т—трансформатор, Ф—отводящие фидеры низкого напряжения, МВ—соединительный масляный выключатель, Г—громоотвод, С—сопротивление).

Лит.: Аппаратура распределительных устройств высокого напряжения, под ред. Арановича П. С., М., 1931; Эпштейн Р. Л., Районные трансформаторные подстанции, Киев, 1929; Пойрков В. Ф., Центральные электрич. станции, М.—Л., 1927; Сущкин Н. П., Глазун А. А., Центральные электрич. станции и их электрич. оборудование, 2 изд., М.—Л., 1929. А. Попов.

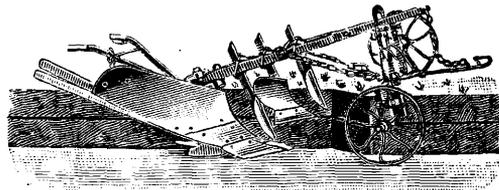
**РАЙОЛЬНЫЕ ОРУДИЯ**, орудия, предназначенные для райолирования почвы. Райолирование почвы—операция, применяемая для ценных культур с целью резкого увеличения пахотного слоя и временного или постоянного его улучшения. Райолирование производится при помощи специальных орудий



Фиг. 1.

конной или механич. тяги, работу к-рых иногда комбинируют с работо ручных орудий (лопаты, кирки и т. п.). Глубокое рыхление пахотного слоя производится при помощи специальных «райольных» плугов, к-рые отличаются от обыкновенных своими размерами и прочностью и поднимают или сразу один глы-

бокий пласт или рыхлят его в два слоя, причем этого или пускают один плуг следом за другим или один плуг имеет два корпуса, поставленные один за другим по одной линии с таким расчетом, чтобы каждый из них брал свой пласт из одной и той же борозды. Из райольных плугов для тяги упряжными животными значительным распространением пользовались плуги Р. Сакка, к-рые по своему типу те же, что и его универсальный плуг (фиг. 1 и 2), но только более усиленной конструкции. Эбергардт (Германия) выпускает подобные же плуги с дерновниками «Прогресс» марки NESBG 1 и «Циклоп» марки NTK 2. Последний применяется для обработки глубиной до 56 см. Все эти орудия требуют усиленной запряжки (3—4 пары) или трактора. Как переходный тип к современ-



Фиг. 2.

ным орудиям механич. тяги можно отметить плуг французской системы Бажака, приводимый в действие конным воротом. Из орудий для механич. тяги применяются плуг Р. Сакка марки SE 24 и балансирующий плуг Фаулера (см. Плуги).

Лит.: Костычев П., Почва, ее обработка и удобрение, СПб, 1898; Бюрстенбиндер Р., Разделка и улучшение земель, перевод с немецкого, Киев, 1895; Krafft G., Die Ackerbaulehre, 14 Aufl., Berlin, 1931. Н. Сладков.

**РАЙОНИРОВАНИЕ**, пространственно-территориальная группировка какого-либо явления по районам, определяемым отобранными для выделения их признаками. В таком смысле может идти речь о Р. напр. сейсмическом, климатическом, почвенном, сел.-хоз. культур и т. п. Вопросы, касающиеся специального Р., являются составной частью соответствующей проблемы. Особо стоит экономическое Р. СССР, явившееся основанием к переустройству административной системы и организации планирования. Экономич. Р., подготовившееся в первые годы после Октябрьской революции самим фактом необходимости замены сломанной государственной машины капиталистич. России новой структурой,—территориальной организации страны,—теснейшим образом связано с планом электрификации СССР, наметившим необходимость «при выработке рационального плана хозяйства для страны разделить ее на хозяйственно-самостоятельные единицы—„районы“» и давшим ряд проектировок как схемы межрайонных связей (сверхмагистрала), так и внутренней структуры отдельных территорий СССР. Непосредственным продолжением ГОЭЛРО был проект экономич. Р. Госплана (1921 г.), включивший и работы, произведенные по постановлению VII Съезда Советов (1919 г.), признавшего необходимость разработать практически вопрос о новом административно-хозяйственном делении РСФСР.

Основные идеи проекта Госплана: 1) Р. есть акт перспективного планирования: «план развития производительных сил района является основной формой определения его задач

и той территории, к-рую он должен охватить». 2) Внутренняя структура района характеризуется процессом комбинирования хозяйства, а положение в общей системе районов специализацией: «районы образуют комбинированные х-ва с определенной специализацией в сторону естественных ресурсов района и навыков населения». Отсюда связь с электрификацией как одним из стержней комбинирования и с проблемами дальневозного транспорта (сверхмагистрала, электрифицированный транспорт) как предпосылкой развития специализации. 3) «Экономическое Р. должно служить исходным моментом для будущего административно-хозяйственного разделения страны». Отсюда—связь конкретных проектов с задачами национальной политики партии, включение задачи приближения власти к населению, создание организационных форм для максимального развития активности трудящихся по постановке и разрешению задач социалистич. строительства.

Проект Госплана был проработан в комиссии ВЦИК (конец 1921 г.), к-рая сформулировала основные принципы Р. и дала проректорированную сетку района: 1) В основу Р. должен быть положен экономич. принцип. В виде района д. б. выделена своеобразная, по возможности экономически законченная территория страны, к-рая благодаря комбинациям природных особенностей, культурных накоплений прошлого времени и населения с его подготовкой для производственной деятельности представляла бы одно из звеньев общей цепи народного хозяйства. Этот принцип экономической законченности дает возможность построить на хорошо подобранном комплексе местных ресурсов, капитальных ценностей, принесенных со стороны, новой техники и общегосударственного плана народного хозяйства проект хозяйственного развития района на базе наилучшего использования всех возможностей при наименьших затратах. При этом достигаются и другие весьма важные результаты: районы до известной степени специализируются в тех отраслях хозяйства, к-рые в них могут быть развиты наиболее полно, а обмен между районами ограничивается строго необходимым количеством целесообразно направленных товаров. Р. таким образом позволит установить теснейшую связь между природными ресурсами, навыками населения, накопленными предыдущей культурой ценностями, новой техникой и получить наилучшую их комбинацию, проводя, с одной стороны, целесообразное разделение труда между отдельными областями, с другой,—организуя область в крупную комбинированную хозяйственную систему, чем несомненно достигается и лучший результат. 2) В согласии с конституцией и общими началами нашей национальной политики экономич. принцип Р. должен быть выявлен в такой форме, чтобы он содействовал материальному и духовному развитию всех национальностей и племен РСФСР применительно к особенностям их быта, культуры и экономич. состояния. Провозглашенный советской властью принцип самоопределения д. б. сохранен, и экономическ. Р. должно служить базой для наивысшего расцвета в хозяйственном отношении автономных национальных объединений. В соответствии с изложенным: а) границы автономных республик и областей при

вхождении в экономическую область не нарушаются: мелкие входят как подрайон, более крупные образуют самостоятельные районы и самые обширные образуют в своем составе несколько районов; б) политич. права и компетенции национальных объединений, предусмотренные декретами о них, не подлежат умалению; в) привлечение к образованию экономич. областей договорных республик должно производиться на основании специальных соглашений. «Экономич. Р. должно обеспечить мирное сожительство и братское сотрудничество всех национальностей и племен РСФСР, а также договорных дружественных советских республик».

Процесс административного переустройства на базе экономического Р. растянулся на ряд лет. На основании решения XII Съезда ВКП(б) в 1924/25 году были организованы две области—Урал и Северный Кавказ. Далее постепенно были созданы Дальневосточный край, Сибирский край, Ленинградская обл., Средняя и Нижняя Волга, области Центрально-Черноземная, Западная, Московская, Ивановская и Северный край. Переход на областную систему (вместо губернской) заканчивается в 1929 г. в непосредственной связи с пятилетним планом. Крупная поправка вносится в 1930 году образованием Восточносибирского края из восточной Иркутско-Красноярской и Северо-Енисейской частей Сибири, Забайкалья, бывшего в составе ДВК, и Бурято-Монгольской АССР. В 1932 г. образуются области на Украине и в Казакстане. Автономные национальные области входят в состав краев. Из автономных республик в состав краев входят АССР немцев Поволжья в Нижневолжском крае, Чувашская АССР в Нижегородском крае, Дагестанская АССР в Сев.-Кавказском крае (с 1931 года) и Бурято-Монгольская АССР в Восточносибирском крае\*. Список районов в их первой редакции сравнительно существующим в настоящий момент хозяйственно-административным делением Союза приведен ниже в приложениях (табл. 1), где даны также основные цифровые показатели хозяйственного развития этих районов (табл. 2 и 3). Наряду с экономич. районом—областью (краем)—имеется одно районное экономич. образование, перекрывающее границы республик,—это ЭКОСО Средней Азии, объединяющее хозяйственную политику Узбекистана, Туркменистана, Таджикистана, а также Киргизской и Каракалпакской АССР, входящих конституционно в РСФСР.

Р. первого периода дало три образования: район, округ, область (край). Административный район как основная низовая организация советской власти был образован во многих частях СССР еще до создания областей в связи с задачами правильной организации госаппарата и вовлечения широких масс крестьянства в советское строительство. Округ являлся промежуточным звеном между районом и областью, сосредоточивая в себе значительную часть чисто административных функций и являясь органом организации и укрепления низовых ячеек. Крупнейшая реформа была проведена в 1930 г. с упразднением округов, в результате чего получили новое очертание роли как района, так и края. Ликвидация окру-

\*Применяется в районах, в состав к-рых входят национальные образования; там, где нет национальных областей, сохраняется название «область».

Табл. 1.—Сетка экономич. районов.

По проекту Госплана с поправками Комиссии т. Калинина 1921 г.	Современное деление СССР
Северо-западн. обл., центр—Ленинград	Ленинградская обл., центр—Ленинград Карельская АССР—Петрозавдск
Северо-восточная обл.—Архангельск	
Западная обл.—Смоленск	Западная область—Смоленск Белорусская ССР—Минск
Центрально-Промышленная обл.—Москва	
Вятско-Ветлужская обл.—Вятка	Московская область—Москва Ивановская Пром. обл.—Ив.—Вознесенск Горьковский край—г. Горький (Горьковский край соответствует Вятско-Ветлужск. обл.+Горьковский район—Центр.—Пром. обл.+Чувашская АССР)
Уральская обл.—Свердловск *1	Уральская обл. Бакирская АССР
Юго-западная обл.—Киев	
Южная Горнопромышленная обл.—Харьков *3	Украинская ССР *2—Харьков Крымская АССР—Симферополь
Центрально-Черноземная обл.—Воронеж	Центрально-Черноземная обл.—Воронеж Средневолжский край—Самара
Средневолжская обл.—Самара	
Юго-восточная обл.*4—Саратов	Татреспублика—Казань Нижегородский край—Сталинград
Кавказская—Владикавказ *5	ЗСФСР—Тифлис
Западносибирская обл.—Омск	Северокавказский край Западносибирск. край *6—Новосибирск
Кузнецко-Алтайская обл.—Томск	
Енисейская обл.—Красноярск	Восточносибирский край—Иркутск
Ленско-Ангарская обл.—Иркутск	
Якутская обл.—Якутск	Якутская АССР—Якутск
Западнокиргизская обл.—Оренбург	Казахстан*7—Алма-Ата
Восточнокиргизская обл.—Семипалатинск	
Туркестан—Ташкент	Узбекская ССР—Ташкент Таджикская—Сталин-абад Туркменская—Ашхабад Киргизская АССР и Каракалпакская А. О. Дальневосточн. край—Хабаровск
Дальневосточная республика*8—Чита	

\*1 Уральская обл. отличается от проекта 1921 еще включением в нее Тобольска, севера и части Сибирских территорий восточнее Урала. \*2 Украина теперь делится на 5 областей: Харьковскую, Киевскую, Одесскую, Днепропетровскую, Винницкую, причем районы Донбасса и город Мариуполь остаются под непосредственным руководством центра. \*3 Основное отличие проектировки в том, что сюда входит весь Донбасс, в том числе его Северокавказская часть и Крым. \*4 Сюда входит степная часть современного Сев. Кавказа. \*5 Коренное отличие от современных образований. \*6 Отличие в границе с Уралом. \*7 Отличие границ с изменением территории Казахстана, ранее Кирреспублика. \*8 Отличается от современного ДВК включением Забайкалья.

гов была проведена в период развернутого социалистич. наступления, ликвидации качества как класса на базе сплошной коллективизации, в связи с задачей максимально приближения партийного, советского, хозяйственно-кооперативного и профсоюзного аппарата к району и селу. Права и обязанности округов переданы районам. XVI Съезд

ВКП(б) производит общую оценку Р. Постановлением Съезда район квалифицируется как основное звено социалистич. строительства в деревне. Сжатую и яркую характеристику проведенному Р. дает т. Сталин в своем докладе: «Не может быть сомнения, что мы не смогли бы поднять громадную работу по перестройке с. х-ва и развития колхозного движения, если бы не провели районирования. Укрупнение волостей и преобразование их в районы, уничтожение губерний и преобразование их в менее крупные единицы (округа), наконец, создание областей, как прямых опорных пунктов ЦК,—таков общий вид районирования». Оценки Р. касался и Л. М. Каганович: «За отчетный период мы закончили районирование. Создание областей целиком себя оправдало и экономически и политически. Области сыграли крупнейшую роль в хозяйственном оформлении и развитии целых областей и краев. Они оказались теми политическими центрами, которые помогли партии справиться с труднейшими задачами отчетного периода».

В различные периоды социалистич. строительства в Р. выдвигалась на первое место соответствующая ударная задача. Период военного коммунизма характеризовался требованием срочного налаживания аппарата управления в боевой обстановке гражданской войны и интервенции. Первый период нэпа связан главнейшим образом с задачей сплошной перестройки и закрепления низовой сети советского аппарата. В этот же период завершилось оформление национальных образований; тогда же был проработан общий замысел Р. и приступлено к его постепенному осуществлению. В период реконструкции выдвигается значение края и области в проработке хозяйственного плана и его осуществлении. Одновременно с принятием пятилетнего плана заканчивается образование системы областей (краев) в РСФСР. С переходом к периоду развернутого социалистич. наступления завершается административная сторона Р. Однако в общем замысле Р. имеются элементы, полное развертывание которых еще далеко не осуществлено и осуществимо лишь параллельно с общим развитием социалистич. хозяйства. Создание крупных производственных комбинатов, образование теснейших территориальных комплексных связей непосредственно связаны с овладением естественными ресурсами района, внедрением современной техники, созданием крупных энергетич. и производственных узлов и завершением социалистического переустройства с. х-ва; специализация районов для достижения целостности всей системы требует кроме того решительной реконструкции транспорта. Еще более широкие задачи ставятся на период второй пятилетки: завершение реконструкции всего народного хозяйства, создание новейшей технич. базы для всех отраслей народного хозяйства, широчайшая электрификация промышленности и транспорта и постепенное внедрение электроэнергии в с. х-во, создание условий для полного устранения противоположности между городом и деревней, изживание экономич. и культурной отсталости малых национальностей—выдвигают сейчас на первый план основной экономич. замысел Р. и требуют его дальнейшего развития и конкретизации. Естественно, что вместе

Табл. 2. — Основные показатели по районам.

Республики, края и области	Площадь в тыс. км <sup>2</sup>	Население на 1/VII—31 г. (в тыс.)		Промышленность в 1930 г.				Посевн. площадь в 1931 г. в тыс. га	Удобная лесная площадь в 1931 г. в тыс. га	% коллективизации по площади посева в 1931 г.	Длина ж.-д. сети на 1/1 1931 г. в км
		Всего	В том числе городское	Основные фонды в тыс. р.	Среднее число рабочих	Вал. прод. в цен. 1930 г. (без акц.) в млн. р.	Посевн. площадь в 1931 г. в тыс. га				
Союз ССР	21 571,3	162 113,1	33 621,9	12 532 216,6	3 721 674	22 780	136 407	622 250	63,6	78 426	
РСФСР	19 707,1	111 630,2	23 205,2	8 583 313,5	2 637 818	13 208	97 105	600 718	61,7	53 197	
В том числе:											
Северный край	1 119,1	2 702,9	315,2	100 968,0	42 932	159	1 111	58 324	37,6	1 179	
Карельская АССР	145,2	290,8	81,8	39 773,8	15 031	57	50	8 955	35,6	890	
Ленингр. обл.	311,4	6 291,0	3 052,2	1 607 924,3	418 673	2 939	2 059	10 981	37,8	4 581	
Западная »	163,8	6 659,0	711,5	2 221 062,9	90 531	417	4 775	3 710	42,8	3 403	
Московская »	152,0	11 733,5	4 783,0	2 537 833,9	803 733	5 673	5 577	4 201	39,1	4 788	
Ивановская »	114,1	4 411,9	1 263,3	959 197,5	338 273	1 576	2 259	4 852	39,3	2 070	
Нижегор. край	270,0	7 717,3	1 095,5	489 386,1	163 848	773	6 202	11 601	38,7	2 609	
Уральская обл.	1 707,8	7 814,5	2 111,9	591 538,2	202 012	785	7 053	35 802	79,3	5 590	
Башкирск. АССР	151,8	2 975,4	234,2	54 185,9	23 434	100	3 477	5 032	57,5	745	
Ср.-Волжск. край	236,0	7 584,0	903,0	178 332,3	62 818	366	9 818	3 143	72,6	3 229	
Татарская АССР	67,1	2 705,5	317,3	71 451,7	23 222	131	3 077	1 111	46,7	4 339	
ПЧО	191,9	11 791,9	1 095,3	250 272,6	73 078	483	11 006	1 351	53,3	4 780	
Н.-Волжский край	331,0	5 816,1	1 252,6	303 811,8	85 391	475	9 225	991	91,3	3 187	
Северокавк. край	348,9	10 271,3	2 191,2	675 617,9	148 028	1 301	12 701	2 800	87,2	4 330	
Крымская АССР	25,9	793,7	355,3	125 528,1	22 001	140	941	222	73,8	485	
Казанская АССР	2 973,6	7 260,5	911,2	82 500,1	20 253	101	5 838	11 643	86,4	3 333	
Каракалпак. АССР		346,0	23,7	633,0	285	8	130	—	—	—	
Киргизская АССР	195,2	1 115,0	115,2	6 319,7	3 497	20	978	1 111	48,6	106	
Западнокавк. край	1 304,8	8 381,1	1 181,9	154 630,8	63 933	331	8 060	37 183	69,5	3 375	
Восточносиб. край	3 568,5	2 964,8	537,0	50 283,5	28 512	113	1 867	141 357	57,3	3 197	
Якутская АССР	3 937,2	311,5	21,9	573,0	289	0,8	31	180 000	—	—	
ДВК	2 333,5	1 641,6	509,4	87 711,1	28 875	161	807	73 123	78,6	3 375	
БССР	126,8	5 290,3	836,1	128 470,5	74 513	415	3 754	3 221	35,5	2 586	
УССР	451,8	31 608,2	6 369,2	2 732 584,8	860 795	4 577	29 350	3 196	67,2	13 780	
ЗСФСР	187,2	1 513,8	1 757,5	971 009,3	85 172	1 091	2 458	3 316	37,3	2 178	
В том числе:											
Азербайдж. ССР	83,0	2 578,1	842,3	819 251,8	43 419	876	—	—	—	—	
ССР Армении	31,0	1 013,8	201,7	30 953,3	11 973	39	—	—	—	—	
ССР Грузии	70,2	2 924,3	713,5	90 801,2	29 777	179	—	—	—	—	
Узбекская ССР	163,1	4 573,8	1 148,7	85 022,3	23 259	380	2 537	1 043	57,0	1 847	
Таджикская ССР	141,8	1 187,5	101,5	8 931,8	3 044	17	789	1 256	52,2	127	
Туркменская ССР	491,2	1 156,3	200,3	22 881,3	4 070	57	415	9 500	57,6	1 711	

с уточнением плана второй пятилетки может возникнуть необходимость в пересмотре сетки экономич. районов и изменения организационной структуры. В данный период (1932 г.) как подход к углубленной проработке проблем территориальной организации хозяйства во второй пятилетке Госпланом СССР ориентировочно намечаются основные территориальные комплексы, включающие ряд административных образований. На основе этих территориальных группировок организуется как работа планового центра, так и мест. Так, намечаются следующие комплексы.

Комплекс старых промышленных районов центра—области Московская, Ивановская и Ленинградская—основное ядро метрополии бывшей капиталистич. России; эти области объединяются как однородностью задач в процессе индустриализации СССР и социалистич. переустройства новых районов, так и рядом аналогичных заданий в своей собственной реконструкции. К началу первой пятилетки здесь было сосредоточено ок. 50% основных фондов промышленности и половина индустриального пролетариата СССР, почти вся продукция точной механики, 80% электротехники, половина машиностроения, больше 50% выработки электрической энергии, почти весь текстиль, вся продукция резины. Сосредоточение квалифицированных кадров, научно-исследовательских учреждений наряду с концентрацией оборудования делает старые промышленные районы районами мощного развития квалифицированных производств, средств производства и пионерами в отношении постановки новых производств. Поэтому

несмотря на развитие новых районов темп роста индустрии центра сохраняется достаточно высоким. Дальнейшая специализация этих районов определилась уже в первой пятилетке. Сохраняя задачу развития квалифицированного машиностроения и точной механики, передавая другим районам характерный для капиталистич. периода текстиль, старые районы должны широко освоить свою энергетич. и сырьевую базу. Наличие богатых ресурсов торфа, местного угля (подмосковный и боровицкий), сланцев, водной энергии (Ленинград гл. обл., а также Верхняя Волга) дает основу для создания собственной энергетич. базы и сокращения роли привозного топлива. Минеральные ресурсы—фосфориты вместе со сланцами, с торфом, подмосковным углем и др.—дают основу для широкого развития химич. промышленности. Мурманский край Ленинградский обл. вместе с Карельской АССР, к-рая в своем строительстве тесными связями переплетается с Ленинградской обл. (особенно хибинские апатиты и нефелины), развивая на собственных сырьевых ресурсах свое хозяйство, сильнейшим образом содействуют укреплению сырьевой базы ряда других районов СССР и ближайших в особенности. Наличие местных руд, металлич. лома и пиритных огарков создает базу для собственной металлургии района.

Наиболее полную реконструкцию хозяйства сравнительно с предшествующим периодом совершает Ивановская обл., из текстильного района превращающаяся в район сложного машиностроения (авто-, авиа-, судостроение, текстильное машиностроение и т. д.), химии

Табл. 3.—Удельный вес валовой продукции промышленности и сельского хозяйства районов в 1930 г.

Республики, края и области	Электростанции	Каменноуголь- ная	Нефтедобываю- щая	Железороудная	Металлургич. (чёрн. металл.)	Машиностроение	Электротехнич. производство	Основная хими- ческая	Цементный	Кирпичн. и ст.- итальян. и огне- упорн. кирпич	Стекольная	Лесохимично- фанерная	Хлопкоочисти- тельная	Хлопчато- бумажная	Шерстяная	Льняная	Сахарная	Мукомольно- крупяная	Зерновые культуры	Хлопок-сырец	Лён-волокно	Конопля- волокно	Подсолнечник	Сахарная свекла	Картофель
СССР . . . . .	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
РСФСР . . . . .	70,5	24,6	27,8	30,7	49,1	68,2	85,3	64,7	82,7	65,2	70,9	81,0	7,8	98,3	91,7	97,5	19,4	67,0	65,6	11,7	92,0	74,2	71,4	17,0	70,0
В том числе:																									
Северный край . . . .	0,6	—	—	—	—	0,5	—	—	—	0,4	0,6	11,9	—	—	—	2,7	—	—	—	—	2,8	0,1	—	—	1,1
Кавельская АССР . . .	0,1	—	—	—	—	0,4	—	—	—	—	—	4,3	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0	0,0	—	—	0,1
Ленинградская обл. . .	17,7	—	—	—	0,3	18,9	38,7	18,2	6,5	8,0	14,5	10,0	—	12,5	3,7	0,1	—	—	—	—	9,9	0,1	—	—	2,0
Западная область . . .	1,0	—	—	—	—	4,5	—	—	7,3	2,3	8,3	7,0	—	0,6	5,2	—	0,2	—	—	—	22,4	6,5	—	0,3	9,3
Московская » . . . . .	26,6	2,5	—	—	5,8	19,4	42,5	8,6	13,1	19,9	14,7	5,9	—	48,7	59,1	—	2,1	—	—	—	9,4	4,9	—	0,3	11,0
Иван. Пром. » . . . . .	2,4	—	—	—	—	2,7	0,8	1,8	—	4,0	15,9	5,2	—	35,1	0,4	80,5	—	—	—	—	8,0	—	—	—	3,7
Нижегородский край . .	4,7	—	—	0,8	4,7	6,8	1,0	11,1	—	3,0	3,8	6,7	—	0,3	1,0	6,6	—	—	—	4,0	4,9	—	—	—	6,4
Центр.-Чернов. обл. . .	1,4	—	—	3,5	1,2	1,4	1,0	0,2	—	4,4	0,1	1,7	—	—	—	—	15,4	—	—	8,9	9,0	—	27,3	22,6	15,3
Уральская обл. . . . .	2,7	4,3	—	22,1	24,8	4,8	1,1	17,9	3,7	7,5	2,6	2,8	—	0,0	1,1	2,9	—	—	—	4,6	5,1	—	14,0	2,4	0,1
Башкирская АССР . . . .	0,1	—	—	2,1	2,6	0,1	—	—	—	0,5	1,0	1,5	—	—	0,4	—	—	—	—	0,9	2,9	—	1,0	2,9	1,3
Татарская АССР . . . . .	0,6	—	—	—	—	0,3	—	4,2	—	0,3	0,7	1,7	—	—	0,2	2,8	—	—	—	1,1	1,9	—	—	1,8	0,1
Средневожский край . .	1,3	—	—	—	—	0,3	—	—	0,4	2,2	1,5	6,7	—	—	10,1	0,9	—	—	—	6,7	5,2	—	—	11,5	5,6
Нижневожский » . . . .	2,0	—	—	—	3,3	1,7	0,1	—	19,7	2,8	0,5	6,9	—	0,6	0,2	—	—	—	—	8,9	4,7	0,0	—	—	1,3
Северокавказский » . .	5,0	7,1	25,1	—	4,4	3,4	0,0	1,7	25,4	4,7	3,6	1,8	0,6	0,5	4,9	—	0,7	—	—	12,2	8,0	0,6	—	0,9	25,8
Крымская АССР . . . . .	0,8	—	—	2,1	1,5	1,2	—	0,1	—	0,4	0,1	0,0	—	—	0,1	—	—	—	—	1,2	0,4	0,1	—	—	0,0
Казанская АССР . . . . .	0,2	0,2	1,7	—	—	—	—	—	0,2	0,2	—	0,4	—	—	0,2	—	—	—	—	1,9	2,8	6,8	—	0,8	3,7
Каракалпакская АССР . .	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Киргизская АССР . . . .	0,0	0,5	—	—	—	—	—	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2	0,6	4,2	—	0,1	0,1
Западносиб. край . . . .	1,4	5,8	—	—	0,3	0,8	—	0,3	2,0	0,3	1,0	2,2	—	—	0,2	1,0	—	—	—	4,0	—	—	—	—	0,1
Восточносиб. » . . . . .	0,7	1,4	—	—	0,1	0,2	0,1	0,3	—	0,7	1,7	2,2	—	—	0,1	—	—	—	—	0,8	8,7	—	—	9,8	9,0
Якутская АССР . . . . .	—	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Дальневост. край . . . .	1,1	2,8	—	—	0,1	0,8	—	0,3	1,4	0,7	—	2,7	—	—	—	—	—	—	—	2,5	0,6	—	—	0,2	0,3
УССР . . . . .	22,0	75,0	—	69,3	50,9	30,0	14,7	34,6	13,7	28,8	22,2	11,3	—	0,3	5,8	0,1	80,4	26,3	27,7	0,1	—	22,2	28,3	83,0	19,2
БССР . . . . .	2,0	—	—	—	—	1,1	—	0,7	—	2,8	5,4	5,6	—	0,2	0,2	2,4	—	—	—	5,0	2,4	—	8,0	—	3,5
ЗСФСР . . . . .	4,3	0,3	71,8	—	—	0,5	—	—	2,0	1,6	1,3	2,1	7,3	1,1	1,2	—	—	—	—	3,3	2,3	6,2	—	0,1	0,2
В том числе:																									
Азербайдж. АССР . . . . .	2,5	—	71,8	—	—	0,4	—	—	2,0	0,6	0,5	0,4	5,9	0,7	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ССР Армении . . . . .	0,3	—	—	—	—	0,0	—	—	—	0,0	—	—	1,0	0,3	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ССР Грузии . . . . .	1,5	0,3	—	—	—	0,1	—	—	—	1,0	0,8	1,7	0,4	0,1	0,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Узбекская ССР . . . . .	1,0	—	—	—	—	0,2	—	—	1,6	1,6	—	—	71,8	0,1	0,5	—	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—
Туркменская ССР . . . . .	0,2	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9,0	0,0	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Таджикская ССР . . . . .	0,0	0,1	0,3	—	—	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2

(синтетический каучук, пластические массы и др.) и квалифицированного (в частности технического) текстиля.

Районы первой угольно-металлургической базы—большая часть Украины, Сев. Кавказ; южная часть ЦЧО и часть Крыма—имеют центром Донбасс, вокруг которого на одинаковом расстоянии расположены железнорудные месторождения Кривого Рога, Керчи и Курской магнитной аномалии. Опираясь на Кривой Рог, Донбасс давал подавляющую часть черного металла до революции и до последнего времени. Открытие богатых залежей в районе Курской магнитной аномалии сильнее всего повлияет на направление и темпы развития металлургии, опирающейся на Донбасс, хотя еще окончательно не выяснен вопрос о конкретных формах питания коксом металлургии Курской магнитной аномалии. Угольные разведки 1931 г. продвинулись до Дона и даже за Дон на восток, продолжают поиски угля в с.-в. части Донбасса в пределах ЦЧО. Одновременно с металлургией получают здесь мощное развитие машиностроение (горнозаводское оборудование, тракторы, паровозы, судостроение, электротехника, вагоностроение, химия, аппаратура), химическая промышленность, особенно азотная и фосфорные удобрения. Окончание Днепростроя и ряда районных угольных электростанций, завершающаяся созданием мощного кольца электропередачи и электрификации транспорта, образует энергетич. базу для планомерного развития крупнейшего территориального комбината, отдельные производства которого обладают также технологич. связью (уголь, металл, химия). Несмотря на то, что вторая угольно-металлургич. база растет более быстрыми темпами, во втором пятилетии роль первой базы сохраняется крупнейшее значение, поскольку ее продукция угля и металла будет составлять половину общесоюзной. Отсюда огромное значение правильных междурайонных взаимоотношений и транспортных мероприятий. Донбасс связывается электрифицированным транспортом с Москвой и Волгой.

Вторая угольно-металлургич. база—Урал, Башкирская АССР, Орско-Халиловский район Средней Волги, З. Сибирь, Казакстан. «Сейчас дело обстоит так, что наша промышленность, как и наше народное хозяйство, опираются в основном на угольно-металлургич. базу Украины. Понятно, что без такой базы немыслима индустриализация страны»... «но может ли в дальнейшем одна эта база удовлетворить и юг, и центральную часть СССР, и север, и северо-восток, и Дальний Восток, и Туркестан? Все данные говорят нам о том, что не сможет. Новое в развитии нашего народного хозяйства состоит между прочим в том, что эта база стала для нас уже недостаточной. Новое состоит в том, чтобы, всемерно развивая эту базу и в дальнейшем, начать вместе с тем немедленно создавать вторую угольно-металлургическую базу. Этой базой должен быть Урало-Кузнецкий комбинат (УКК), соединение кузнецкого коксующегося угля с уральской рудой» [доклад т. Сталина на XVI Съезде ВКП(б)]. Колоссальные энергетич. ресурсы (Кузбасс, Караганда), запасы железных руд Урала, Башкирии, Халилова, Кузбасса, Казакстана, Минусинско-Абаканского района, основные в Союзе запасы меди (Урал

и Кузбасс), никель, полиметаллы, хромосырье разные нерудные ископаемые и другие богатства, далеко еще неразведанные, создают предпосылки мощного и многогранного развития районов второй угольно-металлургич. базы, сфера влияния которой захватит кроме расположенных восточнее районов Среднюю Азию, Среднее Поволжье и частью центральные районы. По масштабам строительства, общим своим планам, выражающим идеи развернутого социалистич. строительства, внедрением передовой техники районы УКК составляют особую группу. Пространственно огромный и многообразный комплекс м. б. разделен на ряд экономич. районов. Первоначальные схемы Госплана с поправками, принятыми комиссией т. Калнина, остаются правильными в основном и теперь: 1) Урал с Башкирской АССР и Орско-Халиловским районом—район черной металлургии (в частности качественной), машиностроения, цветной металлургии, химии и лесохимии; 2) Кузбасско-Минусинский район—топливо, металлургия, химия, машиностроение, текстиль; 3) Восточный Казакстан—как передовой район цветной металлургии и социалистич. животноводства; 4, 5 и 6—районы Западносибирской низменности, западного Казакстана и южно-го Казакстана.

Ангарско-Енисейский комбинат—основное ядро Вост.-Сибирского края—является уже базой третьего пятилетия. Исключительные богатства водной энергии наряду с грандиозными залежами углей разных качеств (Черемхово, Камский бассейн, Тунгусский бассейн) создают здесь плацдарм для использования очень дешевой электрич. энергии. Наличие железа, полиметаллич. руд редких металлов, алюминиевого сырья, нерудных ископаемых (слюда, графит), колоссальные лесные богатства оправдывают смелые проектировки специализации на использования дешевой электрической энергии этого района для развития энергоемких производств с всеобщим районом распространения. Для ближайшего периода район развивается как крупный животноводческий и подготавливает строительство третьего пятилетия пока на базе черемховского угля и первых гидросиловых установок.

Поволжские районы—Горьковский край, Татарская Республика, Средняя и Нижняя Волга—представляют группу районов, на С.-З. (г. Горький) ближайшим образом связанную с промышленным центром, на С.-В. (Камско-Омутнинский) с Уралом, на юге (Сталинград—Хопер) с Донбассом и на востоке (Халилово) с УКК. Объединяют эту группу на данном этапе строительства грандиозные проектировки энергетико-транспортной реконструкции Волги (проблема борьбы с засухой для большей части заволжских территорий, необходимость целостного решения в соответствии с особыми транспортными условиями—транспортный узел водных путей и ж. д. в промежутке между первой и второй угольно-металлургич. базами, промышленным центром, нефтяными районами Прикаспия и лесными районами Севера), проблемы энергетики и размещения промышленности во втором пятилетии для всей Средней и Нижней Волги и Камы. Эта общность крупнейших проблем не исключает специфики, особенностей каждого из районов, причем проблема более точного

подразделения на экономич. районы находится в теснейшей зависимости от решения вышеуказанных основных вопросов.

Комплекс Средней Азии—Узбекистан, Таджикистан, Туркменистан, Киргизская АССР и Каракалпакская АССР—бывший колониальный район капиталистич. России со старой хлопковой культурой, решительно превращающийся в условиях национального освобождения при последовательном проведении политики социалистич. строительства в передовой район субтропич. культур, химии (удобрения), цветной металлургии, текстиля. Наличие угля и нефти обеспечивает создание собственной энергетич. базы в ближайшие годы; громадные ресурсы водной энергии, к использованию которых только начали приступать, обнаружение крупных запасов полезных ископаемых (цветные металлы, редкие элементы, сера, калий и т. п.), далеко еще не исчерпывающие действительных ресурсов, заставляют заново пересмотреть для второй пятилетки пути развития Средней Азии.

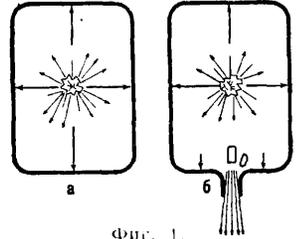
Закавказье, также бывший колониальный район, аналогично Ср. Азии по богатству гидроэнергии, ископаемых (нефть, железо, цветные металлы, нерудные ископаемые) и по возможности субтропич. культур. В отличие от Средней Азии основная концепция Закавказья сложилась уже в первую пятилетку, и его дальнейшее развитие сохраняет за ним определенные контуры экономического района, поставленного новым транспортным строительством (Перевальная и Черноморская дороги) в условия, облегчающие дальнейшее развитие его специализации.

Совокупность задач по освоению Севера, в частности проблема обеспечения Союза древесиной, проходящая красной нитью по северным районам, заставляет территории Мурман, Карельской АССР, Северного края, северных частей Урала, З. Сибири, В. Сибири, Якутской АССР и значительную часть ДВК выделить для правильной постановки задач хозяйственного и культурного строительства и выявления отдельных хозяйственных узлов всю эту полосу как особую группу районов. Ведущим звеном является транспорт рельсовый и водный, связывающий отдельные части с основными индустриальными базами—промышленного центра, Урала, Кузбасса, Ангарско-Енисейского района в направлении с С. на Ю. в Европейской части Союза и с С.-В. на Ю.-З.—в Азиатской.

Лит.: План электрификации РСФСР, М., 1920; Экономическое районирование России, Доклад Госплана III сессии ВЦИК, М., 1922; Доклад т. Рыкова и постановление XII съезда ВКП(б) по вопросу районирования, М., 1923; Пятилетний план народного хозяйственного строительства СССР, материалы Госплана СССР, т. 3, районный разрез плана. Отчет Центр. комитета XVI съезду ВКП(б), М., 1930; Ку и бы ш е в В. В., О второй пятилетке на XVII конференции ВКП(б), в книге В. Молотов и В. Куйбышев, О второй пятилетке, М., 1932; К р ж и ж а н о в с к и й Г., Хозяйственные проблемы РСФСР и работы Государственной плановой комиссии, М., 1921; В л а д и м и р с к и й М., Основные положения установления административно-хозяйственных районов (доклад на 2 сессии ВЦИК 8 созыва), М., 1920; А л е к с а н д р о в И., Основы хозяйственного районирования СССР, М., 1924; Е н у к и д з е А., Дивизионы округов и задачи районов, М.—Л., 1930; Районирование СССР, Сборн. материалов по районированию с 1917 по 1925 г., под ред. К. Д. Егорова, М.—Л., 1926; П и к и т и н Л. и К о л о с о в с к и й Н., Итоги районирования, «Плановое хозяйство», М., 1926; Материалы Всесоюзной конференции по размещению производительных сил, М., 1932; Большое количество работ по районированию отдельных районов издано в период 1921—1927 гг. Л. Никитин.

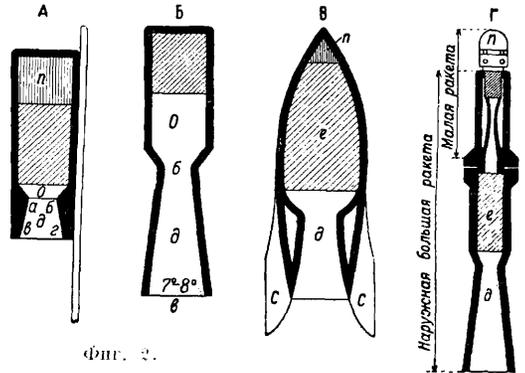
**РАКЕТА**, ракетный двигатель, летательный аппарат тяжелее воздуха, движущийся отдачей или реакцией вырывающихся из него газов и вообще материальных частиц. Таким образом Р. можно назвать реактивным аппаратом, или аппаратом с прямой реакцией, в отличие от других аппаратов, у которых движение, хотя и происходит от реакции (напр. реакция воздуха, отбрасываемого пропеллером самолета), но эта реакция получается не прямо от взрывающихся газов, а при помощи промежуточных передач. Принцип работы Р.

(или, вернее, ее реактивного двигателя) заключается в следующем (фиг. 1, а и б). Предположим, что внутри замкнутого со всех сторон сосуда (фиг. 1, а) произошел взрыв. Образовавшиеся газы будут тогда оказывать



Фиг. 1.

одинаковое давление на все стенки сосуда. Сделаем теперь в нижней стенке сосуда отверстие  $O$  (фиг. 1, б), тогда газы устремятся в это отверстие; получится разность давлений на нижнюю и верхнюю стенки сосуда, которая будет направлена вверх, и сосуд под влиянием этой разности может подняться в противоположную отверстию сторону. Чем меньше будет сопротивление воздуха выходящим газам и



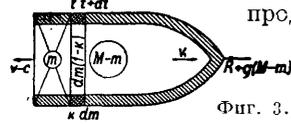
Фиг. 2.

чем больше скорость их, тем сильнее будет отдача, или реакция.

Устройство Р. В общем случае устройство Р. заключается в следующем (фиг. 2, А). Внутри оболочки Р. сверху помещается полезный груз  $n$ , под к-рым имеется взрывчатая смесь; она взрывается в камере сгорания  $O$  и вырывается через сопло или раструб  $d$  с горлом  $ab$  и отверстием  $eg$ . Для устойчивости к оболочке прикреплен стабилизатор. В зависимости от назначения Р. могут быть б. или м. сложного устройства. На фиг. 2, Б изображено дальнейшее развитие Р. по сравнению со схемой. У нее более совершенное сопло (форма сопла Делавэля, применяемого у паровых турбин), в которое поступают газы из камеры  $O$  через горло  $b$  и выходят через отверстие  $e$ . Угол раструба сопла  $7-8^\circ$ . На фиг. 2, В показана Р. плавного обтекания с соплом  $d$ , горючим  $e$ , полезным грузом  $n$  и стабилизаторами (плавниками)  $C$ .

Основное уравнение движения Р. При полете Р. на нее действуют следующие три силы: реакция вырывающихся газов,

сопротивление воздуха и земное тяготение (вес). Введем следующие обозначения (фиг. 3):  $M$ — начальная масса  $P$ .;  $m$ —масса ее, которая была извергнута к моменту  $t$ ; эта масса состоит из газообразных продуктов горения и части оболочки баков, заключавших использованное горючее и отделенных от  $P$ . за ненадобностью для ее облегчения в полете;  $v$ —скорость  $P$ . в момент  $t$ ;  $c$ —скорость извергаемой массы;  $R$ —сила сопротивления воздуха;  $g$ —ускорение силы тяжести;  $dm$ —масса, извергнутая в промежуток времени  $dt$ ;  $k$ —постоянное отношение массы оболочки (баки) к массе горючего; масса оболочки отпадает от  $P$ . с относительной скоростью нуль к остающейся массе  $P$ .;  $dv$ —приращение скорости за время  $dt$  остающейся массы  $P$ . На основании третьего закона Ньютона составляем дифференциальное уравнение движения  $P$ . для случая ее вертикального подъема, исходя из условия, что количество движения в момент  $t$  равно количеству движения в момент  $t + dt$  плюс импульс сил сопротивления атмосферы и тяготения (т. е. убыль количества движения равна импульсу тормозящих сил):



Фиг. 3.

$(M - m)v = dm(1 - k)(v - c) + vk dm + (M - m - dm)(v + dv) + [R + g(M - m)]dt$ . Пренебрегая членами второго порядка, получаем:

$c(1 - k) dm = (M - m)dv + [R + g(M - m)]dt$ . При решении этого уравнения следует стремиться к выполнению следующих условий: 1) чтобы вес горючего не был чрезмерно велик по отношению к полному весу  $P$ .; 2) чтобы скорость полета  $v$  была наивыгоднейшей, т. к. при малом  $v$   $P$ . будет медленно подниматься, а при большом будет встречать большое сопротивление атмосферы; 3) чтобы скорость  $c$  извержения газов была возможно большей. В простейшем случае, если пренебречь сопротивлением воздуха и влиянием тяготения и если обозначить через  $M_1$  массу всего горючего плюс конечную массу  $P$ ., через  $m_1$ —остающуюся ее конечную массу и наконец через  $v_1$ —конечную, максимальную, скорость полета, то интегрирование вышеприведенного уравнения приводит к следующему упрощенному решению:

$$\frac{M_1}{m_1} = e^{\frac{v_1}{c}},$$

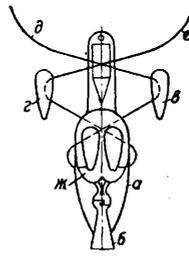
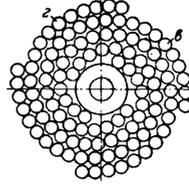
где  $e$ —основание натуральных логарифмов ( $e=2,71$ ). Если бы например в идеальном случае мы имели горючее, дававшее  $c=4,8$  км/сек, и желали послать  $P$ . в мировое пространство, для чего  $v_1$  д. б. равно 11 км/сек, то получили бы

$$\frac{M_1}{m_1} = 10.$$

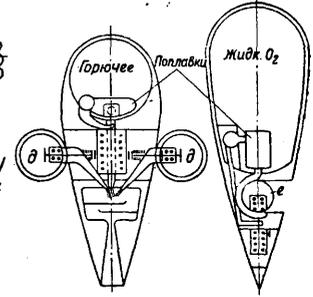
Горючее. Горючим для обыкновенных ракет служат разные виды пороха ( $c=300-2800$  м/сек). Горючие составы фейерверочных ракет состоят из основания, или вещества, легко отдающего кислород, и горючей примеси, или горючего вещества. В качестве основания применяют: хлорновато- и азотнокислые соли калия, бария, стронция, натрия и свинца; иногда и некоторые другие. В качестве горючего применяют сажу, уголь, гумилак, крахмал, сало, сахар, декстрин и др. Порох бывает пушечный и ружейный. Только

последний применяется для фейерверков. Состав его: 15 ч. превосходного угля, 75 ч. серы и 10 ч. селитры. В новейших же опытных ракетах применяют смесь бензина или нефти с жидким кислородом ( $c=3000-4000$  м/сек). При воздушных реактивных двигателях применяют какое-либо жидкое горючее и сжатый атмосферный воздух. В комбинациях  $P$ . с авиационными двигателями, предельных в последнее время, реактивные двигатели питаются отходящими газами авиационных двигателей; предполагается использовать кроме тепла отходящих газов также теплоту, требуемую для охлаждения цилиндров авиационного двигателя. Имеются предложения использовать в качестве горючего металлы, в особенности одновременно с жидким горючим.

Основные типы двигателей. По роду горючего  $P$ . разделяются на четыре главных класса: 1)  $P$ . обшихимические, в особенности пороховые; 2)  $P$ . с металлическим или другим горючим, представлявшим к началу полета часть конструкции  $P$ . (баки, стержни, оболочки и т. д.) по Цандеру; 3)  $P$ . с жидким горючим; 4)  $P$ ., работающие отходящими га-



Фиг. 4.

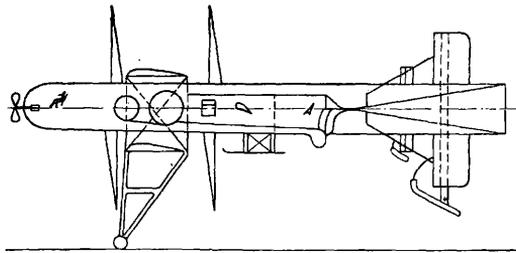


Фиг. 5.

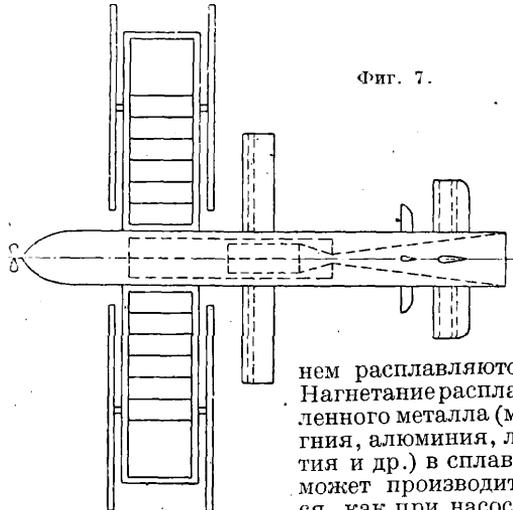
Фиг. 6.

зами двигателей. Двигатель  $P$ . состоит из приборов, подающих горючее, взрывной камеры и сопла. Различают четыре типа двигателей. 1) Двигатель постоянного давления. В его взрывной камере давление постоянно, взрывы или постоянное горение и истечение продуктов горения через сопло происходят непрерывно. Для осуществления этого необходимо подавать горючее во взрывную камеру также непрерывно и под большим давлением: это давлением. б. сильно уменьшено (до 0,2 atm над давлением сгорания) набрызгиванием горючего тонкими струями на горячие стенки камеры сгорания совместно с предварительным подогревом. Чтобы достигнуть большого давления, было предложено два способа: а) поддерживать подобное же давление в баках с горючим, для чего стенки их должны обладать соответственной прочностью; б) накачивать горючее при помощи насосов. Примером  $P$ . постоянного горения могут служить  $P$ . сист., Оберта (фиг. 26 и 27). Сюда же относятся  $P$ . с частично металлич. горючим по Цандеру (фиг. 4—6), где  $a$ —центральная ракета с соплом  $b$ ;  $v$  и  $z$ —меньшей величины боковая  $P$ . и боковой сосуд для горючего, большое количество которых нанизано на спиральные трубы  $d$  и  $e$ . На фиг. 5 показан боковой сосуд  $g$  и на фиг. 6—боковая  $P$ .  $v$  в большом масштабе. После рас-

ходования жидкого горючего, находящегося в баке бокового сосуда или боковой Р., последние скользят по спиральным трубам *d* и *e* в полуоткрытый сосуд *ж* центральной Р. и в



Фиг. 7.



нем расплавляются. Нагнетание расплавленного металла (магния, алюминия, лития и др.) в сплавах может производиться, как при насосах

Гумфрея, при помощи сжатого газа, выпускаемого на расплавленный металл, переливающейся для этой цели из общего сосуда *ж* в особую шарообразную насосную камеру. На фиг. 7 показана схема подобного полуреактивного самолета, где *A*—сосуд для расплавления, нужный для совершения перелета частей.

2) Прерывистовзрывные двигатели. Здесь во взрывной камере взрывается определенная порция топлива, и продукты взрыва вырываются через сопло, затем в камеру поступает новая порция топлива и т. д. Подача топлива *м. б.* осуществлена двояко: или горючее в баке находится под некоторым давлением и поступает в камеру через особый клапан, который при взрыве закрывается, или горючее подается в камеру, напр. в патронах, подобно тому, как это делается в пулеметах.

3) Пороховые медленно горящие Р. Здесь поджигается само горючее, которое медленно сгорает, а продукты горения извергаются через сопло. На фиг. 2, Г изображен пример двойной пороховой Р. сист. Годдара. Каждая Р. состоит из хромоникелевой оболочки, заключающей порох Р. *e.* камеру

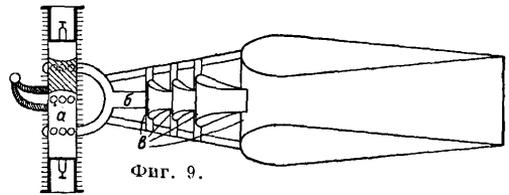


Фиг. 8.

сгорания и сопло *d*, а верхняя Р.—еще из головки, к-рая приводится в быстрое вращение взрывами и действует наподобие жирокопа, стабилизируя полет Р. Вверху малой Р. име-

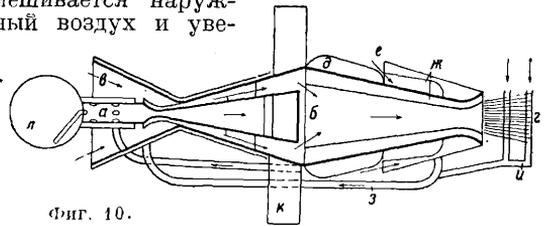
ется полезная нагрузка *n* в виде инструментов и парашюта или массы, взрывающейся в момент приземления и издающей сильный свет.

4) Воздушные реактивные двигатели. Можно различать два рода и их сочетания. а) Воздух из атмосферы нагнетается двигателем с компрессором, либо встреч-



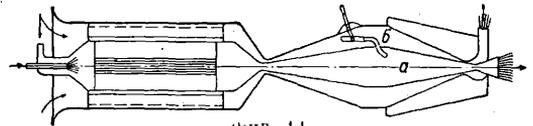
Фиг. 9.

ный воздух вступает в камеру сгорания через особое сопло, нагнетаясь. Примером ледного рода может служить двигатель Лорена (фиг. 8), где воздух вступает в *a*, сжимаясь при быстром полете в камере сгорания *b*; продукты сгорания оставляют прибор у *в.* б) Продукты сгорания смешиваются после выхода из сопла с наружным атмосферным воздухом. Последний, ускоряясь, увеличивает осевое давление струи. Такого рода двигатель показан на фиг. 9 (двигатель Мело) и фиг. 10 (двигатель Пандера). У двигателя Мело продукты сгорания, получающиеся в двигателе *a* под большим давлением, вырываются наружу через сопло *б.* Через щели *в* к ним при-мешивается наружный воздух и уве-



Фиг. 10.

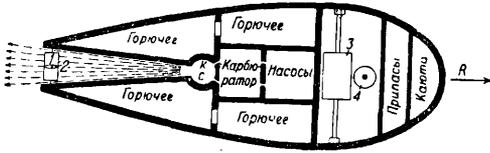
личивает действие сопла. Потери получаются вследствие ударов при смешивании в местах *в.* Эти потери избегаются у двигателя Пандера тем, что продукты сгорания горючего с жидким кислородом, образующиеся в камере сгорания *a*, смешиваются в месте *б* у выхода из внутреннего раструба без удара при весьма низком давлении с наружным воздухом, вступающим у *в* в наружный кожух. Воздух на пути от *в* до *б* подогревается и расширяется. В обратном конусе от *б* до *г* смесь воздуха с продуктами сгорания снова сжимается до



Фиг. 11.

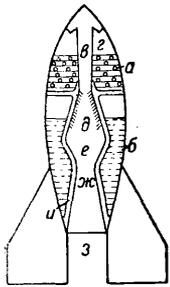
атмосферного давления и одновременно охлаждается кислородом, находящимся в *д*, и наружным воздухом, поступающим у *e* в кожух *жс.* Через трубку *з* этот воздух может также подаваться к месту *в*; *и*—трубки радиатора, удобообтекаемые, через них также может просасываться воздух. Устройства *жс, з* и *и*, как экзотермайзеры, экономят теплоту; *к*—ребра для использования наружного тепла, в случае если в *д* имеется жидкий воздух; *л*—бак для горючего. На фиг. 11 показан вариант воздушного реактивного двигателя Пандера, где *a*—обратный конус для продук-

тов сгорания, а б—соединительная трубка между воздухом и продуктами сгорания. Этот прибор может также служить струйным нагнетателем для воздуха, необходимого для горения Р. На фиг. 12 изображен идеальный разрез будущего реактивного межпланетного



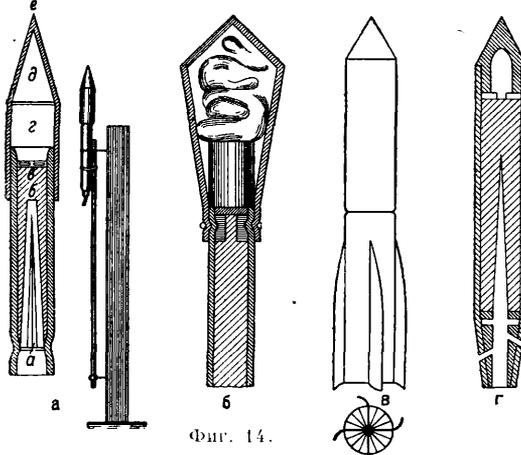
Фиг. 12.

корабля с жидким топливом. Горючее (напр. смесь жидких водорода и кислорода) при помощи насосов подается в камеру смешения (карбюратор), откуда попадает в камеру сгорания (к. с.), где и взрывается. Продукты взрыва в виде газов вылетают наружу через сопло. Припасы и пассажирская каюта находятся спереди. Реакция газов *R* и уносит корабль. Для управления служат или рули высоты 1 и поворотов 2, помещаемые в струе газа, или передвигаемые по двум взаимно перпендикулярным направлениям массы 3 и 4, или наконец небольшие боковые Р. (на чертеже не показаны). На фиг. 13 изображена схема регистрирующей Р. сист. Оберта с оболочкой из листовой меди и жидким топливом. Вверху помещается жидкий кислород *a*, а под ним горючее *б* (бензин, бензол, спирт, нефть или жидкий водород). Через кислород пускают горючее, к-рое в нем загорается и сгорает; в трубе *в* примешиваются еще новые пары горючего; в спринсходит горение с избыточным кислородом,  $t^{\circ} 700-900^{\circ}$ . Далее жидкое горючее через большое число отверстий взрывается в место *д* и, загораясь в *е* благодаря поступающему сверху горящему кислороду, вырывается через горло *ж* и сопло *з*. Трубка *и* подводит пары горючего в верх Р.



Фиг. 13.

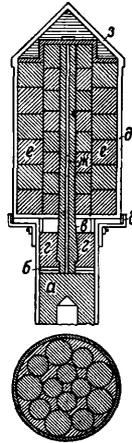
нефть или жидкий водород). Через кислород пускают горючее, к-рое в нем загорается и сгорает; в трубе *в* примешиваются еще новые пары горючего; в спринсходит горение с избыточным кислородом,  $t^{\circ} 700-900^{\circ}$ . Далее жидкое горючее через большое число отверстий взрывается в место *д* и, загораясь в *е* благодаря поступающему сверху горящему кислороду, вырывается через горло *ж* и сопло *з*. Трубка *и* подводит пары горючего в верх Р.



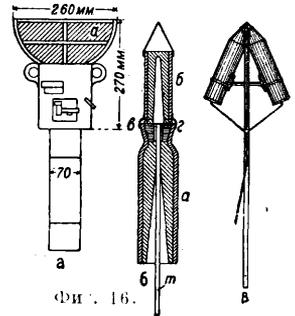
Фиг. 14.

**Применение Р.** Ракеты применяются для фейерверков, сигналов, освещения местности, фотографирования, для подачи с берега троса кораблю, терпящему аварию, для рассеивания града, для подъема метеорологи-

ческих инструментов, для метания снарядов и т. п. На фиг. 14 показаны следующие типы Р.: сигнальная, или шлаговая, Р. (фиг. 14, а), где *a*—шейка, или горло, *б*—горючее (порох), *в*—прокладкa-шайба, *г*—шуба, т. е. состав, производящий выстрел, *д*—шарик (головка), *е*—вершина; к Р. для устойчивости привязан хвост; ракета с парашютом (фиг. 14, б);



Фиг. 15.



Фиг. 16.

вращающаяся Р. с изогнутыми крыльями (фиг. 14, в); вращающаяся Р. системы Гейля с винтообразными каналами внизу (фиг. 14, г).

На фиг. 15 дана светящаяся Р. Основные части: *a*—порох; *б*—медный кружок с припаянной к нему медной трубкой *в*, набитой медленно горящим составом и укрепленной серной обливкой *г*; *д*—жестяной колпак, наполненный кусками светящего состава *е*, для зажигания которых проложены стопки *ж*, проходящий в трубке *в*; *з*—крышка. Вес 16 кг; высота подъема 1 км; время освещения  $\frac{1}{4}$  мин. Дальнейшие разновидности Р. показаны на фиг. 16: осветительная Р. сист. Кюнцера с парашютом *a* (фиг. 16, а); зажигание производится на высоте 500 м над землею; продолжительность горения до 3 мин.; подъемная Р. (фиг. 16, б) состоит из двух Р.: большой *a* и малой *б*; на поверхность состава *в* большой Р. насыпают слой пороха *г*, на к-рый ставится малая Р.; хвост *т* у обеих Р. общий; двойная или сложная Р. (фиг. 16, в).

Спасательная Р. (фиг. 17); части ее: *a*—чехол, *б*—стенки, *в*—заряд, *г*—коническое углубление для облегчения горения, *д*—вилка, *е*—деревянный стержень. К нижней части Р. привязывается веревка (линь). Градобойная Р. (фиг. 18). Части ее: *a*—чехол, *б*—заряд для взрыва в облаках, *в*—горючее, *г*—коническое углубление, *д*—запал, *е*—кольца (бугели), *ж*—палка.

Устойчивость Р. в воздухе достигается следующими устройствами: 1) стабилизаторами внизу ее в виде плавников или палки, 2) вращением ее при помощи искривления стабилизаторов или искривления выводных каналов, 3) применением жирокопа, 4) применением рулей.

Устойчивость Р. в воздухе достигается следующими устройствами: 1) стабилизаторами внизу ее в виде плавников или палки, 2) вращением ее при помощи искривления стабилизаторов или искривления выводных каналов, 3) применением жирокопа, 4) применением рулей.

Устойчивость Р. в воздухе достигается следующими устройствами: 1) стабилизаторами внизу ее в виде плавников или палки, 2) вращением ее при помощи искривления стабилизаторов или искривления выводных каналов, 3) применением жирокопа, 4) применением рулей.

Устойчивость Р. в воздухе достигается следующими устройствами: 1) стабилизаторами внизу ее в виде плавников или палки, 2) вращением ее при помощи искривления стабилизаторов или искривления выводных каналов, 3) применением жирокопа, 4) применением рулей.

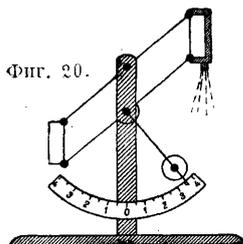
Устойчивость Р. в воздухе достигается следующими устройствами: 1) стабилизаторами внизу ее в виде плавников или палки, 2) вращением ее при помощи искривления стабилизаторов или искривления выводных каналов, 3) применением жирокопа, 4) применением рулей.

Материалы для изготовления Р. Для фейерверочных Р. обыкновенно берут тонкий картон. Он д. б. хорошо проклеен, без дырочек, просветов и складок. Также можно взять и хорошо проклеенную писчую бумагу. Гильзы Р. разделяются на 2 рода: а) гильзы только выпускают из себя огонь, а сами не горят; они начинаются сильны-

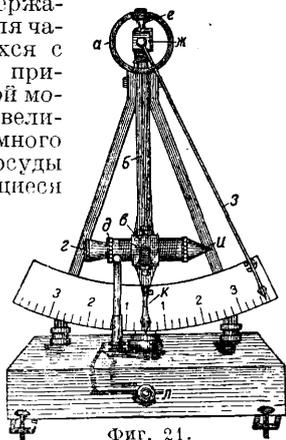


Фиг. 19.

ми составами, толщина стенок  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{6}$  калибра; б) гильзы горят вместе с составом: их начинают слабыми составами и делают со слабыми стенками. Особо высоко летающие пороховые Р. изготовляют из стали. Для частей Р., приходящих в соприкосновение только с бензином, алкоголем и т. п., Оберт предлагает железо с содержанием 0,8—0,4% С. Для частей, соприкасающихся с жидким кислородом, применяется медь, к которой можно прибавить для увеличения крепости немного Zn, Fe, Ni или Mn. Сосуды и части, соприкасающиеся

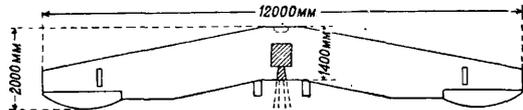


Фиг. 20.



Фиг. 21.

с жидким водородом, следует делать из свинца с примесью до 40% меди. Для сильно окисляющихся мест и жиклеров лучший материал—серебро. Карбюратор делают из хромоникелевой стали (Годдар), камеру сгорания и сопло—из ванадиевой стали. Однако при воздушных реактивных двигателях, работающих атмосферным воздухом, камера сгорания

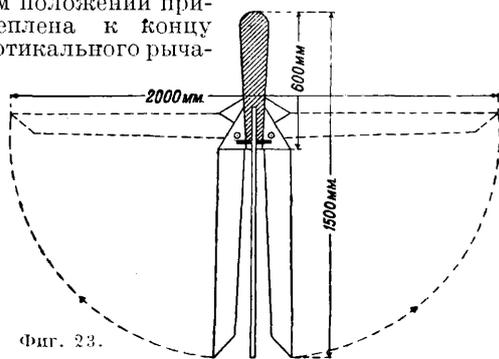


Фиг. 22.

может быть при соответствующем охлаждении медной, а сопла даже из легкого сплава.

Опыты. Для изучения полета Р. было произведено много опытов. Последние можно разделить на три группы. 1) Опыты в лаборатории. При этом Р. укреплялась на специальных весах и измерялись реакция газов и время действия. На фиг. 19 изображен рычажный станок. Реакция Р., повернутой соплом вверх, давит при помощи рычага на динамометр. Время и показания динамометра записываются на вращающемся барабане. На фиг. 20 изображен другой станок. Тяга Р., обращенной

соплом вниз, передается на качающийся шарнирный параллелограм; груз, соединенный с последним, передвигается по шкале и указывает тягу Р. На фиг. 21 изображен станок маятникового устройства. Р. в горизонтальном положении прикреплена к концу вертикального рычага-



Фиг. 23.

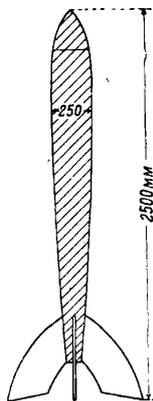
га, подвешенного сверху. На фигуре обозначены: а—подвесное кольцо, б—подвес, в—регулятор ц. т., г—сопло, д—запал, е—призма, жс—выступающая площадка для призмы, з—алюминиевый указатель угла отклонения (отходящий), и—отвинчивающаяся головка, к—указатель, двигающийся подвесом, л—контакт.

2) Опыты вне лаборатории—при передвижении разных повозок. Р. прикреплялись к автомобилям, саням, дрезинам, лодкам, велосипедам, самолетам и изучался эффект их действия. В виде примера на фиг. 22 изображена схема ракетного самолета Эспенлауба. 3) Опыты с полетом самих Р. Так как выгода реактивного двигателя по сравнению с другими видами двигателей появляется только при больших скоростях, недостижимых на земле или даже при помощи самолетов в воздухе, то необходимо производить опыты при полете самих Р. Подобные опыты были произведены различными исследователями с Р. разного типа. На

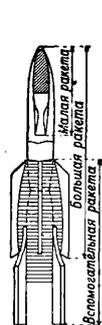


Фиг. 24.

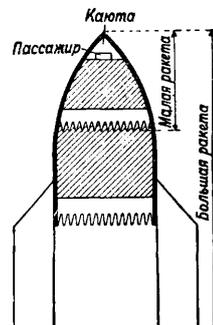
фиг. 23 изображена пороховая Р. немецкого изобретателя Тилинга. Она имела 4 ста-



Фиг. 25.



Фиг. 26.

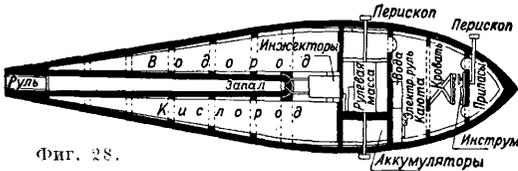


Фиг. 27.

биллизатора. Поднявшись на 2 км, она расправила два стабилизатора (на фигуре—пунктир) и спланировала на землю. При другом опыте Р. автоматически расправила все четыре стабилизатора, расположив их под углом, и, вращаясь, спустилась вертикально, как на парашюте. На фиг. 24 изображен общий вид

пороховой Р. чешского изобретателя Огеназика. Высота подъема ее доходила до 1,5 км. На фиг. 25 изображена ракета сист. Оберта, работающая на жидком топливе. Назначение ее — поднимать на большую высоту регистрирующие метеорологич. инструменты.

В проектах многочисленных ученых и изобретателей предложен ряд устройств больших Р. для подъема пассажиров на большую высоту и даже для полета вне атмосферы и к луне. Наиболее подробно разработал подобные проекты немецкий ученый Оберт. На фиг. 26



Фиг. 28.

изображена схема его тройной пассажирской Р. Для взлета служит вспомогательная Р.; по истощении ее горючего она отпадает, и начинает работать большая Р., затем и она отпадает, и пассажиры должны продолжать полет в малой Р. На фиг. 27 изображена еще одна схема двойной пассажирской Р. сист. Оберта. На фиг. 28 изображена схема пассажирской Р. по идее Циолковского.

Лит.: Рынин Н. А., Межпланетные сообщения, вып. 1—5, 7, Полное описание ракет, их работы, опытов, расчетов и т. п., Л., 1928—1931; Циолковский К. Э., Исследование мировых пространств реактивными приборами, «Научное обозрение», СИБ, 1903; Кондратьев Ю., Завоевание межпланетных пространств, Новосибирск, 1929; Цандер, Проблема полета при помощи реактивных приборов, М.—Л., 1930; Esnault-Pelterie R., L'Astronautique, P., 1930; Goddard R., A Method of Reaching Extreme Altitudes, «Smithsonian Miscellaneous Collections», Wash., 1919, v. 71, 2; Oberth H., Wege zur Raumschiffahrt, 3 Aufl., B., 1929; Hohmann W., Die Erreichbarkeit d. Himmelskörper, Berlin, 1925; Vallier M., Raketenfahrt, 5 Aufl., Berlin, 1928; Scherschewsky A., Die Rakete für Fahrt und Flug, Berlin, 1929. **Н. Рынин.**

**РАКЛЯ**, тонкая стальная проволока с отточенным краем, применяемая в *ситцепечатных машинах* (см.) для удаления печатной краски с гладких частей медного печатного вала с углубленной гравюрой. Ракли изготовляются различной толщины, определяемой номером (от 00 до 8), причем наибольшая толщина, ~ 1 мм, соответствует № 00. Для валов с более тонкой гравюрой применяют более тонкие ракли; чаще всего работают Р. от № 0 до № 6. Кроме стальных в некоторых случаях применяют бронзовые Р., а за границей — из нержавеющей и кислотоупорной стали. Точка Р. производится вручную — сперва точат пилкой, а затем правят камнем. За границей для точки Р. применяют специальные машины, что ускоряет работу. Р. или *раклё* в полиграфическом пр-ве — стальная линейка для съема лишней краски с поверхности вала печатных машин.

Лит.: Handbuch d. Zeugdrucks, hrsg. v. G. Georgievics, R. Haller u. L. Lichtenstein, Lfg 2, Leipzig, 1928; Фридрих И., Из практики на английских ситцепечатных фабриках, «Текстильные новости», Москва, 1930, 12; Ландеховский П. И. и Тюриш П. П., Печатные машины, Ситцепечатание, Иваново-Вознесенск, 1928. **Н. Мелютин.**

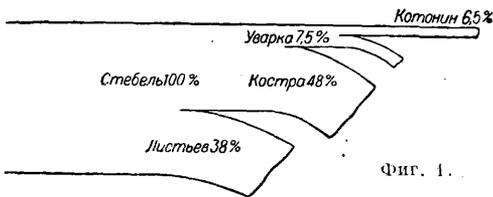
**РАМИ**, китайская крапива, China grass, Rhea, — текстильное волокно, добываемое из луба многолетнего травянистого растения, принадлежащего к семейству крапивных, Urti caseae, рода Boehmeria, разводимого в большом количестве в Китае, что побудило англичан дать ему название China grass. Weddell

в своей монографии насчитывает до 37 разновидностей Р.; из них представляют интерес для текстильной промышленности: Boehmeria nivea — белое рами: листья снизу покрыты белым пушком; Boehmeria tenacissima, или Boehmeria utilis, — зеленое Р.: листья с обеих сторон светлогрелые. Они не отличаются по качеству волокна, но отличны по району произрастания; последнее любит влагу и имеет более южный район распространения. Из всех растительных волокон Р. имеет наибольшую длину, крепость и эластичность, внешним видом напоминает шелк. Благодаря трудности выделения волокна обычными способами (неприменимости мочки) культура широкого распространения не получила. Белое Р. встречается гл. обр. в Китае, Индии и на острове Формоза. Зеленое Р. распространено южнее — Ява, Суматра, Борнео, Мексика. Культуру рами пытались ввести в Европе в умеренных поясах Франции и Голландии, но растение не выдерживало зимних холодов. В СССР попытка ввести культуру Р. в 1880—90 гг. в Средней Азии и Закавказье не увенчалась успехом благодаря отсутствию рентабельных машин для первичной обработки. Достижения советской техники в области декортикации, стесненность в сырьевых ресурсах создали предпосылку к возрождению культуры Р. По постановлению Совнаркома ЗСФСР от 9 марта 1930 г. к концу пятилетки посевная площадь должна быть доведена до 20 тыс. га.

**Агрономия.** Растение не выносит засухи и требует для своего произрастания жаркого и влажного климата. К почве относится неприхотливо, предпочитает рыхлую и легкую почву, наиболее благоприятна смесь глины и песка, что заставляет китайцев располагать свои плантации около больших рек. При закладке плантации необходима глубокая обработка почвы, так как корни рами распространяются очень глубоко. Почва д. б. очищена от сорных трав и хорошо удобрена. Во Франции пахут под Р. на глубину 40 см, удобряют навозом в количестве ~ 33 т на га. В Китае применяют жидкие удобрения. Размножение рами происходит семенами и вегетативным путем. Семенами (семена мелкие) — дорого и хлопотливо. Высейнное семенами молодое растение сильно реагирует на неблагоприятные условия погоды. Его надо защищать от прямого сильного действия солнечных лучей и оно требует частого полива. Простой и общераспространенный способ размножения — отрезками корневищ (длина 10—20 см), которые сажают, как картофель, на глубину 7—10 см с междурядьями. Ширина междурядий различна, широкие междурядья неудобны, так как растение сильно ветвится. Кроме того плантации рами разводятся делением кустов. Это наиболее простой и не требующий сложного ухода за плантацией метод. С 1 га можно получить посадочного материала на 25—30 га. Существуют два метода посадки — редкий и частый. Первый, при котором высаживают до 7,5 тысяч кустов на 1 га, применяют в Индии, Китае, на Кубе, тогда как второй при посадке 90 тыс. кустов применяют в Алжире. В среднем высаживают 30—40 тыс. кустов, что составляет до 400 тыс. растений на 1 га (1 куст содержит 10 стеблей). Стебли считаются готовыми для резки, когда комли покрываются коричневым налетом и рост растения прекращается: принято счи-

тать, что для получения нежного и тонкого волокна необходимо убирать стебли не выше 1,5 м. Для получения семян уборку надлежит производить значительно позже, что понижает качество и % выхода волокна (на 1%). Куст Р. содержит ~ 100 г семян. В 1 г содержится 9 000 семян. Стебли Р. созревают несколько раз в год в зависимости от близости к экватору. Уборка Р. производится вручную серпами или косами. Для уборки ручную 1 га требует 8—10 ч-д. Механизация возможна, но благодаря распространению этой культуры на небольших площадях в колониях машины не применялись. Продолжительность жизни растения 20—25 лет. Практически время существования плантации при тщательном уходе—до 18—20 лет (Франция); там, где уход производится только в первый год произрастания,—4—5 лет (Индия, Китай и Америка). Урожай зависит от возраста плантации, климата и количества резок в год. В СССР с 1 га с двухлетней плантации при 2 резках убирают 40—50 т зеленой массы (свежих стеблей с листьями), что при влажности стебля в 80% составляет 8—10 т сухих стеблей или 600—675 кг котонина. В Китае при 1—2 резках урожай равен 1 000 кг волокна. В Индии при 3—6 резках—3 600 кг. Наибольший урожай—7 000 кг волокна—приводится Мишоттом (Michotte) для Алжира.

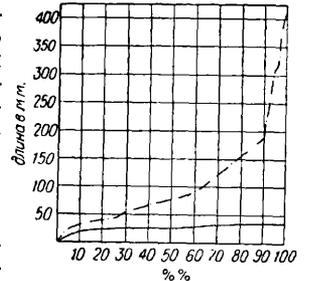
**С в о й с т в а Р.** Стебли Р. по внешнему виду напоминают крапиву. Высота стебля 1,5—2 м,  $\varnothing$  10—12 мм. Вес одного стебля 50 г; 1 м<sup>3</sup> свежих стеблей весит 15 кг. Микрокартина стебля Р. показывает рыхлое залегание волокна в лубяном слое, что вместе с овальной формой волокна дает чрезвычайно высокую котонизационную способность материала и делает в то же время невозможным выделение длинного технич. волокна путем мочки. Составные части стебля видны из следующего графика (фиг. 1). Уд. крепость луба



Фиг. 1.

25—30 км. Нормальная влажность—10% от сухого веса. Технологич. характеристика волокна сушеного Р. следующая (по данным физико-технологической лаборатории Новдубинститута): средняя длина элементарного волокна 80—100 мм, средняя толщина 38—40  $\mu$ , крепость волокна 30—35 г, удлинение при разрыве 4—7%. Сопrotивление разрыву 50 кг/мм<sup>2</sup>. Нормальная влажность 8% на сухой вес. Ниже приведена штапельная диаграмма зугидского рами (союзного происхождения), которая дает представление о распределении волокон по длине (фиг. 2). Для сравнения приведен штапель наиболее длиноволокнистого хлопка «Сакалеридис». Характерной особенностью штапеля Р. является его большая неоднородность, что затрудняет прядение. Микрокартина волокна следующая: волокно—длинное с тупыми закругленными концами, неравномерное по диаметру и штриховатое. Имеющийся канал составляет  $\frac{1}{3}$  или  $\frac{1}{2}$  общей толщины волокна.

**Первичная обработка Р.**, как и все виды крапивных, нельзя обрабатывать обычным способом, применяемым к лубяным (мочка, мять, трепанье). Луб д. б. непосредственно отделен от древесины, т. к. вещества, склеивающие волокна между собой, чрезвычайно нестойки. При мочке нарушается связь как в продольном, так и в поперечном направлении, благодаря чему получается котонин, к-рый отделить от древесины чрезвычайно трудно. Первичная обработка рами состоит из следующих операций: 1) декорткация; т. е. отделение луба от древесины, осуществляется как на свежесрезанном стебле («зеленая декорткация»), так и на сухом стебле («сухая декорткация»); 2) дегомация, т. е. удаление клея из луба. Следует указать, что процесс дегомации за границей проводится в два приема—на местах и на прядильных ф-ках, т. е. при обработке луба (China grass) и при отбелке его. Обработка Р. осуществляется главным образом вручную, хотя для механизации ее были организованы как французским, так и



Условные обозначения

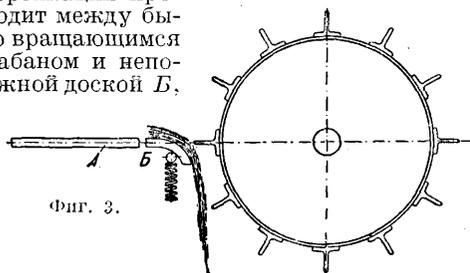
— Рами, Кванджирское  
— Хлопок

Фиг. 2.

англ. правительствами ряд конкурсов, давших большое количество машин, не получивших все же широкого распространения.

**Ручная первичная обработка.** В Китае, где рабочая сила дешева, процесс складывается из следующих операций: работник на корню обивает палкой листья со стеблей и затем уже вручную сдирает кору с еще не срезанного растения. Высушенный содраный луб носит название «чу-ма». Другой способ заключается в соскабливании со срезанного стебля коры, высушивании стебля на солнце, увлажнении его росой и сдирании с него луба; полученный т. о. луб для превращения его в волокно подвергается кипячению. В Индии по методу О. Витта очищенные от листьев стебли Р. разламываются пополам и в обе стороны от места надлома сдирается луб; содраный луб помещается в воду, где путем скобления отделяются склеивающие вещества. Последующая отбелка на лугу дает уже готовое волокно. По японским данным Энкая Фумихико производительность ручной обработки составляет 2,6 кг зеленой массы в час. Луб China grass должен содержать в себе не более 30% неволокнистых веществ. Дегомация и Р. производят или на местах (за исключением Индии) или при прядильных ф-ках. Луб помещается в горячие чаны, где обрабатывается паром, водой и химикалиями; далее отжимается и высушивается. За границей рецептура обработки Р. держится фабриками в строжайшей тайне, но в общих чертах сводится к растворению щелочи под действием растительного клея, соединяющего волокна между собой. Для дегомации рами в Советском Союзе применяют варку в однопроцентном растворе едкого натра в течение 15—30 минут с последующим отжимом и промывкой.

Механизированная обработка. Несмотря на большое количество предложенных машин по обработке Р. промышленное распространение получили лишь три: машина Фора (Faure), машина Мишотта (Michotte) и машина Мишина. Все машины служат для выделения луба как из сухих, так и из свежесрезанных стеблей рами. Машина Фора представляет собой барабан, снабженный 12 билами (фиг. 3), к которому по подавальному столу А подводятся стебли. Процесс декорткации происходит между быстро вращающимся барабаном и неподвижной доской Б.



Фиг. 3.

прижимающей стебли к билам и заставляющей луб очищаться от эпидермиса. Машина эта одностороннего действия, и материал вручную переворачивается для обработки верхушки и комлей. По нашим опытам примерная производительность машины—65 кг зеленой массы в час, тогда как по каталогу фирмы 360 англ. фн. (около 165 кг) зеленой массы в час. Указанная машина, будучи переконструирована Иссии (Issui), получила распространение в Японии. Обработка на машине дает 22% выхода луба из стеблей, из которых 14% короткого луба. Машина для обслуживания требует двух рабочих, потребляемая мощность 1½ НР. Машина Мишотта в основном похожа на машину Фора, но дополнительно к ней имеет 2 питательных рифленых цилиндра, потребляемая мощность 4 НР, число рабочих—2. Машина Мишина представляет собой два трепальных барабана, снабженных билами, вращающихся навстречу друг другу. Стебель, будучи зажат вручную, опускается сверху между барабанами. Кофра изламывается билами и отходит под машину. Луб, в отличие от выработанного на машине Фора или Мишотта, содержит большое количество эпидермиса. Машина одностороннего действия, производительность ее 75 кг зеленой массы в час. Непереставшие стебли Р. при обработке на машине не позже чем через 6 часов после резки отходов не дают. Засоренность луба равна ½—3%, тогда как машина Фора дает засоренности 4—6%, потребляемая мощность 1½ НР, обслуживают машину два рабочих. Необходимо отметить, что обработка свежесрезанного Р. практически легче осуществима, чем обработка сухого (трудность сушки в условиях влажных субтропиков). Декорткационная способность свежего стебля чрезвычайно велика. Объясняется это тем, что клетки и клеточные оболочки тканей в живом состоянии растений обладают способностью пластического растяжения. Упругость и эластичность клетки и клеточной оболочки зависят от силы осмотич. давления. Тургорное внутриклеточное давление плотно прижимает протоплазму (которая обладает свойствами поверхностного натяжения) к клеточной оболочке, всегда

сообщая ей напряженное и пластич. состояние. Исходя из этих свойств живых клеток и клеточных оболочек растений, декорткацию надо производить со свежесрезанными стеблями. При срезывании тургенция сразу падает, испарение усиливается, но растение не сразу обезвоживается, и белок плазмы клеток не успевает еще склеить ткани растений, так что луб без потерь легко отделяется от древесины. Клетки тканей растений в сухих стеблях обезвожены, белок протоплазмы клеток все сильно склеивает. Проводящие воду сосуды ссыхаются. Клеточная оболочка высыхает, делается стекловидной, хрупкой и ломкой. После резки стебель чрезвычайно быстро теряет свои декорткационные свойства, что побудило инж. Крагельского и Толлочко предложить уборочно-декорткационную машину, дающую на поле луб, к-рый после сушки поступает непосредственно на прядильни для обработки. Дегомация рами осуществляется в горячем растворе едкого натра в машине, где возможен попеременный отжим и намачивание материала. Для этой цели годится как универсальный котонизатор ТР Новлублинститута, так и обычные ливерпульские барки, служащие для промывки шерсти. Продолжительность дегомации—30 мин. в 1%-ном растворе едкого натра при отношении реактив—материал 1 : 40. Необходимо отметить чрезвычайно легкую котонизационную способность свежесрезанного Р., где процесс котонизации проходит в продолжение 3—5 мин., и полученное волокно не нуждается в отбелке. Кроме химической возможна биологич. котонизация: это—метод самонагревания (процесс энзиматический), когда луб, сложенный в кучу, самонагревается, благодаря чему происходит разрушение склеивающих волокна веществ. Из жидкости после процесса дегомации по указанию англичан удается получать мыло.

Прядение Р. Первой машиной обычно служит горизонтально-чесальная машина, где формируется лента, поступающая затем в гребнечесальную. Ческа обычно дает выход длинного волокна 70%, а иногда 81%. После гребнечесальной машины лента поступает для вытяжки и уравнивания на ленточные машины, а затем на банкаброш и ватер. Прядение наиболее благоприятно проходит на льняных и шелкопрядильных машинах. Удаётся получать тонкие номера пряжи на мокром льняном ватере. За границей часто применяют мокрое предпрядение, заключающееся в замачивании ленты при получении из нее ровницы. Часто волокно поступает на шелкопрядильную ф-ку, где проходит не более трех цугов. Полученный чёсок может работать на хлопкопрядильных машинах. Волокнистые угары идут на производство бумаги. Ниже приведены минимальные значения  $t^{\circ}$  и относительной влажности ( $\delta$ ) помещений, в которых производится обработка Р. (по Leissig'y):

	Цех	$t^{\circ}$	$\delta$ в %
Приготовительный . . . . .		18	70
Прядильный . . . . .		22	80
Ткацкий . . . . .		18	80

Изделия из Р. Промышленное использование Р. чрезвычайно разнообразно. Будучи одним из самых крепких волокон и не боящимся гниения, Р. оказывается подходящим для изготовления из него парусов, брезента, шпагата, веревки, рыболовных сетей

и других изделий, постоянно испытывающих изменение погоды. Из Р. можно изготовлять пряжу вплоть до 168 номера по англ. нумерации. Тонкие номера пряжи идут на шелкоткачество. Лучшие сорта волокна Р. перерабатываются на парчу, дамаск, тонкие ковровые изделия, галстуки, плюши, кружева и другие товары. Средние сорта волокна идут на изготовление столового и постельного белья, трикотажа и пр. Грубая пряжа идет для технич. целей: на изготовление палаток, воздушных шаров. Рами особенно хорош для изготовления материала, служащего основой для автомобильных покрышек, а также для непромокаемых тканей. В Индии волокно Р. гл. обр. перерабатывается в канаты, мешки, бечевки, неводы, сети и пр. В Китае из луба рами путем последовательного приклеивания волокон друг к другу изготовляют национальную ткань Grass cloth, широко применяемую китайцами. У нас производство тканей из Р. лишь налаживается и вырабатывается соответствующий ассортимент. Крепость пряжи Р. следующая: № 20 (англ. нумерация), крепость 318 г, удлинение 1,7%, добротность 6 360. Большая длина и неоднородность элементарного волокна заставляют перерабатывать Р. на льняных, шерстяных и шелковых машинах, дающих значительное количество угаров. Желание удешевить процесс прядения и сделать его возможным на хлопчатопрядильных машинах по англ. способу прядения натолкнуло исследовательскую мысль на возможность резки луба рами с таким расчетом, чтобы полученное волокно не превышало по длине хлопковое. Метод получения из «рамина» пряжи по системе хлопкового прядения дан Новлублинститутом и не представляет никаких технич. трудностей. Следует отметить, что указанный метод в свое время разрабатывался американцами и держится ими в секрете. Возможно, что большая толщина волокна, а также невозможность получения тонких и крепких изделий при незначительной крутке делают эту проблему актуальной лишь на соответствующий этап хозяйственной жизни, но во всяком случае разрешение проблемы получения котонина из Р. является чрезвычайно важным в общей задаче, поставленной перед Советским Союзом, а именно — уметь котонизировать все лубяные волокна.

Лит.: Каратыгин Е., Рами, Энциклопедич. словарь Бронгауза и Эфрона, т. 26; Гансвиндт А., Рами, «Кендыр-рами», М., 1930, 2; Авиром С. и Потапов А., Изучение элементарного волокна рами, там же; Лебедев А., Проблема культуры рами на Черноморском побережье СССР, там же; Костецкий Н., Рами и перспективы его культуры в Западном Закавказье, там же; Крагельский И., Технологические показатели рами, «Труды Новлублинститута», М.; Крагельский И. и Толочко Я., О декоративной способности рами, там же; Фост, Бюллетени фабрик заготовления государственных знаков, «Рами и кендыр», М., 1923, 1; Шмидт Г., Микроскопия, диагностика волокна рами, там же, 1930, 2; Князев А., Рами, там же; Сурков Н., Рами на Кубанской опытной кендырной плантации в 1929 г., там же; Michotte F., La ramie, culture, machines, «Traité scientifique et industriel des plantes textiles», P., 1925; Carter H., Ramie (Rhea), China Grass, the New Textile Fibre, All about it, L., 1914; Heuzé G., Les plantes industrielles, La ramie, P., 1893; Michotte F., La ramie contre le lin, «L'Avenir textile», P., 1927, 12; Humidité de ramie, «Revue textile», Paris, 1928, p. 519—323; Dolci E., Ramie ou chanvre, «L'Avenir textile», P., 1925, 7; Dolci E., Unique Propriétés de Ramie, «Textile Recorder», Manchester, 1925, v. 43, 506, p. 87; Grave F., Palmer Treating a. Dying Ramie, «Dyer a. Col. Printer», 1928, p. 248—250; Procédé de dégain-

mage, «Revue textile», Paris, 1930, 1; Grave F., Humidité de ramie, ibid., 1928, p. 519—523; Jouling, L'industrie et le commerce des tissus, «La Ramie», Paris, 1895.

И. Крагельский.

**РАМКА**, катушка относительно большого диаметра и малой аксиальной длины, служащая антенной замкнутого типа преимущественно для радиоприема, иногда для радиопередачи. *Замкнутые антенны* (см.) из одного, двух или немногих витков большого размера, подвешиваемые на мачтах вне зданий, называются преимущественно контурными антеннами, термин же «рамка», или *рамочная антенна*, относят обыкновенно к небольшим замкнутым антеннам комнатного или передвижного типа. Приемная рамка большого размера была впервые применена Ф. Брауном для исследования силы сигналов радиостанции Эйфелевой башни, поэтому иногда замкнутые антенны называют брауновскими антеннами. В настоящее время Р. применяется для целей радиопеленгации (см. *Пеленгатор*, *Радиокомпас*), для направленного коммерч. приема и в нек-рых приемниках для радиовещания, особенно передвижного типа. Передающие Р. получили лишь небольшое распространение, применяются же преимущественно замкнутые и полужамкнутые передающие антенны в *радиомаяках* (см.). Различают Р. плоские или спиральные и цилиндрические или соленоидальные (см. *Антенна*, фиг. 12). В первых все витки расположены в одной плоскости, во вторых витки параллельны и имеют равные размеры. В нек-рых типах пеленгаторов Р. расположена внутри широкой медной не вполне замкнутой трубки (см. *Радиокомпас*, фиг. 2) и имеет специальную форму намотки. Особенностью рамки сравнительно с открытой антенной является ее направленное действие, т. е. зависимость силы приема от угла между плоскостью витков и направлением распространения принимаемой волны. Эде, индуктирующаяся в Р., равна

$$e = E_0 \frac{2\pi S}{\lambda} \cos \alpha,$$

где  $E_0$  — напряженность электромагнитного поля в  $V/m$ ,  $S$  — полная площадь всех витков в  $m^2$ ,  $\lambda$  — длина принимаемой волны в  $m$  и  $\alpha$  — угол между плоскостью витков Р. и направлением распространения волны. Если все витки Р. одинаковых размеров, то

$$e = E_0 \frac{2\pi n S_1}{\lambda} \cos \alpha;$$

$S_1$  — площадь одного витка в  $m^2$ . Величина  $h_0 = \frac{2\pi S}{\lambda}$

или  $h_0 = \frac{2\pi n S_1}{\lambda}$  называется действующей в вы-

сотой Р. по аналогии с действующей высотой открытой антенны. Рамка дает максимум силы приема при  $\alpha = 0$ , т. е. когда плоскость витков ее параллельна направлению распространения волны; если же входящая волна параллельна нормали к Р., то сила приема равна 0. Диаграмма приема Р. имеет поэтому форму двух касательных окружностей. Для цилиндрич. Р. вследствие нек-рого наклона плоскости витков к оси истинное положение нуля может несколько отклоняться от указанного выше. Кроме того емкостная связь витков Р. с землей и другими предметами вызывает т. н. эффект открытой антенны, в силу которого Р. частично действует и как открытая антенна. При наличии этого эффекта минимум силы приема не равен 0, и диаграмма приема искажается.

Из параметров Р. имеют значение следующие величины: самоиндукция  $L_0$ , емкость  $C_0$ , собственная волна  $\lambda_0$  и полное активное сопротивление  $R_0$ . Они определяются размерами Р., числом витков, диаметром и качеством провода и конструкцией ее каркаса. Самоиндукция Р. может быть вычислена по формуле

$$L_0 = L_1 + L_2,$$

где  $L_1$  — самоиндукция всех витков и  $L_2$  — их взаимная индукция. Для Р. квадратной формы

$$L_1 = 8an \left( \ln^a - 0,324 \right), \quad L_2 = 8an(n-1) \left( \ln^a - 0,774 \right).$$

Для круглых и шестиугольных Р.

$$L_1 = 4\pi n \left( \ln \frac{r}{a} + 0,333 \right), L_2 = 4\pi n(n-1) \left( \ln \frac{8r}{g} - 2 \right).$$

В приведенных ф-лах  $a$ —длина стороны квадратной Р.,  $r$ —радиус круглой и шестиугольной Р.,  $n$ —число витков,  $g$ —радиус провода,  $g$ —шаг обмотки. Если вся ширина Р.  $l$  и ее диам.  $D$  удовлетворяют условию  $0,1 < \frac{l}{D} < 1,5$ , то самоиндукция м. б. вычислена по ф-ле

$$L_{с.м.} = kn^2D, \text{ где } k = \frac{100}{4+n\frac{l}{D}}.$$

Емкость Р. в действительности представляет собою емкость между ее витками, распределенную по сложному закону. Она эквивалентна некоторой постоянной емкости, приложенной и концам полной самоиндукции Р.  $L_0$ . Эта эквивалентная емкость и принимается за собственную емкость Р.  $C_0$ . Для Р. с большим числом витков она приближенно равна  $1/16$  периметра одного витка, для Р. с малым числом витков (4—10)—от  $1/25$  этого периметра. Для Р., заключенных в медную трубку, величина эквивалентной емкости значительно выше. Значения самоиндукции и емкости определяют собственную волну Р.  $\lambda_0$ . Она обычно в 3,5—6 раз превышает полную длину провода, из которого Р. намотана. Ди одновитковых Р. это отношение равно 2,15—2,8. Весьма существенна величина полного сопротивления рамки для токов принимаемой частоты. Она складывается из следующих слагаемых: активного сопротивления провода для токов высокой частоты, сопротивления, учитывающего потери в каркасе Р., сопротивления, вносимого присоединяемым конденсатором для настройки и приемником. Сопротивление самого провода можно считать равным  $R = \rho R_0$ , где  $R_0$ —сопротивление постоянному

току,  $\rho \approx 2,25 \frac{d}{\sqrt{\lambda}}$ ,  $d$ —диаметр провода в мм,  $\lambda$ —длина

волны в км;  $\rho$  следует считать не меньше единицы. Для учета влияния соседних витков следует, если шаг обмотки  $g$  меньше  $8d$ , умножить  $R$  еще на коэф.

$$1 + a \frac{\sqrt{p-1}}{p}; \text{ а имеет следующие значения: для } g = 3d, a = 0,2, \text{ для } g = 3d, a = 0,5, \text{ для } g = 2d, a = 1 \text{ и для } g = d, a = 2,5.$$

Сопротивление, эквивалентное потерям в каркасе при собственной волне Р.  $\lambda_0$ , определяется эмпирич. ф-лой

$$R_0 = \frac{5AL^4}{n(1,1 + \lg l)},$$

где  $L$ —самоиндукция Р. в мН,  $l$ —длина одного витка в м.  $A$  для малых Р. можно принять равным 3 300, для больших (порядка 2 м)—7 000—9 000. Для волны  $\lambda$  рассматриваемое сопротивление равно  $R_0 \left( \frac{\lambda_0}{\lambda} \right)^\alpha$ ; для малых Р.  $\alpha = 2,5$ , для больших  $\alpha = 1,8$ .

Потери, вносимые переменным конденсатором, обычно приемлемым для настройки рамки, эквивалентны сопротивлению  $RC = A \frac{L^2}{\lambda l^2}$ , где  $L$ —самоиндукция в мН,  $\lambda$ —длина волны в км,  $A$ —коэф., зависящий от материала диэлектрика. Для эбонита он равен 18—25, для слюды 0,5—1,5, для воздушного конденсатора можно считать  $A = 0,2—0,4$ . Ориентировочно можно принимать  $R = 1 \text{ } \Omega$ . Потери, вносимые приемником, эквивалентны сопротивлению

$$r = \frac{R}{1 + R^2\omega^2C^2} \approx \frac{1}{R\omega^2C^2},$$

где  $R$ —сопротивление приемника,  $C$ —емкость настраиваемого конденсатора в Ф. Заметные потери могут еще дополнительно ввести провода, соединяющие рамку и приемник.

Р. обычно настраивается на принимаемую волну при помощи переменного конденсатора, присоединяемого к ней непосредственно или через удлиняющие катушки самоиндукции, если прием происходит на волне, большей  $\lambda_0$ . Если принимается волна, близкая к  $\lambda_0$ , или более короткая, то параллельно Р. и переменному конденсатору включают укорачивающие катушки самоиндукции. Для получения большей силы приема и более высокой избирательности следует стремиться к минимальной величине полных потерь при максимуме самоиндукции. Чем больше площадь витков Р., тем нормально также лучше эффект приема.

Избирательность можно увеличить особым экранированием Р., что часто применяется в радиоконпасах (см.). Экранирование состоит в том, что поверх обмотки Р. (призматической) навивается еще слой провода на расстоянии 3—5 см от обмотки с таким же шагом, но с большим числом витков, так чтобы эта

добавочная обмотка перекрывала обмотку Р. в ширину на 2—3 см с обеих сторон. Каждый виток этой обмотки разрезается, и между концами его делается небольшая зазор. Концы крепятся к изолирующей опоре. Такая конструкция понижает силу приема вследствие потерь в краине, и потому прием ведется с помощью супергетеродина, но избирательность значительно возрастает. Р. в соединении с антенной обладает односторонней направленностью (см. Кардиоидные стемы). Подробности о применении Р., об избирательности, характеристике направленного действия, о волновом коэф-те, погонной эквивалентной емкости, аперииодич. Р. и пр. см. *Замкнутая антенна, Пеленгатор, Гониометр и Направленное радио.*

Лит.: Куксенко П. Н., Направленный радиоприем, М., 1930; Баженов В. И., Основы теории радиоприема, М., 1930, стр. 177—197; Фрейман И. Г., Курс радиотехники, 2 изд., М.—Л., 1928, стр. 423—428; Слейп и Л. Р., «Титби», М., 1933, 19, стр. 104; 1923; 22, стр. 436; 1925, 32, стр. 421; «СЭТ», Справочная книга для электротехников, Л., 1929, т. 4 (библиография); Месу Р., Usage des cadres et radiogoniométrie, P., 1925; В an n e i t z F., Taschenbuch der drahtlosen Telegraphie u. Telephonie, B., 1927; Кен Р., Wireless Direction Finding and Directional Reception, L., 1927. Л. Слейп.

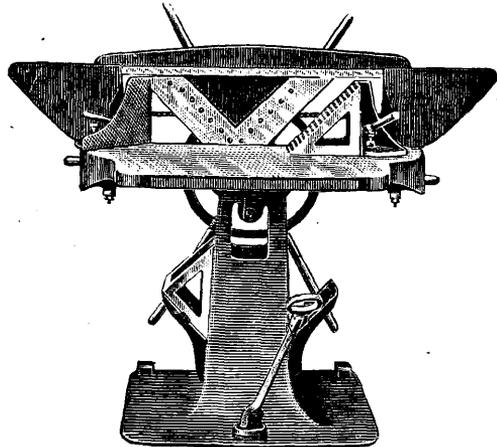
### РАМОЧНО-БАГЕТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО,

производство багета и выделка из него рам. Рамы склеиваются из багета, сделанного ручным или машинным способом, на который налеплиют алебастровые листья, гирлянды или другие орнаменты, заготовленные также механическим путем. Такой багет золотят или часто для удешевления стоимости рамы багет покрывают слоем олова, поверх которого наводится желтый лак, придающий багету вид настоящего золота. Иногда для придачи раме оригинального вида позолота соединяется с бронзирровкой и подражением старинному серебру. Наиболее распространены рамами следует считать деревянные золоченые с глянцевым или матовым лощением. Производство багета заключается в себе несколько специальных самостоятельных цехов: 1) отделочный, 2) грунтовочный, 3) лепной и 4) позолотный. В отделочном цехе изготавливают различного вида бруски—л и с т е л ь, для которых идут преимущественно мягкие породы дерева: липа, сосна и ель. Для изготовления рам идет также дуб, красное и черное дерево или подделки под эти породы. Для изготовления багета дерево д. б. выдержанное, сухое, прямое, прямослойное и без сучков. Сухие доски распиливают на маятниковом станке (см. *Деревообделочные станки*), а затем на круглопильном станке. Каждая доска пропускается несколько раз для получения реек (шириною 40—90 мм), из которых затем делают багет различной формы и толщины. Толщина и форма багета зависят от того или другого способа склеивания. Склеивание брусков, необходимое для предупреждения коробления, производится столярным либо казенным клеем. При склеивании необходимо следить, чтобы направление волокон в склеиваемых рейках было бы взаимно противоположно. Приготовленные бруски, цельные (толщиною до 40 мм) или склеенные, поступают на строгальный станок (фуговочный) для получения контура профиля багета. После проточки бруска идут для фальцовки на круглопильный станок, где вырезают фалы в два приема. Сначала брусок прорезают в одном на-

правлении, затем поворачивают под прямым углом и пропиливают в другом направлении. После фальцовки бруски передаются на специальные продольнострогольные станки и выходят оттуда вполне готовыми, профилированными и гладко выстроганными. Заготовленный багет поступает в грунтовочный цех. При грунтовке багета употребляют специальные железные шаблоны толщиной 18—20 мм и несколько увеличенные против профиля багета для накладки и выравнивания грунта. Для приготовления грунта или левкаса берут на 5 кг клея 25 кг воды и варят клей в течение 12 ч. Когда клей хорошо разварится, всыпают 40 кг мела в порошок и разбалтывают до получения однородной массы, которую и накладывают на обрабатываемый брусок. Для восстановления рисунка багета и для прочистки желобков после грунтовки применяют особые стальные инструменты, рашпили, с лезвиями различной формы. Неровности, получающиеся иногда на багете после грунтовки, уничтожают шлифовкой. Для шлифовки отдельных частей пользуются песчаником, из которого точно изготовлен профиль шлифуемой поверхности. Чем тверже сделан профиль, тем быстрее и правильнее шлифовка грунта. Когда поверхность багета вполне выровнена, его протирают влажной губкой, а затем сухой губкой насухо.

После просушки грунтовки багет передают в лепной или фризовой цех. Лепка производится вручную или при помощи фрезерного станка (см. *Деревообделочные станки*). Для того чтобы наложить лепку на багет после просушенной грунтовки, приготавливают замазку, состоящую из клея, гарниуса, льняного масла и мела. Такая замазка, приготовленная в виде жгута, кладется на цинковую доску, длина которой должна соответствовать длине багета, а ширина—ширине рисунка. Доску вместе с замазкой пропускают под ролик (цилиндрич. валик) с вырезанным на нем вогнутым рисунком. Ролик приводят в движение мотором и при вращении он выжимает на доске из замазки требуемый рисунок в виде ленты. Ленту наклеивают на багет высокосортным клеем, а через несколько дней она делается твердой, как камень. Далее багет поступает в позолотный цех. Золочение багета представляет одну из самых важных операций багетного производства. Золочение делается из листового (сухального) золота или серебра (см. *Золото сухальное*). До золочения или серебрения багет покрывают особым составом—полиментом, на который и накладывают поталь (золотые, серебряные листочки). Полимент состоит из жирной глины без примеси органич. веществ, часто с примесью марсельского мыла, а иногда еще и жира и воска. Чем однороднее и гуще смесь, тем лучшего качества полимент. По способу приготовления полимент бывает: французский, итальянский, серый и т. д. Французский полимент готовится след. обр.: на 400 г мелко просеянного болюса берут 12 белков. Все это смешивают до образования мази, к которой прибавляют 4,25 г желтого воска. Серый полимент готовят также, как и предыдущий, но только к белой глине прибавляется немного графита. Для приготовления итальянского полимента берут 800 г армянского болюса, 265 г французского болюса и 51 г графита. Все это размельча-

ют в ступке, просеивают через сито и смешивают в однородную массу. Смесь помещают в тигель и прибавляют к ней 285 г белого воска. Всю эту массу нагревают на умеренном огне, постоянно мешая, пока она не сделается вполне однородной, тогда ее выливают на каменную плиту для охлаждения. После охлаждения массу растирают на гладкой каменной плите с 25 яичными белками, затем накладывают на бумагу и высушивают. Всякий полимент перед употреблением в дело необходимо предварительно растереть с водою. Кроме полимента для золочения по масляной подготовке употребляют еще льняные лаки, шеллаковый лак, черный лак, золотой лак и т. д. в зависимости от вида и типа багета. Сам процесс золочения должен производиться в помещении, где полностью исключена возможность появления сквозняка, так как в противном случае листочки золота, серебра или поталя будут сворачиваться при наложении на багет. Для того чтобы краска или позолота не впитывалась в поры мела, багет предварительно покрывают шеллаком и, когда он высохнет, наносят слой мордана. Только спустя 10—12 ч. можно приступить к золочению. При помощи клея листоч-



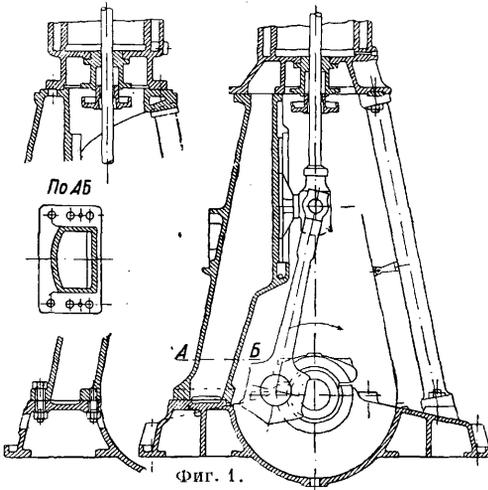
ки поталя или золота накладывают на лепку и плотно к ней приглаживают, после чего багет принимает золотистый вид. До накладки на лепку листочки поталя необходимо разрезать на узкие полоски, к-рые легче и удобнее ложатся на рисунок. Золочением багета оканчивается его производство, и он поступает в деревообделочный цех для производства рам. Для изготовления рамы багет на специальном станке (см. фигуру) разрезают под углом в  $45^\circ$ , затем на круглошлипном станке делается зарезка на внешней стороне двух кусков багета, и в образовавшийся паз вставляют на клею шип.

Лит.: Гофман П., Багетно-рамочное производство, пер. с нем., 3 изд., П., 1916; его же, Золочение и серебрение деревянных изделий, Москва, 1896; Кузьмичев Г., Золочение и серебрение по дереву и металлу, 2 изд., М., 1916; Селиванов К., Багетно-рамочное производство, Л., 1927; Saulo J., Fabricat de cardes, P., 1926.

В. Гессен.

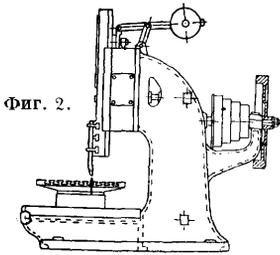
**РАМЫ** в машиностроении, основная часть горизонтальных машин-двигателей и машинорудий, на к-рой монтируются все детали их и к-рая соединяет их в одно целое. О рамах с точки зрения строительной механики см. *Жесткая рама*. В вертикальных машинах эта часть машины нередко носит название с т а

н и ны. С кинематич. точки зрения Р.—неподвижное звено механизма (или ряда механизмов), входящего в образование машины. В поршневых машинах главным бывает обычно кривошипно-шатунный механизм; Р. при этом составляет одно целое с цилиндром, направляющими (параллелями) и коренными под-



Фиг. 1.

шипниками двигателя (фиг. 1). Если двигатель имеет подвижные цилиндры (некоторые аэропланые двигатели), Р. образует одно целое с другим звеном механизма—кривошипом. В машинах-орудиях употребляется часто тот же кривошипно-шатунный механизм, а также зубчатые колеса, винтовые пары и пр.; в них Р. служит опорой, подшипником или пятой, т. е. неподвижным звеном всех этих механизмов (фиг. 2). В сложных передаточных механизмах Р. фигурирует в виде кронштейнов, подвесок или ступеней, поддерживающих валы трансмиссий, и в виде подшипников для многочисленных грузовых и передаточных валов подъемной лебедки (фиг. 3). Основное требование, которое д. б. предъявлено к Р. (станине),—конструктивная целесообразность и простота при вполне удобном размещении и укреплении всех механизмов машины и органов управления, а также удобном подступе к ним, а затем прочность и возможная жесткость по всем направлениям при наименьшем весе. Конфигурация Р. определяется составом механизмов машины, назначением машины, мощностью ее и во многом зависит от свойств работающего агента (пар, газ, жидкость и пр.).



Фиг. 2.

На фиг. 4 представлена байонетная Р. паровой одноцилиндровой машины на 150 НР. На фиг. 5 показана вильчатая Р. двигателя Дизель-Гюльденер на 12 НР; на фиг. 6 изображена станина молота Massey, на фиг. 7 представлена картерная станина, а на фиг. 8—А-образная станина двигателя Дизеля в 100 НР. Жесткость Р. достигается изготовлением ее из материала с незначительным удлинением (чугун, литая сталь и др.) и выбором достаточно больших сечений и их моментов инерции. С увеличением скоростей машин требо-

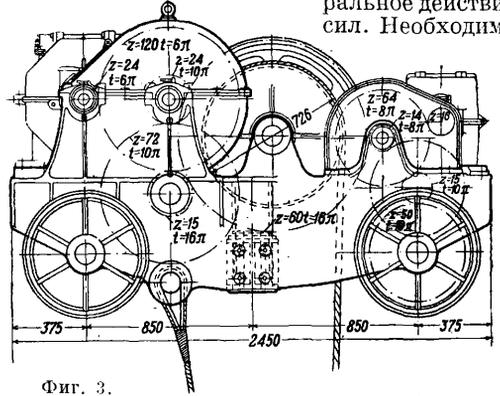
вание к материалам для изготовления Р. повышается, поэтому в автомобилях и в аэропланах Р. делается иногда из высококачественных сталей (углеродистых и даже специальных). В таблице указаны свойства чугуна, стали и других материалов, применяемых для изготовления различных Р.

Свойства материалов для рам.

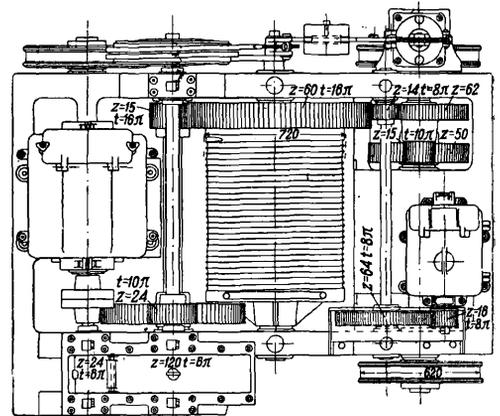
Материал	Механич. характеристики			Назначение
	$\sigma_b$ *1	$\delta$ *2	$\psi$ *3	
Чугун . . . . .	28—12*4	1	—	Р. двигателей и станков
Стальное литье . . . . .	53—80	25	40	Р. двигателей
Сплав алюминия № 64 . . . . .	17,5	1,5	—	Картеры автотракторных двигателей
Силумин . . . . .	20	5—10	—	
Дуралюмин . . . . .	35—45	18—23	26—31	

\*1  $\sigma_b$ —временное сопротивление на разрыв в кг/мм<sup>2</sup>. \*2  $\delta$ —остаточное удлинение при разрыве в %. \*3  $\psi$ —уменьшение площади поперечного сечения в %. \*4 При изгибе, при растяжении уменьшается до 14—28.

Р. обычно изготавливается отливкой, реже— посредством автогенной или электродуговой сварки. При проектировании Р. прежде всего в соответствии с существующими моделями выясняется ее очертание, причем стремятся придать ей такую форму, чтобы обеспечить центральное действие сил. Необходимо



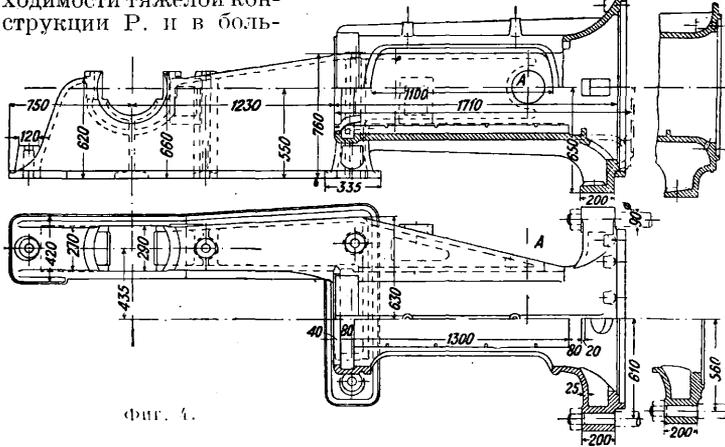
Фиг. 3.



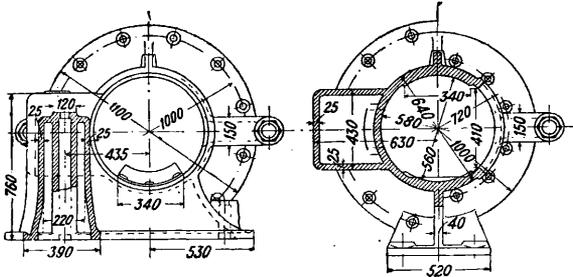
руководствоваться общими соображениями о преимуществах деформации растяжения и сжатия перед изгибом и кручением; для достижения этого ось машины должна совпа-

дать с плоскостями симметрии Р. и по возможности быть их общей линией пересечения. Эксцентричное расположение сил ведет к необходимости тяжелой конструкции Р. и в боль-

мы, д. б. по возможности вполне уравновешены; в этом случае фундаментные болты играют роль лишь добавочных соединений и не должны вызывать в Р. дополнительных напряжений; единственной связью рамы и фундамента д. б. вертикальная реакция веса машины. Если Р. или станина при снятых фундаментных болтах на полном ходу машины не подпрыгивает, не поворачивается и не смещается, то последняя д. б. признана хорошо уравновешенной. Однако и в этом случае Р. будет устойчивой не всегда, а именно только тогда, когда деформация ее частей или других деталей машины не превышает определенных значений. Возможные упругие колебания Р. вызовут и будут поддерживать инерционные силы и моменты их; при больших

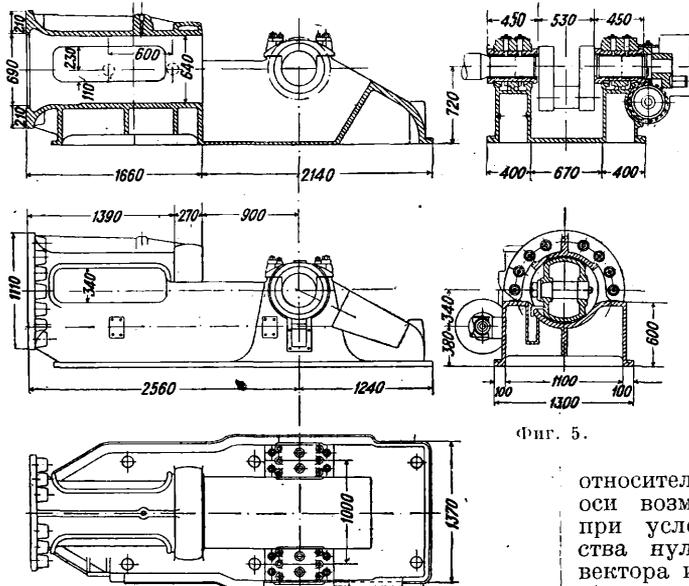


Фиг. 4.



ших машинах часто является причиной поломки и быстрого износа опорных частей. Гораздо выгоднее равномерно распределять массы металла в Р., чем концентрировать их вблизи ее основания, т. к. равномерное распределение уменьшает расстояние между ц. т. пло-

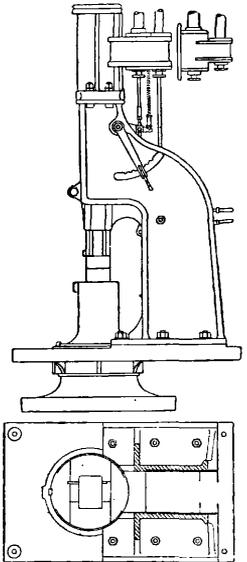
амплитудах колебаний они понижают степень устойчивости машины и даже могут сделать ее неустойчивой. Только абсолютно жесткая Р. при вполне уравновешенной машине могла бы обладать неограниченной устойчивостью при всех условиях работы. Условие внешней устойчивости рамы в общем случае м. б. представлены 6 ур-ями равновесия твердого тела. При совмещении ц. т. рамы с осью машины (линия действия ее сил) все действующие силы оказываются в параллельных плоскостях. Если инерционные силы и моменты уравновешены в каждой плоскости, будет достигнута устойчивость Р. около и вдоль двух осей; равновесие моментов и сил



Фиг. 5.

щади сечения Р. и осью машины, а вместе с тем и плечо действующих сил. Байонетная Р. напр. совсем не применяется в двигателях большой мощности. Силы, действующие на ра-

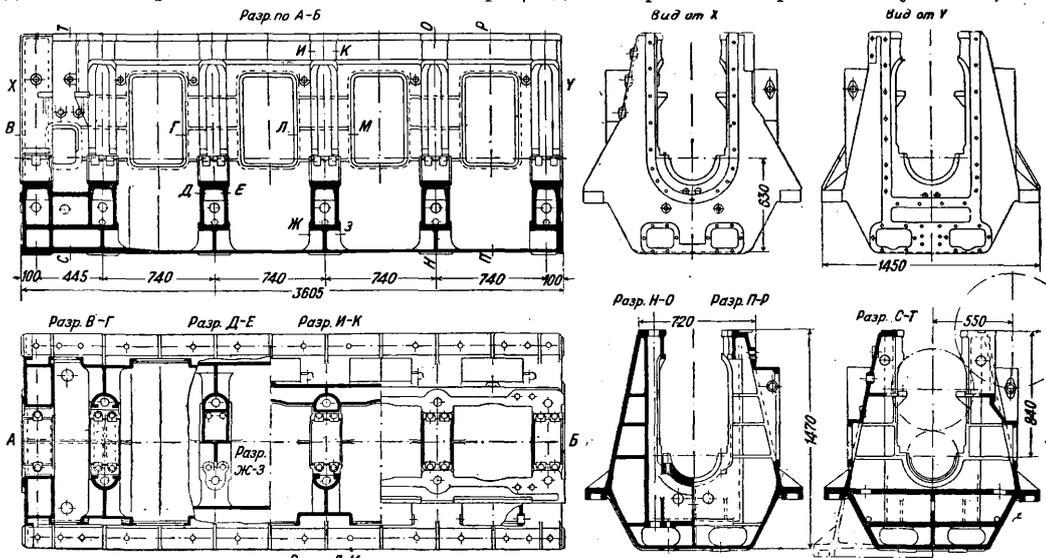
относительно третьей оси возможно лишь при условии равенства нулю главного вектора и главного момента всех сил. В Р. однорядных вертикальных машин расположение осей всех цилиндров в плоскости, заключающей ц. т. рамы, обеспечивает статическое равновесие относительно продольной горизонтальной оси; уравновешивание инер-



Фиг. 6.

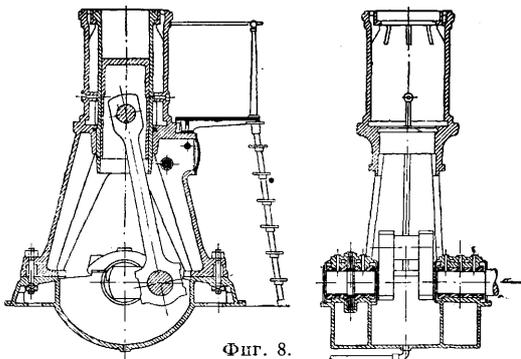
ционных сил и моментов в этой плоскости и в плоскостях, перпендикулярных к этой оси, создает полное равновесие относительно вер-

динамич. равновесие переходит во внешнее неравновесие. Поэтому расчет Р. должен быть сделан при том непреходящем условии, чтобы



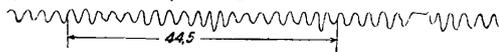
Фиг. 7.

тикальной оси и второй горизонтальной. В современном устройстве машины уравнивание является одной из главных целей конструктора и одним из важнейших требо-



Фиг. 8.

ваний, к-рые предъявляет потребитель. Вопрос об уравнивании достаточно разработан в технике и имеется ряд способов для его разрешения (см. Уравнивание машин).



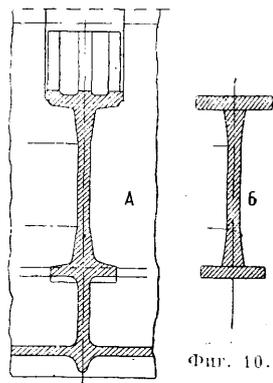
Фиг. 9.

Тем не менее вследствие деформаций происходят колебания Р. в состоянии полного казало бы равновесия. На диаграмме фиг. 9 показаны колебания Р. ткацкого станка, к-рый даже иногда не прикрепляется к фундаменту и предполагается как бы вполне уравновешенным. Из диаграммы легко усмотреть, что колебания Р. значительны, амплитуды периодически нарастают и убывают; внутреннее

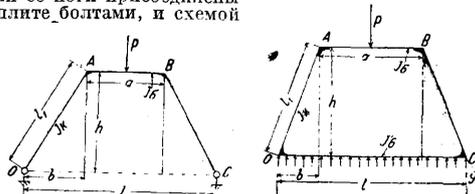
деформации Р. были малы, и следовательно необходимо при расчете выбирать малые допустимые напряжения.

Байонетная Р. (фиг. 4) представляет единственное явление из области Р., где напряженное состояние м. б. определено из условий статики. Все другие Р. представляют статически неопределимые системы и д. б. рассчитаны по способам, к-рые к ним относятся.

В виду сложности форм Р. в расчетах приходится вводить некоторые упрощения: отказываться от учета закруглений сечений, отверстий и других переходов, пренебрегать ребрами; напр. вместо сечения фиг. 10, А принимать сечение фиг. 10, Б и пр. Иногда вследствие той же сложности Р. рассчитывают как статически определимую систему. Самые опасные сечения Р.—это сечения, перпендикулярные к оси двигателя и параллельные ему, расположенные под коренным подшипником вблизи маховика или приводного шкива, или сечения, близкие к нему. А-образная Р. (фиг. 8) м. б. изображена схемой фиг. 11, если ее ноги присоединены к плите болтами, и схемой



Фиг. 10.



Фиг. 11.

Фиг. 12.

фиг. 12, если она составляет одно целое с плитой. Тогда для схемы фиг. 11 изгибающий момент, возникающий под действием сосредоточенной нагрузки Р, приложенной в середине верхнего горизонтального звена Р., равен в точке А

$$M_A = \frac{Pb}{2} - \frac{P}{2a} \cdot \frac{3 \left[ \left( b + \frac{a}{2} \right)^2 - b^2 \right] + 2abk}{2k + 3}$$

в точке приложения нагрузки  $P$

$$M_P = \frac{Pl}{4} \frac{P}{2a} \cdot 3 \left[ \left( \frac{b+a}{2} \right)^2 - b^2 \right] + 2abk$$

Нормальное усилие в ноге  $OA$

$$N = \frac{P}{2} \frac{h}{l_1} + \left( \frac{M_A}{h} - \frac{P}{2} \frac{b}{h} \right) \frac{b}{l_1}$$

в стороне  $AB$

$$N_1 = \frac{M_A}{h} - \frac{P}{2} \frac{b}{h}$$

причем

$$k = \frac{I_G \cdot l_1}{I_K \cdot a}$$

где  $I_G$  и  $I_K$  — моменты инерции стержней  $AB$  и  $OA$ . Для  $P$ , по фиг. 12 изгибающие моменты в точках  $A$  и  $O$  равны:

$$M_A = \frac{1}{8} Pa k_2 (3 + k_1) - \frac{q l^2}{12} k_1$$

$$M_O = - \frac{3}{8} Pa k_2 k_1 - \frac{q l^2}{12} (2k_1 + 3k_2)$$

Нормальные усилия равны:

в стержне  $OA$

$$N = \frac{P}{2} \frac{h}{l_1} + \left[ \frac{M_A - M_O}{h} + \frac{P}{2} \frac{b}{h} \right] \frac{b}{l_1}$$

в стержне  $AB$

$$N_1 = \frac{M_A - M_O}{h} - \frac{P}{2} \frac{b}{h}$$

причем

$$k_1 = \frac{l_1 I_G}{I_K}, \quad k_2 = \frac{a I_G}{I_G}$$

Эти же ф-лы м. б. использованы для ступлей. Обычно звено  $AB$  в  $P$  выполняется заводно с цилиндром или его рубашкой; тогда момент инерции этого звена очевидно велик по сравнению с таковым стержней  $OA$  и  $OC$ , и ф-лы м. б. упрощены: для первой рамы

$$M_A = P \frac{b}{3}, \tag{A}$$

$$M_O = P \frac{a}{4},$$

$$N = \frac{P}{2} \frac{h}{l_1}; \tag{B}$$

для второй рамы

$$M_A = - \frac{q l^2}{12(k_1 + 2)},$$

$$M_O = \frac{q l^2}{6(k_1 + 2)},$$

$$N = \frac{P}{2} \frac{h}{l_1} + \left[ - \frac{q l^2}{12h(k_1 + 2)} + \frac{P}{2} \frac{b}{h} \right] \frac{b}{l_1}$$

Ур-ня (A) и (B) обычно используются при расчете  $P$  двигателей, рассматриваемых как статически определенная система. Следует отдельно проверить результирующее напряжение на изгиб и на кручение, причем они не должны превышать: для чугуна — на растяжение  $R_2 = 260 \text{ кг/см}^2$ , на кручение  $R_3 = 120 \text{ кг/см}^2$ ; для стали — на растяжение  $R_2 = 600 \text{ кг/см}^2$ , на кручение  $R_3 = 400 \text{ кг/см}^2$ .

$P$ . быстроходных двигателей подвергаются поперечным колебаниям и д. б. прочными и устойчивыми по отношению к этой нагрузке. Критич. число оборотов для  $P$ . может быть определено по ф-ле

$$n = \frac{800}{\sqrt{f}}$$

где  $f$  — статическая стрела прогиба под действием весов, принимающих участие в колебаниях (вес рамы, цилиндра и прочих деталей двигателя). Если вес считать равномерно распределенным по длине  $P$ ., к чему всегда должен стремиться конструктор, то прогиб  $P$ . как балки на упругом основании будет найден по ф-ле

$$f = \frac{q_0}{k} \left( 1 - e^{-\frac{ak}{l}} \right),$$

где  $k$  — коэф. балласта в  $\text{кг/см}^2$ ,  $q_0$  — нагрузка в  $\text{кг/п.см}$ , причем  $q_0 = \frac{\Sigma G_i}{l}$  ( $G_i$  — вес двигателя вместе с  $P$ .) и

$a = \sqrt{\frac{k}{EI_{20}}}$ , где  $I_{20}$  — общий момент инерции поперечного сечения  $P$ . Значение  $k$  можно принять для кирпичной кладки равным  $240 \text{ кг/см}^2$ . Для  $P$ ., опр-той по концам, прогиб м. б. принят равным

$$f = \frac{5}{384} \frac{q l^4}{EI_{20}}$$

Более точное решение получим по ф-ле

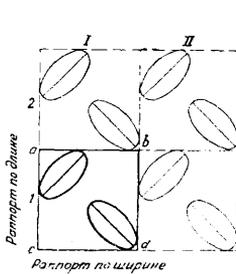
$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g}{\gamma F_0 l} \left[ \frac{E I_{20} \pi^4}{l^4} + k l \right]}$$

где  $\gamma$  — уд. в. материала  $P$ .,  $F_0$  — площадь сечения ее,  $l$  — всюду полная длина.

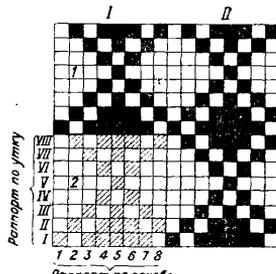
Лит.: Кернер К., Конструирование дизелей, пер. с нем., вып. 1, Л., 1923; Тимошенко С. П., Теория упругости, ч. 2, СИБ, 1916; Геллер В., Жесткие рамы, пер. с нем., М., 1927; G ü l d n e r, Untersuchung über den Einfluss d. Betriebswärme auf die Steuerungseingriffe d. Verbrennungsmaschinen, В., 1924; S a s s F., Kompressorlose Dieselmotoren, Berlin, 1929; B a c h C., Maschinenelemente, Leipzig, 1922—24; H a y a s h i K., Theorie des Trägers auf elastischer Unterlage u. ihre Anwendung auf den Tiefbau, В., 1930; S t o d o l a A., Gas- u. Dampfturbinen, 6 Aufl., В., 1924. С. Лебедев.

**РАНГОУТ, см. Парусное вооружение.**

**РАППОРТ.** Под словом  $P$ . принято понимать тождественно повторяющуюся часть какого-либо рисунка. В процессах ткацкого производства и подготовительных к ним работах, а именно: при составлении узоров-эскизов и изготовления патронов для выработки фасонных тканей, при построении переплетений и ткацком рисовании, при изготовлении карт узорного картона, при проборке основных нитей в ремиз и т. п., слово  $P$ . имеет широкое употребление. На фиг. 1 изображен эскиз



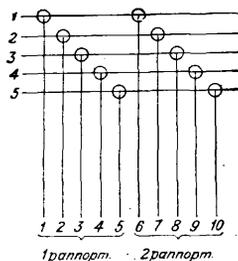
Фиг. 1.



Фиг. 2.

узора фасонной ткани, в котором часть его, или м о т и в, очерченная прямыми линиями  $abcd$ , представляет собою раппорт.  $P$ . эскиза тождественно повторяется как по горизонтальному направлению ( $I$ ,  $II$  и т. д.), т. е. по ширине ткани, так и по вертикальному направлению ( $1$ ,  $2$  и т. д.) — по длине ткани.  $P$ . имеет свои размеры: по ширине  $ab$ , а по длине  $ac$ . Длина раппорта может и не быть равной его ширине. Во всякого рода и вида тканях порядок чередования основных и уточных перекрытий представляет собою определенную группировку или комбинацию перекрытий, после которой по ширине и длине ткани начинает повторяться сначала прежний порядок следования основных и уточных перекрытий. Подобного рода группировка перекрытий с определенным числом входящих в нее основных и уточных нитей будет называться  $P$ . переплетения ткани. На фиг. 2 изображен канвовый рисунок переплетения ткани, в котором заштрихованные и чередующиеся между ними пустые клеточки, заключенные в обведенный прямоугольник, представляют по содержанию группировку или комбинацию порядка чередования основных и уточных перекрытий и обозначают  $P$ . переплетения ткани. Число нитей основы ( $1$ ,  $2$ ,  $3$  и т. д.), входящее в  $P$ ., будет называться  $P$ . основы, а число уточных нитей ( $I$ ,  $II$ ,  $III$  и т. д.) —  $P$ . утка. Число нитей основы равно числу раппортов, умноженному на  $P$ . основы (количество основных нитей в  $P$ .) плюс нити

для кромок. В фасонных тканях длина  $P$  определяется количеством карт узорного картона, разделенным на плотность ткани по



Фиг. 3.

утку. При проборке основных нитей в ремиз и бердо согласно раппорту рисунка переплетения ткани определяются порядок проборки и число ремизок, а в связи с этим—рисунком и  $P$  проборки; при этом число нитей основы, пробораемых в зуб берда, согласуется с  $P$  проборки. На фиг. 3 представлена рядовая проборка основных нитей на 5 ремизок, в которой  $P$  проборки равняется 5 основным нитям. С. Молчанов.

**РАПСОВОЕ МАСЛО**, масло из семян рапса (*Brassica Napus oleifera*), кользы (В. *gara oleifera*) и сурепицы (*B. campestris*). Химич. состав семян: 5,74—7,38% воды, 19,55—21,00% белковых веществ, 41,23—42,23% жиров, 13,08—20,78% экстрактивных веществ, 5,95—12,52% клетчатки, 4,21—6,43% золы. По своим константам  $P$ . м., кользовое и сурепное масла мало различаются. Перечисленные масла—желтого цвета, обладают острым специфическим запахом и горьковатым вкусом; принадлежат к группе полусыхающих масел. Очистку масла производят серной  $k$ -той; для уменьшения жгучего вкуса  $P$ . м. нагревают до 120° с картофельным крахмалом (3—4%).  $P$ . м. содержит гл. обр. глицериды рапиновой и эруковой  $k$ -т, следы линоленовой  $k$ -ты; арахиновой и лигноцереновой кислот  $\sim 1,43\%$ ; ненасыщенных кислот (с иодным числом 100,5—105) 94—95%. Плотность  $D_{15}^{15} = 0,913 \div 0,921$ ;  $t^{\circ}_{заст.} -3 \div -10^{\circ}$ ; кислотное число 0,36—7,2; число омыления 168—181; иодное число 94—122; ацетильное число 14,75 (для сурепного масла); число Генера 94,5—96,3; число Рейхерт-Мейсля 0—0,89; немолыемый остаток 1,4—1,7%;  $t^{\circ}_{пл.}$  жирных  $k$ -т 18,5—20°;  $t^{\circ}_{заст.}$  жирных  $k$ -т (тигр) 11,7—16,5°; коэф. преломления  $n_D^{25} = 1,4710—1,4774$ ; оптич. вращение 1,6—2,1; более подробные сведения см. *Спр. ТЭ*, т. III. В пищу эти масла употребляют редко, обычно их используют как технич. масла (в мыловаренной, кожевенной, текстильной промышленности и пр.).

Н. Ракицкий.

Лит.: см. *Жиры и масла*.

**РАСКИСНЕНИЕ**, процесс восстановления закиси железа, растворенной в жидкой стали, полученной продувкой чугуна в конвертере или плавкой на поду мартеновской печи.  $P$ . обыкновенно соединяется с процессом обуглероживания и достигается введением *раскислителей* (см.) или *добавочных*. В зависимости от способа получения стали и желаемого или заданного состава ее  $P$ . ведется различно. Если металл получен в конвертере и д. б. твердым (например рельсовая сталь), то он и раскисляется и обуглероживается одновременно зеркальным чугуном (одним или с небольшой добавкой ферросилиция); первый предварительно расплавляется в вагранке и выливается из малого ковша на струю металла, выливаемого из конвертера в разливной ковш. Вливать зеркальный чугун прямо в конвертер нельзя,

т. к. возможна реакция между шлаком и углеродом чугуна, в результате  $k$ -рой в сталь переходит кремний в кислотном процессе и фосфор—в основном. При производстве мягкой стали, т. е. малоуглеродистой, раскисление ведется ферроманганом и ферросилицием (см. *Железо, Раскислители*), забрасываемыми в кусках прямо в конвертер по окончании продувки. В этом случае необходимо для плавления раскислителя тепло возмещается теплом, выделяемым окислением марганца и кремния при восстановлении закиси железа, и ванна не стывает, т. к. количество добавочных в этом случае ничтожно (0,75—1% веса продутного металла). Зеркальный чугун—раскислитель твердой стали—прибавляется в количестве 5—7% (смотря по содержанию углерода в стали и марганца в сплаве); поэтому его необходимо добавлять в жидком состоянии, что является крупным неудобством, если переделка ведется в вагранках, т. к. это влечет за собой выгорание марганца и затрудняет точную дозировку его. Лучшим способом является плавление добавочных в электропечах: здесь не происходит напрасной траты реагента от окисления;  $P$ . жидким сплавом идет полнее и дает более однородный продукт. В виду этого рекомендуется расплавлять в электропечах и такие раскислители, как ферроманган и ферросилиций.

$P$ . металла, получаемого на поду мартеновской печи, часто (а прежде—всегда) ведется в самой печи забрасыванием в ванну холодных или подогретых на пороге садовых окон добавочных. Через нек-рое время (обыкновенно не менее 5 мин.) производится перемешивание ванны и  $P$ . считается законченным. Неудобство описываемого способа заключается в большем, чем следует по расчету, расходе элементов—восстановителей, что объясняется запутыванием мелких кусков сплава в шлаке и кроме того окислением раскислителей не только растворенной в стали закисью железа, но и шлаком, а также непосредственно кислородом пламени. Стремясь сократить расход раскислителей, вводят их непосредственно в ковши в твердом состоянии (ферроманган, ферросилиций) до выпуска стали. Так как в  $P$ . участвует углерод постепенно растворяющегося сплава, то он выделяет окись углерода как продукт реакции восстановления и этим производит хорошее перемешивание металла, что способствует получению однородной, равномерно раскисленной стали. Исключительно таким способом производят  $P$ . в США и в большинстве случаев в Англии. На континенте Европы к нему долго относились с предубеждением, полагая, что в ковше реакции  $P$ . не успевают завершиться во всей массе металла, отчего сталь выходит неоднородной. Исследования последнего времени, произведенные в Европе, показали, что  $P$ . в ковше может дать самую высококачественную сталь. Не доверяя этому, прибегают к компримиссу—введению добавочных (богатых  $Mn$  и  $Si$ ) в жолоб, по  $k$ -рому течет сталь в ковш. Металл увлекает с собой куски сплава, хорошо перемешивается при ударе о дно ковша или поверхность уже залитой стали и в результате дает хорошо раскисленную однородную сталь. Расход добавочных определяется расчетом, основанным на опытных данных об у г а р е отдельных элементов, вхо-

дящих в состав раскислителей. Этот угар находится в зависимости от содержания закиси железа в металле и от  $t^\circ$  последнего. При высокой  $t^\circ$  в Р. участвует большее количество углерода, при низкой—Р. идет в большей мере за счет кремния, что повышает содержание углерода в стали.

Лит.: Herty C. H., «Techn. Public. Amer. Inst. Min. a. Metallurg. Engineers», 229; Herty C. H., «Min. a. Metall. Investigations», Bull. 34, 36; Schenk H., «St. u. E.», 1931, p. 319—332; Alberts, ibid., 1931, p. 117—128, 1198; «Гипромет», Л., 1931, стр. 123—160. М. Павлов.

**РАСКИСЛИТЕЛИ**, материалы, прибавляемые к жидкой стали после выгорания примесей железа для восстановления растворенной в металле закиси железа, дающей красномолкий продукт. Р. обыкновенно содержат в себе три элемента, производящих восстановление закиси железа, окисляясь ее кислородом, именно: углерод, марганец и кремний; каждый из них реагирует тем интенсивнее, чем выше его концентрация и средство к кислороду при имеющихся температурных условиях. Первым по времени применения Р. был зигенский зеркальный чугу́н (шпигель), с помощью к-рого Бессемеру удалось получить свою первую годную сталь (после многих неудач). Значительно позже стали применять ферроманган (полученный впервые в доменной печи в 1875 г.), т. е. гораздо более богатый марганцем сплав, чем зеркальный чугу́н, а затем кремнистый чугу́н (10—12% Si) и ферросилиций (50% Si) (см. *Железославы*). И теперь зеркальный чугу́н, ферроманган и ферросилиций являются наиболее употребляемыми Р., причем ферросилиций применяется совместно с двумя первыми; зеркальный чугу́н и ферросилиций могут заменяться одним сплавом железа с марганцем и кремнем (т. н. силкошпигель), а первый—обыкновенным чугуном в жидком состоянии. Так как отношение марганца к углероду в ферромангане гораздо выше, чем в зеркальном чугу́не (80 : 6,5 против 20 : 5), то этот последний применяется при производстве твердой (т. е. более углеродистой) стали, тогда как ферроманган необходим при производстве мягкого железа, т. к. при том же количестве марганца он вводит с собой в три раза меньше углерода. Позже стали применять алюминий и титан, которые действуют не только как Р., но и способствуют получению более плотной стали (как и кремний, но в большей степени). Наконец в самое последнее время с успехом был применен в качестве Р. натрий, имеющий в некоторых отношениях преимущество перед старыми Р.

Действие Р. тем совершеннее, чем ниже; 1)  $t^\circ$  л. самого Р. и образуемого им от восстановления закиси железа окисла; 2) удельный вес Р. и окисла; 3) степень вязкости окисла и 4) растворимость последнего в стали. Всем перечисленным условиям натрий удовлетворяет в большей степени, чем остальные Р., но он сравнительно дорог и потому не может вытеснить дешевых Р.—марганцевых и кремнистых сплавов железа, к-рым отводится первая роль в раскислении стали, натрий же может служить добавочным средством для завершения процесса.

М. Павлов.

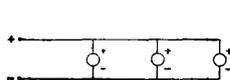
**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**, получаемой от генераторной установки электрической станции, между по-

требителями (различного рода электродвигатели, осветительные приборы, нагревательные приборы и т. п.) осуществляется с помощью электрических *проводов* (см.) по различным способам (системам).

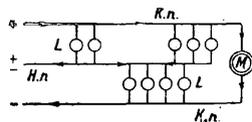
**Классификация систем Р. з. з.** 1) По роду тока различаются след. системы: а) постоянного тока, б) переменного тока и в) смешанные (передача переменным током, распределение—постоянным); 2) по способу соединения: а) последовательные, б) параллельные и в) смешанные; 3) по числу проводов: а) двухпроводные (однопроводные с землей в качестве обратного провода почти исключительно для целей связи—в телеграфии и телефонии), б) многопроводные (число проводов редко больше четырех); 4) по виду получаемой от генераторов и распределяемой энергии: а) непосредственные, или прямые (энергия передается от центральной станции к районам потребителя и распределяется между потребителями при том же напряжении, при котором генерируется), и б) косвенные (в месте потребления энергия преобразуется: распределение осуществляется при более низком напряжении). Области применения систем постоянного и переменного тока [2, 4, 5] определяются их достоинствами и недостатками. Достоинства постоянного тока: простота, пригодность для аккумуляирования, применение для электролиза и изменение скорости вращения электродвигателей в широких пределах. Недостатки постоянного тока: непригодность (пока) для электроснабжения больших районов (вследствие невысокого напряжения генераторов и невозможности удобного преобразования, из-за которой приходится приспосабливать напряжение центральной станции к напряжению приемников энергии). Достоинства переменного тока: возможность простого и экономичного преобразования с помощью статич. трансформаторов с высоким кпд; пригодность для электроснабжения очень больших районов (вследствие возможности как угодно повысить напряжение для передачи на большие расстояния). Недостатки переменного тока: непригодность аккумуляирования для электролитических и нек-рых других применений; менее экономичное регулирование скорости вращения электродвигателей; реактивные токи, повышающие нагрузку проводов, и другие осложнения, вытекающие из наличия емкости и самоиндукции.

Появившись значительно позднее постоянного тока [3], переменный ток получил значительно более широкое распространение. Как и в Зап. Европе, при электрификации СССР принят переменный (трехфазный) ток частотой 50 пер/сек., к-рый постепенно станет обязательным и для других станций. Постоянный ток остается выгодным для электрич. ж. д., электрических заводов, а также там, где много электродвигателей, работающих с переменной скоростью, и где важно обеспечить непрерывность снабжения с помощью резерва в виде аккумуляторной батареи (небольшие осветительные блок-станции, маленькие гидроэлектрические установки без регулирования, ветросиловые станции, военные установки). В последнее время возник вопрос о замене трехфазного тока постоянным током высокого напряжения для передачи энергии на очень большие расстояния.

Р. э. э. постоянным током. 1) Системы с параллельным включением приемников наиболее распространены. Достоинство: отдельные потребители не зависят друг от друга. Недостаток: значительный расход металла на провода (отсюда большая стоимость). а) Двухпроводная система (фиг. 1): два главных провода, положительный (прямой) и отрицательный (обратный), проходят от источника питания вдоль всего снабжаемого участка, от них отходят провода к местам потребления. Ток в главной линии убывает в направлении от источника к концу линии.



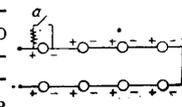
Фиг. 1.



Фиг. 2.

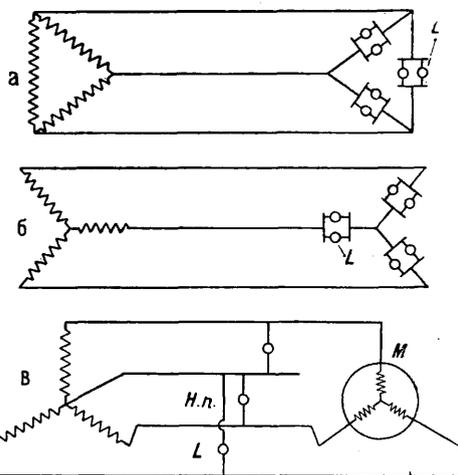
Напряжение между главными проводами поддерживают постоянным во избежание колебаний силы света ламп или скорости вращения электродвигателей [8]; напряжения у отдельных приемников разнятся друг от друга на величины падений напряжения в участках между ними. При расчете проводов не допускают больших падений напряжения, так как иначе при выключении отдельных приемников напряжение у остальных сильно повысится. Небольшое напряжение, обычно 110 или 220 В (требования безопасности не позволяют применять приемники для более высоких напряжений), ограничивает радиус района снабжения ~ 500 м при 110 В и 1 км при 220 В (иначе получатся слишком толстые провода). б) Трехпроводная система (фиг. 2): *К. п.*—крайний провод, *Н. п.*—нулевой провод, *Л*—лампа, *М*—двигатель эквивалентна двум двухпроводным, у которых обратный провод одной системы и прямой провод второй заменены одним общим—т. н. средним, или нулевым. Преимущество: удвоенное общее напряжение (при том же напряжении у зажимов приемников), уменьшая сечение крайних проводов, увеличивает радиус района экономичного снабжения в два раза по сравнению с двухпроводной системой. Нагрузку распределяют по возможности поровну между двумя половинами трехпроводной системы [2,4]; тогда ток в среднем проводе равен нулю; сечение его берут от  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{1}{2}$  или  $\frac{1}{1}$  сечения крайних проводов (на случай неодинаковой нагрузки обеих половин, при к-рой ток в нулевом проводе будет равен разности токов в крайних проводах; вероятность этого будет меньше в районах с большой густотой потребления и с преобладанием мелких потребителей). в) Многопроводные системы хотя и дают значительную экономию материала на провода, но не применяются в виду сложности (изредка пятипроводная, где требуется регулирование скорости вращения электродвигателей в очень широких пределах). 2) Системы с последовательным включением приемников применяются для Р. э. э. редко: при неизменном числе включенных приемников (уличное освещение, временные установки). Напряжение у зажимов источника высокое (равно сумме напряжений у зажимов отдельных приемников и падений напряже-

ния в соединяющих их между собой и с источником проводах). Необходимо особое приспособление *a* (фиг. 3) у каждого приемника, замыкающее его коротко в случае его порчи или выключения (во избежание разрыва цепи). Кроме этого усложнения недостатками системы являются зависимость работы приемников друг от друга (во всех одинаковая сила тока) и высокое (опасное) напряжение в местах потребления. Преимущества: напряжение у отдельных приемников не зависит от их местоположения в цепи; низкая стоимость проводов вследствие того, что длина их наименьшая и сечение мало (благодаря высокому напряжению и малой силе тока; кроме того оно не зависит от числа приемников); возможность применения экономичных и долговечных низковольтных ламп с толстой нитью. Для передачи на большие расстояния такая система была развита Тюри (передача Мутье—Лион во Франции длиной 448 км с напряжением в 125 kV).



Фиг. 3.

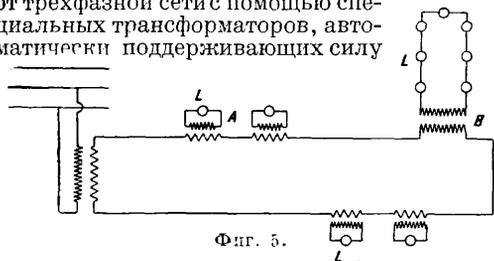
Р. э. э. переменным током. 1) Системы с параллельным включением приемников наиболее распространены. а) Однофазная повсюду вытеснена трехфазной в виду лучшего использования в последней машин и материала проводов; она применяется только для небольших вторичных (низкого напряжения) цепей и ответвлений, а также для электрификации ж. д. Двухфазная система теперь совершенно оставлена. б) Трехфазная система наиболее распространена. Р. э. э. осуществляется



Фиг. 4.

посредством трех переменных напряжений (и соответствующих токов), сдвинутых относительно друг друга по фазе на треть периода. Достоинства: большая экономия металла для проводов, удобства применения как для силовых целей, так и для освещения. В небольших установках применяют непосредственное Р. э. э., в крупных—косвенное (с промежуточной трансформацией напряжения). Для Р. э. э. применяют: трехпроводную систему—вторичные обмотки трансформаторов соединены треугольником (фиг. 4, а) или звездой (фиг. 4, б) или (если к одной и той же сети присоединены лампы и

электродвигатели или если нагрузка распределена не вполне равномерно между тремя фазами) четырехпроводную систему — вторичные обмотки трансформаторов соединены звездой или зигзаг-звездой, к нулевой точке к-рой присоединен нулевой провод; если в частном случае система питается непосредственно от генератора, то нулевой провод идет от его нулевой точки; двигатели присоединяются к трем фазным проводам, а лампы включают между одним из фазных и нулевым, стараясь распределить их поровну между тремя фазами (фиг. 4, в). Сечение нулевого провода берут от  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{1}{2}$  или  $\frac{1}{1}$  от сечения каждого из разных проводов [1, 2, 4, 6]. 2) Системы с последовательным включением применяют в тех же редких случаях, как и системы с последовательным включением при постоянном токе, но несколько удобнее их. Применяют обычно однофазные цепи, питаемые от трехфазной сети с помощью специальных трансформаторов, автоматически поддерживающих силу



Фиг. 5.

тока постоянно. Каждую большую лампу присоединяют к однофазной цепи с помощью отдельного трансформатора А (фиг. 5); мелкие лампы соединяют последовательно, питая все группу от одного трансформатора В [5, 7].

Смешанные системы Р. э. э. имеют целью сочетать удобства переменного тока (для передачи на большие расстояния при высоком напряжении) с преимуществами постоянного тока для Р. э. э.: обычно генерируется трехфазный ток с преобразованием его в постоянный с помощью вращающихся преобразователей или же ртутных выпрямителей (последние пока преимущественно в тяговых установках). Применяются чаще в больших городах (центральная станция за городом, по городу — преобразовательные подстанции с Сравнение различных систем Р. э. э. по расходу металла на провода.

Род тока	Система Р. э. э.	Расход металла в %
Постоянный	Двухпроводная . . . . .	100
	Трехпроводная с тремя проводами одинакового сечения . . . . .	37,5
	То же, с сечением нулевого провода вдвое меньше кр. фаз . . . . .	31,3
	Однофазная . . . . .	100
	Трехфазная, соединение током . . . . .	75
Переменный	То же, соединение звездой с 4 проводами одинакового сечения . . . . .	33,3
	То же, соединение звездой с сечением нулевого провода вдвое меньше фазных . . . . .	29,2
	То же, трехпроводная (без нулевого провода) . . . . .	25

аккумуляторными батареями, позволяющими использовать выгоды аккумуляирования энергии). Недостаток: потери энергии при преобразовании ее [6, 8].

Выше в таблице приводится сравнение различных систем Р. э. э. по расходу металла на провода, причем в основу сравнения положено предположение, что одинаковая мощность передается на одно и то же расстояние с одинаковыми потерями и при одинаковом действующем напряжении.

Лит.: 1) Глазунов А. А., Теория и расчет электрич. распределительных сетей, М., 1930; 2) Хащинский В. П., Канализация электрической энергии (Сети), ч. 1, Электрический расчет, 3 изд., Л., 1931; 3) его же, Замечательные события в истории развития генерирования и канализации электрич. энергии за последние полвека, «Электричество», М.—Л., 1930, Юбилейный номер, стр. 86; 4) Herzog Feldmann, Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze in Theorie u. Praxis, 4 Aufl., В., 1927; 5) Piazzoli E., Tecnica degli impianti elettrici per luce e forza, v. 2, p. 2, Milano, 1929; 6) Rziha E. u. Seidenberg J., Starkstromtechnik, Taschenbuch f. Elektrotechniker, 7 Aufl., Berlin, 1930—1931; 7) Seelye H. P., Electrical Distribution Engineering, N. Y., 1930; 8) Уррэнбогн Р., Deutscher Kalender f. Elektrotechniker, Мch.—В., 1932; Витт В. П., Электрические провода, их производство, расчет и прокладка, пер. с нем., Ленинград, 1927; «СЭТ», Справочная книга для электротехников, т. 3, отд. 18; Хрущов В. М., Электрические линии и сети, Харьков, 1926 (литорп.); Revessi G., La trasmissione e la distribuzione dell'energia elettrica, Brescia, 1926. В. Хащинский.

**РАСПРЕДЕЛИТЕЛИ УДОБРЕНИЯ**, см. Удобренные.

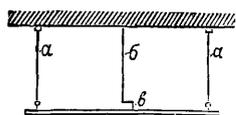
**РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ**, см. Ультракороткие волны, Короткие волны, Беспроволочная связь.

**РАСПЫЛЕНИЕ**, дробление твердых и жидких веществ при помощи соответствующих устройств до состояния пыли (см.). Применение Р. в промышленности быстро расширяется, показывая крупные успехи. См. Арматура газовая, Аэрографный способ расцветки, Аэроопылитель, Бочка металлическая, Вредители в сельском хозяйстве, Лакировка, Малярное дело, Металлизация, Опрыскивание, Опыливание, Пушка дождевальная, Сушка. Топливо пылевидное и Форсушки.

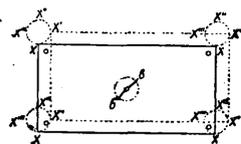
**РАССЕВ**, или собственно плоский Р., служит на мельницах для просеивания продуктов перемола с мелющих систем. Плоский Р. имеет преимущество перед простым, или центробежным, буратом (см.) в том, что вся площадь его сит полностью покрыта продуктом и все время используется и что он м. б. разделен на несколько отдельных просеивательных систем (2—6) с многоэтажным распределением сит в каждом отделении, что дает возможность отсеять в одной машине как крупные продукты (сходы, крупки), так и муку и дунсты. Т. о. каждое отделение может заменить 2—3 бурата, а весь Р.—4—12 буратов. Р. требует меньше двигательной силы и занимает значительно меньшую кубатуру здания. По технологии, особенностям процесса просеивания на Р., всплыванию и легкому отделению сходом отрубянистых частей мука может быть получена более чистой и не пробойной с более редких  $N\&N$  сит.

Первый плоский Р. был изобретен более 40 лет тому назад и произвел большой переворот в мельничном деле. Мельницы, оборудованные плоскими Р., назывались рассевными. Первые Р. сист. Хагенмахера были подвесного типа. Схема движения Р. дана на фиг. 1, где *a* означают 4 тяги, *b*—вал и *в*—кривошип, дающий Р. круговращательное

движение. Фиг. 2 показывает характер движения Р., при котором все точки описывают круги по диаметру, равные кругу с центром в точке б, описываемому кривошипом в, а грани Р. во всех перемещениях  $x, x', x'', x'''$  сохраняют параллельность. Собственно изобретатель заменил плоским Р. механч. путем ручное движение сит, применявшееся с времен далекой древности. Фиг. 3 дает общий продольный вид Р., где а—4 подвески (тяги) с шаровыми утолщениями на концах и подшипниками с шаровыми вкладышами, укрепленными к коробке Р. и потолочным брусам;



Фиг. 1.



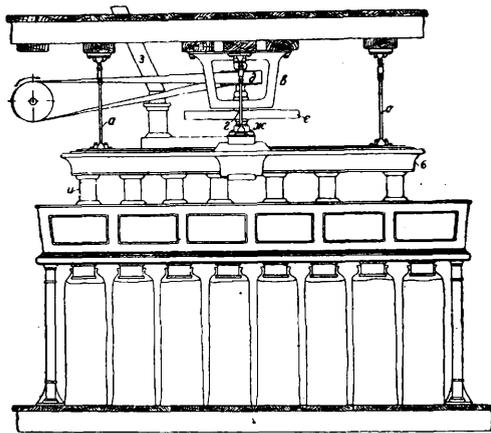
Фиг. 2.

б—короб Р., в котором помещаются ситовые рамки; в—чугунная подвесная станина, в которой в подшипниках укреплен вал г со шкивом д и маховиком е с контргрузом; втулка маховика заканчивается эксцентричным пальцем, работающим в подшипнике траверсы жс; з—подводящая продукт тетка, и—рукава, отводящие муку и другие продукты просева из Р. Фиг. 4, I, II, III, IV, V дают изображение ситовых рамок и отводных полотен. Продукт по трубе А попадает в приемную коробку Р. и в отверстия Б и В (фиг. 5). Далее, в данном случае, при левом ходе Р. и благодаря гребешкам по стенкам ситовых рамок, продукт движется по сити (фиг. 4) в направлении, указанном стрелками. Просев 1-го сита поступает на 2-е сито (фиг. 4, II), а сход направляется через сетку 1-го сита в колодцы Е и выводится из Р. через отверстие Ж в нижней рамке (фиг. 5). Сход 2-го сита (фиг. 4, II) через сетку З попадает в колодцы И и выводится через отверстие К в дне Р. Просев падает на 3-ю сборную рамку (фиг. 4, III) и через отверстие Л поступает на 4-ю ситовую рамку (IV). Просевы этого сита соответственно поступают в отделения сборной рамки (фиг. 4, V) и отводятся через отверстия М, Н, О и П, а сход через сетку Р выходит из сборного дна через отверстие С. Недостаток привода тот, что палец кривошипа срабатывает одной стороной и скоро теряет цилиндрич. форму, а также в том, что масло загрязняет крышку Р. В последующих конструкциях с нижним приводом Р. палец укрепляется в траверсе Р., а подшипник—эксцентрично в маховике. Во все время движения центробежная сила Р. меняет направление, и палец попеременно работает в подшипнике по различным своим образующим. Наоборот, подшипник срабатывает одной стороной, наиболее отдаленной от оси маховика, но вкладыши подшипника легче заменяются, чем палец. Вследствие недостатков конструкции, а также в виду большого интереса, проявленного к этой важнейшей машине, Р. подвергся многочисленным изменениям и усовершенствованиям и получил применение в разнообразных типах. Р. делится на 2 категории: с прямолинейно-возвратным движением и с круговым поступательным движением.

Р. с прямолинейно-возвратным движением. Наиболее типичным является

Р. Зодера, состоящий из ящика с 5—7 ситами небольшого размера, поддерживаемого стальными пружинными стойками и приводимого в качательное движение от эксцентрикового валика. Такие Р. очень просты и дешевы и в настоящее время применяются на небольших мельницах сел.-хоз. типа. Вследствие неуравновешенности прямолинейно-возвратного движения эти Р. крупных размеров не изготавливаются и на товарных мельницах не нашли применения. В 90-х гг. 19 в. некоторое время имел распространение Р. русского изобретателя Графова с качательным движением поперек хода продукта.

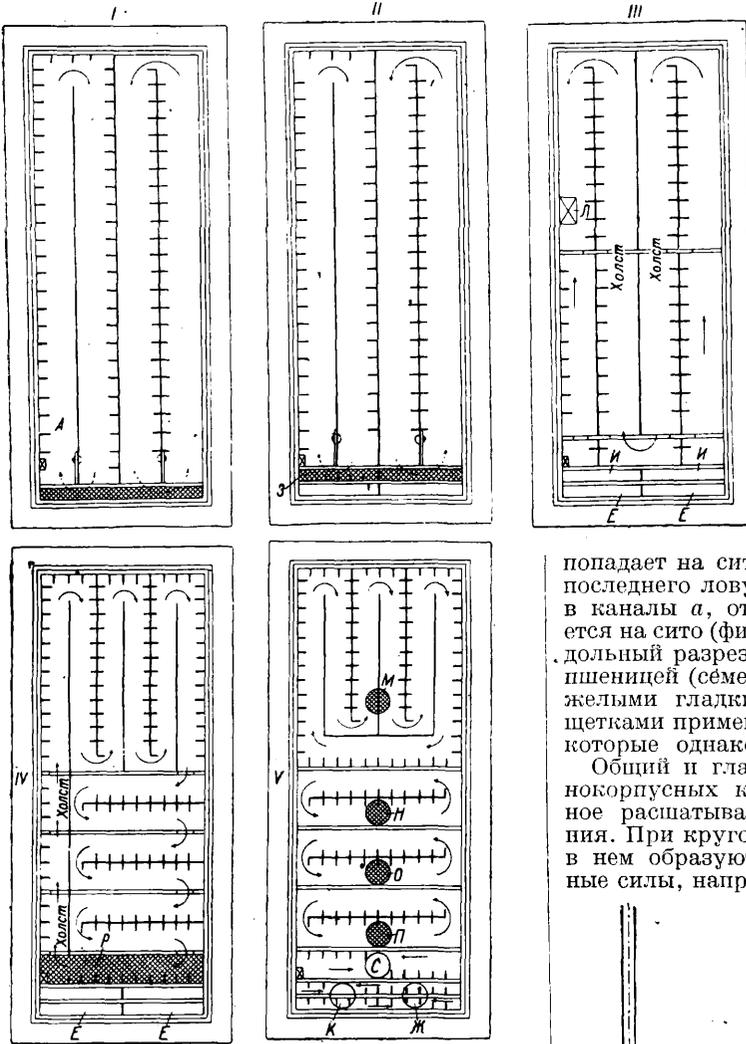
Р. с круговым поступательным движением. К такому относятся все остальные, начиная от первого Р. сист. Хагенмахера. До 1910 г. они изготовлялись с кривошипным приводом и подразделялись на круглые и прямоугольные. Круглые Р. (Бунге) строились подвесные и в станице. В том и другом случае веретено маховика проходит через пол и опирается на чугунный двуплечий кронштейн (кобылку). Привод от трансмиссии осуществляется под полом. Цилиндрический кузов Р. состоит из отдельных ситовых рам. Фиг. 6 изображает Р. с одной приемной, двумя мучными и одной крупосортировальной рамами. Продукт поступает на жестяное конич. полотно и отводится к кольцевой щели у окружности рамки, через к-рую попадает на первое сито А. По первому сити и по остальным продукт движется от окружности к центру по принципу распространения, аналогичному разливу воды. Текучесть продукта является результатом движения Р., распластывающего кучки поступающего продукта; движение продукта является результатом вновь поступающих масс, имеющих возможность распространяться от места поступления к противоположным участкам сита,



Фиг. 3.

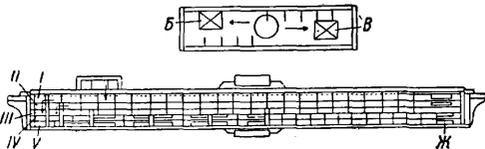
где они проваливаются на следующее. Просев мучных сит Б и В отводится к боковому каналу Д. Сход сортировального сита Г отводится к центру и оттуда каналом к краю Р., проход же отводится непосредственно к краю Р. Чистка сит производится щетками, прикрепленными к кольцу из углового железа, свободно лежащему в другом железном кольце, регулируемом болтами, укрепленными в раме сита. Щетки имеют направление под углом к радиусу, что способствует их движению вокруг опорного кольца.

Прямоугольные Р. однокорпусные с кривошипным приводом изготовляются: а) с коробчатыми кузовами со вкладными ситовыми рамами с чисткой сит зерном, с подвесом кузовов к потолку на камышевых тягах или металлических с шаровыми



Фиг. 4.

шарнирами; б) с кузовами, подвешенными на металлических тягах в чугунных станинах (кроватьные Р.) с приводом полуперекрестным ремнем от поперечной передачи у кровати Р.; в) такие же кроватьные с фрикционным при-



Фиг. 5.

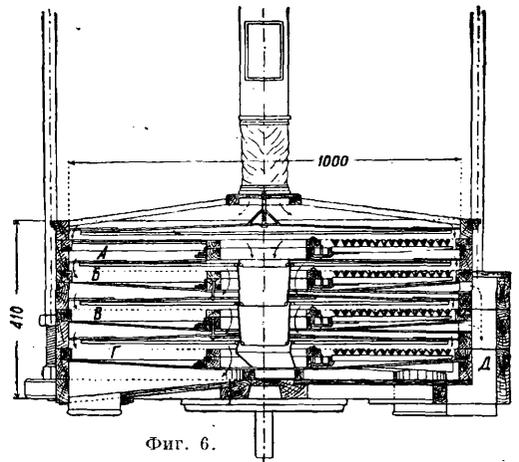
водом; г) коробчатые с фрикционным приводом на стойках; д) с кузовом из отдельных ситовых рам с чисткой сит зерном. Подвешены на металлич. шаровых тягах к чугунной станине (русские Р. системы Хлопина). Ход продукта в Р. сист. Эрлангера и завода До-

бровых и Наглолец более рациональный, чем в первом Р. сист. Хагенмахера. На чертежах даны рамки трехприемного Р. В каждом приеме продукт идет параллельно обоими каналами, а не заворотом из одного канала в другой, как на схеме Р. сист. Хагенмахера

(фиг. 4). Полотно рамки (фиг. 7, I) защищает колоды 2-го схода рамки (фиг. 7, II) от просева продукта рамки (фиг. 7, I). Сита встряхиваются (чистятся) зерном, которое тремя винтами, прикрепленными к кузову, подается в каналы а (фиг. 7, I и II) и попадает на третье сито с более мелким продуктом, требующим очистки сит. Чтобы зерно не попало в сход, в конце 3-го сита устроена ловушка из проволочной ткани, пропускающая весь сход с 3-го сита на полотно рамки (фиг. 7, IV) в каналы 3-го схода, пшеница же остается на сите и через отверстия в попадает на полотно рамки (фиг. 7, IV), присоединяясь к просеву сита (фиг. 7, III).

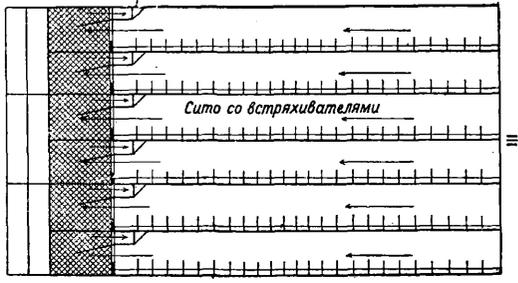
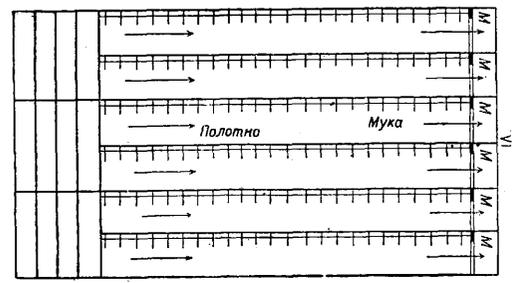
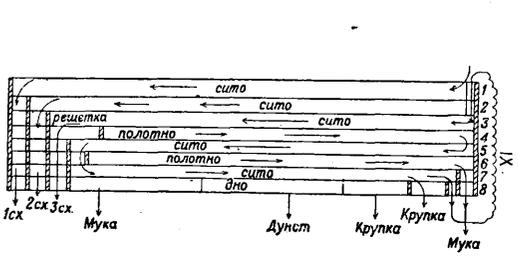
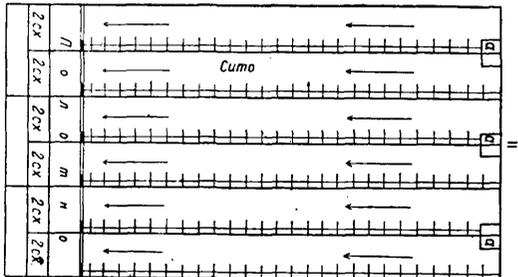
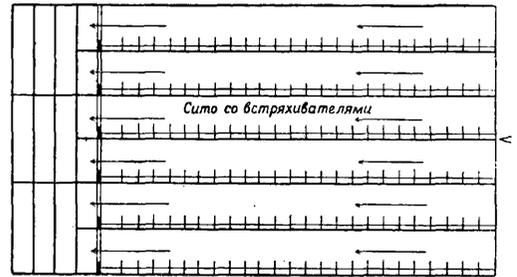
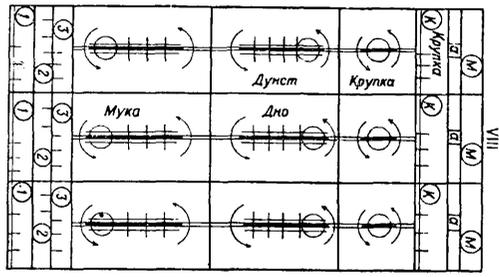
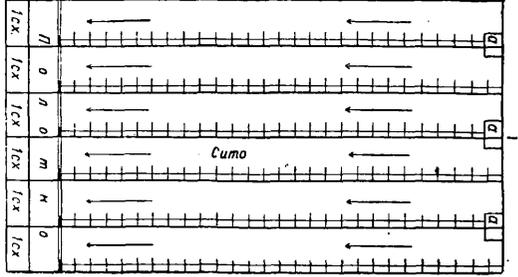
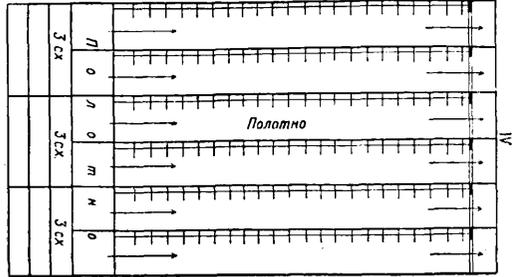
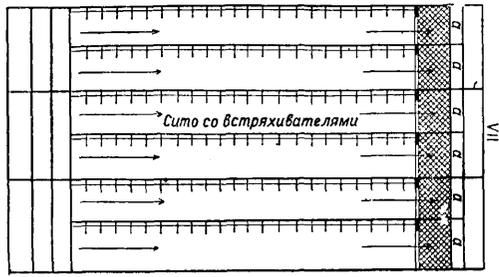
С полотна продукт с чисткой попадает на сито (фиг. 7, V и VII). В конце последнего ловушка вновь отделяет пшеницу в каналы а, откуда она винтами возвращается на сито (фиг. 7, III). Фиг. 7, IX дает продольный разрез рамок Р. Помимо чистки сит пшеницей (семенами акации и подобными тяжелыми гладкими и круглыми зернами) и щетками применялись разные встряхиватели, которые однако не привелись.

Общий и главнейший недостаток всех однокорпусных кривошипных рассевов—сильное расшатывание перекрытий и стен здания. При круговом движении кузова (фиг. 8) в нем образуются значительные центробежные силы, направленные в сторону движения



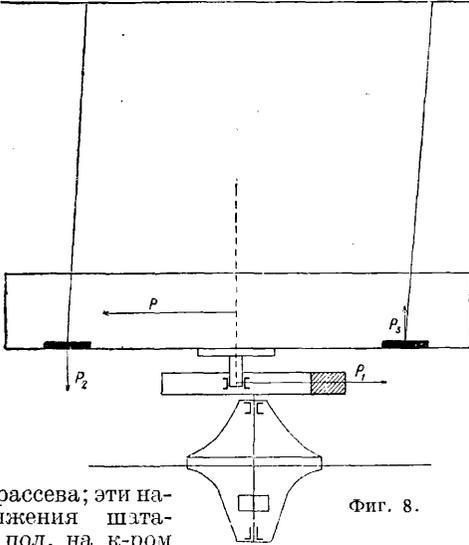
Фиг. 6.

кузова. Для уравновешения равнодействующей Р центробежных сил кузова, предназначен груз в маховике в части, противоположной эксцентриситету подшипника, ведущего кузов Р. Без маховика с грузом рассев не мог бы работать, но центробежная сила Р<sub>1</sub> груза не может полностью уравновесить



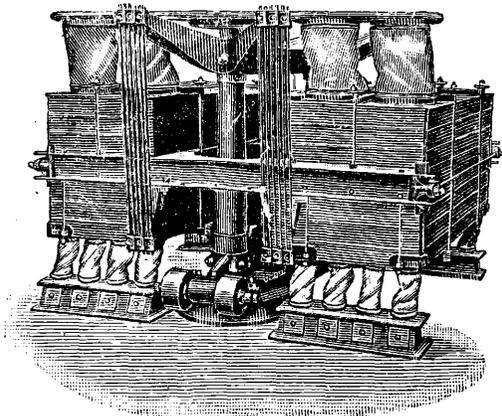
Фиг. 7.

центробежную силу кузова, т. к. эти две силы находятся в разных плоскостях. Центробежная сила кузова приложена на середине высоты его, а центробежная сила груза—в середине пальца кривошипа, находящегося в траверсе под дном  $P$ . В результате даже при полном равенстве указанных сил они образуют пару сил, действующую попеременно на растяжение одних тяг  $P_2$  и сжатие других



Фиг. 8.

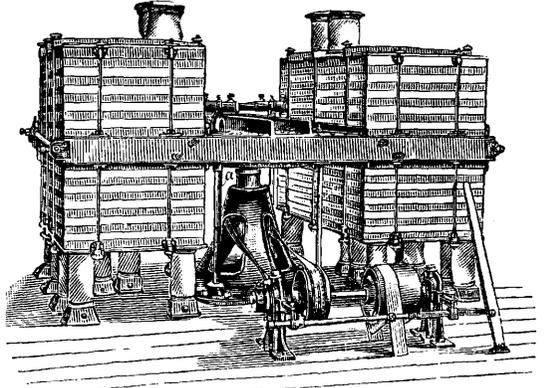
$P_3$  рассева; эти напряжения шатают пол, на к-ром установлен  $P$ . Но в виду меняющейся нагрузки  $P$  равенства центробежных сил также не достигается, и сумма неравенства сил от группы  $P$  составляет значительную величину, действующую попеременно в разные стороны в плоскости перекрытия, передаваясь на стены мельничного здания, расшатывая их. Главнейший недостаток однокорпусных  $P$ .—несовпадение плоскостей центробежных сил кузова и груза маховика—был устранен в двухкорпусных  $P$ . Типы этих  $P$ .: подвешенные к потолку на металлич. подвесках или камышах ( $P$ . сист. Зекка), подвешенные в станине на камышах или на металлич. тягах



Фиг. 9.

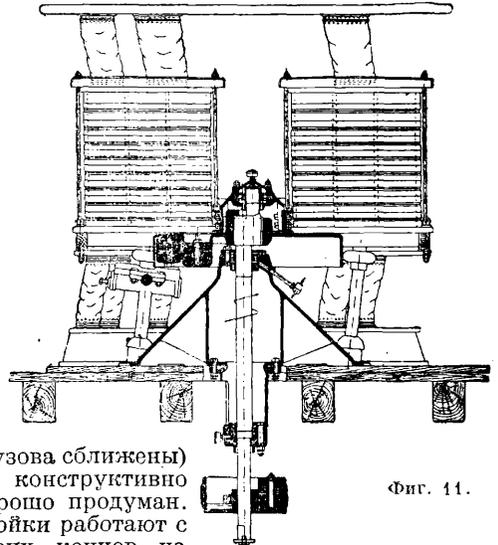
(фиг. 9—англ. завода Робинсона), установленные на стойках или на камышах и наконец на стойках  $a$  с шариковыми соединениями вверх и вниз, получающими устойчивость благодаря штанге, соединенной шарнирами с двумя диагонально расположенными

стойками и препятствующей им и остальным стойкам уклониться от параллельного направления во время хода  $P$ . (фиг. 10 и 11). Во всех этих  $P$ . кузова—рамочные; чистка сит обычно щетками. Как видно из приведен-



Фиг. 10.

ных фигур, центры маховиков расположены в плоскости, проходящей через середину кузовов, т. о. центробежные силы кузовов и грузов находятся в одной плоскости и м. б. уравновешены. Переходным является двухкорпусный рамочный рассев (чистка пшеницей, схема дана на фиг. 12) на трех стойках с маховиком под кузовами (фиг. 11). Здесь нет совпадения плоскостей ц. т., но подшипник расположен выше линии дна кузовов и расстояние между плоскостями центров пальца и кузовов невелико, однако это обстоятельство не позволяет делать  $P$ . более чем семи-, восьмирамными.  $P$ .—весьма компактный



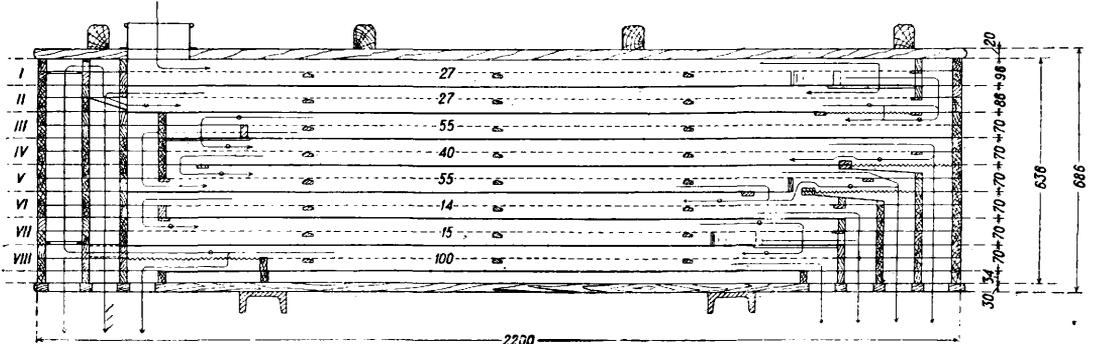
Фиг. 11.

(кузова сближены) и конструктивно хорошо продуман. Стойки работают с обоих концов на шарах, параллельность сохраняется благодаря горизонтальной штанге, соединенной шарнирами с двумя стойками. Рассевы, данные на фиг. 10 и 11, обладают тем преимуществом, что не могут сбиться с хода благодаря штангам, соединенным со стойками шарнирами достаточной длины. Явление сбивания хода у прочих  $P$ . вызывается иногда повышенным трением пальца в подшипнике, отчего происходит закручивание кузова. Описанные двухкорпусные  $P$ . все же являются криво-

шипными, и полной уравновешенности между центробежными силами кузовов и грузов получить не удастся.

Вопрос почти полного отсутствия шатания зданий решен конструкцией с а м о б а л а н с и р н ы х Р., где механизм, приводящий

клонены влево. Если расцепить веретено от Р., то оно под влиянием момента  $P \cdot R$  должно повернуться налево и принять наклонное положение, при котором продолжение силы Р пройдет через точку о, Р. же должен вернуться направо под давлением горизонталь-



Фиг. 12.

в движение рассев, движется вместе с кузовами и не имеет жесткой связи с потолком или полом здания или не имеет вовсе никакой связи с ним. Рассмотрим силы, действующие на такой Р. Центробежная сила кузовов равна  $\frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{r}$ , где  $G$ —вес кузовов,  $g$ —ускорение силы тяжести,  $r$ —радиус кругов, описываемых всеми точками Р., и  $v$ —окружная их скорость. Центробежная сила уравновешивающего груза равна  $\frac{P}{g} \cdot \frac{v_1^2}{R}$ , где  $P$ —вес груза,  $g$ —ускорение силы тяжести,  $R$ —расстояние ц. т. груза от оси вращения и  $v_1$ —окружная скорость пути, описываемого ц. т. груза. При работе Р. получается ур-ие

$$\frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{r} = \frac{P}{g} \cdot \frac{v_1^2}{R}$$

подставляя вместо  $v$  равную величину  $\frac{\pi n}{30}$  и вместо  $v_1$  равную величину  $\frac{\pi R n}{30}$ , получаем

$$\frac{G \pi^2 r^2 n^2}{30^2 r} = \frac{P \pi^2 R^2 n^2}{30^2 R}$$

откуда

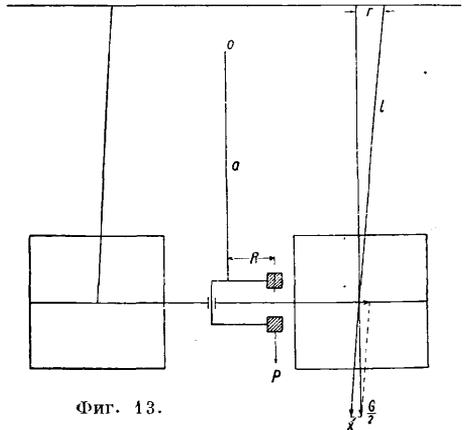
$$Gr = P \cdot R.$$

Произведение  $P \cdot R$  веса груза на радиус вращения его ц. т. при данном грузе—величина постоянная, но  $Gr$ , или произведение веса кузовов на радиус их вращения, также оставаясь постоянным, как равное  $P \cdot R$ , может менять свои множители, т. е. при увеличении нагрузки Р. продуктом уменьшится эксцентриситет  $r$  или при уменьшении нагрузки увеличится  $r$ . Т. обр. мы видим, что в самобалансирном Р. действующие в нем центробежные силы кузовов и груза все время взаимно уравновешиваются за счет изменения величины эксцентриситета, не передавая никаких сотрясений на потолок или пол здания. Самобалансирные механизмы имеются двух родов—с жестким и мягким приводом. К первому роду относится самобалансирный Р. системы Амме (фиг. 13). Веретено  $a$  подвешено в точке о в кронштейне, где оно опирается на шариковое упорное кольцо, направляется шариковым подшипником и имеет некоторую свободу уклонения от вертикали. При отвесном положении веретена  $a$  вследствие эксцентриситета  $r$  кузовов и тяги  $l$  от-

ной слагающей силы его веса до вертикального положения его тяг. Если при положении наклонной тяги  $l$  разложить вес кузова  $\frac{G}{r}$  на слагающие, одну по направлению тяги  $l$  и другую  $x$  в горизонтальном направлении, то из подобия тр-ков получим:

$$\frac{G}{2} : x = l : r; x = \frac{G \cdot r}{2l}; 2xl = G \cdot r,$$

где  $x$ —сила, стремящаяся вернуть кузов в первоначальное положение с вертикальным положением тяг;  $2x$ —сила, действующая на оба кузова или на весь Р., а  $2xl = M$ —момент, восстанавливающий Р. в отвесное положение и этот  $M = 2xl = Gr$ , но т. к. в наклонном положении соответственно эксцентриситету  $r$  Р. удерживается благодаря грузу веретена, то  $Gr = P \cdot R$ , т. е. получается то же самое равенство, к-рое было выведено для Р. в движении; отсюда ясно, что такой Р. при приводе его в движение не меняет положения веретена от момента покоя до нарастания его оборотов от нуля до полного их числа и с са-

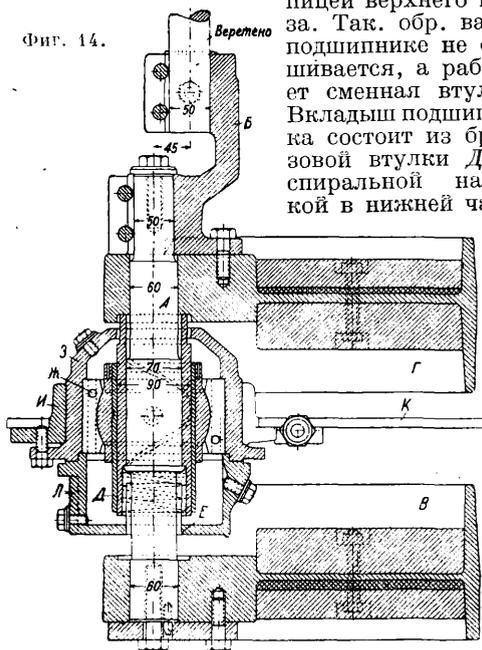


Фиг. 13.

мого начала движения кузова отводится в направлении, противоположном грузам. Равновесие сохраняется как в покое, так и при нарастании центробежных сил. Р. описывает круги, равные радиусу эксцентриситета  $r$  при вертикальном веретене, если соблюдается равенство  $Gr = PR$ , т. е. если вес кузовов  $G$  во столько раз больше груза  $P$ , во сколько ра-

диус  $R$  грузов больше радиуса  $r$  эксцентриситета. На фиг. 14 показана конструкция механизма  $P$ . системы Амме. Веретено  $P$ . толщиной внизу в 50 мм скрепляется с валом  $A$  при помощи бугеля  $B$ . Расстояние между осями веретена и вала  $A$  равно 45 мм, равно  $r$  эксцентриситета, с которым работает  $P$ . Бугель в местах прикрепления веретена и вала имеет разрезные втулки, стягиваемые каждая двумя болтами. Вал  $A$  имеет в месте скрепления с бугелем diam. 50 мм, в местах насадки грузов  $B$  и  $\Gamma$ —60 мм, в месте насадки втулки—70 мм. Работающая во вкладыше шарового подшипника втулка имеет diam. 90 мм, втулка эта зажата между заточкой вала и ступицей верхнего груза. Так. обр. вал в подшипнике не снашивается, а работает сменная втулка. Вкладыш подшипника состоит из бронзовой втулки  $D$  со спиральной нарезкой в нижней части

Фиг. 14.



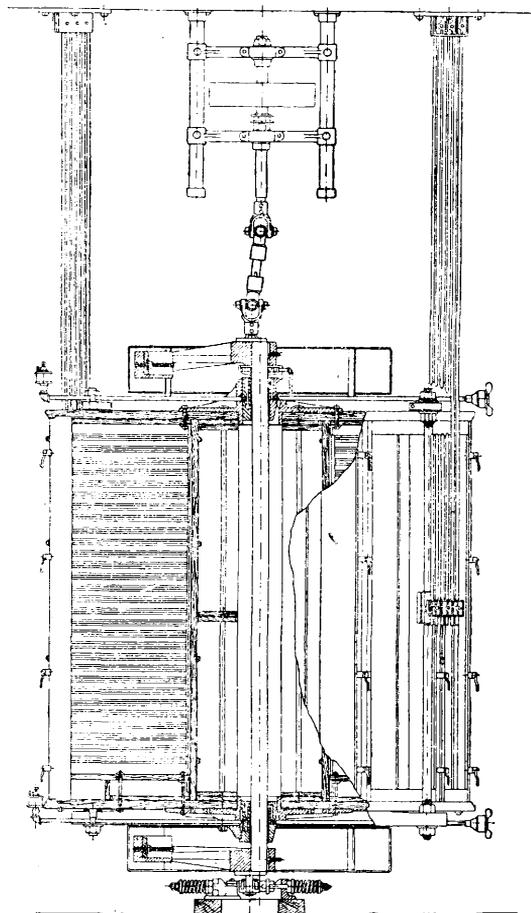
для подачи масла из камеры, ограниченной трубкой  $E$ . Втулка закреплена в бронзовом яблоке, имеющем возможность поворачиваться в чугунной обойме  $Ж$ , зажатой в корпусе подшипника  $З$  при помощи чугунного разрезного кольца  $И$ , прикрепленного к двум стальным пластинам  $К$  толщиной 10 мм, составляющих траверсу  $P$ . Разрезное кольцо стягивается при помощи стального болта.  $Л$ —нижняя часть корпуса подшипника, представляющая собой масляную ванну.  $P$ . сист. Амме изготавливаются как увеличенного типа—подвесные, так и малого типа—в станинах, для мелких мельниц.

Необходимо отметить способ проверки грузов. Веретено будет совершенно вертикально, если  $r = 45$  мм, а это может иметь место, если размер грузов соответствует весу кузовов и их нагрузке продуктами просева. Если этого соответствия нет, вал будет уклоняться от вертикали. При помощи мела можно отметить, в какую сторону имеется уклонение—к грузам или наоборот. Если груза недостаточно, то по ур-ию  $Gr = PR$  видно, что при заданном весе кузовов  $G$  при постоянном  $R$  недостаточный вес груза  $P$  должен соответствовать уменьшенному  $r$ . Уменьшенный же  $r$  может получиться при уклоне вала, а следовательно и веретена, в сторону грузов. Итак, мел на стороне грузов показывает, что надо добавить

грузы—явление обратное, чем при выверке кривошипных  $P$ .: там метка на маховике к грузу показывала излишек грузов. Характерным для самобалансов с мягкой ременной передачей является  $P$ . системы Бюлера. При ременной передаче грузы не м. б. насажены неподвижно на валу  $P$ . или в его маховике. При пуске такого механизма ремню трудно было бы сразу сообщить грузам полные обороты:  $P$ . весьма медленно развивал бы обороты, причем ремень сильно буксовал бы. В то же время  $P$ ., выводимый нарастающей центробежной силой груза из состояния покоя, постепенно увлекался бы последним, описывая спираль все большего радиуса до неизбежной аварии. Для работы самобаланса этого рода необходимо, чтобы груз в начале движения не развивал большой центробежной силы и не препятствовал ремню иметь возможность легко и быстро дать валу требуемое число оборотов. Это возможно при малом расстоянии груза от центра вращения при пуске и постепенном удалении груза от оси вращения. При этом действие самобаланса следующее: нарастающая центробежная сила груза ведет за собою кузов, описывающий спираль весьма малого диаметра в пределах заданного эксцентриситета  $P$ .; но вследствие постепенного нарастания центробежной силы и легкого привода  $P$ . вращение вала и груза опережает движение кузова, механизм перебрасывается с грузом в сторону, противоположную полному кузову эксцентриситету, и  $P$ . работает по ур-ию  $Gr = PR$ . Переменное расстояние груза от оси вращения достигается разными способами; между грузом и ободом маховика располагают пружину, прижимающую груз к валу; при нарастании оборотов груз отжимает пружину, удаляется от оси вала и получает предусмотренное расстояние от вала, при котором развивает требуемую центробежную силу. Груз м. б. устроен всяким на шарнире. Другим способом является взаимно уравновешенное положение грузов в начале движения и переброска их при нарастании оборотов в новое положение, при котором грузы складываются и дают требуемую максимальную величину центробежной силы. Недостатком самобалансированных  $P$ . является то, что равновесие получается в результате изменения эксцентриситета в зависимости от перемены нагрузки кузовов, а именно: увеличению нагрузки соответствует уменьшение эксцентриситета, что крайне невыгодно, так как когда  $P$ . получает случайную перегрузку, он нуждается в предупреждение завала в увеличении эксцентриситета, что к сожалению не имеет места. В подобной конструкции Бюлера имеется некоторая стабильность эксцентриситета; при валочной эксцентриситетности маховика в 57 мм эксцентриситет движения кузовов рассчитан в 45 мм, т. е. имеется остающаяся при полных оборотах  $P$ . эксцентриситетность в (57—45) 12 мм, причем пружины рассчитаны так, что грузы, преодолевая их напряжение, полностью не сходятся. При этих условиях перегрузка  $P$ ., меньшая эксцентриситет ниже 45 мм, увеличивает остающийся эксцентриситет, который становится больше 12 мм, и дает стимул дальнейшему приближению грузов, влияющему на восстановление эксцентриситета в 45 мм. Привод Бюлера имеет еще то преимущество, что, укладываясь в сравнительно нешироком маховике,

он устанавливается в плоскости металлич. рамы между верхней и нижней половинами кузовов. При этом увеличивается высота кузовов, но они зато сближаются на расстояние 300—400 мм вместо обычного 900 мм, и Р. дает выигрыш по ширине в 500 мм. Двухкорпусные рамочные Р. изготовляют также с вкладными ситовыми рамками. Кроме применения самобалансирных механизмов к двухкорпусным Р. встречаются также однокорпусные коробчатые (с вставными рамками) самобалансы с приводом под кузовом.

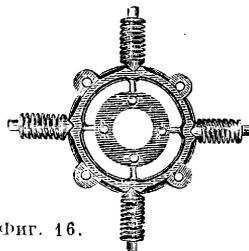
Американские Р. обычно изготовляются в наст. время самобалансирными. Америк. самобалансирные механизмы также бывают с жесткой и мягкой передачей. Образ-



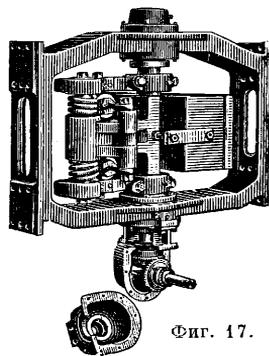
Фиг. 15.

ном жесткой передачи может служить Р. сист. Аллиса (фиг. 15). Как у Амме, на валу насажены два неподвижных груза, но вертикальное веретено соединено с валом не твердо с кривошипом в 45 мм, а промежуточным валиком с двумя шарнирами Гука. Несбивание вала при пуске достигается кривошипом на нижнем конце вала, работающим в направляющем подшипнике, удерживаемом в требуемом положении четырьмя пружинами (фиг. 16). Пружины при пуске Р. удерживают его вал от сбивания, и таковой работает как кривошипный; при достижении полных оборотов и равновесного движения подшипник работает вхолостую без изменения напря-

жения пружин. В конструктивном отношении этот самобаланс уступает Р. сист. Амме. Как тип мягкой передачи укажем на самобаланс Вольфа (фиг. 17). На валу вращения наглухо прикреплены 2 рычага, на конце к-рых укреплена ось вращения груза. На оси укреплены 2 спиральные пружины, сопротивляющиеся удалению груза от вала вращения механизма. В начальном положении ц. т. груза находится близко от вала. Под влиянием центро-

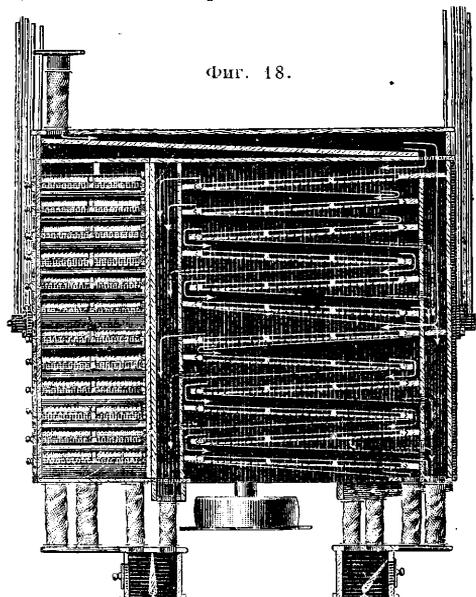


Фиг. 16.



Фиг. 17.

бейной силы груз, преодолевая сопротивление пружин, удаляется от вала в пределах, ограниченных специальной пластинкой, прикрепленной к грузу. При остановке пружины возвращают груз в начальное положение. По форме кузовов америк. Р. резко отличаются от европейских. Наряду с плоскими Р. системы Вольфа, представляющими двоякий вид коробчатый Р. типа Хагенмахера с горизонтальными ситами и гребешками для передвижения продукта, однокорпусным коробчатым Аллиса и др. мы наблюдаем в остальных случаях кузова в виде разнообразных шкафов с выемными сбоку наклонными ситами, по которым продукт передвигается без помощи гребешков, что дает выигрыш посевной площади и



Фиг. 18.

удобную выемку сит, но в то же время увеличенную высоту Р., большой вес шкафов и менее надежное уплотнение между рамками и стенками шкафа (фиг. 18). Наклон сит должен влиять на неравномерный просев в течение каждого оборота Р., но практически это положение подлежит еще проверке.

Самобалансные Р. с электрич. приводом до настоящего времени на практике не нашли применения, так как электрич. привод не дает преимуществ: заменяется ремень, но вводится дорожке стоящий мотор, к-рый самобалансирного механизма заменить не может, а в лучшем случае заменяет часть груза. В последнее время Р. с электрич. приводом снова стали в центре внимания в связи с стремлением перехода на индивидуальные электрич. приводы всех машин с упразднением трансмиссий.

Лит.: Зворыкин К. А., Курс по мукомольному производству, Харьков, 1894; Козьмин П. А., Мукомольно-крупяное производство, 4 изд., М., 1926; Вебер К., Мукомольное дело, СПб., 1908. Л. Розенштейн.

**РАССЕЯНИЕ СВЕТА**, нарушение правильности светового потока при прохождении через материальную среду. Параллельный пучок света (плоская волна), входя в материальную среду, частично уклоняется во все стороны. Явление отчетливо заметно в так наз. мутных средах, т. е. средах, плотность которых меняется от участка к участку. Примером мутной среды может служить туман (мелькие капли воды в воздухе) или различные взвеси (твердые частицы в жидкости или газе) или эмульсии (капельки жидкости в жидкости).

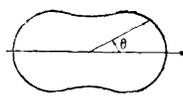
1. Явление Тиндалля. Если размеры частиц, нарушающих однородность среды, малы сравнительно с длиной волны падающего света, то законы рассеяния просты и не зависят от размера и формы частиц (Тиндаль, 1868 г.). Теория явления, предложенная Релеем (1871 г., с электромагнитной точки зрения—1897 г.), сводится к следующему. Под действием электрического поля световой волны  $E \sin 2\pi vt$  ( $\nu$ —частота света) частицы приобретают электрический момент, величина которого зависит от поля волны, диэлектрич. постоянной среды  $\epsilon_0$  и частицы  $\epsilon$

$$f = \frac{\epsilon - \epsilon_0}{4\pi} \cdot VE \sin 2\pi vt, \quad (1)$$

где  $V$ —объем частицы.

Т. к.  $f$  зависит от времени, то частица представляет собой электромагнитный осциллятор и излучает (во все стороны) электромагнитные волны. Складываясь между собой, эти волны и дают рассеянный свет. Интенсивность излучаемых осциллятором волн пропорциональна квадрату второй производной электрич. момента, т. е. пропорциональна  $\nu^4 = \frac{c^4}{\lambda^4}$ , если  $c$ —скорость света,  $\lambda$ —длина волны. Итак, интенсивность излучаемого света обратно пропорциональна четвертой степени длины волны, чем и объясняется голубой тон рассеянного света. Предполагая, что расстояние между частицами сравнимо с длиной световой волны, а сами частицы значительно меньше длины волны, получим, что начальные фазы колебаний отдельных частиц будут иметь всевозможные значения и излучения отдельных частиц некогерентны между собой. Т. о. общее излучение, рассеиваемое средой, получается как сумма излучений, даваемых отдельными частицами. Расчет Релея показывает, что интенсивность света, рассеиваемого под углом  $\theta$  к первоначальному пучку, пропорциональна  $1 + \cos^2 \theta$ , т. е. распределяется симметрично относительно первоначального направления (симметричная полярная диаграмма, фиг. 1). Если первичный пучок естественного (неполяризованного) света идет вдоль оси  $X$ , то электрич. поле световой волны лежит в плоскости  $YZ$ ; в этой же плоскости располагается

и электрич. момент частиц, если они изотропны, т. е. не обладают никакой асимметрией свойств в зависимости от направления. Поэтому в световой волне, испускаемой частицами в направлении

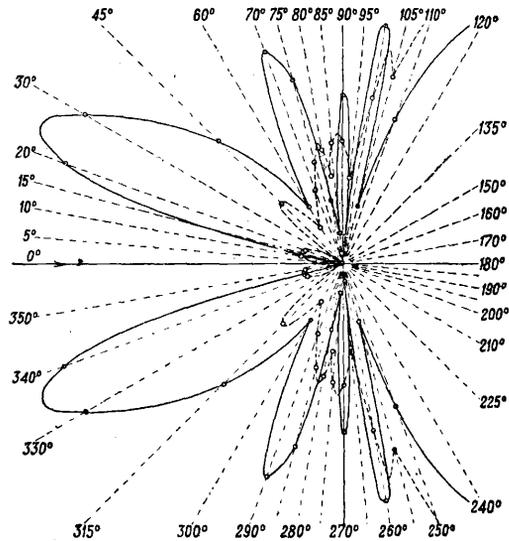


Фиг. 1.

оси  $Y$ , электрич. поле д. б. направлено вдоль  $Z$ , т. е. рас-

сеянный свет, наблюдаемый под углом  $\theta = \frac{\pi}{2}$ , д. б. нацело поляризован в плоскости  $XU$  (фиг. 2). Все три вывода Релея ( $\frac{1}{\lambda^4}$ -закон, симметрия и поляризация) подтверждаются в наблюдениях над явлением Тиндалля.

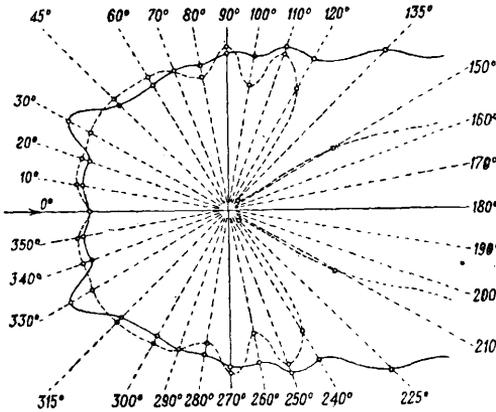
2. Явление Ми. Если рассеивающие частицы сравнимы с длиной световой волны, то теория становится сложнее и сводится к разбору дифракционных явлений на частицах (Ми, 1908 г.; Ганс, 1912 г.; Блюмер, 1925 г.). Результаты зависят от величины и формы частиц. С увеличением размеров частиц полярная диаграмма, изображенная на фиг. 1, теряет свою симметрию (эффект Ми) и может давать ряд вторичных максимумов (фиг. 3 и 4). Вид диаграммы определяется размером частиц, их формой и диэлектрической постоянной вещества частицы и среды. Если частицы



Фиг. 3.

одного размера (центрифугированы), то по виду диаграммы можно сделать некоторые заключения о размерах и форме частиц. Степень  $\lambda$  в законе Р. с. понижается по мере увеличения размеров частиц (рассеянный свет становится белесоватым). Если форма частиц отступает от сферической, то рассеянный свет становится частично деполаризованным и притом тем значительно, чем более вытянуты частицы. Т. к. деполаризация может вызываться большими концентрациями частиц (влияние электрич. моментов, наведенных в соседних частицах, друг на друга), то заключения

о форме частиц по деполяризации можно делать только из наблюдений над слабыми растворами (Ганс, 1920 г.). Выводы теории Ми и других также хорошо подтверждены на опыте. Наблюдение над интенсивностью и поляризацией света, рассеянного такими мутными



Фиг. 4.

средами, позволяет так. обр. сделать заключение о концентрации, размерах и форме частиц. На это основано устройство мутнометров (гиндалеметров или нефелометров), находящихся себе применение в геофизике, коллоидной химии, биологии и т. д. (см. *Нефелометрия*). Р. с. частицами, взвешенными в воде, играет известную роль в определении цвета моря и озер (Раман, 1922 г.; Шулейкин, 1923 г.).

3. Молекулярное Р. с. (явление Релея). Если рассеивающие частицы представляют собою молекулы среды, то мы имеем дело с крайней формой Р. с. Гиндалея. И к этому случаю применима теория Релея, хотя конечно в этом случае нельзя говорить о диэлектрич. постоянной частиц. Величина возникающего в частицах электрич. момента определяется поляризуемостью частицы  $\alpha$ , т. е. зависит от числа и расположения электронов и положительных ядер, составляющих молекулу или атомы. Электрический момент, возникающий в частице под действием поля волны  $E \sin 2\pi\nu t$ ,

$$f = \alpha E \sin 2\pi\nu t.$$

Периодическое изменение величины  $f$  ведет к испусканию вторичных волн, которые, складываясь с первичной возбуждающей волной, дают результирующее электромагнитное поле, распространяющееся сквозь среду. Вычисления показывают, что скорость распространения результирующей волны отличается от скорости волны в пустоте и зависит от частоты света (см. *Дисперсия света*). Так. образом поляризуемость частиц определяет собою скорость света в среде, т. е. показатель преломления среды, составленной из этих частиц. В то же время поляризуемость определяет собою и интенсивность рассеянного света, так что проблема Р. с. представляет собою один из вопросов теории дисперсии света. Для газа интенсивность света, рассеянного единицей объема, выражается ф-лой Релея

$$I = E^2 \cdot \frac{2\pi^2(\mu-1)^2}{n^4} (1 + \cos^2 \theta), \quad (2)$$

где  $E$ —амплитуда первичной (неполяризованной) световой волны,  $\lambda$ —длина волны,  $\mu$ —показатель преломления газа,  $n$ —число частиц,

содержащихся в  $1 \text{ см}^3$ , и  $\theta$ , как и раньше,—угол между направлением первичного пучка и направлением наблюдения. Все выводы п. 1 относительно зависимости от  $\lambda$ , симметрии распределения и поляризации остаются в силе и для рассмотренного случая.

4. Флюктуационная теория молекулярного Р. с. Приведенные рассуждения нуждаются в существенном дополнении. При суммировании действия вторичных волн, распространяющихся во все стороны от рассеивающих частиц, надо принять во внимание их способность к взаимной интерференции. Предположим, что распределение частиц таково, что в любом элементе объема, линейные размеры которого малы по сравнению с длиной волны, но велики по сравнению с расстоянием между частицами и размером самих частиц, заключается число частиц, пропорциональное выбранному объему. Тогда, как показывает расчет, все вторичные волны, идущие в направлениях, не совпадающих с направлением первичного пучка, взаимно уничтожаются вследствие интерференции. Среда, удовлетворяющая поставленному выше условию (число частиц пропорционально объему), называется оптически однородной. Итак, оптически однородная среда не рассеивает света. Мутные среды Гиндалея—пример грубого нарушения однородности. Но и во всякой среде, построенной из молекул, оптическая однородность нарушается вследствие молекулярного движения, ведущего к образованию малых участков, плотность которых отступает от среднего значения (флюктуации плотности). Примером оптически однородной среды мог бы явиться совершенный кристалл при абсолютном нуле температуры: молекулярного взаимодействия расположились бы молекулы кристалла в правильную решетку, оптически однородную для волн, длина которых значительно превосходит межмолекулярные расстояния (видимый или ультрафиолетовый свет). Для коротких (рентгеновских) волн такой кристалл представлял бы собою не однородную среду, но правильную решетку. Поэтому рентгеновские лучи должны испытывать правильную дифракцию при прохождении через такой кристалл (Лауэ, 1912 г.). Газ при абсолютном нуле может представлять оптически однородную среду, но вследствие отсутствия сил молекулярного взаимодействия возможно и иное (не равномерное) распределение частиц, причем вероятность неравномерного распределения значительно больше. При темп-ре, отличной от абсолютного нуля, равномерное распределение частиц неминуемо нарушается. В случае длинных волн это нарушение приводит к появлению рассеянного света; в случае рентгеновских волн такое нарушение правильности дифракционной решетки ведет к некоторому размытию резкой дифракционной картины (Дебай, 1914 г.). Принципиальная необходимость нарушения однородности среды для явления Р. с. была выяснена Л. И. Мандельштамом (1907 г.), а явление флюктуации, как физическая причина этого нарушения, указана Смолюховским (1908 г.). Смолюховский применил флюктуационную теорию к объяснению весьма сильного Р. с., наблюдаемого при критической темп-ре газа. Причина этой интенсивной критической опалесценции в том, что при критич. температуре снимаемость среды становится безгранично большой, т. е. флюктуации плотности достигают значительных размеров. Эйнштейн (1910 г.) вычислил, исходя из идеи флюктуаций, интенсивность рассеянного света для газов и жидкостей, далеких от критической температуры. Согласно Эйнштейну интенсивность рассеянного света должна зависеть от снимаемости среды, ибо чем больше коэф-т снимаемости  $\beta$ , тем значительнее флюктуационные изменения плотности среды  $\delta$ ; далее в формулу входит зависимость показателя преломления среды  $\mu$  от плотности, т. е.  $\frac{\partial \mu}{\partial \delta}$ , ибо нарушение оптической однородности среды влечет нарушение постоянства показателя преломления. В формулу входят также молекулярные константы ( $R$ —газовая постоянная и  $N$ —число Авогадро) и абсолютная температура  $T$ , с возрастанием которой увеличивается энергия молекулярных движений, способных вызывать флюктуации плотности. Формула Эйнштейна для интенсивности света, рассеянного единицей объема среды, имеет вид

$$I = E^2 \cdot \frac{2\pi^2}{\lambda^4} \cdot \frac{RT}{N} \cdot \beta \cdot \mu^2 \cdot \delta^2 \left( \frac{\partial \mu}{\partial \delta} \right)^2 (1 + \cos^2 \theta), \quad (3)$$

где  $E$ —амплитуда первичного (естественного) света и  $\theta$ —угол между направлением первичного пучка и направлением наблюдения. Для газов формула Эйнштейна переходит в формулу Релея.

5. Деполяризация рассеянного света. Анизотропия молекул. Рассуждения, приведенные выше (п. 1), объясняют полную поляризацию света, рассеянного под углом  $\theta = 90^\circ$  к первичному пучку.

Опыт показал однако, что рассеянный свет в б. или м. степени деполаризован (Стратт, 1918 г.). Релей (1918 г.) объяснил эту частичную деполаризацию допущением анизотропии молекул. Электрический момент, возникающий в анизотропной молекуле под действием световой волны, не совпадает с направлением электрического поля волны. В этом случае рассуждения, аналогичные приведенным в п. 1, приводят к выводу о необходимости частичной деполаризации рассеянного света, величина которого зависит от степени анизотропии молекулы. С точки зрения флюктуационной теории наличие анизотропных молекул ведет к нарушению оптической однородности среды не только вследствие флюктуаций плотности, учтенных Эйнштейном, но и вследствие флюктуации ориентаций анизотропных молекул. Случайное образование участков среды, где анизотропные молекулы имеют более или менее правильное расположение, влияет на интенсивность рассеянного света. Поправка эта указана Кабанном (1920 г.) и выражается множителем  $\frac{6(1+e)}{6-7e}$ , где фактор деполаризации

$$e = \frac{\text{интенс. света, поляризованного в плоскости } ZY}{\text{интенс. света, поляризованного в плоскости } XY}$$

как и выше, направление первичного пучка—вдоль оси X; направление наблюдения—вдоль оси Y. Фактор e может достигать значительной величины (для бензола 0,42; для сероуглерода даже 0,685), т. е. поправочный множитель Кабанна достигает для сероуглерода 8,2. Для других веществ он значительно меньше, например для четыреххлористого углерода  $e=0,056$ , т. е. множитель Кабанна равен всего лишь 1,12. Для газов и паров e значительно меньше. Так, для паров сероуглерода  $e=0,115$ , для водорода  $e=0,017$ , для аргона  $e=0,005$ . В соответствии с этим уменьшается и поправочный множитель Кабанна, который для аргона равен 1,01, т. е. поправка достигает всего лишь 1%. Ганс (1921 г.) указал на связь между фактором деполаризации e и постоянной Керра (см. *Электрооптика*), ибо эффект Керра также связан с анизотропией молекул. Вычисления Ганса подтверждаются экспериментальными данными.

6. Экспериментальные данные, касающиеся Р. с. а) Газы и пары. Первые наблюдения Р. с. в газах в лабораторной обстановке принадлежат Кабанну (1915 г.). Им выработан метод очистки газа (от пыли) и изменена интенсивность рассеянного света (вкл. лист, 1). Кабанн подверг экспериментальной проверке теоретическую формулу Релея—Эйнштейна и определил по интенсивности света, рассеянного аргоном, постоянную Авогадро  $N=(6,90 \pm 0,25) \cdot 10^{23}$ . Наблюдения Дора (1925 г.) над хлористым этилом дали для N значение  $(6,50 \pm 0,65) \cdot 10^{23}$ . Измерения Ивинга (1926 г.) над парами пяти органических веществ дали  $N=(5,96 \pm 0,25) \cdot 10^{23}$  (эти последние измерения менее надежны). Значения N, найденные из рассеяния газами, довольно близки к истинному значению  $N=6,06 \cdot 10^{23}$ . Необходимо однако более точные измерения, чтобы решить, объясняется ли указанное расхождение ошибками опыта или недостатками теории. Первые наблюдения над деполаризацией света, рассеянного газами, принадлежат Стратту (Релей-младшему, 1918 г.). В настоящее время исследована деполаризация 89 газов и паров (Стратт, Кабанн, Ганс, Раман с сотрудниками). Одноатомные газы (нулевой группы) дают для e малую величину—ок. 0,01, что стоит в хорошем согласии с симметричным строением атомов благородных газов. Исключение составляет He, для которого  $e=0,065$  и к-рый и по теоретическим соображениям далек от симметрии. Значительно больше e для некоторых трехатомных молекул (для  $CO_2=0,08$ ,  $N_2O=0,14$ ,  $CS_2=0,12$ ), что указывает на сильно удлиненную структуру этих молекул. Вообще же говоря, деполаризация у паров и газов не очень велика, редко встречается  $e > 0,10$  (вкладной лист, 3). Рассея-

ние света в атмосфере также позволяет проверить теорию Релея; на это указывал еще сам Релей (1899 г.), давший на основании теории Р. с. объяснение синеве неба (закон  $\frac{1}{\lambda^4}$ ). Более поздние измерения прозрачности атмосферы, выполненные Абботом (1906 г.) и особенно Фуллем (1910—1912 гг.) на Маунт-Вильсон и Дембером (1916 г.) на пике Тенериф, позволили вычислить число Авогадро  $[N=(6,52 \pm 0,18) \cdot 10^{23}]$ . Измерения яркости неба и характера поляризации света неба также стоят в согласии с теорией Релея, хотя и не все особенности поляризации небесного свода удовлетворительно объясняются теорией.

б) Ж и д к о с т и. Рассеяние света жидкостями на единицу объема значительно больше, чем для газов: бензол рассеивает в 2 700 раз больше, чем воздух (вкладной лист, 3). Важное условие успешности опыта—тщательная очистка жидкости от взвешенных частиц: медленная перегонка в вакууме (Мартин) или ультрафильтрация (Леблан и Вольский). Абсолютные измерения интенсивности рассеянного света выполнены для трех жидкостей: воды, эфира и бензола. Интерпретация измерений по формуле Эйнштейна с поправкой на анизотропию молекул дает для числа Авогадро  $N \approx 8 \cdot 10^{23}$ , т. е. явно преувеличенную величину. Причина расхождения лежит очевидно в недостатках теории. Многочисленные попытки усовершенствовать теорию (Кинг, Раманатан, Кабанн, Рокар, Ганс) не могут считаться окончательными. Относительные измерения интенсивностей охватывают очень большое количество жидкостей. Зависимость интенсивности от показателя преломления не вполне укладывается в формулу Эйнштейна, равно как и в другие предложенные формулы. Измерение деполаризации дает в среднем значительно большие значения, чем для газов (вкладной лист, 4), что стоит в связи с сравнительно сильным взаимодействием молекул жидкости друг на друга. Большие значения фактора деполаризации e ведут к весьма большим значениям поправочного множителя Кабанна. Несвершенство теории заключается быть может в недостаточно точной оценке этого множителя. Интенсивность света, рассеянного жидкостями, сильно зависит от температуры (Раман с сотрудниками), как того и требует теория Эйнштейна. Интенсивность возрастает при приближении к критической температуре для эфира в 60,2 градуса, изопентана в 75,5 градуса и т. д. Однако наблюдаемый ход зависимости не вполне точно следует формуле Эйнштейна, к-рая и в этом отношении оказывается для жидкостей не вполне удовлетворительной. Р. с. в смесях жидкостей кроме эффекта флюктуации плотности и ориентации обуславливается еще эффектом флюктуации концентрации. Этот эффект может стать весьма значительным вблизи критической температуры смещения. Тщательные исследования смеси фенол-вода (Фюрт, 1915 г.) показали полную применимость теории Эйнштейна и в этом случае. Однако и здесь количественные совпадения не совершенны. Для числа Авогадро найдено  $7,7 \cdot 10^{23}$ . Видоизменения теории, предложенные Орштейном и Цернике (1915—1926 гг.) и Рокаром (1928 г.), также не окончательны. Рассеяние света на поверхности жидкостей интерпретируется в духе идей Смолуховского следующим образом. Поверхность жидкости обнаруживает молекулярную шероховатость, степень которой определяется конкуренцией между термическим движением, с одной стороны, и капиллярными силами и силой тяжести,—с другой (Мандельштам, 1913 г.). Явление особенно отчетливо на границе двух жидкостей вблизи критической температуры смешения, когда капиллярные силы стремятся к нулю. В таком виде оно впервые наблюдалось Мандельштамом (1913 г.). Раман и Рамдос (1924—1925 гг.) изучали его количественно на свободной поверхности многих органических жидкостей и даже на ртути. Сравнение их данных с теорией (Андронов и Леонтович, 1926 г.) обнаружило в ряде отношений хорошее согласие.

в) Твердые тела (кристаллы). Изучение молекулярного Р. с. крайне затруднено невозможностью очистки кристаллов. Надежным критерием, позволяющим отличить молекулярное Р. с. от Р. с. на включениях, служат наблюдения при возрастающей температуре (Ландсберг, 1927 г.). Этим методом были изучены кварц (вкладной лист, 5) и каменная соль, дающие для интенсивности рассеянного света величину, близкую к теоретической, но все же отличающуюся от нее на 20—30%. Теория учитывает не только изменения показателя преломления при изменениях плотности, но и влияние сдвигов при неизменном объеме (Ганс, 1925 г.). Тем не менее теории, так же как и в случае жидкости, кажется недостаточной.

7. К о м б и н а ц и о н н о е Р. с. При спектроскопич. изучении рассеянного света обнаружилось (Раман и Кришнан, Ландсберг и Мандельштам, 1928 г.), что в нем наряду с спектральными линиями, имевшимися в первичном пучке, наблюдаются новые ли-

нии (сателиты), частота которых определяется равенством

$$\nu' = \nu \pm \nu_i, \quad (4)$$

где  $\nu'$ —частота рассеянного света,  $\nu$ —частота падающего и  $\nu_i$ —собственная частота инфракрасных колебаний, характерная для рассеивающего вещества (вкладной лист, 6 и 7). Линии, соответствующие частоте  $\nu - \nu_i$ , носят название красных сателитов, линии частоты  $\nu' + \nu_i$ —фиолетовых. Образование сателитов может быть истолковано следующим образом. Квант падающего света  $h\nu$  при взаимодействии с молекулами рассеивающего вещества может отдать им энергию, необходимую для возбуждения собственных колебаний молекулы (т. е. квант  $h\nu_i$ ), или же, если взаимодействие происходит с уже возбужденной молекулой, взаимодействовать от нее соответствующую порцию энергии. Закон сохранения энергии ведет к соотношению

$$h\nu' = h\nu \pm h\nu_i, \text{ т. е. } \nu' = \nu \pm \nu_i.$$

Отсюда следует, что интенсивности фиолетовых ( $I_\nu$ ) и красных ( $I_\nu$ ) сателитов относятся приблизительно, как число молекул вещества в данном состоянии (с добавочной энергией  $h\nu_i$ ) к числу молекул в нормальном состоянии, т. е.

$$\frac{I_\nu}{I_\nu} = e^{-\frac{h\nu_i}{kT}}, \quad (5)$$

где  $k$ —постоянная Больцмана,  $h$ —постоянная Планка и  $T$ —абсолютная температура. Приведенная формула хорошо оправдывается на опыте и может служить для экспериментального определения  $\frac{h}{k}$ . Она показывает между прочим, что относительная интенсивность фиолетовых сателитов тем больше, чем меньше  $\nu_i$ , т. е. чем ближе расположен сателит к главной линии (вкладной лист, 6) и чем выше температура рассеивающего вещества (вкладной лист, 7). Формула (4) показывает, что комбинационное рассеяние дает сравнительно простой и точный метод определения собственных частот молекул ( $\nu_i$ ). Однако сопоставление частот колебаний, определенных по методам комбинационного рассеяния и инфракрасных лучей, показывает, что оба метода не только не исключают, но, наоборот, удачно дополняют друг друга. Табл. 1 показывает, что одни собственные колебания хорошо проявляются в явлении комбинационного рассеяния, другие—в явлении поглощения инфракрасных лучей.

Табл. 1.—Собственные частоты ( $\nu_i$ ) кварца.

Инфракрасные лучи $\nu_i \cdot 10^{12}$	Комбинацион. рассеяние $\nu_i \cdot 10^{12}$	Инфракрасные лучи $\nu_i \cdot 10^{12}$	Комбинацион. рассеяние $\nu_i \cdot 10^{12}$
3,85	3,80	14,6 *3	14,0 *4
—	6,25 *3	—	20,8
7,80 *1	7,81 *2	21,0	21,0
—	10,7	33,4 *4	32,5 *1
11,5	12,2	35,8 *1	35,0 *1

\*1 Очень слабое. \*2 Слабое. \*3 Сильное. \*4 Очень сильное.

Появление той или иной линии как в спектре абсорбции, так и в комбинационном рассеянии объясняется формой колебания. Линии, не появляющиеся при инфракрас-

ном методе, соответствуют таким колебаниям, при которых электрический момент системы остается неизменным (неактивные колебания); линии, не появляющиеся при комбинационном рассеянии (или очень слабые), отвечают колебаниям, при которых ядра смещаются симметрично по отношению к электронной оболочке. Сопоставляя данные обоих методов, легко установить основные колебания системы; все остальные наблюдающиеся в ней колебания оказываются суммовыми или разностными (табл. 2). Возможность удобного оп-

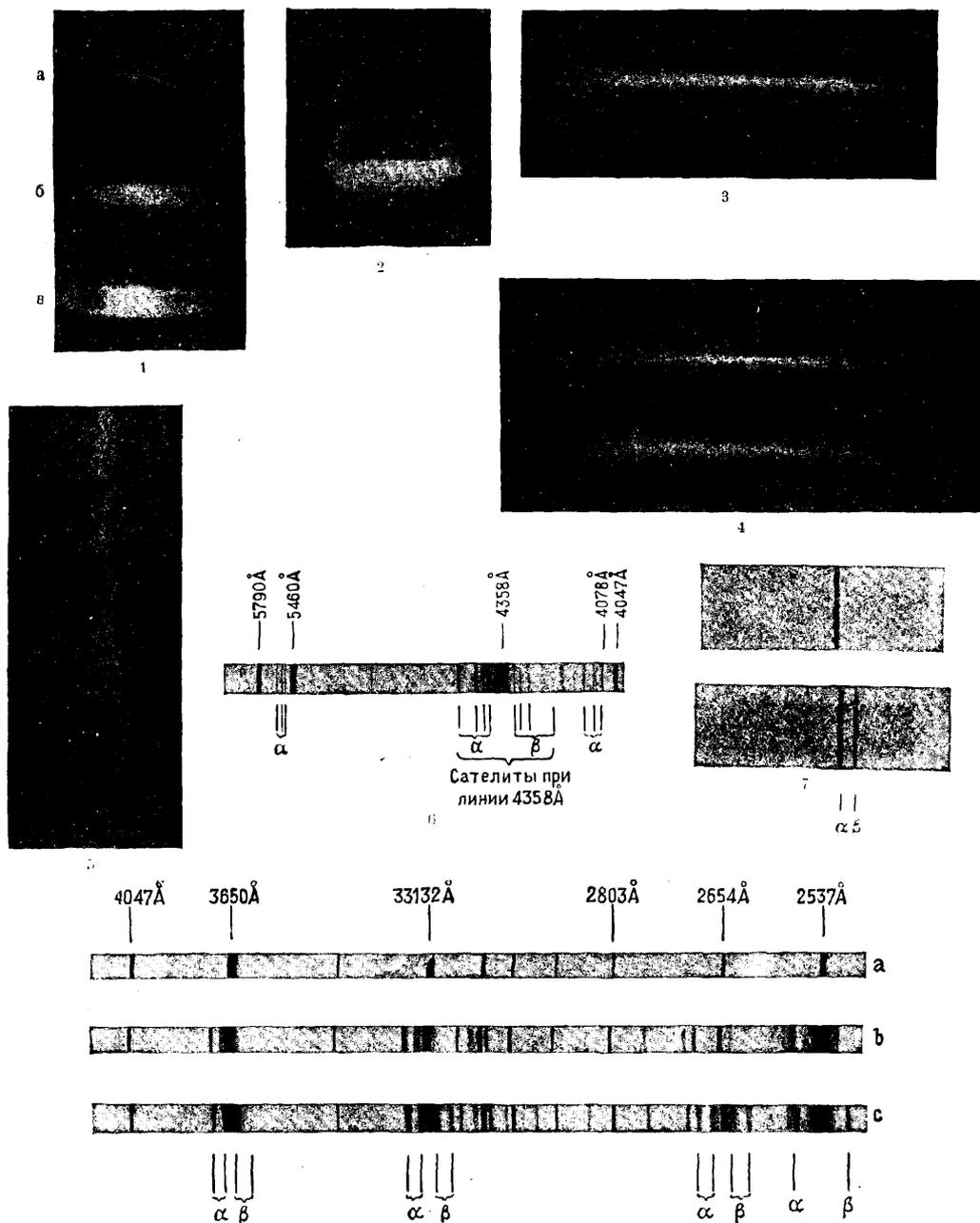
Табл. 2.—Собственные частоты четыреххлористого кремния ( $\nu \cdot 10^{-12}$ ). (А—инфракрасные лучи, В—комбинационное рассеяние.)

$\nu_{\text{набл.}} \cdot 10^{-12}$		$\nu_{\text{осн.}} \cdot 10^{-12}$	Источко-вание *1	$\nu_{\text{набл.}} \cdot 10^{-12}$		$\nu_{\text{осн.}} \cdot 10^{-12}$	Источко-вание *1
А	В			А	В		
—	4,56	—	$\nu_1$	30,9	—	30,8	$\nu_3 + \nu_4$
6,30	6,30	—	$\nu_2$	36,6	—	36,0	$2\nu_4$
—	12,75	—	$\nu_3$	40,5	—	40,6	$2\nu_4 + \nu_1$
18,0	18,0	—	$\nu_4$	46,2	—	43,5	$2\nu_3 + \nu_4$
22,5	—	22,6	$\nu_1 + \nu_4$	50,1	—	48,7	$\nu_3 + 2\nu_4$
21,6	—	21,3	$\nu_2 + \nu_4$	51,3	—	51,0	$3\nu_4$

\*1 Если четыре первых из приведенных частот принять за основные, то любая другая частота может быть получена из основных, как показано в таблице.

ределения собственных частот молекул делает комбинационное Р. с. надежной базой для заключений о строении молекул. Особенно обширный фактический материал собран для органических соединений (Дады и Кольрауш и др.). На основании его установлены собственные частоты колебаний, характеризующие различные группы и радикалы, частоты, соответствующие простым, двойным и тройным связям, и т. д. Имеются попытки анализа промежуточных соединений, образующихся при смешивании (Трумпи), равно как и решения других физико-химич. проблем.

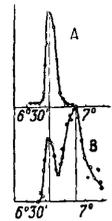
8. Рассеяние рентгеновских лучей. Соображения п. 3 сохраняют свою силу и для чрезвычайно коротких волн (рентгеновские), которым соответствует высокая частота колебаний. При этом надо иметь в виду, что частота колебаний, вынужденных рентгеновскими лучами, обыкновенно значительно превосходит собственную частоту электронов (по крайней мере для легких атомов). При этих условиях наличие связей, удерживающих электрон внутри атома, может не приниматься в расчет и явление можно рассматривать как вынужденное рентгеновской волной колебание свободных электронов. Теория явления (Дж. Дж. Томсон, 1903 г.) предполагает, что расстояния между этими электронами достаточно велики по сравнению с длиной волны, так что начальные фазы колебаний отдельных электронов не согласованы между собою (вторичные волны некогерентны). При этих предположениях интенсивность рассеянного единицей объема вещества должна быть пропорциональна числу электронов  $Z$  в единице объема. Так как число электронов в атоме (порядковое число атома) приблизительно пропорционально его атомному весу (особенно для легких элементов кроме водорода), то число электронов в единице объема рассеивающего тела можно считать пропорциональным плотности вещества. В со-



1. Свет, рассеянный газами (а—водород, б—воздух, в—углекислота). 2. Поляризация света, рассеянного аргоном; туманные кольца—следы света, отраженного сосудом; полоска в нижнем кольце—свет, поляризованный в плоскости XY (см. текст); отсутствие полоски в верхнем кольце показывает, что свет, поляризованный в плоскости ZY, отсутствует, т. е. в случае аргона поляризация при рассеянии полная. 3. Свет, рассеянный бензолом. 4. Поляризация света, рассеянного бензолом: нижняя полоска соответствует свету, поляризованному в плоскости XY, верхняя—в плоскости ZY; деполаризация 42%. 5. Свет, рассеянный кристаллич. кварцем. 6. Комбинационное рассеяние в четыреххлористом углероде (CCl<sub>4</sub>); спектр света, рассеянного CCl<sub>4</sub>: α—красные сателлиты; β—фиолетовые сателлиты. 7. Явление Комптона в алюминии: сверху—спектр первичных рентгеновых лучей; внизу—спектр рассеянных алюминием рентгеновых лучей (α—несмещенная линия, β—смещенная линия). 8. Комбинационное рассеяние в кристаллич. кварце: а—спектр сравнения (ругнутая дуга); б—спектр света, рассеянного кварцем при 20°; в—спектр света, рассеянного кварцем при 210° (α—красные сателлиты, β—фиолетовые сателлиты).

ответствии с этим правилом Томсона приводит к утверждению, что коэффициент рассеяния  $\sigma$ , т. е. доля энергии первичного пучка, подвергшаяся рассеянию, пропорционален плотности вещества  $s$ . Другими словами,  $\sigma_s$  — т. н. массовый коэффициент рассеяния — д. б. постоянным. По теории Томсона он равен 0,2. С другой стороны, некогерентность вторичных волн ведет (как и в теории Релея) к симметричному распределению лучей около первичного пучка: зависимость от угла наблюдения выражается фактором  $1 + \cos^2 \theta$ . Оба эти вывода были подтверждены измерениями (Баркла, 1908 г.; Краузер, 1911 г.) рассеяния рентгеновских лучей средней жесткости на легких элементах. При переходе к тяжелым атомам или рентгеновским лучам большей длины волны обнаруживаются значительные отступления от законов Томсона: нарушается симметрия в распределении (сильный перевес в сторону первичного пучка) и заметно возрастает коэффициент рассеяния. Причина отступлений лежит в следующем. При новых условиях расстояния между отдельными электронами (внутри тяжелых элементов) оказываются сравнимыми с длиной волны (особенно при применении более мягких лучей). Колебания отдельных электронов становятся когерентными, а испускаемые ими вторичные волны — способными к интерференции. При этом складываются амплитуды волн, т. е. амплитуда становится пропорциональной  $Z$ , а результирующая интенсивность —  $Z^2$  ( $Z$  — число электронов в атоме). Т. о. интенсивность рассеянного света делается большей, чем по теории Томсона. Учет интерференции объясняет также и нарушение симметрии распределения (сравни эффект Ми: роль сравнительно крупных частиц играют тяжелые атомы с их плотным распределением электронов). Отступления от теории Томсона, обусловленные интерференцией вторичных волн, могут наблюдаться и на легких атомах и при жестких рентгеновских лучах в области узкого конуса, описанного около продолжения пучка первичных лучей (Фридрих, 1913 г.; Дебай, 1915 г.). С возрастающей мягкостью лучей конус этот расширяется, так что отступления от теории Томсона становятся весьма заметными. Совсем иного характера отступления от теории Томсона, обнаруживающиеся в области очень коротких волн (жесткие рентгеновские лучи или  $\gamma$ -лучи): здесь коэффициент рассеяния гораздо меньше, чем следует по Томсону, и наблюдается резкий перевес интенсивности рассеянных лучей в направлении первичного пучка (Кольрауш, 1920 г.; А. Комптон, 1921 г.). В этом случае «дело идет о принципиальном отклонении от волновой оптики, связанном с величиной кванта энергии очень жестких лучей» (Зоммерфельд). Явление действительно получило свое объяснение в связи с открытием эффекта

Комптона. Эффект Комптона состоит в увеличении длины волны, наблюдаемом при рассеянии жестких рентгеновских лучей. Явление было обнаружено А. Комптоном (1929 г.) при тщательном анализе длины волны рассеянных в графите монохроматич. рентгеновских лучей. Измерения производились по



Фиг. 5.

ионизационному методу и обнаружили, что наряду с длиной волны первичного пучка  $\lambda$  в рассеянном свете присутствует и новая, большая длина волны  $B$  (фиг. 5). Явление можно наблюдать и фотографически (вкладной лист, 8). В дальнейшем было установлено, что изменение длины волны зависит от направления, в котором наблюдается Р. с., и не зависит от длины волны первичного света и рассеивающего вещества (табл. 3 и 4).

Табл. 3. — Зависимость  $\Delta\lambda$  от угла рассеяния  $\theta$ .

$\theta$	$\Delta\lambda_{набл.}, \text{Å}$	$\Delta\lambda_{выч.}^{*1}$	$\theta$	$\Delta\lambda_{набл.}, \text{Å}$	$\Delta\lambda_{выч.}^{*1}$
30°	0,001	0,0032	120°	0,033	0,0333
60°	0,013	0,0121	135°	0,038	0,0113
90°	0,025	0,0242	165°	0,042	0,0176

\*1 Вычислено по формуле  $\frac{2h}{mc} \cdot \sin^2 \frac{\theta}{2}$ .

Табл. 4. — Независимость  $\Delta\lambda$  от вещества рассеивателя ( $\theta = 90^\circ$ ).

Вещество	Z	$\Delta\lambda$	Вещество	Z	$\Delta\lambda$
Графит . . .	6	0,0236	Медь . . . .	29	0,0241
Алюминий .	13	0,0244	Серебро . .	47	0,0238
Сера . . . .	16	0,0240	Свинец . . .	82	0,0240

Удовлетворительная теория эффекта Комптона м. б. получена из представлений, диктуемых гипотезой световых квантов (А. Комптон, 1923 г.; Дебай, 1923 г.). Рассеяние рентгеновских лучей электронами рассматривается как столкновение кванта электрона. Электроны, участвующие в этом процессе, можно считать свободными (об учете связи электронов с атомами см. ниже) и неподвижными (тепловое движение настолько слабо, что им можно пренебречь). Квант частоты  $\nu$  имеет энергию  $h\nu$ , массу  $m = \frac{h\nu}{c^2}$  и импульс

$p = \frac{h\nu}{c}$ . Масса электрона  $\mu$ , его скорость до столкновения — нуль, после столкновения —  $v$ . Столкновение происходит по закону упругих шаров, т. е. подчиняется закону сохранения энергии и закону сохранения импульсов (схема взаимного расположения векторов импульсов приведена на фиг. 6):

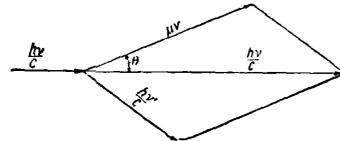
$$h\nu = h\nu' + \frac{\mu v^2}{2} \quad (\text{зр-ие сохранения энергии}), \quad (6)$$

$$\frac{h\nu}{c} = \frac{h\nu'}{c} + \mu v \quad (\text{зр-ие сохранения импульса}). \quad (7)$$

Решая совместно эти два уравнения, определим изменение частоты  $\Delta\nu = \nu - \nu'$  или изменение длины волны  $\Delta\lambda = \frac{c}{\nu'} - \frac{c}{\nu} = \frac{c\Delta\nu}{\nu'\nu}$ , являющееся следствием описанного процесса. Вычисление дает

$$\Delta\lambda = \frac{h}{\mu c} \cdot 2 \sin^2 \frac{\theta}{2}, \quad (8)$$

где  $\theta$  — угол, показанный на фиг. 6. Табл. 3 показывает, в какой степени удовлетворяется найденное соотношение.  $\frac{h}{\mu c} = \lambda_0 = 0,0242 \text{ Å}$  — константа, характеризующая эффект. Она определяет собою величину  $\Delta\lambda$  при наблюдении под прямым углом к первичному пучку. Спектрограммы явления Комптона показывают, что наряду со смещенной линией в спектре рассеяния имеется также и несмещенная линия, соответствующая неизменной длине волны первичного света. Точное определение соотношения интенсивностей этих линий весьма затруднительно. Качественно, во всяком случае, установлено, что смещенная линия по отношению к несмещенной тем сильнее, чем больше угол рассеяния, чем меньше порядковое число рассеивающего вещества и чем больше частота первичного света  $\nu$ . Сверх того обнаружено, что смещенная линия характеризуется несколько большей неоднородностью в длине волны (размытость). Объяснение



Фиг. 6.

всех этих особенностей лежит в учете связей, удерживающих электроны в атоме. При легких атомах (малое  $Z$ ) и жестких лучах (большое  $h\nu$ ) связи относительно слабы и все электроны, рассеивающие свет, могут считаться свободными. Развита выше теория объясняет появление лишь смещенной линии: интенсивность несмещенной должна равняться нулю. При тяжелых атомах или мягких лучах повышается вероятность рассеяния таким прочно связанным электроном, который не потеряет связи с ядром при воздействии рентгеновского кванта. В таком случае энергия кванта должна передаваться всему атому: в ф-ле (7)  $\mu$  будет означать массу атома, т. е. смещение  $\Delta\lambda$  будет в сотни тысяч раз меньше и линия практически будет не смещена. Соотношение интенсивностей смещенной и несмещенной части определяется следовательно относительными вероятностями рассеяния на свободных и связанных электронах, т. е. должно зависеть от перечисленных выше факторов в согласии с опытными данными.

По теории эффекта Комптона одновременно с рассеянием кванта должно иметь место и отрабавание электрона со скоростью  $v$  (электрон отдача). Действительно такие электроны удалось наблюдать по методу камеры Вильсона, так как скорость этих электронов достаточна, чтобы вызвать ионизацию воздуха. Комптон и Саймон (1925 г.), пользуясь этим методом, изучили распределение направлений первичных и рассеянных квантов и электронов отдачи. Результаты оказались в полном согласии с приведенной теорией столкновения, расхождение между опытным и теоретическим определением направления полета электрона лежало в пределах  $0-20^\circ$ , что следует считать весьма удовлетворительным для этого трудного опыта. Описанный опыт, так же как и специальный опыт Боте (1925 г.) показали, что акт рассеяния и акт электронной отдачи локализованы и в пространстве и во времени, как два совпадающих акта, что заставляет признать описываемый процесс элементарным, а не статистическим. На основании этих уже опытных данных следует считать неудовлетворительным классическое истолкование изменения длины волны при рассеянии, как результат явления Доплера, т. е. рассеяние электронами, приведенными в достаточно быстрое движение. Наоборот, с данными опыта вполне согласуется развитая квантовой механикой теория рассеяния рентгеновских лучей свободными электронами. Она не только подтверждает выводы, полученные при помощи упрощенного рассматривания явлений на основании гипотезы световых квантов, но и приводит к количественным заключениям относительно интенсивности рассеянного света (Дирак, 1926 г., и Клейн и Нишина, 1929 г., применившие новую релятивистскую квантовую механику Дирака). Установленная этими теориями зависимость коэффициента рассеяния от направления наблюдения и длины волны хорошо подтверждается измерениями в весьма широком интервале частот, вплоть до очень жестких  $u$ -лучей. В области наиболее коротких волн (см. *Космические лучи*) формула Дирака—Клейн—Нишина дает пока единственно применимый, хотя и не вполне надежный, метод определения длины волны (Миллинен, 1927 г.).

**Поляризация рассеянных лучей.** Применяя соображения п. 1, заключаем, что и рентгеновские лучи, рассеянные в направлении  $\theta = 90^\circ$  к первичному пучку, д. б. нацело поляризованы. Баркла (1906 г.) доказал это экспериментально, применив в качестве метода анализа вторичное рассеяние в куске угля (также под углом  $90^\circ$ ). В зависимости от направления наблюдения вторично рассеянный пучок имел разную интенсивность. Полная поляризация однако не была наблюдаема, ибо лучи, рассеянные более глубокими слоями угля, частично деполаризовались при прохождении через слой вещества. А. Комптон и Хагенау (1924 г.) получили вполне поляризованные лучи (с точностью до 1—2%). Ими же было показано, что поляризация рентгеновских лучей при рассеянии не зависит от вещества рассеивателя (применялся уголь, алюминий, сера). При явлении Комптона обе линии—смещенная и несмещенная—оказываются поляризованными в одинаковой степени (Кальман и Марк, 1926 г.).

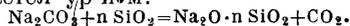
*Лит.:* Ландсберг Г. С., Новое в явлении рассеяния света, «УФН», 1929, т. 9; Кэйи, Рентгеновские лучи, пер. с англ., М.—Л., 1928; Сабаньес, La diffusion moleculaire de la lumiere, P., 1929; Gans R., Lichtzerstreuung, Handb. d. Experimentalphysik, hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, B. 19, Leipzig, 1926;

Kohlrausch F., Der Ramaneffekt, Berlin, 1931; Compton A. H., X-Rays and Electrons, London, 1927; Kirschner E., Allgemeine Physik d. Röntgenschen, Handb. d. Experimentalphysik, hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, B. 24, T. 1, Lpz., 1930. Г. Ландсберг.

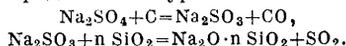
**РАСТВОРИМОЕ СТЕКЛО** (в заводской практике—«силикат глыба»), *стекло* (см.), в состав к-рого входят окислы только щелочных металлов (натрия или калия) и кремнезема. Физико-химич. особенностью Р. с. является его способность переходить при соответствующей обработке б. или м. нацело в водный раствор. Количественное соотношение кремнезема и щелочи в Р. с. может колебаться в довольно широких пределах; состав его определяется общей формулой  $R_2O \cdot nSiO_2$  ( $R = Na$  или  $K$ ). Т. о. сорт Р. с. определяется в основном двумя показателями: качественным—натриевое или калийное (в редких случаях пользуются также смешанным натриево-калийным) и количественным—величиной коэффициента  $n$ , называемого в СССР также «модулем».

Рыночное Р. с. представляет собой прозрачные куски неправильной формы с раковистым изломом, обыкновенно слабо окрашенные загрязнениями в желтый, зеленый или голубой цвет. Т. к. в процессе применения Р. с. подвергается физико-химич. превращениям, то физические (термические, механические, оптические и т. д.) свойства его не имеют значения. Требуется только хороший прева р. т. е. однородность химич. состава и отсутствие непрозрачных частиц шихты (песок, сода, сульфат и т. д.). Большое значение для последующего процесса растворения и для свойств раствора имеет возможно минимальное количество загрязнений; в общем Р. с. должно содержать окислов ( $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ) не более 1½—2% и не более 0,3—0,5%  $CaO$  и  $MgO$ . Источниками загрязнений являются, кроме сырья, разбаваемая в процессе плавки печная кладка и летучая с дымовыми газами зола. Гл. образом в виду относительной дороговизны соединений калия более распространены а т р и е в о е Р. с. Рыночный ассортимент Зап. Европы и Америки весьма разнообразен и охватывает натриевые Р. с. с модулем 1,5—4,0. (Варка Р. с., состав которого выходит за указанные пределы, затруднительна вследствие образования кристаллич. соединений.) Отдельные сорта Р. с. различаются между собой не только упомянутым соотношением, но и степенью чистоты (количеством загрязняющих окислов), а также иногда посторонними добавками, которые придают впоследствии растворам специфические свойства (противодействуют коагуляции, облегчают фильтрацию путем связывания загрязнений в более грубодисперсные частицы и т. д.). Более богатые кремнеземом сорта называются (неправильно) нейтральными, а более бедные—щелочными. В СССР имеются в настоящее время на рынке лишь два сорта натриевого Р. с.: «силикат-глыба двойной»  $Na_2O \cdot 2,6-2,8 SiO_2$  (71—73%  $SiO_2$ ) и «силикат-глыба ординарный»  $Na_2O \cdot 3,3-3,5 SiO_2$  (74—76%  $SiO_2$ ), к-рые предполагается стандартизовать.

**Производство Р. с.** мало отличается от производства простого стекла (см. *Стеклозное производство*). Соответствующую смесь сырых материалов (песок с содой или, взамен последней, с сульфатом и углем)—шихту—плавят в ваннах пламенных печей; продукт реакции после затвердения крупно дробят. В виду вредности содержания  $CaO$  и  $MgO$  сырье (песок) д. б. по возможности свободно от этих окислов, как и от глинозема. Ра с чет ш и х т ы по заданному составу Р. с. основан на том, что в него переходит из песка кремнезем полностью, а из соды и из сульфата только  $Na_2O$  (при этом должно быть учтено, что некоторое количество щелочи, обычно 3—5%, во время варки улетучивается). Отдельные составные части шихты отвешивают (песок иногда дозврут по объему) и тщательно перемешивают (и по техническим и по санитарным соображениям желательно механически), после чего их загружают в печь. Химические реакции, происходящие при плавке Р. с. на соде, относительно просты. Основная реакция выражается ур-нем:



При применении же сульфата основные реакции определяют ур-ями:



На самом деле процессы, протекающие в печи, значительно сложнее: одновременно здесь могут иметь место побочные реакции с образованием элементарной серы и сульфидов. Практика показала, что для правильного хода процесса необходимо брать угля значительно (вдвое-втрое), в зависимости от печи и условий плавки) больше, чем этого требуют приведенные ур-я. При недостатке угля невосстановленный сплавленный сульфат, очень медленно реагирующий с кремнеземом, всплывает на поверхность стекла и лишь с трудом м. б. восстановлен последующей добавкой угля, лишь после чего он поступает в реакцию стеклообразования. При избытке угля образуются сульфиды, которые придают растворам Р.с. нежелательные свойства. (Для удаления их к готовому раствору добавляют иногда соединения свинца или меди и затем фильтруют.)

Вопрос о выборе для варки Р.с. соды или сульфата решается гл. обр. экономическими соображениями. В Европе в то время, когда производство соды шло преимущественно по способу Леблана, сульфат был дешевле, почему предпочитали им пользоваться. Позднее вследствие развития заводов Сольве сода подешевела, и ей стали отдавать предпочтение. Некую роль сыграли также законы, запрещающие выпускать на воздух дымовые газы с большим содержанием  $\text{SO}_2$ . В СССР, располагая огромными запасами природного сульфата (карабугазский мирабилит, среднеазиатский теардит), предпочтение следовало бы отдать последнему, особенно если (как это предполагается) налажить утилизацию серы из дымовых газов. Следует только иметь в виду, что сульфатная шихта значительно медленнее проваривается и сильнее разведает печь, чем содовая. Кроме того распространено мнение, что сульфатные стекла менее однородны по составу и хуже по качеству, чем содовые (обычно они содержат небольшие количества неразложившего сульфата). Многие заводы добавляют к содовой (в основном) шихте небольшие количества сульфата и угля, а к сульфатной—соды, считая, что этим ускоряют варку.

В а н н ы е п е ч и для варки Р.с. могут работать на любом топливе, но предпочтительно такое, которое не вводит в стекло загрязнений (легучей золы). Регенерация тепла м. б. осуществлена с помощью регенераторов или рекуператоров. Специфич. методом регенерации тепла отходящих газов на з-дах Р.с. является использование его для нагрева выпарительных аппаратов, в которых растворы силиката концентрируются. Размеры печей колеблются в весьма широких пределах (до 40—50 м<sup>2</sup>). Материал для кладки печей, как и для обычных стекловарных,—шамот и динас. Перед пуском печи в нее загружают небольшое количество трудноплавкого (бутылочного или другого) стекла для закупорки щелей между брусьями. Температура печей может колебаться в довольно широких пределах: от 1 100 до 1 500°; чем она выше, тем быстрее протекает процесс варки. Обычно придерживаются температуры около 1 350°, при которой процесс варки стекла, бедного кремнеземом (щелочного), продолжается 6—9 час. Р.с., более богатое кремнеземом, варится труднее и медленнее и поэтому при его производстве температуру печи обычно поднимают выше.

Печи для плавки Р.с. работают периодически (гл. обр. в США) или непрерывно (гл. обр. в Германии). В первом случае толщина слоя стекла в печи (смотря по размерам и конструкции последней) 60—150 см. При вы-

пуске оставляют в печи слой стекла толщиной ок. 25 см, что облегчает плавку последующей загрузки и уменьшает износ печной кладки; отверстие, через которое стекло выпускают, «летку», закупоривают комом влажной глины. Во втором случае стекло вытекает из печи непрерывно тонкой струйкой, зачастую в канаву с проточной водой. Гранулированное т. о. стекло не нуждается в дроблении, а кроме того нагреваемая им вода утилизируется для растворения. На некоторых заводах стекло выпускается непосредственно в наполненные холодной водой автоклавы, в которых потом осуществляется растворение, на других—в разборные железные вагонетки, которые поливают водой, вызывая этим растрескивание застывающего стекла. Качество работы печи определяется гл. обр. двумя показателями: суточной производительностью Р.с. на 1 м<sup>2</sup> поперечного сечения, колеблющейся от 0,6 до 1,3 т/м<sup>2</sup> (в больших печах меньше, чем в малых), и потреблением топлива на единицу веса Р.с., которое определяется в 28 000—40 000 Cal/т (тем больше, чем меньше печь). Ремонт печей производится обычно через 8—12 месяцев. Наиболее сильный износ кладки наблюдается на уровне зеркала стекла.

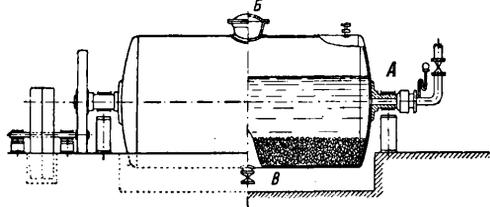
Описанный «сухой» способ производства является единственным, применяющимся в больших масштабах. В виду того что окончательно продуктом потребления является обыкновенно не сухая «глыба», а ее раствор в воде, то не лишены интереса м о к р ы е с п о с о б ы п р о и з в о д с т в а, продуктом к-рых является непосредственно раствор Р.с. («с или к а т ж и д к и й», «жидкое стекло»). Эти способы в основном сводятся к обработке материалов, возможно богатых кремнеземом, желательного аморфных, растворами едких щелочей. Сырьем служат природные продукты и отходы разных производств, например диатомиты, отбросы производства глинозема из глин, нефелинов и др. Растворение в щелочах идет тем лучше, чем выше дисперсность кремнезема. Практически процесс растворения ведут обычно в автоклавах, что значительно ускоряет операцию. Кристаллический кварц (песок и т. д.), даже измолотый, растворится в щелочах и под давлением очень медленно.

С и л и к а т ж и д к и й представляет жидкость, вязкость к-рой растет с концентрацией и состав к-рой определяется валовой формулой  $\text{Na}_2\text{O} \cdot n \text{SiO}_2 + m \text{H}_2\text{O}$ . Для точного определения необходимо поэтому указание не только модуля, но и концентрации; т. к. от последней зависит и уд. в., то сорт Р.с. определяют обычно модулем и уд. весом (чаще всего в °Вé). Рыночный ассортимент жидкого Р.с. в З. Европе и Америке так же разнообразен, как и рынок глыбы. Растворы Р.с. относительно стабильны. Минеральные к-ты выделяют из них студнеобразный гидратированный кремнезем. Соли щелочноземельных и тяжелых металлов выделяют осадки нерастворимых силикатов. Растворимые щелочные соли, а особенно аммонийные, легко вызывают коагуляцию раствора, которая впрочем иногда наступает и без видимых причин. Выделение кремнезема часто наблюдается и при упаривании богатых им растворов. Рыночные стекла с модулем 3,3—3,5 поэтому не концентрируют обычно выше 30—35° Вé.

В виду нерастворимости всех силикатов кроме щелочных фильтрованные растворы являются почти химически чистыми.

В процессе растворения Р. с. можно различить две фазы: в первой растворяется главным образом щелочь с небольшим количеством кремнезема, а во второй—оставшийся в виде разбухшего геля кремнезем с небольшим содержанием щелочи. Так. обр. процесс растворения состоит из процессов гидратации Р. с. с образованием NaOH, растворения бедного кремнеземом силиката и диссоциации его и наконец из процесса пептизации оставшегося кремнезема первичным, сильно щелочным раствором. В пользу высказанного предположения говорят следующие наблюдения: растворение сопровождается выделением тепла и оно идет быстрее в малых количествах воды, чем в больших. Практически скорость «растворения» Р. с. в воде при обыкновенных условиях ничтожна. Она увеличивается при повышении  $t^\circ$  и кроме того она тем больше, чем меньше кремнезема содержит Р. с.

Путем простого кипячения с водой можно растворить полностью только щелочные стекла и то лишь, если они мелко измолоты, причем полное растворение достигается лишь после многочасового кипячения. Для ускорения процесса растворения в технике пользуются обычно автоклавами. Растворение щелочных стекол возможно в вертикальных цилиндрических автоклавах под давлением 3—5 atm без применения мешалок. Так как продолжительность растворения «нейтральных» стекол значительно больше, то при растворении их необходимо перемешивание, а т. к.



применение обычных мешалок повлекло бы за собой быструю поломку их вследствие большой твердости и большого уд. веса Р. с., то для перемешивания применяются вращающиеся автоклавы—горизонтальные цилиндры, вращающиеся со скоростью 4—8 об/м. на двух полуосях, одна из которых А полая и служит для впуска пара (см. фигуру). Автоклавы снабжаются люком В для загрузки Р. с. и воды и выпускным отверстием В для готового раствора. Продолжительность процесса растворения 2—3 часа. Расход пара на растворение 1 т глыбы сильно колеблется в зависимости от размеров автоклава. Количество конденсирующегося в автоклаве пара д. б. учтено при расчете загрузки его водой и глыбой. Выпущенному из автоклава раствору дают обыкновенно отстояться в специальных баках, после чего верхний слой раствора, несколько осветленный, декантируют. Если требуется очень чистый раствор, то его фильтруют с помощью обычного фильтра. Так как при большой вязкости раствора фильтрация затруднительна, то для этого способа очистки растворяют в автоклавах растворы только до 28—30° Вё. Если же фильтрация не нужна, то из автоклава получают сразу растворы необходимой кон-

центрации (до 50° Вё). Фильтрованные растворы щелочных стекол подвергаются обычно еще упариванию до 50° Вё. Эту операцию осуществляют иногда (например в СССР) в открытых упарительных чанах. Так как упаривание идет очень медленно (в частности и потому, что на поверхности раствора образуется густая пленка), то более целесообразно применять вакуум-упарители, снабженные мешалками. Готовый жидкий силикат перевозят в стеклянных баллонах, железных бочках или вагонах-цистернах. Так как вода составляет ок. 50% от веса готового раствора, то экономически более выгоден транспорт Р. с. в виде нерастворенной глыбы; однако растворение последней является относительно сложным процессом, требующим специальной аппаратуры; поэтому наиболее целесообразно применение такого сорта твердого Р. с., к-рое растворялось бы в воде при обычных условиях. Этим требованиям удовлетворяет гидратированное Р. с.—раствор силиката-глыбы в воде такой концентрации (15—30% воды), при которой он сохраняет в обычных условиях вид твердого, но уже не хрупкого, а до нек-рой степени вязкого тела. Существует много способов получения гидратированного Р. с., но немногие из них использованы промышленностью. Одни из способов сводятся к обезвоживанию растворов, полученных обычным путем, до необходимой консистенции, напр. осаждением раствора спиртом или эфиром, упариванием на горячих вальцах или распылением раствора в башне в противотоке горячего воздуха. Несколько отличается от них способ, заключающийся в том, что растворение осуществляют в автоклавах, но концентрацию раствора подбирают так, что при высоком давлении и  $t^\circ$  автоклава он остается жидким, а при остывании на воздухе затвердевает. Такой раствор выпускают из автоклава через специальные форсунки, причем он застывает в виде мелких капелек. Другая группа способов основана на способности частиц твердого растворимого стекла гидратироваться в определенных условиях; сюда относятся перемалывание глыбы с небольшим количеством воды в шаровых мельницах, обработка дробленой глыбы паром и т. д.

Анализ Р. с. Анализ глыбы проводится обычными методами силикатного анализа. Если загрязнений мало, то для расчета модуля достаточно определение лишь одной составной части ( $\text{Na}_2\text{O}$  или  $\text{SiO}_2$ ); вторая определяется по разнице. Анализ растворов проще, так как на основании определения удельного веса и содержания  $\text{Na}_2\text{O}$  в растворе (путем титрования кислотой в присутствии метилоранжа) по соответствующим таблицам может быть найден модуль.

Применение Р. с. чрезвычайно разнообразно. В химической промышленности Р. с. применяется для получения из него *силикагеля* (см.) и *пермутитов* (см.). В текстильной промышленности оно применяется в качестве протравы. Другая группа применений использует коллоидные свойства Р. с.; сюда относятся применение его при обогащении полезных ископаемых, например каолина, апатитов. Коллоидные свойства Р. с. в сочетании со щелочной реакцией сделали возможным широкое применение его для мойки и чистки (добавка к мылам, мойка шерсти

и т. д.). При высыхании, особенно в смеси с углекислым кальцием и другими минеральными веществами, Р. с. образует твердые камнеобразные продукты; оно применяется поэтому в смесях с мелом, каолином, асбестом и т. д. для клеев, замазок, для производства искусственных камней, для пропитки натуральных камней и т. д. Кроме того Р. с. применяется для проклейки бумаги, пропитки тканей (делает их водонепроницаемыми) и дерева (делает его слабо огнеупорным). В последние годы широко распространяется применение Р. с. для так наз. силикатирования дорог, заключающегося в покрытии их смесью дробленого известняка с густым раствором силиката, затвердевающей быстро в монолитную корку. Распространяется также производство строительных камней из самых разнообразных отходов, цементированных Р. с. К этой области относится также уплотнение рыхлых почв перед закладкой фундаментов зданий, плотин, горнотермич. сооружений и др. путем впрыскивания под давлением сначала раствора Р. с., а потом другого раствора, вызывающего выделение из первого раствора геля кремнезема. Последний цементирует песок и образует из него своего рода искусственный песчаник, непроницаемый для воды и механически очень прочный. Одним из старейших было применение Р. с. в качестве носителя красок в стенной живописи. Образование твердого соединения с  $\text{CaCO}_3$  является основой применения Р. с. для консервирования яиц (скорлупа яиц пропитывается раствором силиката и прегарждает доступ внутрь микроорганизмам). Р. с. используется также керамической и стекольной промышленностью для введения кремнезема и щелочи в состав стекла, керамических масс, эмалей и глазурей. Наконец следует отметить, что Р. с. стимулирует развитие нек-рых растений, являясь т. о. своеобразным удобрением.

Р. с. было известно уже в средние века. Оно описано Глаубером в 1648 г., а потом Фуксом (отсюда «Фуксово стекло» в Мюнхене в 1825 г. Промышленное производство его в Европе началось в 60-х годах прошлого столетия, чему особенно способствовало изобретение вращающихся растворительных аппаратов (van Baerle, 1867 г.). Быстрый рост производства Р. с. наблюдается особенно в периоды войн (америк. освободительная, европейская империалистская), когда большие количества его из-за отсутствия жиров потребовались мыловаренной промышленностью. Производство существующих 22 з-дов США в 1925 г. оценивают в 500 тыс. т раствора (средней концентрации ок. 38%) на сумму ок. 5,7 млн. долл. (ок. 15 долл. за т; глыба—20—25 долл.; калийная глыба—60—75 долл.; калийное жидкое—30—40 долл.). Производственные герм. заводов оценивают в 70 тыс. т глыбы, потребление на внутреннем рынке в 1925 г. около 15 тыс. т, из которых около 20% приходится на мыловаренную, 20% на текстильную, 40% на бумажную и 20% на строительную, химическую и другие промышленности. В других странах масштабы производства значительно меньше. В дореволюционной России в 1912 г. существовало 12 небольших заводов (главные в Московской, Петербургской и Петроградской губ.) с общей производительностью около 13 тыс. т. В настоящее время в СССР предполагается строительство больших заводов на базе природного сульфата.

Лит.: Любавин Н. И., Техническая химия, т. 2, Москва, 1899; Тищенко В. Е., Глауберова соль в стекольной, КЕПС, 73, Карабугаз, Л., 1930; 3 смляницы В. и Колесникин П., «ЖХИ», 1929, 6, стр. 117; Кронман Е. С., Выбор сырья для растворимого стекла, «МС», 1931, 7; Zwick H., Das Wasserglas, Zürich, 1877; Bernard L., Das Wasserglas, Frankfurt a/M., 1893; Krätzer H., Wasserglas und Infusorienerde, 3 Aufl., Wien, 1922; Mayer H., Das Wasserglas, seine Eigenschaften, Fabrikation u. Verwendung, Braunschweig, 1925; Vail J. G., Soluble Silicates in Industry, New York, 1928; Schreger M., Waterglass, A Bibliography, Pitts-

burgh, 1922; Muspratt's enzyklopädisches Handbuch d. techn. Chemie, B. 3, Braunschweig, 1892; Mellor J. W., A Treatise on Inorganic Chemistry, v. 6, London, 1925; Gmelin G., Handbuch d. anorg. Chemie (Natrium), 8 Aufl., Berlin, 1928; Kobluch H., «Z. ang. Ch.», B., 1913, B. 26, p. 250; Maetz O., «Ch.-Ztg.», 1918, B. 42, p. 569; Vail J. G., «Chem. u. Met. Eng.», 1927, v. 34, p. 585; Bernard K., Versteinung loser Bodenarten im Grundbau, «Der Bauingenieur», Berlin, 1930, Jg. 41, H. 11—12; Platman A. N. C. R., «Tonindustrie-Ztg.», Berlin, 1930, B. 51, p. 73; Vail J. G., «Chemical Trade Journal», London, 1930, v. 87, p. 188; Kронман Е., «Sprechaat», Koburg, 1931. 34; см. также Стекло в Стекольное производство. Е. Кронман.

**РАСТВОРИМОСТЬ**, физич. величина, характеризующая способность веществ к переходу в растворенное состояние в том или ином растворителе (см. *Растворы*). Понятием Р. обычно пользуются в применении к истинным и насыщенным растворам, главным образом в жидкостях.

Р. газов. Под растворимостью газов разумеют весовое количество газа, растворяющегося в 100 вес. ч. растворителя, или коэф. абсорбции  $a'$  Бунзена, или коэф.  $a$  Оствальда. Коэф.  $a'$  Бунзена равен объему газа при 1 атм, приведенному к  $0^\circ$ , растворяющемуся в единице объема жидкости. Коэф.  $a$  Оствальда определяется выражением

$$a = \frac{v}{V} = kRT,$$

где  $v$ —объем газа,  $V$ —объем жидкости,  $k$ —коэффициент в законе Генри;  $a$  не зависит от давления. Между обоими коэффициентами имеется зависимость

$$a' = \frac{a}{1 + 0,00366t},$$

где  $t$ —температура по ртутному термометру. Независимость  $a$  от  $t$  имеет место у газов, следующих закону Генри. Химическая природа газа и растворителя определяют величину Р., но количественному учету не поддается; поэтому закономерности в Р. газов в различных растворителях не найдены; результаты опытов приходится заносить в таблицы (см. *Спр. ТЭ*, т. V, стр. 412—446). По величине Р. газы м. б. разбиты на группы, например по Р. в воде: 1) малорастворимые газы ( $a < 0,05$ )  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ , инертные газы (Ar, He и другие), CO,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$  и др.; 2) среднерастворимые ( $a = 3 \div 4$ )  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$  и другие; 3) газы с повышенной Р., например  $\text{SO}_2$  ( $a = 42,25$ ), и 4) газы с высокой Р.: HCl ( $a = 474$ ),  $\text{NH}_3$  ( $a = 762$ ) и др. Наименьшей растворяющей способностью обладают глицерин, затем вода, наибольшей (для очень многих газов)—сложные эфиры. Примеры влияния природы растворителя: для  $\text{N}_2$  в глицерине  $a = 0,016$ , в этилацетате—0,173; для  $\text{CO}_2$  в глицерине—0,030, в метилацетате—6,494. Р. газов обычно понижается в случае прибавления посторонних веществ к раствору и в случае повышения  $t^\circ$ ; для последнего может быть дана эмпирическая зависимость:  $a = \frac{K}{T - n}$ , где  $n$  и  $K$ —постоянные.

Повышение Р. газов с повышением  $t^\circ$  наблюдается очень редко и лишь в узких интервалах  $t^\circ$ , напр. для  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$  и  $\text{CO}_2$  в некоторых органических растворителях (бензол, толуол, хлороформ)—между 20 и  $25^\circ$ .

Р. жидкостей. О растворимости жидкостей в жидкостях говорят в том случае, когда две жидкости не смешиваются во всех отношениях. В случае частично смешивающихся жидкостей обе они всегда взаимно рас-

творимы до некоего предела, в силу чего мы получаем сопряженные растворы: А в В и В в А. Способы выражения Р. жидкостей в жидкостях те же, что и в случае Р. твердых веществ (см. ниже). Характерным для жидкостей является в общем случае наличие двух (верхней и нижней) критических температур растворения (см. *Растворы*). Величины Р. в сопряженных растворах, характер и величины критических  $t^{\circ}$  зависят от химической природы компонентов, но учету не поддаются, а потому и здесь опытные данные вводятся в таблицы. Прибавление третьего вещества к двум частично смешивающимся жидкостям часто вызывает тот же эффект, что и повышение  $t^{\circ}$ , т. е. сближение составов сопряженных растворов и приход их в критическую точку (состояние полного смешения),—обстоятельство, имеющее большое значение для химической техники (см. *Спр. ТЭ*, т. VI).

Р. твердых веществ. И здесь химическая природа растворяемого вещества и растворителя играет решающую роль, однако также не поддающуюся учету, чем вызвана необходимость табулирования обширных опытных данных. Значения растворимости, т. е. концентрации насыщенных растворов, выражаются различными способами: чаще всего а) числом граммов растворенного вещества (при расчете на безводное его состояние) в 100 г раствора или б) числом граммов вещества, приходящимся на 100 г растворителя, и реже в) числом граммов вещества в 1 л раствора; иногда Р. выражают г) в молях растворенного вещества на 1 л растворителя или д) в молях вещества на 1 000 молей раствора (или растворителя). Существенно важным является указание на характер до н о н о й ф а з ы, относительно к-рой определена Р.; для одних и тех же веществ (растворителя и растворяемого вещества) при одних и тех же условиях  $t^{\circ}$  и давления м. б. получены различные значения Р. в зависимости от того, что лежит на дне сосуда (в качестве донной фазы): тот или иной кристаллогидрат, та или иная полиморфная разность. Поэтому числовые значения Р. без указания характера донной фазы зачастую не имеют реальной ценности. О влиянии  $t^{\circ}$  на Р. твердых веществ, влияния природы растворителя и причинах повышенных значений Р. см. *Растворы, Электродиты*.

Скорость растворения веществ м. б. весьма различной; она становится очень малой при приближении к моменту насыщения; поэтому при экспериментальном определении Р. для получения правильных значений необходимо убедиться в достижении истинного равновесия путем приближения к нему с двух сторон: со стороны низших и высших температур. Величины Р. отдельных солей имеют предельное значение; для техники большее значение имеет совместная растворимость двух и более веществ и учет явлений, ведущих к образованию двойных солей; только такие данные могут служить для расчетов выпаривания и кристаллизации солей (см. *Спр. ТЭ*, т. VII).

Экспериментальное определение Р. принадлежит к простейшим физико-химич. операциям и состоит по существу в приведении в тесный контакт растворителя и растворяемого вещества при частом или постоянном их перемешивании и при условии постоянства  $t^{\circ}$  и давления во время опыта. Время от времени отбирают пробы для анализа; опыт считается законченным, если дальнейшее выдерживание смеси не изменяет концентрации раствора. Рекомендуется также, особенно

в случаях малой скорости растворения, подходить к определению Р. при заданной  $t^{\circ}$  с двух сторон—со стороны высших и со стороны низших  $t^{\circ}$ —для того чтобы обеспечить достижение равновесия. Газы и жидкости обычно растворяются в жидкостях очень быстро, твердые же вещества с самыми разнообразными скоростями; в редких случаях требуются недели для достижения равновесия.

Лит.: Ф и н д л е й А., Правило фаз, пер. с англ., М., 1931; Seidell A. T., Solubilities of Inorganic and Organic Compounds, 2 ed., v. 1—2, N. Y., 1919—28; Comey A. M. a. Hahn D. A., A Dictionary of Chemical Solubilities Inorganic, New York, 1921; Rothermund V., Löslichkeit und Löslichkeitsbeeinflussung, Lpz., 1907; Hildebrand J. H., Solubility, N. Y.; Arndt K., Handbuch der physikalisch-chemischen Technik, 2 Aufl., Stg., 1923; Vant Hoff I. H., Vorlesungen über Bildung u. Spaltung von Doppelsalzen, Leipzig, 1897. А. Раковский.

**РАСТВОРИТЕЛИ**, летучие органич. жидкости, служащие в технике для растворения различных органич. и неорганич. веществ: эфиров целлюлозы, естественных и искусственных смол, жиров, жирных и эфирных масел, каучука, серы, фосфора и др. Р. обладают весьма разнообразными химич. и физич. свойствами. Большею частью это—бесцветные, легкоподвижные и характерно пахнущие жидкости с уд. весом 0,6—1,7,  $t_{кип.}$  30—200° и выше, с различной для разных веществ растворяющей способностью—от нуля до растворения в любых отношениях. Иногда в качестве Р. применяют растворы твердых веществ в жидкостях, напр. спиртовой раствор камфоры, гексахлорэтана, нафталина. Р. с  $t_{кип.}$  выше 200° применяются преимущественно как мягчители (см. *Пластификаторы*). Очень часто, особенно при фабрикации лаков, применяют не один какой-либо Р., а смеси их, к-рым иногда, с целью удешевления, прибавляют посторонние вещества, не являющиеся растворителями и играющие роль разбавителей или разжижителей. Такого рода смеси по своему составу еще более разнообразны; они часто обладают совершенно иными свойствами (в отношении растворяющей способности,  $t_{кип.}$  и пр.), чем составляющие их компоненты. Выбор растворителя определяется сложным комплексом требований, специфичных для данного производства: многие важные Р. имеют весьма узкую область применения, оказываясь непригодными или мало пригодными для других целей. Число применяемых Р. в настоящее время настолько велико, что технология Р. представляет собой особую, самостоятельную отрасль промышленности, получившую особенно сильное развитие в связи с широким применением целлюлозных лаков, так как в состав последних входит до 75% и более различных Р. и разбавителей.

Применение Р. Растворители широко применяются в целом ряде отраслей промышленности: 1) в лакокрасочной промышленности, для приготовления нитроцеллюлозных, ацетицеллюлозных, спиртовых, масляных и других лаков, для растворения смол, масел, сиккативов, для получения эмалевых и других красок; 2) в производстве искусственной кожи; 3) в производстве бездымного пороха и целлюлоида; 4) в производстве искусственного шелка; 5) в кинематографической и фотографической технике; 6) для экстракции жиров, масел, восков, битуминозных сланцев и т. д.; 7) в резиновой промышленности, для растворения каучука, регенерации старых каучуковых изделий, получения пластических масс, клея и т. д.; 8) в парфюмерии, для добывания эфирных масел и при-

готовления эмульсий; 9) для очистки путем растворения и кристаллизации различных органич. соединений, для поглощения паров жидкостей из газовой среды, для извлечения различных веществ из смесей, для растворения красителей в лабораторной и фармацевт. практике, для различных химич. пропиток и т. д.; 10) для химической чистки тканей, очистки хлопка, шерсти, металлов и других предметов, для удаления старых лаков и окрасок и т. п. целей.

Требования к Р. зависят прежде всего от технич. назначения последних. Напр. Р., применяемые для получения целлюлозных лаков, д. б. нейтральны, безводны, прозрачны, бесцветны, негигроскопичны, химически постоянны и не ядовиты, не должны иметь резкого запаха, должны допускать значительные прибавки разбавителей и хорошо смешиваться с другими Р.; кроме того они должны обладать хорошей растворяющей способностью не только для эфиров целлюлозы, но и для смол (если последние входят в состав лаков), иметь определенную скорость испарения и вязкость, быть недорогими и производиться в значительных количествах. Р. для экстракции жиров, масел и т. п. веществ должны удовлетворять следующим условиям: легко и быстро извлекать жировое вещество из экстрагируемого материала, не действовать на него химически, не растворять других составных частей и в то же время давать растворы возможно более высокой концентрации; нацело удаляться из растворов и остатков после экстракции, конденсироваться без остатка и разложения, не производить разрушающего действия на аппаратуру и не сообщать экстрагируемому материалу никакого запаха; Р. и его пары д. б. безопасны в пожарном отношении, не давать взрывчатых смесей с воздухом и не оказывать вредного влияния на здоровье работающих. Перечисленным условиям не удовлетворяет полностью ни один из известных в настоящее время Р., однако все они более или менее приближаются к ним. Основные требования, которым должен удовлетворять хороший Р., независимо от его технич. назначения, следующие: А) хорошая растворяющая способность; Б) определенная и равномерная скорость испарения; В) определенный состав, свойства и химич. постоянство; Г) отсутствие огнеопасных свойств; Д) неядовитость паров.

А. Растворяющая способность — одно из наиболее важных условий для применения Р. Она зависит прежде всего от природы растворяемого вещества, от  $t^{\circ}$ , содержания примесей и многих других факторов, изменяясь часто в очень широких пределах. Между строением молекулы Р. и его растворяющей способностью существует известная зависимость. Так напр., Р. для нитроцеллюлозы принадлежат по своему строению к кетонам ( $R_1 \cdot CO \cdot R_2$ ) и сложным эфирам ( $R_1 \cdot CO \cdot OR_2$ ) (ацетон, метилэтилкетон, этиловый, бутиловый, амиловый и другие эфиры уксусной и др. к-т). Различные спирты (этиловый, амиловый) хорошо растворяют многие смолы, но не растворяют нитроцеллюлозы. Р., содержащие в молекуле одновременно карбонильную и гидроксильную группы (диацетоновый спирт, этиловый эфир этиленгликоля, этиловый эфир молочной к-ты и др.), растворяют как нитроцеллюлозу, так и смолы. Карбонильная и гид-

Табл. 1. — Растворимость материалов для изготовления лаков в различных растворителях. (Р — растворяется; пр — почти полностью растворяется; чр — мало растворяется; мр — мало растворяется; нр — не растворяется.)

Материалы	Растворители																
	Петролейный эфир	Бензин	Бензол	Скипидар	Хлороформ	Чистых углеводород	Метиловый спирт	Этиловый спирт	Бутиловый спирт	Амиловый спирт	Этилацетат	Амил-ацетат	Бутил-ацетат	Ацетон	Диалконовый спирт	Сероуглерод	Этиловый эфир
Рода	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр
Нитроцеллюлоза	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр
Ацетицеллюлоза	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр
Жировые масла	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
Петролейный эфир	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
Керосин	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
Толуол	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
Бензол	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
Даммар *	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр
Канифоль	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр
Салларак	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр
Шеллак **	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр
Мазуте **	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр
Копал гаури	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр
» конго **	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр
» ванильберский	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр
» манильский твердый *	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр
» манильский мягкий	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр
Кумароновые смолы	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр
Асфальт	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр	чр

\* В зависимости от рода нитроцеллюлозы.

\*\* В зависимости от рода нитроцеллюлозы.

\*\*\* Полностью растворяется в монохлорбензоле и серной к-те.

\*\* В теплом растворяется почти полностью.

\* Почти полностью растворяется в смеси спирта и эфира.

роксильная группы рассматриваются как носители растворяющей способности; чем больше этих групп содержит молекула Р., тем как правило выше его растворяющая способность. Данные о растворимости различных веществ в употребительных Р. приведены в табл. 1 (ст. 150) [1, 2].

Некоторые вещества, не являющиеся Р., обладают способностью даже в малых количествах значительно повышать растворяющую способность Р.; такие нерастворители и иногда называют скрытыми растворителями. К ним относятся: спирт (значительно увеличивающий растворимость ацетилцеллюлозы и смол в хлоропроизводных углеводов), пентахлорэтан (увеличивающий растворимость каучука), производные фенола и ряд других. Еще более своеобразна способность двух нерастворителей или двух слабых Р. обнаруживать после смешивания хорошую растворяющую способность. Таковы например смеси: для ацетилцеллюлозы—хлороформ и спирт, тетрахлорэтан и спирт; для нитроцеллюлозы—смеси спирта с этиловым эфиром, бензолом, толуолом и т. д. О растворяющей способности различных Р. нитроцеллюлозы судят по объему (в см<sup>3</sup>) разбавителя (бензола, толуола), который можно прибавить к 100 см<sup>3</sup> стандартного раствора нитроцеллюлозы (240 г нитроцеллюлозы в 1 л соответствующего Р.) до начала выделения ее из раствора. Эту величину часто выражают также отношением числа см<sup>3</sup> разбавителя к числу см<sup>3</sup> взятого Р. По Вольфу она зависит от химического состава нитроцеллюлозы и Р., от  $t^{\circ}$  и конечной концентрации раствора. Число см<sup>3</sup> толуола, к-рое может быть добавлено к различным Р., приведено в табл. 2 [3].

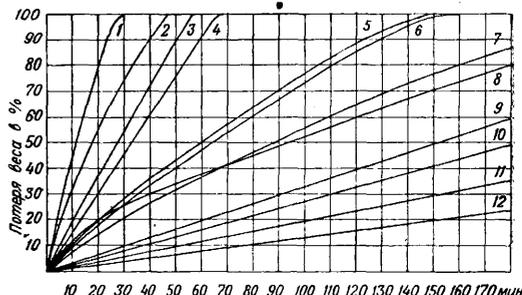
Табл. 2.— Количество толуола (см<sup>3</sup>), требуемое для выделения нитроцеллюлозы из раствора в данном растворителе.

Растворитель, 100 см <sup>3</sup>	То-луол, см <sup>3</sup>	Растворитель, 100 см <sup>3</sup>	То-луол, см <sup>3</sup>
Диэтилкарбонат . . . . .	150	Этилацетат (без-водный) . . . . .	330
Бутилацетат (85%) . . . . .	240	Диэтилоксалат . . . . .	500
Амилацетат (85%) . . . . .	280	Этиллактат . . . . .	700
Диацетоновый спирт . . . . .	340		

Количество разбавителя, которое м. б. прибавлено без вреда для образования лаковой пленки, нередко бывает значительно ниже, чем полученное по приведенному выше методу; это последнее разбавление Вольф обозначает как «истинное», в отличие от первого («кажущегося»). Многие вещества (эфиры целлюлозы, смолы, каучуки) при растворении образуют коллоидные растворы, свойства которых в значительной степени зависят от природы Р. Одна и та же смола с одним Р. дает пленку хорошего качества, с другим—пленка получается с трещинами, а с третьим—смола после удаления растворителя выделяется в виде порошка. Не безразлично для свойств пленки и то, растворить ли тело сначала в одном Р. и затем прибавлять другой или растворять его в готовой смеси. Подобные явления обуславливаются различной степенью дисперсности коллоидных растворов при различных Р.; грубодисперсные растворы дают обычно неоднородную и плохо сохнущую пленку и при известной концентрации легко

приводят к желатинизации и выделению растворенного тела. Таким образом Р., несмотря на то, что они не содержатся в пленке как составная часть, все же оказывают на структуру и прочность пленки большое влияние. В связи с дисперсностью растворов находится также и их вязкость. Последняя зависит от рода Р. и растворенного тела, концентрации раствора и  $t^{\circ}$ . Например одна и та же нитроцеллюлоза с разными Р. при одинаковых условиях дает растворы различной вязкости: при растворении в спирте с этиловым эфиром вязкость больше, чем с ацетоном; сложные эфиры (например амилацетат) с увеличением мол. веса дают повышение вязкости растворов; при прибавке спирта и других разбавителей вязкость значительно понижается.

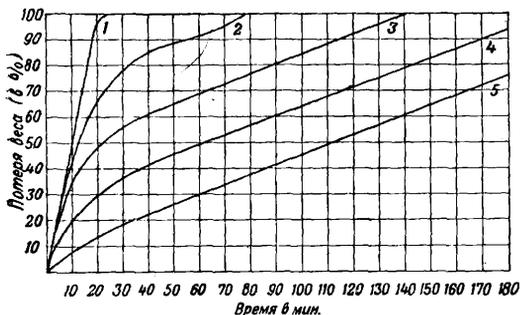
Б. Испарение Р. Скорость испарения Р. не находится в прямой зависимости от  $t^{\circ}_{\text{кип}}$ . Например между  $t^{\circ}_{\text{кип}}$  толуола и изобутилового спирта разница всего 2 $^{\circ}$ , тогда как первый при комнатной  $t^{\circ}$  испаряется в 3 раза скорее второго. Скорость испарения зависит гл. обр. от упругости паров Р. при данной  $t^{\circ}$ , от скрытой теплоты испарения и



Фиг. 1.

мол. веса. Т. к. измерение всех этих величин затруднительно, то скорость испарения обычно определяют эмпирически. Для этого пользуются или чашками определенного размера и формы, определяя через известные промежутки времени убыль в весе, или фильтровальной бумагой; испытания производят при одинаковых внешних условиях, отсутствии колебаний  $t^{\circ}$  и движения воздуха, с одинаковым весом Р. и одинаковой поверхностью испарения. Результаты наблюдений изображаются графически. На фиг. 1 представлены скорости испарения некоторых Р. и разбавителей: 1—этилацетат, 2—бензол, 3—денатурированный спирт, 4—толуол, 5—бутилацетат, 6—диэтилкарбонат, 7—сольвент-нафта, 8—амилацетат, 9—вода, 10—бутиловый спирт, 11—сивушное масло, 12—фурфурол. Летучесть Р. при комнатной  $t^{\circ}$  пропорциональна упругости их паров при этой  $t^{\circ}$ . К числу наиболее летучих Р. относятся: метилформат, этиловый эфир, бензин, сероуглерод. Испарение смеси двух Р. протекает обычно т. о., что соотношение компонентов в парах и в остатке непрерывно изменяется (см. Перегонка); по мере испарения смесь обогащается менее летучим Р. На фиг. 2 представлены кривые испарения смесей бутилового спирта и этилацетата: 1—этилацетат (100%), 2—этилацетат (75%) и бутиловый спирт (25%), 3—этилацетат (50%) и бутиловый спирт (50%), 4—этилацетат (25%) и бутиловый спирт (75%) и 5—бутиловый спирт (100%). Испарение Р. из раствора происходит медлен-

нее, чем испарение свободного Р.; напр. время полного испарения бутилацетата из раствора в нем нитроцеллюлозы увеличивается в среднем на 200%, метилгликоля—на 300% по сравнению с чистым Р. при тех же условиях. С другой стороны, при прибавлении к раствору разбавителя (напр. бензола) время испарения Р. нередко значительно уменьшается. При употреблении смесей Р. и разбавителей



Фиг. 2.

необходимо иметь в виду, что 1) при различной скорости испарения компонентов соотношение их в смеси может изменяться, результатом чего явится увеличение содержания нерастворителей и преждевременное выделение растворенного твердого тела; 2) при быстром испарении легколетучих Р. происходит понижение  $t^\circ$  раствора, что может повести к конденсации паров воды из воздуха и побелению пленки лака. Поэтому при составлении растворяющей смеси необходимо придерживаться определенных соотношений, с одной стороны, между легко- и труднолетучими Р. и, с другой, — между количеством Р. и прибавляемых разбавителей. Большое значение при работе имеет также равномерное испарение Р., что находится в зависимости главным образом от их состава.

**В. Состав и свойства Р.** По своему составу Р. должны представлять определенные химич. соединения с постоянными свойствами. Р., не удовлетворяющие этому требованию, обычно состоят из нескольких веществ с различной  $t^\circ_{\text{кип.}}$ , растворяющей способностью, летучестью,  $t^\circ$  вспышки и т. д. К таким Р. относятся например древесный спирт, бензин, продукты, служащие для замены скипидара, и многие другие. Они перегоняются обычно в б. или м. широком  $t^\circ$ -ном интервале (до 50° и более). Благодаря этому испарение их протекает очень неравномерно: в то время как легколетучие составные части быстро удаляются из раствора, труднолетучие остаются в нем, задерживают сушку и часто не удаляются нацело из пленки (например каучуковой), обуславливая ее размягчение при повышенной  $t^\circ$ . Растворяющая способность и  $t^\circ$  вспышки таких Р. могут сильно колебаться в зависимости от содержания тех или иных составных частей; поэтому пригодность их для работы в каждом отдельном случае д. б. проверена путем анализа или предварительной пробы. Для получения смесей Р. должны хорошо смешиваться между собою и с разбавителями; во многих случаях они должны быть безводны и нерастворимы в воде. Обычно применяемые растворители имеют нейтральную реакцию, но иногда в качестве растворителей

применяются кислоты (муравьиная, уксусная) и основания (анилин, пиридин).

**Г. Огнеопасность Р.** Многие Р. дают легковоспламеняющиеся пары, нередко являющиеся причиной пожаров. Р. тем опаснее, чем ниже  $t^\circ$  воспламенения их паров, или  $t^\circ$  вспышки. Для определения последней употребляются особые приборы, например прибор Абель-Пенского. У различных Р.  $t^\circ$  вспышки колеблется в очень широких пределах: от  $-30^\circ$  (легкий бензин) до  $78^\circ$  (тетралин);  $t^\circ$  вспышки для отдельных Р. см. ниже в табл. 5. От  $t^\circ$  вспышки паров следует отличать  $t^\circ$  воспламенения самой жидкости; последняя у высоковоспламеняющихся Р. превышает температуру вспышки на 20—40°, а у низковоспламеняющихся отличается от нее лишь на несколько градусов. Нек-рые Р. совсем не дают горючих паров и потому вполне безопасны в пожарном отношении; таковы например  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CHCl}_3$  и высшие хлоропроизводные ацетилена. Возникновение пожаров от легковоспламеняющихся Р. нередко происходит благодаря тому, что пары их, имея плотность, большую чем воздух, распространяются по низу рабочих помещений на далекое расстояние (до 20—30 м), где приходят в соприкосновение с огнем. Плотность паров нек-рых Р. по отношению к воздуху, принятому за 1, выражается в следующих цифрах:

Метилловый спирт . . . 1,1	Сероуглерод . . . 2,6
Этиловый спирт . . . 1,6	Бензол . . . 2,8
Бензин . . . 2,5	Этилацетат . . . 3,1
Этиловый эфир . . . 2,6	Хлороформ . . . 4,2

В смеси с воздухом пары некоторых Р. способны взрывать. Взрывчатость таких смесей имеет место лишь при определенных количественных соотношениях паров Р. и воздуха. В табл. 3 [4] даны нижний и верхний пределы взрывчатости паров некоторых растворителей в смеси с воздухом.

Растворитель	Нижний предел		Верхний предел	
	Объемн. %	г/м <sup>3</sup>	Объемн. %	г/м <sup>3</sup>
Бензол (100%-ный) . . .	2,65	92	6,5	238
Бензол (90%-ный) . . .	1,5	48,7	9,5	308
Толуол . . . . .	1,3	49,8	7,0	268
Метилловый спирт . . .	5,5	73,4	21,0	280
Этиловый спирт . . . .	3,95	81	13,62	280
Ацетон . . . . .	2,5	60,5	9,0	218
Этиловый эфир . . . . .	2,75	89,5	7,7	253
Этилацетат . . . . .	2,25	82,4	11,0	403
Сероуглерод . . . . .	—	81,3	—	—
Бензин . . . . .	2,4	137	4,9	281

концентрации паров некоторых Р., при к-рых они образуют взрывчатые смеси. Резкая разница в пределах для абсолютного и 90%-ного бензола объясняется по мнению Вейсенбергера и Пиатти примесями, содержащимися в техническом продукте.

**Д. Физиологическое действие Р.** Пары Р. часто оказывают вредное действие на организм и вызывают различного рода заболевания как острого, так и хронич. характера. Отравления происходят гл. образом при вдыхании Р. или при соприкосновении жидкого Р. с кожей. В порядке возрастающей вредности Вольф указывает следующие Р. из класса углеводородов: скипидар, бензин, бензол, сольвент-нафта. Тетралин и декалин для здоровья мало вредны. Легкие отравления проявляются при скипидаре в виде одушья,

при действии других углеводородов—в виде головокружения, тошноты и рвоты, а при бензоле выражаются в сильном приливе крови к голове и наконец в параличе конечностей. Из галоидопроизводных особенно ядовитым действием отличается тетрахлолорэтан, который запрещен в Германии для приготовления лаков в виду имевших место смертельных отравлений. Довольно сильное токсич. действие оказывают также хлоропроизводные бензола. Что касается этилового эфира, хлороформа и сероуглерода, то они принадлежат к очень опасным для здоровья Р., вызывая часто тяжелые последствия. Очень ядовиты и пары метилового и амилового спиртов. Сложные эфиры менее опасны, так как вследствие присущего им сильного запаха они вызывают беспокойство, прежде чем достигнут опасной для здоровья концентрации. Очень вредное действие оказывают некоторые примеси, встречающиеся в технических продуктах, хотя бы в незначительных количествах, например аллиловый спирт, высшие кетоны и т. д. Поэтому при работах с Р., особенно легколетучими, необходима хорошая вентиляция.

**Классификация Р.** Предложено несколько методов классификации Р.: 1) по объекту растворения: Р. для жиров, смол, каучука, эфиров целлюлозы и т. д.; 2) по физич. свойствам:  $t^{\circ}_{кип.}$ , уд. весу, растворимости в воде, огнеопасности, вредности и т. д.; 3) по технич. назначению; 4) по способности к окислению (Гофман); 5) по химич. составу и т. д. В настоящее время при наличии громадного числа Р. с самыми различными физич. и химич. свойствами удобнее всего классифицировать их по химич. составу, т. е. по классам органич. соединений. Чаще всего Р. делят на (I) углеводороды жирного, ароматич. и др. алициклич. рядов; (II) хлоропроизводные углеводородов; (III) спирты; (IV) сложные эфиры; (V) кетоны; (VI) прочие Р. различного состава, простые эфиры, альдегиды, кислоты, соединения, содержащие кислород и хлор, серу, азот и др. О растворителях для изоляционных лаков см. *Изоляционные лаки*.

**I. У г л е в о д о р о д ы.** К этой группе Р. относятся 1) бензин и другие продукты перегонки нефти, 2) скипидар и его заменители, 3) бензол и другие ароматические углеводороды, 4) нафталин и его производные. Большинство этих Р. огнеопасно и нерастворимо в воде. Все они отличаются большой растворяющей способностью для жиров и масел (часто применяются для экстракции), хорошо растворяют смолы, каучук и др. соединения; не растворяют эфиров целлюлозы, хотя часто применяются в качестве разбавителей при получении целлюлозных лаков.

**1. Б е н з и н**—общее название ряда продуктов, состоящих из смеси углеводородов—предельных жирных, полиметиленовых (нафтенов), непредельных этиленовых (олефинов) и ароматических. Состав бензина, применяемого в качестве Р., бывает весьма различен. Кроме нефтяного бензина применяют также бензин из бурого угля, торфа, сланцев и т. д.; наиболее легколетучий бензин (газолин) получают из нефтяных, натуральных и крекинг-овых газов. Бензин очень летуч и огнеопасен, так как легко воспламеняется (легкие бензины ниже  $0^{\circ}$ ) и способен давать с воздухом даже при небольшом содержании паров (2,4%) взрывчатые смеси. Несмотря на эти недостат-

ки бензин, благодаря дешевой цене и прекрасной растворяющей способности, часто применяется для экстракции масел и жиров из семян, жмыхов, костей, шерсти и других материалов, а также для растворения каучука и смол. Растворяющая способность и другие свойства бензина в значительной степени зависят от его состава; напр., чем больше бензин содержит ненасыщенных и ароматич. углеводородов, тем лучше растворяет он кумароновые и другие смолы. Бензин хорошо смешивается с многими другими Р. и индифферентен к кислотам, щелочам и металлам. По  $t^{\circ}_{кип.}$  и уд. в. различают легкий, средний и тяжелый бензины и некоторые специальные сорта: «калоша», «лаковый» и др. Из легких бензинов в качестве Р. применяется петролейный, или нефтяной, эфир (газолин)—очень летучая жидкость с уд. в. 0,64—0,66, полностью перегоняющаяся до  $70-80^{\circ}$ ; служит для экстракции масел и жиров, удаления пятен, как разбавитель для быстросохнущих (напр. цапоновых) лаков, в лабораторных и для других целей. Бензин «калоша» с  $t^{\circ}_{кип.}$  между  $80-120^{\circ}$  употребляется в резиновой промышленности для растворения каучука. Собственно бензин, с уд. в. 0,70—0,73, дающий при  $t^{\circ}$  до  $100^{\circ}$  не менее 60—70% погона и перегоняющийся полностью до  $140-150^{\circ}$ , применяется для химич. чистки и в прачечных для стирки белья и одежды. Последние сначала очищают механически щетками, хорошо высушивают и загружают в машины с бензином, затем отжимают на центрифугах, сушат, просматривают и, если необходимо, очищают еще раз с помощью щеток бензином, в к-ром растворено бензиновое мыло. Более тяжелые сорта бензина, с уд. в. 0,73—0,75, дающие при  $t^{\circ}$  до  $100^{\circ}$  20—25% погона и имеющие конец перегонки при  $150-170^{\circ}$ , применяются для экстракции смол, вазелина, для очистки воска, для чистки машинных частей, для разбавления красок и других целей. Л а к о в ы й б е н з и н, применяемый для замены скипидара в производстве лаков, должен удовлетворять следующим условиям:  $t^{\circ}$  вспышки не ниже  $21^{\circ}$ , начало кипения при  $135-145^{\circ}$ , конец—около  $200^{\circ}$ , уд. в. не ниже 0,76; он должен обладать мягким запахом, быть вполне нейтральным, прозрачным и бесцветным. Лаковый бензин часто называют также уайтспиритом (white spirit), или минеральным спиртом. Для той же цели в Германии применяется с а н г а й о л (Sangajol), получаемый из борнейской нефти. Хотя они и отличаются хорошей растворяющей способностью для масел, однако не могут вполне заменить скипидар, т. к. не обладают способностью поглощать кислород. К е р о с и н—продукт перегонки нефти с уд. в. 0,815—0,830,  $t^{\circ}_{кип.}$   $150-300^{\circ}$  и  $t^{\circ}$  вспышки не ниже  $28^{\circ}$ ; употребляется в лаковой промышленности как Р. для нек-рых асфальтовых (печных) лаков, для растворения олифы, чистки металлич. изделий и других целей.

**2. С к и п и д а р.** В технологии Р. применяется серный (живичный), древесный и пневый скипидар. Наилучшим считается серный скипидар, представляющий бесцветную или слабо желтоватую жидкость с приятным ароматическим запахом, уд. в. 0,86—0,87,  $t^{\circ}_{кип.}$  от  $152-155^{\circ}$  до  $175-180^{\circ}$ , причем до  $162^{\circ}$  должно отгоняться не менее 75%. Пневый скипидар окрашен более сильно, имеет более резкий запах, более высокий уд. в. и конечную

$t^{\circ}_{кип.}$  180—190°. Скипидар является важным Р. для масляных и других лаков, т. к. он обладает многими ценными свойствами: 1) способностью поглощать кислород из воздуха и т. о. способствовать скорейшему окислению высыхающих масел; 2) равномерной скоростью испарения; 3) хорошей растворяющей способностью для смол и масел; 4) приятным запахом и меньшей вредностью для здоровья сравнительно с другими углеводородами. Недостаток скипидара—его высокая цена. Скипидар смешивается со многими Р.—эфиром, хлоропроизводными углеводородов, сероуглеродом и т. д. (табл. 1) и с большинством жирных масел—во всех отношениях; с 96—98%-ным спиртом смешивается в отношениях 1 : 3 или 1 : 4; в воде нерастворим. Легко растворяет многие смолы: даммар, гарпиус, элечи, сплавы твердых копалов с маслом, металлич. соли жирных и смоляных кислот (линолеаты, резинаты), кумароновые смолы и др. Акароид и шеллак в скипидаре мало растворимы; асфальт и каучук растворяются труднее, чем в бензоле. Скипидар растворяет также воск, серу, фосфор и другие вещества. В виду высокой цены серного скипидара его часто фальсифицируют другими более дешевыми Р., поэтому он должен проверяться на уд. в.,  $t^{\circ}_{кип.}$ , показатель преломления и другие константы. Для замены скипидара предложено много Р., приближающихся к нему по свойствам. Остатки, получаемые из скипидара в производстве искусственной камфоры, употребляются под названием «регенерированного» или «освобожденного от камфоры» скипидара; этот продукт отличается более высокой  $t^{\circ}_{кип.}$  (160—185°) и меньшей летучестью; применяется как разбавитель для медленно высыхающих лаков. Технич. д и п е н т е н—фракция скипидара с уд. в. 0,85—0,86 и  $t^{\circ}_{кип.}$  165—180°—состоит гл. обр. из дипентена (см. Терпены); употребляется в производстве лаков. Г и д р о т е р п е н—смесь гидрированных терпенов, уд. вес 0,88 и  $t^{\circ}_{кип.}$  180—195°; несмотря на высокую  $t^{\circ}_{кип.}$  испаряется так же легко, как и скипидар. Из других заменителей скипидара применяются: д е п а н о л, удельный вес 0,898,  $t^{\circ}_{кип.}$  160—190°; п и н о л и н, получаемый при нагревании канифоли; к а м ф о р н о е м а с л о и др.

3. Бензол и другие ароматические углеводороды. В качестве растворителей применяются следующие: сырой бензол, состоящий из собственно бензола  $C_6H_6$ , толуола  $C_6H_5 \cdot CH_3$  и ксилола  $C_6H_4(CH_3)_2$ , и отдельные его фракции, сольвент-нафта I и II (или бензол для растворения I и II), тяжелый бензол и др. продукты. В зависимости от количества отгона (в объемных процентах при  $t^{\circ}$  до 100° различают 90%-, 50%-, и 0%-ный бензол. Состав, уд. вес и границы  $t^{\circ}_{кип.}$  продаж-

ных сортов бензола приведены в табл. 4 [3]. Чистый бензол—бесцветная, легкоподвижная жидкость с приятным ароматическим запахом,  $t^{\circ}_{кип.}$  80,5° и  $t^{\circ}$  вспышки —8°; рыночный продукт содержит обычно 0,2—1%  $CS_2$  и тиофена. Бензол смешивается с большинством остальных Р., почти нерастворим в воде, хорошо растворяет жиры, масла, смолы (канифоль, даммар, мастикс, элечи, плавильные копалы, янтарь), каучук, гуттаперчу, воск, камфору и др. органич. вещества. Бензол имеет ряд недостатков: он очень огнеопасен, пары его с воздухом взрывчаты и заметно ядовиты, запах более интенсивный, чем у хорошо очищенного бензина. Скорость испарения бензола ниже, чем у одинаково кипящих с ним бензинов; зато вязкость масляных лаков с бензолом меньше, чем с бензином, и явления загрождения коллоидных растворов с ним происходят гораздо реже. Т о л у о л имеет более высокую  $t^{\circ}_{кип.}$  (110,7°) и менее вреден, чем бензол. Эти Р. находят в настоящее время широкое применение в качестве разбавителей для нитроцеллюлозных лаков. 90%-ный бензол для масляных лаков и красок испаряется слишком быстро, поэтому для них чаще применяют сольвент-нафту; последняя служит также для растворения каучука, для очистки антрацена и др. целей. Тяжелый бензол употребляется в тех случаях, где требуется медленное испарение.

4. Нафталин  $C_{10}H_8$ , кристаллич. вещество с  $t^{\circ}_{пл.}$  217—218°, летучее уже при обыкновенной  $t^{\circ}$ . Как Р. нафталин дешев, легко удаляется из растворов при помощи водяного пара (в воде нерастворим) и гораздо менее огнеопасен, чем бензин или сероуглерод. Поэтому он предложен для замены последних при экстракции жиров, получении воска и др., но гл. обр. он употребляется для получения из него тетралина и декалина. Т е т р а л и н (тетрагидронафталин, «тетра»)  $C_{10}H_{12}$  получается гидрированием нафталина под давлением в присутствии никелевого катализатора (при более полном гидрировании происходит присоединение водорода ко второму ядру и получается декалин—см. ниже). Тетралин—бесцветная, маслянистая, своеобразно пахнущая жидкость с  $t^{\circ}_{кип.}$  205—210°. Неогнеопасен и неядовит. Смешивается с обычными Р. во всех отношениях, однако для многих целей в смеси с ним могут применяться только Р. с  $t^{\circ}_{кип.}$  близкой к 200°. По своим свойствам тетралин является Р., близким к бензолным углеводородам, тогда как декалин в этом отношении приближается к бензину. Он обладает высокой растворяющей способностью для жиров, масел (растворяет даже линоксин), смол и др. веществ, в виду чего приготовленные из тетралина краски или лаки должны употребляться с известной осторожностью.

Табл. 4.—Состав продажных сортов бензола в % (по Крамер'у и Spilker'у) [3].

Продажные сорта	$D_{15}^{15}$	Границы кипения				Бензол	Толуол	Ксилол	Кумол	Нафталиновое масло
		до	об. %	до	об. %					
Бензол (90%-ный) . . .	0,880—0,883	100°	90	120°	100	84	13	3	—	—
» (50%-ный) . . .	0,875—0,877	100°	50	120°	90	43	43	11	—	—
» . . .	0,870—0,872	100°	0	1 0°	90	15	75	10	—	—
Сольвент-нафта I . . .	0,870—0,880	130°	0	160°	90	—	5	70	25	—
» II . . .	0,880—0,910	145°	0	175°	90	—	—	35	60	5
Тяжелый бензол . . .	0,920—0,945	130°	0	195°	90	—	—	5	80	15

стью, т. к. они способны растворять или размягчать ранее наложенные грунты. Подобно скипидару, но в меньшей степени, тетралин поглощает из воздуха кислород и при этом темнеет; поэтому он не пригоден для белых красок и светлых лаков. Он употребляется гл. обр. для изготовления сапожных кремов, для растворения каучука, смол и восков, для замены скипидара, для абсорбции жидкостей из газов, для экстрагирования, кристаллизации, промывки типографского шрифта и т. п. целей. Д е к а л и н (декагидронафталин, «дека»)  $C_{10}H_{18}$ , жидкость, отличающаяся от тетралина более мягким запахом, напоминающим камфору. Имеет ряд преимуществ перед тетралином: не изменяется в цвете, быстрее испаряется и приближается по растворяющей способности к обычным Р.; поэтому применяется в значительно больших количествах, чем тетралин, для тех же самых целей.

II. Х л о р о п р о и з в о д н ы е у г л е в о д о р о д о в. К этой группе Р. принадлежат 1) хлоропроизводные метана (хлористый метилен, хлороформ, четыреххлористый углерод); 2) хлоропроизводные ацетилена (ацетилентетрахлорид, трихлорэтилен, дихлорэтилен, пентахлорэтан, перхлорэтилен, гексахлорэтан); 3) хлоропроизводные ароматич. углеводородов (моно- и дихлорбензолы, хлортолуол и др.).

1. Х л о р о п р о и з в о д н ы е м е т а н а. Х л о р и с т ы й м е т и л е н (дихлорметан)  $CH_2Cl_2$  получается восстановлением хлороформа с помощью цинка и HCl. Бесцветная жидкость с  $t^{\circ}_{кип.}$  40—42°, по свойствам очень похожая на хлороформ. Отличный Р. для жиров и смол, легко удаляем из растворов и совершенно не горюч. Употребляется для очистки металлич. изделий и как добавка к другим Р. для увеличения скорости растворения. Х л о р о ф о р м (трихлорметан)  $CHCl_3$ , бесцветная, легкоподвижная, своеобразно пахнущая, сладковатая на вкус жидкость с  $t^{\circ}_{кип.}$  61—62°. Обладает наркотич. свойствами, под влиянием света и воздуха частично разлагается с образованием ядовитого фосгена. Легко смешивается со спиртом, эфиром и другими Р. Часто применяется в лабораторной практике как Р. для жиров, масел, смол и различных органич. соединений (табл. 1), в технике—гл. обр. для экстракции эфирных масел, для растворения каучука и гуттаперчи. Ч е т ы р е х х л о р и с т ы й у г л е р о д (тетрахлорметан, или «тетра»)  $CCl_4$  получается при нагревании сероуглерода с хлористой серой или при действии хлора на  $CS_2$ . Технич. продукт содержит незначительное количество примесей  $CS_2$  и органич. соединений. Бесцветная, легколетучая жидкость с запахом, напоминающим хлороформ;  $t^{\circ}_{кип.}$  76—77°. Пары  $CCl_4$  очень трудно воспламеняются, не взрывают в смеси с воздухом и менее вредны для здоровья, чем пары хлороформа. Все эти свойства дают  $CCl_4$  преимущество перед сероуглеродом, хлороформом и бензином, благодаря чему применение последних для многих целей значительно сократилось. Наряду с этим  $CCl_4$  имеет след. недостатки: 1) интенсивный запах, 2) очень большую скорость испарения, 3) склонность к реагированию со смолами и жирными кислотами, что является причиной изменения приготовленных на нем лаков (помутнение, белые налеты), 4) разрушающее действие на аппаратуру, в виду чего ее приходится лудить

или покрывать свинцом, 5) способность паров  $CCl_4$  образовывать фосген при соприкосновении с горячими металлическ. поверхностями (в присутствии воздуха) и 6) более высокая цена.  $CCl_4$ —очень хороший Р. для жиров и масел, не уступающий бензину и сероуглероду. Он растворяет также ряд смол (табл. 1), причем растворимость их значительно увеличивается при нагревании или добавке спирта и скипидара (напр. сандалак и бензоэ в чистом  $CCl_4$  растворимы очень мало, но легко растворяются при добавлении 10—20% спирта).  $CCl_4$  часто употребляется в прачечных для промывки шерсти и приготовления мыл из сульфированных масел.

2. Х л о р о п р о и з в о д н ы е а ц е т и л е н а за исключением гексахлорэтана представляя жидкости с уд. весом 1,27—1,7 и  $t^{\circ}_{кип.}$  55—159°, вполне безопасные в пожарном отношении (негорючи или трудно воспламеняются), что позволяет пользоваться ими для замены бензина, бензола, сероуглерода, эфира, отчасти спирта и ацетона. Они являются хорошими Р. для целого ряда органич. и неорганических соединений: жиров и масел, воска, каучука, смол (даммар, бензоэ, кумароновые смолы), олифы, асфальта, ацетиленцеллолозы, алкалоидов, серы и ее соединений и многих других веществ. Эти Р. легко удалимы из растворов с водяным паром и при *рекуперации* (см.) конденсируются под водой, в виду чего потери их по сравнению с легколетучими Р. ничтожны. Применяются для самых разнообразных целей. Наиболее важны в техническом отношении три- и дихлорэтилен и тетрахлорэтан. А ц е т и л е н т е т р а х л о р и д (тетрахлорэтан)  $CHCl_2 \cdot CHCl_2$  получается при действии хлора на ацетилен в присутствии катализаторов ( $SbCl_5$ ) или индифферентных веществ (песок, кизельгур и др.); при прямом смешивании газов легко происходят взрывы. Жидкость с тяжелым, специфич. запахом,  $t^{\circ}_{кип.}$  144—147°. Отличный Р. для ацетиленцеллолозы и ряда самых разнообразных органич. веществ; применяется в производстве химич. фармацевтич. препаратов для их растворения и кристаллизации. Хорошо растворяет фосфор, под, бром, хлор и в особенности серу, с к-рой смешивается при нагревании в любых отношениях, в то время как при комнатной  $t^{\circ}$  растворяет только около 1% серы. Прекрасно растворяет смолы и употребляется для удаления старых красок, лаков, масел и т. д., для очистки котлов и др. целей. Широкому применению этого Р. препятствуют: 1) большая ядовитость паров, 2) способность действовать в присутствии воды на металлы (Fe, Zn, Al) с отщеплением HCl, 3) неустойчивость по отношению к щелочам. В промышленности ацетилентетрахлорид имеет важное значение как основной материал для получения др. хлор-ацетиленовых Р. Т р и х л о р э т и л е н («три»)  $CCl_2 : CHCl$  получается при кипячении тетрахлорэтана с  $Ca(OH)_2$  в течение 2 час. или при пропускании  $CHCl_2 \cdot CHCl_2$  через нагретую до 300° медную трубку, наполненную безводными  $CaCl_2$  или  $BaCl_2$ . Бесцветная, слегка сладковатого вкуса, с запахом, напоминающим запах хлороформа, жидкость с  $t^{\circ}_{кип.}$  85—87°; почти совершенно не растворяется в воде, устойчива по отношению к разбавленным щелочам, не действует на металлы, негорюча и отличается очень большой растворяющей способностью. Благодаря этому она находит ши-

рокое применение в промышленности, особенно для экстракции масел, костей, кожи, рыбных остатков, смолы (канифоли и др.) и т. п. веществ, вместо бензина и других огнеопасных и взрывчатых Р. Трихлорэтилен применяется также для чистки различных органич. соединений, для химич. чистки и мытья тканей, для очистки металлов, сукна и др. материалов от масла и т. д. Необходимо отметить, что соевая мука, получаемая из соевых бобов, экстрагированных трихлорэтиленом, непригодна для корма скота, т. к. вызывает заболевание. *Симм.-д и х л о р э т и л е н*, ацетилдихлорид («ди»)  $\text{CHCl} : \text{CHCl}$  получается при нагревании тетрахлорэтана в присутствии воды и цинковой пыли или обработкой  $\text{CHCl}_2 \cdot \text{CHCl}_2$  водяным паром в присутствии катализатора (железо). Бесцветная, приятно-эфирного запаха жидкость с  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  52—55°. Нерастворима в воде, но легко растворяется в спирте, эфире и других Р. По свойствам и растворяющей способности дихлорэтилен близок к трихлорэтилену; особенно хорошо он растворяет каучук. Горячие пары его способны воспламеняться, но горят холодным, легко потухающим пламенем. Как Р.—служит для замены этилового эфира. Пентаклорэтан и  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}_2$  получается пропусканием хлора в трихлорэтилен. Отличается слабым запахом и высокой  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  (159°). По свойствам очень близок к тетрахлорэтану. Находит широкое применение для обезжиривания металлич. изделий и как добавка к Р. каучука. Перхлорэтилен, тетрахлорэтилен  $\text{CCl}_2 : \text{CCl}_2$  получается из пентахлорэтана путем обработки его  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . По свойствам очень напоминает трихлорэтилен, но имеет более высокую  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  (119°), менее летуч, обладает более слабым запахом и наименее вреден из Р. этой группы. Применяется для химич. чистки, для растворения мыл и других целей. Гексахлорэтан  $\text{CCl}_3 \cdot \text{CCl}_3$  получается при подном хлорировании тетрахлорэтана в присутствии  $\text{AlCl}_3$  как катализатора. Твердое тело с запахом камфоры сублимируется без плавления при 185°. Применяется вместо камфоры в производстве целлюлоида.

3. Хлоропроизводные ароматич. углеводородов. Хлорбензол  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$  и дихлорбензол  $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$  (смесь *o*- и *p*-изомеров в отношении ~75:25). Хлорбензол получается при прямом хлорировании бензола в присутствии  $\text{Fe}$  или  $\text{FeCl}_3$  как катализатора; представляет жидкость с  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  132°. Дихлорбензол получается при дальнейшем хлорировании бензола, также в виде жидкости с  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  175°. Оба вещества являются хорошими Р. для смол; так напр., в монохлорбензоле растворимы полностью: галипот, даммар, мастикс, канифоль и смолянокислые соли; отчасти растворимы плавильный манильский копал и элеме. При небольшой прибавке спирта растворяются в обоих Р.: бензоле, желтый акароид, шеллак, сандарак и манильский копал. В производстве лаков эти Р. находят ограниченное применение в виду вредного действия паров, образования матовых пленок и др. недостатков. Дихлорбензол очень хорошо растворяет серу и применяется для извлечения ее из газоочистительных смесей и т. п.

III. Спирты. К этой группе Р. относятся предельные одноатомные спирты (метиловый, этиловый, пропиловый, бутиловый, амиловый), двуатомные спирты (гликоли и их про-

изводные), циклич. спирты (циклогексанол, метилциклогексанол) и ароматические (бензиловый спирт). Все эти Р. представляют собой жидкости с  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  от 66° (метиловый спирт) до 205° (бензиловый спирт); уд. в. их изменяется в пределах 0,78—1,05 и выше; низшие спирты растворяются в воде в любых отношениях, высшие почти нерастворимы. Спирты—хорошие Р. для различных смол; многие из них не растворяют эфиров целлюлозы и употребляются в качестве разбавителей при получении целлюлозных лаков и в качестве исходных материалов для получения Р. группы сложных эфиров.

1. Одноатомные спирты. Древесный спирт получается при сухой перегонке дерева; он состоит гл. обр. из метилового спирта и ацетона с примесью высших кетонов и эфиров. Обладает лучшей растворяющей способностью для смол и различных веществ, чем чистый метиловый спирт (метанол), однако в виду неустойчивости состава и свойств не имеет широкого применения. Употребляется гл. обр. при фабрикации цветных лаков. Метиловый спирт (метанол)  $\text{CH}_3 \cdot \text{OH}$  получается из сырого дрезенского спирта после промывки его водой и перегонки сначала с известью, а затем с 0,1—0,2%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Фракция с  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  64—66° представляет технически чистый спирт. В настоящее время очень чистый и дешевый метанол получается синтетически из окиси углерода и водорода (см. *Метиловый алкоголь*). Бесцветная, слабо пахнущая жидкость, с  $t^{\circ}$  вспышки 10 ÷ 12°, смешивается с водой, спиртами, эфирами, хлороформом и другими хлоропроизводными углеводородов во всех отношениях. По растворяющей способности  $\text{CH}_3 \cdot \text{OH}$  близок к этиловому спирту; недостатком его является значительная ядовитость. Употребляется для растворения азотистых нитратов целлюлозы, смол, для приготовления политул, в парфюмерии и для разных других целей. Этиловый спирт винный, обыкновенный спирт  $\text{C}_2\text{H}_5 \cdot \text{OH}$ —бесцветная, легкоподвижная, слабо пахнущая жидкость с  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  78°. Как Р., в технике употребляется гл. обр. 95—96%-ный спирт, обычно денатурированный. Спирт крепостью ниже 90° непригоден для лаков, т. к. вызывает помутнение и побеление пленок. Денатурация пиридином недопустима для лаков из эфиров целлюлозы, т. к. вызывает сильное падение вязкости растворов. Растворяющая способность часто зависит от крепости спирта; напр. жиры и масла, за исключением касторового, растворяются только в абсолютном и высокопроцентном спирте (в 95%-ном мало). Спирт является главным Р. при изготовлении спиртовых лаков, так как растворяет многие смолы (табл. 1). Альдегиднофенольные смолы растворяются в спирте различно, например идитол полностью, другие—отчасти, кумароновые смолы большей частью почти нерастворимы. Спирт употребляется для увлажнения нитроцеллюлозы и в качестве разбавителя при приготовлении из нее лаков, а также (в смеси с этиловым эфиром) для растворения нитроцеллюлозы в производстве искусственного нитрошелла; в парфюмерии спирт служит для приготовления духов, мыл и т. п.; в фармацевтич. промышленности для получения коллодия, растительных экстрактов и различных лечебных препаратов. Пропиловый спирт  $\text{C}_3\text{H}_7 \cdot \text{OH}$ . В качестве Р. находит применение гл. обр. изопрс-

пиловый спирт, жидкость приятного запаха с  $t^{\circ}_{\text{кип.}}$  82—83°. Растворяет эфирные масла, воск (в горячем состоянии) и смолы, как этиловый спирт. Б у т и л о в ы й с п и р т, бутанол,  $C_4H_9.OH$ . Из четырех его изомеров употребляется гл. обр. нормальный бутанол, получаемый путем брожения из зерновых материалов или синтетически из ацетилена или как побочный продукт при добычании синтетич. метилового спирта. Изобутиловый спирт получается из сивушного масла. Технич. Р. должен быть бесцветным, прозрачным, нейтральным, с уд. в. 0,81—0,82; при перегонке между 95—120° должен давать не менее 95% дистилята. Он хорошо растворяет многие смолы (табл. 1), часто применяется вместо амилового спирта, напр. в качестве разбавителя для нитроцеллюлозных лаков, уменьшая склонность их к побелению, улучшая кроющие свойства и сообщая пленке гладкость и блеск. И з о а м и л о в ы й с п и р т  $(CH_3)_2CH.CN_2.C_2H_5.OH$  получается из сивушного масла. Технич. продукт д. б. бесцветным, нейтральным и иметь уд. в. 0,815—0,819, границы кипения 100—140° или 128—132° (при двойной очистке). Он легко смешивается с другими Р., в воде растворяется в отношении 2,5 : 100, является ценным Р. для многих смол (табл. 1). Растворяет жиры, масла, жирные кислоты, каучук и пр. Ядовит.

2. Д в у а т о м н ы е с п и р т ы. Некоторые производные гликолей (этиленгликоля, пропиленгликоля и др.) получили в настоящее время широкое применение как Р. Сюда относятся простые эфиры гликоля—метилэтиленгликоль  $ОНСН_2.CN_2.O.CN_2$  и этилэтиленгликоль  $ОНСН_2.CN_2.O.C_2H_5$ —бесцветные, нейтральные, легкоподвижные жидкости, почти не имеющие запаха и смешивающиеся с водой во всех отношениях. Хорошие Р. для нитроцеллюлозы; допускают большое разбавление раствором нерастворителями—спиртом, толуолом, бензином и даже водой. Растворы имеют значительную вязкость и малую скорость испарения. Метилгликоль дает беловатую пленку с большой кроющей способностью, тогда как этилгликоль даже с большим количеством разбавителей дает гладкую и прозрачную пленку, имеющую слабый запах, хороший блеск, прочность, способность хорошо полироваться. Эти Р. растворяют также смолы (манильский копал, элери, искусственные смолы) и красители (нигрозин, литольевый прочный алый). Очень хорошими Р. для цаноновых лаков являются также производные (эфиры) пропиленгликоля и бутиленгликоля.

3. Ц и к л и ч е с к и е с п и р т ы. Циклогексано́л, гексагидрофено́л (гексалин, ано́л),  $H_2C \begin{matrix} \diagup CH_2-CH_2 \\ \diagdown CH_2-CH_2 \end{matrix} SNOH$  получается при гидрировании фенола водородом в присутствии катализаторов (Ni или сплавов Ni с другими металлами); своеобразно пахнущая, довольно вязкая и мало растворимая в воде жидкость с  $t^{\circ}_{\text{кип.}}$  155—165° (технич. продукт). М е т и л ц и к л о г е к с а н о л, гексагидрокрезол (метилгексалин, гептали́н, метиланол), смесь трех изомеров, получаемых при гидрировании крезолов; жидкость со слабым запахом, напоминающим амиловый спирт,  $t^{\circ}_{\text{кип.}}$  160—180° (технич. продукт) и  $t^{\circ}$  вспышки 68°. Оба Р. обладают очень большой растворяющей способностью для многих веществ (особенно в смеси с другими Р.) и имеют важное технич. значе-

ние. Они растворяют сырой и вулканизованный каучук и ацетилцеллюлозу; с нитроцеллюлозой служат для получения пластич. масс, с лаками—для приготовления водонепроницаемых тканей. Растворяют жиры, масла, смолы, воски и потому применяются в производстве сапозных кремов, политуры для дерева и кожи, для чистки металлов и изготовления жидких сикативов. С мылом дают прозрачные растворы и эмульгируют жиры, масла, смолы и т. п. вещества, благодаря чему находят широкое применение для мытья шерсти и войлока, для выводки пятен и т. д.

IV. С л о ж н ы е э ф и р ы. К этой группе Р. относятся эфиры муравьиной к-ты (формиа́ты), уксусной (ацетаты), пропионовой (пропиона́ты), масляной (бутираты), угольной (карбонаты), молочной (лактаты), шавелевой (оксалаты) и других к-т. Эта группа Р. представляет собой жидкости с приятными эфирными запахами, б. ч. нерастворимые в воде, с  $t^{\circ}_{\text{кип.}}$  от 31° (метилформиа́т) до 195° (метилгексил-ацетат) и выше. Это одна из наиболее важных групп Р., применяемых в большом количестве для получения нитроцеллюлозных, ацетилцеллюлозных и др. лаков. Они хорошо растворяют также жиры, масла, смолы и многие органич. соединения.

Э ф и р ы м у р а в ь и н о й к и с л о т ы. Метилформиа́т  $HCOOCH_3$ , этилформиа́т  $HCOOC_2H_5$  и и з о а м и л ф о р м и а т  $HCOOC_3H_7$  употребляются как Р. для ацетилцеллюлозы. Метилформиа́т—один из наиболее низкокипящих ( $t^{\circ}_{\text{кип.}}$  31—32°) и огнеопасных Р. ( $t^{\circ}$  вспышки ниже -20°); применяется для изготовления склеивающих составов. Два последних эфира по своим свойствам и растворяющей способности сходны с этилацетатом и амилацетатом.

Э ф и р ы у к с у с н о й к - т ы. К ним принадлежит очень много Р., играющих большую роль в промышленности. Метилацетат  $CH_3.COOCH_3$ —бесцветная, нейтральная жидкость, с  $t^{\circ}_{\text{кип.}}$  56—58° и  $t^{\circ}$  вспышки от -13 до -16°; очень огнеопасен; хорошо растворяет эфиры целлюлозы. Употребляется для замены более дорогого ацетона, с к-рым имеет одинаковую скорость испарения, в целлюлоидном производстве, для приготовления замазоч и клея, в кожевенном производстве для размягчения целлюлоидных носков для обуви и т. д. Применяемый в Германии Р. марки «E13»—смесь метилацетата с метилов. спиртом. Э т и л а ц е т а т, уксусный эфир,  $CH_3.COOC_2H_5$ —летучая жидкость с приятным запахом; он смешивается во всех отношениях со спиртами, эфирами, эфирными и жирными маслами. В 17 ч. воды растворяется 1 ч. эфира и в 28 ч. эфира—1 ч. воды;  $t^{\circ}_{\text{кип.}}$  технич. продукта 77—82°. В отношении растворимости смол близок к амилацетату. Важный и широко применяемый Р. для эфиров целлюлозы, в частности для нитроцеллюлозы; употребляется также в производстве целлюлоида, для замазоч и клея, при фабрикации взрывчатых веществ, для удаления пятен и многих других целей. Воск, парафин и церезин растворяются в этилацетате довольно хорошо; каучук в нем сначала сильно набухает, затем растворяется. Б у т и л а ц е т а т  $CH_3.COOC_4H_9$ —жидкость с более мягким запахом, чем амилацетат. Различают 2 продажных сорта: 98—100%-ный, к-рый перегоняется между 110—128°, и 85%-ный, перегоняющийся между 110—

132°. Важный Р. для лаконовых лаков; в настоящее время часто применяется вместо амилацетата, т. к. дешевле и мало уступает последнему по техническим свойствам. Амил-ацетат, изоамилацетат,  $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{COOC}_2\text{H}_5$  — жидкость с приятным сладковатым запахом. Технический продукт содержит примесь других эфиров и не вошедшего в реакцию спирта. Он д. б. бесцветным, прозрачным, нейтральным, содержать амилацетата не менее 90%, иметь уд. в. 0,86—0,875,  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  100—150° (более чистый 125—145°), смешиваться с бензолом или толуолом во всех отношениях. Является одним из важнейших Р. для нитроцеллюлозных лаков, т. к. обладает большой растворяющей способностью, незначительной гигроскопичностью и другими ценными свойствами. Часто прибавляется к спиртовым лакам. Растворяет жиры, масла, жирные к-ты, многие смолы, в том числе копалы и янтарь, каучук, асфальт, пеки, воск, парафин, церезин и пр. Метилглицольацетат  $\text{CH}_3\text{COO}\cdot\text{C}_2\text{H}_4\cdot\text{C}_2\text{H}_5$  и этилглицольацетат  $\text{CH}_3\text{COO}\cdot\text{C}_2\text{H}_4\cdot\text{C}_2\text{H}_5$  — бесцветные, нейтральные жидкости с очень слабым запахом. Первый смешивается с водой во всех отношениях, второй — отчасти; оба допускают очень большое разбавление различными нерастворителями, особенно спиртом; выдающиеся Р. для нитроцеллюлозы, обладающие теми же преимуществами, что и этилэтиленгликоль. Циклогексилацетат, адрилолацетат, гексилацетат,  $\text{CH}_3\text{COOC}_6\text{H}_{11}$  и метилциклогексилацетат  $\text{CH}_3\text{COO}\cdot\text{C}_6\text{H}_{10}$  —  $\text{CH}_3$  по запаху и свойствам подобны амилацетату. Свободные от воды не разлагаются при стоянии. Растворяющая способность их больше, чем амилацетата, но скорость испарения меньше. Дают стойкую, твердую и прозрачную пленку даже при сильном разбавлении. Хорошо растворяют смолы, каучук и красители.

Этилпропионат (норм.), уд. в. 0,89—0,90,  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  ~ 100°, этилбутират (норм.), уд. веса 0,90,  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  ~ 120°, пропилопропионат (норм., норм.), уд. веса 0,88,  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  122° и пропилбутират (норм., норм.), уд. веса 0,875,  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  140—145° — жидкости с фруктовым запахом; по своим свойствам приближаются к этил- и амилацетату и употребляются иногда вместо последних при получении нитроцеллюлозных лаков.

Этиллактат, солактол,  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOC}_2\text{H}_5$  — жидкость приятного запаха с  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  150—160° (технич. продукт). Допускает значительную прибавку углеводов и др. разбавителей, отличается выдающейся растворяющей способностью для нитроцеллюлозы, хорошо растворяет также многие смолы (некоторые копалы, сандарак, канифоль), в виду чего употребление его все более возрастает, особенно в смесях с другими Р.; растворяющая способность по отношению к маслам ограничена.

Диэтилкарбонат, диатол,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}\cdot\text{CO}\cdot\text{O}\cdot\text{C}_2\text{H}_5$  — жидкость с  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  120—130°; смешивается с обычными Р. во всех отношениях, в воде растворяется очень мало. Само по себе это вещество не является Р. для нитроцеллюлозы, но в смеси с другими Р. растворяет не только нитроцеллюлозу, но и смолы и высыхающие масла. Употребительный растворитель в США.

Диэтилоксалат  $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}\cdot\text{CO}\cdot\text{CO}\cdot\text{OC}_2\text{H}_5$  — жидкость со слабым запахом и  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  ~ 185°.

Очень хороший растворитель для нитроцеллюлозы; смолы растворит недостаточно хорошо. Употребляется сравнительно редко, т. к. дает мало блестящую лаковую пленку.

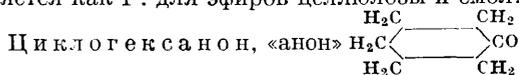
V. Кетоны. К этой группе Р. принадлежат: ацетон, ацетоновое масло, метилэтилкетон, диацетоновый спирт, окись мезитила, циклогексанон и др. Они являются хорошими Р. для эфиров целлюлозы, растворяют смолы, жиры и др. вещества.

Ацетон  $\text{CH}_3\text{CO}\cdot\text{CH}_3$  как Р. должен удовлетворять следующим требованиям: быть бесцветным и прозрачным, содержать 92—95% ацетона, иметь уд. в.  $D^{20}_4 = 0,797—0,800$ , до 58° давать 80—85% отгона, а до 60° 90—95%, не давать нелетучего остатка при испарении, при разбавлении водой он должен оставаться прозрачным и показывать нейтральную реакцию. Ацетон — очень летучая и огнеопасная жидкость, смешивающаяся в любых отношениях с водой и другими Р. Отлично растворяет смолы, жиры, эфирные масла, целлюлоид, нитроцеллюлозу и некоторые сорта ацетилцеллюлозы. Употребляется как Р. при получении нитроцеллюлозных и др. лаков, в производстве бездымного пороха, для получения клея и различных штампованных изделий из целлюлоида, для экстрагирования и растворения жиров, масел, смол и пр. Вследствие большой скорости испарения употребляется для лаков, наносимых на предметы путем погружения, и как добавка к другим Р.

Ацетоновое масло — остаток, получаемый при перегонке сырого ацетона; его обычно делят на две фракции: 1) белое ацетоновое масло с  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  от 60—70° до 120° и 2) желтое или тяжелое с  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  от 120° до 200—250°. Первое состоит гл. обр. из метилэтилкетона  $\text{CH}_3\text{CO}\cdot\text{C}_2\text{H}_5$ , к-рый иногда выделяют из масла и употребляют как самостоятельный Р. Растворяющая способность белого масла часто больше, чем у ацетона; недостатки его — более резкий запах, непостоянство состава и свойств и меньшая скорость испарения. Употребляется для лаков. Тяжелое масло применяется как Р. при очистке антрацена.

Диацетоновый спирт, пирантон,  $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OH})\cdot\text{CH}_2\text{CO}\cdot\text{CH}_3$  получается конденсацией двух молекул ацетона при помощи  $\text{NaOH}$ . Технич. продукт содержит ацетон и представляет жидкость с  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  150—165°, смешивающуюся с водой и другими Р. во всех отношениях. Хороший Р. для эфиров целлюлозы; пригоден для замены амилацетата, особенно в тех случаях, где требуется медленное испарение. Употребителен в США.

Окись мезитила  $\text{CH}_3\text{CO}\cdot\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)_2$  получается из диацетонового спирта при перегонке его с небольшим количеством серной к-ты. Бесцветная, легкоподвижная, с сильным своеобразным запахом жидкость, уд. в.  $D^{20}_4 = 0,848$  и  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  130°. В воде не растворяется, смешивается со спиртом и эфиром. Применяется как Р. для эфиров целлюлозы и смол.



и метилциклогексанон (метиланон), бесцветные, почти нерастворимые в воде жидкости, по запаху напоминающие ацетон. Технич. продукты отличаются большой чистотой, высокой растворяющей способностью для нитро- и ацетилцеллюлозы, допускают сильное разбавление нерастворителями и хорошо рас-

Табл. 5. — Характеристики важнейших растворителей.

Название растворителя	$D_4^{20}$	$t^{\circ}$ кип.	Показатель преломления	$t^{\circ}$ вспышки	Число омыления или ацетильное
<b>Углеводороды</b>					
Бензин легкий	0,68—0,72	<100	1,38—1,41	<0	
» тяжелый	0,72—0,75	<100—150 (170)	1,40—1,42	до 20	
» лаковый	0,76—0,82	140—200	1,42—1,44	>21	
Бензол чистый	0,8735	80—81	1,5015	-8	
» 90%-ный	0,880—0,883 <sub>15</sub>	80—120	~1,500	-6+-8	
» 50%-ный	0,875—0,877 <sub>15</sub>	до 100° (90%) до 120° (93%) до 100° (53%)	~1,500	-5+-8	
Толуол очищенный	0,865	100—120	~1,493	~5	
Ксилол	0,861	120—145	~1,496	~12	
Бензол для растворения I	0,87—0,88 <sub>15</sub>	120—160	1,495—1,520	22—28	
» » II	0,88—0,91 <sub>15</sub>	135—180	1,495—1,520	25—32	
» тяжелый	0,915—0,940	160—200	1,52—1,53	>38	
Декалин	0,900—0,915	185—195	~1,505	~78	
Тетралин	0,975—0,977	205—210	~1,545	~80	
Скипидар серный	0,855—0,872	152—175	1,470—1,475	~30—35	
» пневый	0,86—0,88	160—190	1,465—1,481	~40—45	
Дипентен	0,85—0,86	165—180	~1,485	~50	
Гидротерпин	~0,88	180—195	~1,473	>35	
<b>Хлоропроизводные углеводородов</b>					
Метилен хлористый	~1,326	40—42	~1,431		
Хлороформ	~1,516	61—62	1,446—1,447		
Четыреххлористый углерод	~1,591	76—77	1,460—1,461		
Тетрахлорэтан	~1,590	~145	1,501—1,502		
Трихлорэтилен	~1,461	~86	~1,481		
Дихлорэтилен	~1,268	~55	~1,473	17	
Перхлорэтилен	~1,618	~119	1,505—1,503		
Пентахлорэтан	~1,675	~159	1,502—1,503		
Монохлорбензол	~1,106	~132	1,526—1,527	~28	
Хлортолуол	~1,07	155—165	~1,52		
<b>Спирты</b>					
Метиловый спирт абсолютный	0,7911	66	1,3305	~10	1 750
» 95%-ный	0,8051	66—70		~12	1 660
Этиловый спирт абсолютный	0,7894	78	1,3623	~12	1 215
» 95%-ный	0,8042	78—80		~14	1 155
Пропиловый спирт нормальный	0,8023	97—98	1,386	~22	935
» (изо-)	0,784	82—83	1,381	~12	935
Бутиловый спирт нормальный	0,810—0,815	107—120	1,395—1,400	~35	750
» (изо-)	~0,815	~110	~1,396	~30	750
Амиловый спирт (изо-) чистый	0,8104	130—132	1,4078	~44	638
» очищенный	~0,81	~100—140	~1,40—1,42	~40	~600—640
Глицоль	~1,1	~190—200	~1,427	~115	1 800
Метилглицоль	~0,970	~115—130	~1,403	~36	935
Этилглицоль	~0,932	~123—128	~1,406	~40	755
Гексалин	~0,949	~155—165	~1,468	~60	560
Метилгексалин	~0,942	~160—180	~1,464	~68	540
<b>Эфиры</b>					
Метилформиат	~0,974	31—32	~1,340	< -20°	935
Этилформиат	~0,918	~55	~1,360	~ -20°	750
Метилацетат	~0,932—0,935	53—58	~1,361	-13+-16	750
Этилацетат очищенный	0,87—0,88	77—82	~1,372	~5	600—640
Бутилформиат	0,871	~100			550
Амилформиат (изо-)	~0,878	~90—130	~1,395	~22	480
Пропилацетат нормальный	~0,89	~95—100	1,390	~16	550
» (изо-)	~0,87	85—95		~12	550
Бутилацетат норм. 98—100%-ный	0,879—0,882	~120—128	~1,391	~25	480
» 85%-ный	~0,871	~110—132	~1,392—1,394	~25	450—480
» (изо-)	~0,858	~105—120		~18	480
Амилацетат (изо-) чистый	0,8725	140	1,4038		432
» (изо-) технич.	~0,855—0,870	~100—150	1,385—1,415	~25	~400—450
Диэтилкарбонат	~0,975	~120—130		~30	950
Диметилосалат	~1,157	~163	~1,585		950
Диэтилосалат	~1,082	~185	~1,415		760
Метилглицоляцетат	~1,005	~140—150		~41	475
Этилглицоляцетат	~0,975	~150—160	~1,445	~47	425
Гексалинацетат	0,935—0,970	~165—175	~1,440	57—60	395
Метилгексалинацетат	~0,940	~175—185	~1,425	~65	360
Этиллактат	~1,02	~150—160	~1,40—1,41	~62	470
<b>Кетоны</b>					
Ацетон чистый	0,792	53	1,359		
» технич. чистый	0,79—0,80	~55—60	1,36—1,38	-20	
Этилметилкетон	~0,81	~70—81	1,38		
Анон	~0,917	~150—156	1,447	~44	
Метиланон	~0,924	~165—170		~45—50	
Пирантон	~0,930	~150—165	1,430	~45	
<b>Различные Р.</b>					
Этиловый эфир чистый	0,713	35	1,3535	-40	
» технич.	~0,715	34—36	1,354	< -25	
Сероуглерод	1,2634	~46	1,620	оч. огнеоп.	
Этиленхлоргидрин	1,20	~127	1,445		

творяют основные красители, что способствует также применению их для цветных лаков.

VI. Прочие Р. Сюда относятся Р., имеющие различный химический состав: 1) простые эфиры (этиловый эфир, амиловый эфир); 2) альдегиды (фурфурол, паральдегид, бензальдегид); 3) кислоты (уксусная, муравьиная, нафтеновые к-ты); 4) соединения, содержащие одновременно кислород и хлор (хлоргидрины, хлоропроизводные к-т); 5) соединения, содержащие азот (нитрометан, пиридин, анилин); 6) соединения, содержащие серу (сероуглерод, тиофен); 7) окись этилена и другие органические окиси.

Этиловый эфир, обыкновенный или «серный» эфир,  $C_2H_5 \cdot O \cdot C_2H_5$ —очень летучая, своеобразно пахнущая жидкость,  $t_{кип}^{\circ}$  35°. Смешивается со многими растворителями, в воде растворяется до 9% и сам растворяет до 2% воды. Хороший Р. для жиров, масел, жирных кислот и смол. Акароид и шеллак, асфальт, пеки и воск растворяет отчасти, фенольные смолы б. ч. трудно растворимы. Эфиры целлюлозы, смотря по роду их, растворяются полностью или совсем нерастворимы. Для лаков эфир применяется редко, т. к. очень летуч, крайне огнеопасен и вредно действует на организм. Применяется (в смеси со спиртом) в производстве бездымного пороха, искусственного шелка из нитроцеллюлозы, в медицине и для растворения смол.

Фурфурол—жидкость с  $t_{кип}^{\circ}$  161—162°; испаряется медленно и имеет неприятный запах; на воздухе окрашивается, темнеет и постепенно разлагается; хороший Р. для нитро- и ацетилцеллюлозных лаков, но в виду указанных недостатков употребляется гл. обр. для удаления старых лаков и красок.

Хлоргидрины. 1) Этиленхлорид  $CH_2Cl \cdot CH_2Cl$  получается при пропускании смеси этилена с  $CO_2$  через пористые пластины в охлажденный раствор хлорной извести. Жидкость с  $t_{кип}^{\circ}$  127°, хорошо растворяющая ацетилцеллюлозу, смолы, сикативы и другие вещества. 2) *а*-Дихлоргидрин  $ClCH_2 \cdot CH(OH) \cdot CH_2Cl$  и эпихлоргидрин  $CH_2 \cdot CH \cdot CH_2Cl$ . Первый получается из



глицерина при действии сухого газообразного  $HCl$  при пониженной  $t^{\circ}$  (или не слишком разбавленной соляной к-ты при нагревании) в присутствии уксусной к-ты как катализатора. Второй получается из первого при нагревании со щелочью. *а*-Дихлоргидрин—слегка желтоватая масляобразная жидкость, почти без запаха, с уд. в.  $D_{19}^{19}=1,367$  и  $t_{кип}^{\circ}$  174—176°; воспламеняется при обычных условиях трудно. Хороший Р. для твердых смол (каури растворяется уже при обыкновенной  $t^{\circ}$ ; также легко растворяются и копалы манильский, бразильский), для нитроцеллюлозы, целлюлоида и др.; применяется также для приготовления фотографич. лаков, замазок и т. д. Эпихлоргидрин—бесцветная, нерастворимая в воде жидкость, напоминающая по запаху хлороформ, с уд. в.  $D_{15}^{15}=1,191$  и  $t_{кип}^{\circ}$  117—119°; по свойствам и применению аналогичен предыдущему. Недостатком обоих Р. является склонность к отщеплению  $HCl$ .

Сероуглерод  $CS_2$ —бесцветная, очень летучая и крайне огнеопасная жидкость с  $t_{кип}^{\circ}$  46°. В воде  $CS_2$  растворим очень мало (<1%); самовоспламеняется при 149°. Технич.  $CS_2$  об-

ладает очень неприятным запахом. Пары его сильно ядовиты и дают с воздухом легко взрывающиеся смеси.  $CS_2$  является превосходным Р. для каучука, гуттаперчи и жиров; растворяет также смолы, воск, камфору, серу, фосфор, иод и другие вещества. Для лаков почти не применяется. Употребляется гл. обр. для экстракции жира из костей, для обезжиривания волокон, очистки сала, стеарина, парафина, воска. Характеристики важнейших Р. приведены в табл. 5 [4].

Лит.: 1) Taschenbuch für die Farben- u. Lackindustrie, hrsg. v. W. Wolff, W. Schlick u. H. Wagner, Stg., 1930; 2) Gardner H., Untersuchungsmethoden d. Lack- u. Farbenindustrie, 4 Aufl., B., 1929; 3) Scheiber J., Lacke u. ihre Rohstoffe, Lpz., 1926; 4) Seeligmann F. u. Zieck E., Handbuch d. Lack- u. Firnisindustrie, 4 Aufl., B., 1930; Дукельский М. П., Современные растворители, «ХСХП», 1924, М., т. 1, 2; «Ztschr. f. angew. Chemie», Lpz., 1928, p. 1262; 5) Вольф Г., Растворители жиров, масел, восков и смол, пер. с нем., М.—Л., 1932; Sproxtton F. B., Zelluloseester-Lacke, B., 1926; Noll A., Moderne Lösungsmittel, «Farbenztg», B., 1927, p. 1553; 1928, p. 1166; Fischer E., Neuere Lösungsmittel f. Harze u. Lacke usw., «Kunststoffe», Mch., 1916, 6, p. 209; Fischer E., Neuere Lösungsmittel, «Farbe u. Lack», Hannover, 1926, p. 137; Fischer E., Zur Kenntnis d. Löslichkeitsverhältnisse v. Lackbestandteilen, ibid., p. 350; Scheffele B., Lösungs- u. Verdünnungsmittel, «Farbenztg», 1927, p. 507; Bridgman J., «J. Eng. Chem.», 1928, v. 20, p. 184; Keyes B., ibid., 1925, p. 1120; Davidson J., ibid., 1926, v. 18, p. 669; Bergstrom F. W., Gilkey W. M. a. Lung P. E., Alkyl Amines as Solvents, ibid., 1932, v. 24, 1, p. 57; Wilson W., Paint, Oil, «Chemical Review», N. Y., 1928, 23; Durran T., Solvents, L., 1930. П. Черенин.

**РАСТВОРЫ.** Обыкновенным, или настоящим, Р. с термодинамической точки зрения (макроскопической) называется однородная (гомогенная) фаза переменного состава; число веществ, составляющих Р., равно или больше двух. С кинетической (микроскопической) точки зрения настоящие Р. являются молекулярно-дисперсными системами (см. Коллоиды); высоко- (но не молекулярно-) дисперсные системы называются коллоидными Р. В настоящих Р. размеры молекул веществ, составляющих Р., одного порядка и колеблются в пределах 0,1—1,5  $\mu$ . В зависимости от агрегатного состояния различают 1) газообразные, 2) жидкие и 3) твердые Р.

1. Газообразные Р. К этим системам термин «раствор» применяется не всегда, обычно их называют смесями газов (паров); газы мы имеем возможность изучать в предельном состоянии, называемом идеальным, и т. о. установить простые закономерности, лежащие в основе учения о газообразных Р. В теории таких Р. (смесей) исходят из определения, по которому свободная энергия смеси идеальных газов при данной  $t^{\circ}$  и объеме равна сумме свободных энергий компонентов смеси, взятых в объеме смеси при той же  $t^{\circ}$ . Из этого определения и ур-ия состояния идеальных газов

$$pv = RT,$$

вытекает, что при смешении двух идеальных газов свободная энергия их уменьшается, а энтропия увеличивается. Пусть дано 1-го газа  $n_1$  молей в объеме  $v_1$ , 2-го газа  $n_2$  молей в объеме  $v_2$ , при одинаковых давлении и  $t^{\circ}$ , и пусть их свободные энергии до смешения  $F_1$  и  $F_2$  (на моль); тогда сумма их свободных энергий до смешения

$$F = n_1 F_1 + n_2 F_2.$$

После смешения каждый газ будет занимать при прежнем давлении и той же  $t^{\circ}$  объем  $v_1 + v_2$ ; пусть их свободные энергии после

смешения  $F'_1$  и  $F'_2$ , тогда по определению смеси ее свободная энергия

$$F' = n_1 F'_1 + n_2 F'_2.$$

Можно показать, что разность

$$\Delta F = F - F' = -RT \left( n_1 \ln \frac{n_1}{n_1 + n_2} + n_2 \ln \frac{n_2}{n_1 + n_2} \right),$$

и следовательно  $F > F'$ . Отсюда возрастание энтропии в результате смешения

$$\Delta S = S - S' = R \left( n_1 \ln \frac{n_1}{n_1 + n_2} + n_2 \ln \frac{n_2}{n_1 + n_2} \right),$$

т. е.  $S < S'$ . Этот результат известен под названием теоремы или парадокса Гиббса; парадокс здесь в том, что возрастание энтропии при смешении газов не зависит от их природы, а определяется только числом молей. Теорема Гиббса играет видную роль в химич. термодинамике.

В случае реальных газов в ур-ие состояния входят величины, характеризующие природу каждого из них, напр. в ур-ии Ван-дер-Ваальса

$$\left( p + \frac{a}{v^2} \right) (v - b) = RT$$

такими величинами являются  $a$  и  $b$ . Ур-ие смеси (Р.) газов м. б. представлено тем же ур-ием

$$\left( p + \frac{a_x}{v^2} \right) (v - b_x) = RT,$$

но постоянные смеси  $a_x$  и  $b_x$  — функции концентрации  $x$  — не м. б. сведены к постоянным  $a$  и  $b$  отдельных газов; по Ван-дер-Ваальсу

$$a_x = a_1(1-x)^2 + 2a_{12}x(1-x) + a_2x^2,$$

где  $a_1$  и  $(1-x)$  — постоянная и концентрация первого газа,  $a_2$  и  $x$  — те же величины для второго газа; аналогичное уравнение имеет силу и для постоянной  $b_x$ . В ур-ие входит также новая постоянная  $a_{12}$ , характеризующая смесь (Р.) как таковую. Т. о. даже в простейшем случае (газы) свойства Р. не могут быть сведены к функции только свойств компонентов. Особенности смесей реальных газов скажутся в ряде их свойств, особенно в критич. области (см. *Критическое состояние*).

2. Жидкие Р., в которых по крайней мере один из компонентов — жидкость, являются Р. в узком смысле слова и могут быть разделены на следующие три группы: растворы газов, жидкостей и твердых веществ. Особо важным понятием здесь является понятие о насыщенности Р. Газы и твердые вещества как правило, а жидкости во многих случаях, не смешиваются с данной жидкостью во всех отношениях: имеется предел растворимости. Пусть имеется жидкость  $A$  и вещество  $B$ ; если вещество  $B$  в данных условиях тоже жидкость, то м. б. два случая:  $A$  и  $B$  смешиваются во всех отношениях (вода и спирт) или только частично (вода и эфир). Мы говорим о растворе  $B$  в  $A$ , если количество  $A$  значительно больше количества  $B$ , и о растворах  $A$  в  $B$  в обратном случае; если же количества  $A$  и  $B$  одного порядка, то говорят просто о их смесях. В случае частично смешивающихся жидкостей  $A$  и  $B$  имеются 2 предела растворимости:  $A$  в  $B$  и  $B$  в  $A$ ; между этими пределами лежит гетерогенная область равновесия 2 жидких слоев.

Р. называется насыщенной, если его концентрация при данной  $t^\circ$  не изменяется в присутствии излишка растворенного вещества, т. е. он находится в равновесии с другой фазой, газовой, жидкой или твердой. Р., содер-

жащие вещества  $B$  меньше, чем в состоянии насыщения, называются ненасыщенными. В ряде случаев Р. в отсутствии второй фазы (состоящей из вещества  $B$ ) могут содержать вещества  $B$  больше, чем в состоянии насыщения; такие Р. называются перенасыщенными; их состояние метастабильное, легко нарушаемое или самопроизвольно, или путем сотрясения, или путем прибавки кристалликов растворенного вещества.

Многие авторы в основу учения о Р. кладут их особое свойство — осмотическое давление — и, исходя из него, пытаются найти зависимости между ним и другими свойствами Р. Этот исторически важный путь в настоящее время д. б. оставлен, во-первых, потому, что осмотич. давление Р. проявляется только в искусственно создаваемых условиях неравновесных двухфазных систем и с трудом поддается точному количественному учету, и, во-вторых, потому, что этим путем мы не можем дать полной картины свойств Р.

Р. жидкостей в жидкостях. В основу эмпирического охвата области Р. следует положить закон Рауля и изучение Р. начинать с Р. жидкостей в жидкостях. Рассмотрим в качестве исходного общий случай двух летучих жидкостей  $A$  и  $B$ , смешивающихся во всех отношениях. Пусть в жидком Р. (жидкой фазе) первой жидкости  $n_1$ , второй —  $n_2$  молей, тогда молярная концентрация компонента  $A$  равна  $N_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$ , компонента  $B$  —

$N_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$ . Пусть упругость пара жидкости  $A$  при данной  $t^\circ$  равна  $p_1^0$ ; после растворения в ней  $n_2$  молей компонента  $B$  упругость пара первой жидкости понизится до  $p_1$ , тогда выражение  $\frac{p_1^0 - p_1}{p_1^0}$  даст т. н. относительное

понижение упругости пара первой жидкости. По найденному эмпирически закону Рауля это относительное понижение упругости пара в предельных (идеальных) условиях не зависит от природы компонентов  $A$  и  $B$ , но определяется числами их молей:

$$\frac{p_1^0 - p_1}{p_1^0} = \frac{n_2}{n_1 + n_2}, \quad (1)$$

откуда

$$\frac{p_1}{p_1^0} = \frac{n_1}{n_1 + n_2} = N_1;$$

следовательно

$$p_1 = N_1 p_1^0. \quad (1')$$

То же самое справедливо и для упругостей пара второго компонента, т. е.

$$p_2 = N_2 p_2^0. \quad (1'')$$

Этот закон м. б. обобщен на какое угодно число компонентов, тогда

$$N_i = \frac{n_i}{n_1 + n_2 + \dots + n_m}$$

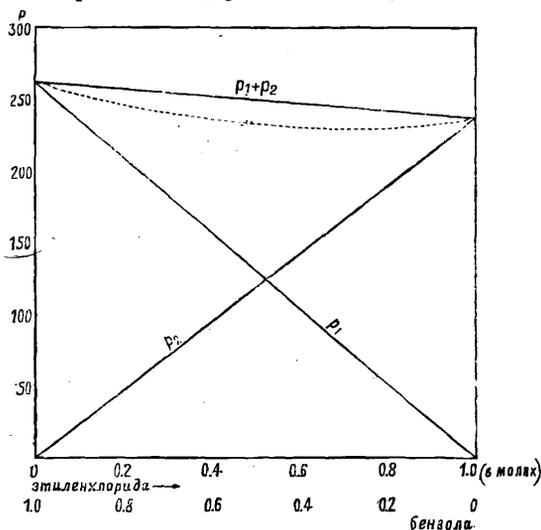
и

$$p_i = N_i p_i^0. \quad (1''')$$

Из (1') и (1'') полная упругость пара Р.

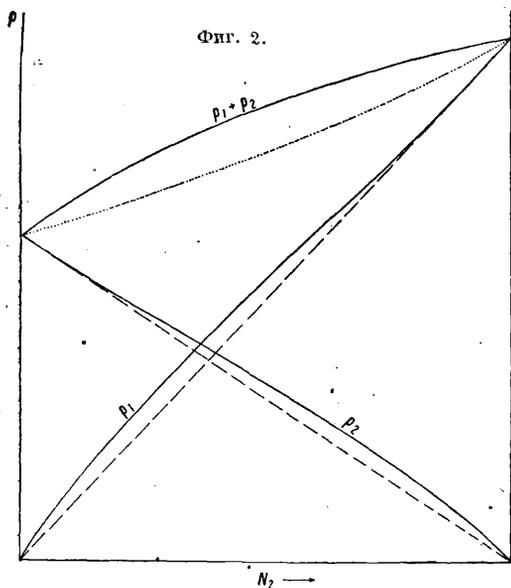
$p_1 + p_2 = p_1^0 N_1 + p_2^0 N_2 = N_1(p_1^0 - p_2^0) + p_2^0$ . (2) Следовательно парциальные упругости и общая упругость Р. изменяются с составом его линейно. Р., строго подчиняющиеся этим закономерностям, называются идеальными; в случае бинарных смесей им отвечает фиг. 1, где на оси абсцисс отложены молярные концентрации обоих компонентов в жидкой фазе.

на оси ординат—упругости паров; примером таких соотношений могут служить смеси бензола и этиленхлорида. В Р. летучих жидкостей состав пара и жидкой фазы, находящихся в равновесии, различны; на фиг. 1 прямые



Фиг. 1.

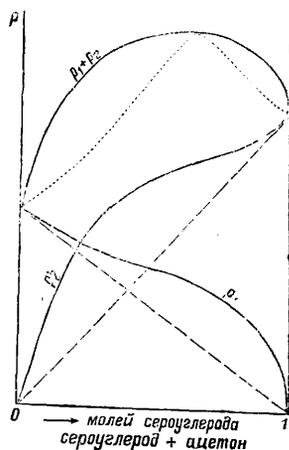
линии указывают упругости паров как функции от состава жидкой фазы; пунктирная кривая (гипербола) показывает полную упругость как функцию состава пара. Обычно реальные Р. уклоняются от закона Рауля, и можно различать два типа уклонений: положительные и отрицательные. На фиг. 2 показаны отношения между упругостями паров и составом жидкой фазы (сплошные кривые) и парообразной (пунктирная кривая для полного давления) для случая положительных уклонений.



Фиг. 2.

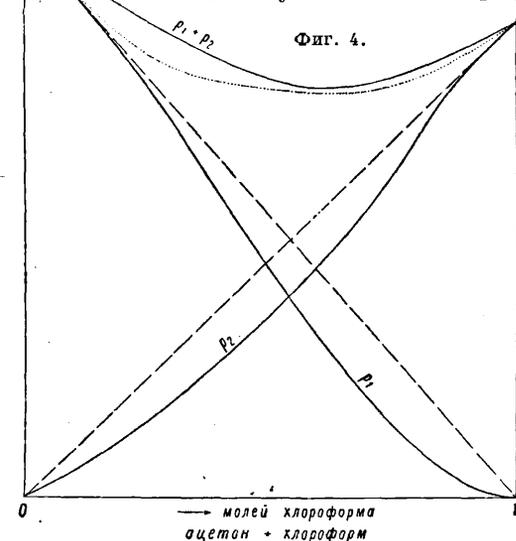
Таких Р. много; примерами могут служить бензол + четыреххлористый углерод + этилацетат и многие др. На фиг. 3 приведен случай того же типа (сероуглерод и ацетон), но с такими уклонениями парциальных упругостей, что кривая полной упругости проходит

через максимум (и здесь пунктирная кривая представляет полную упругость паров как функцию от состава пара). Весьма характерно совпадение максимумов обеих кривых полной упругости, что означает тождество состава пара и жидкости в этой точке (закон Гиббса-Коновалова). Р., отвечающий точке максимума, ведет себя при перегонке как индивидуальное вещество, однако и в этой точке мы имеем Р., а не химич. соединение, т. к. с изменением  $t^\circ$  положение максимума непрерывно изменяется. Очень характерно течение кривых парциальных давлений в верхней части (линейная часть), свойственное только неэлектролитам. Фиг. 4, относящаяся к смесям ацетона и хлороформа, отвечает случаю отрицательных уклонений от закона Рауля; кривые общего давления проходят через минимум, и в этом экстремуме состав пара и жидкости одинаков. Для учета уклонений берут  $\ln \frac{p_1}{p_1^0 N_1}$ , разлагают в ряд и связывают с термодинамич. ур-ием Дюгема, в результате чего вытекает ряд важных положений. В выражении для уклонений Р. от закона Рауля имеется коэф.  $\beta$ .



Фиг. 3.

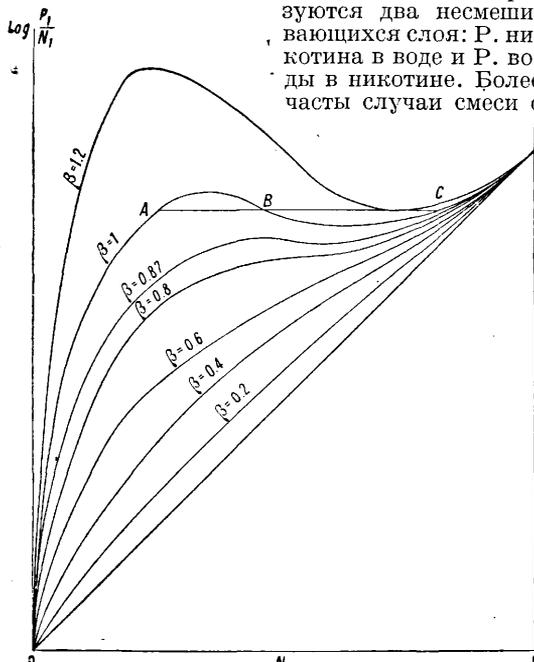
Фиг. 4, относящаяся к смесям ацетона и хлороформа, отвечает случаю отрицательных уклонений от закона Рауля; кривые общего давления проходят через минимум, и в этом экстремуме состав пара и жидкости одинаков. Для учета уклонений берут  $\ln \frac{p_1}{p_1^0 N_1}$ , разлагают в ряд и связывают с термодинамич. ур-ием Дюгема, в результате чего вытекает ряд важных положений. В выражении для уклонений Р. от закона Рауля имеется коэф.  $\beta$ .



Фиг. 4.

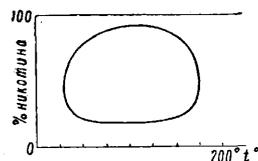
На фиг. 5 показан ход кривых парциального давления с изменением значения  $\beta$ , откуда видно, что при высших значениях  $\beta$  кривые проходят через максимум и минимум; физически это означает расслоение смеси на два слоя А и С (фиг. 5). Среди лежащих ниже кривых имеется кривая с горизонтальной касательной, что отвечает наличию критической температуры смешения двух жидкостей. Общий

случай расслоения смесей показан на фиг. 6 (никотин и вода) с нижней (60°) и верхней (210°) критич. темп-рами смешения: ниже 60° и выше 210° никотин и вода смешиваются во всех отношениях, но между этими  $t^\circ$  образуются два несмешивающихся слоя: Р. никотина в воде и Р. воды в никотине. Более часты случаи смеси с



Фиг. 5.

одной верхней, затем случаи с одной нижней критич. темп-рой. У двух частично смешивающихся жидкостей может и не быть реальной критич. темп-ры смешения, если она лежит выше критич. темп-ры превращения по



Фиг. 6.

крайней мере одной из жидкостей в пар (вода и эфир, вода и бензол и т. п.). Весьма важным является то, что два жидких слоя Р., образующихся в указанных случаях, имеют одну и ту же парообразную фазу (см. *Равновесие химическое* в гетерогенных системах и *Перегонка*).

Р. газов в жидкостях. Если в Р. имеется  $n_1$  молей растворителя и  $n_2$  молей растворенного газа, то концентрация последнего  $N_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$ ; обозначим парциальное давление газа в газовой фазе через  $p_2$ , тогда по (1'')  $p_2 = p_2^0 N_2$ . Здесь  $p_2^0$ —упругость пара сжиженного газа, если бы он был в жидком состоянии выше своей  $t^\circ_{крит.}$ ; значение  $p_2^0$  м. б. найдено путем экстраполяции упругостей сжиженного газа. Из выражения  $N_2 = \frac{p_2}{p_2^0}$ ,

обозначив  $\frac{1}{p_2^0}$  через  $k$ , получим  $N_2 = k p_2$ —закон Генри: «растворимость газа в жидкости при данной  $t^\circ$  пропорциональна давлению».

Из точного выражения  $N_2 = \frac{p_2}{p_2^0}$  вытекают для идеальных Р. следующие следствия: 1) закон Генри; 2) одинаковая растворимость газа во всех растворителях при данном пар-

циальном давлении. П р и м е р: метан при 25°,  $p_2^0 = 370 atm$ ; при 1 atm  $N_2 = \frac{1}{370} = 0,0027$ ; найден в гексане 0,0031, в ксилоле 0,0026; 3) большая растворимость газов с высшей  $t^\circ_{крит.}$ , чем с низшей, т. к.  $p_2^0$  в первом случае меньше; 4) падение растворимости газа с ростом  $t^\circ$ , т. к.  $p_2^0$  увеличивается с  $t^\circ$ . Качественно эти следствия справедливы и для реальных Р., количественные различия объясняются отклонениями Р. от закона Рауля, о которых см. ниже.

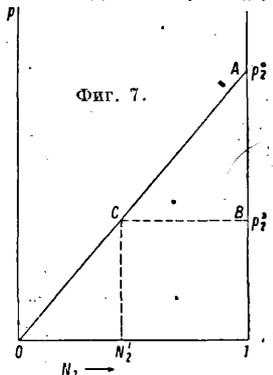
Р. твердых веществ в жидкостях. На фиг. 7 на оси абсцисс отложены концентрации растворенного твердого вещества  $N_2$  (0÷1), на оси ординат—парциальные упругости его. Точке А отвечает упругость  $p_2^s$  этого вещества, если бы оно было в жидком, расплавленном состоянии при данной  $t^\circ$ . Оса—кривая парциальных давлений этого вещества в Р. (в том числе и пересыщенном). Точке В отвечает давление  $p_2^g$  пара в его твердом состоянии; т. к.  $p_2^g$  всегда меньше  $p_2^s$  (ибо расплавленное состояние при данной  $t^\circ$  метастабильно), то растворимость твердого вещества всегда при заданной  $t^\circ$  должна быть ограниченной. Насыщенный Р. находится в равновесии с твердой фазой; следовательно их давления пара равны: насыщение наступит при  $p_2 = p_2^g$ , т. е. в точке С, к-рой отвечает концентрация  $N_2'$ . По (1')

$$N_2' = \frac{p_2^g}{p_2^s};$$

приложив к данному случаю теорему Клаузиуса-Клапейрона, найдем замечательную формулу:

$$\ln N_2' = -\frac{L}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_m} \right),$$

где  $L$ —теплота плавления растворенного вещества,  $T_m$ —абс. темп-ра его плавления,  $T$ —заданная абс. темп-ра и  $R$ —газовая постоянная. Из этой ф-лы вытекают следующие положения. 1) Растворимость твердого вещества тем больше, чем выше  $t^\circ$ ; редкие исключения—результат отклонений Р. от закона Рауля. 2) Твердое вещество с высшей  $t^\circ_{пл.}$  менее растворимо, чем вещество с низшей  $t^\circ_{пл.}$ . 3) Если два твердых вещества имеют одинаковую  $t^\circ_{пл.}$ , то менее растворимо то, у к-рого полнота плавления больше. Из других свойств Р. упомянем о теплоте растворения и удельном объеме Р. Если Р. подчиняется закону Рауля в широких пределах  $t^\circ$  и давлений, то теплота смешения двух жидкостей равна нулю, и нет ни сжатия ни расширения; при растворении твердого вещества теплота растворения равна теплоте его плавления при данной  $t^\circ$ . В случае положительных отклонений от закона Рауля наблюдается расширение Р., а теплота смешения двух жидкостей сопровождается поглощением теплоты, в случае же твердого вещества поглощение теплоты больше теплоты плавления; при отрицательных отклонениях—обратно. Уклонения от закона Рауля обуславливают и



Фиг. 7.

величины растворимости: у газов и твердых веществ положительные отклонения отвечают меньшей растворимости, а отрицательные—большей, чем в случае идеального поведения. Два типа отклонений Р. от закона Рауля указывают на различные явления в них, обуславливающие эти отклонения. Одно из них—внутреннее давление; если смешиваемые жидкости обладают одинаковым внутренним давлением, то их смеси ведут себя как идеальные Р. Значительные различия во внутренних давлениях и ассоциация молекул жидкости ведут к положительным отклонениям, а тенденция к образованию химич. соединений—к отрицательным. К последним ведет также полярность, т. е. несимметричность поля вокруг молекул, что влечет за собою увеличение сил притяжения между ними; такие жидкости являются растворителями электролитов (вода, аммиак, серная кислота, расплавленные соли и др.). Наличие полярности вызывает особый ряд явлений (см. *Электролиты*), среди них с о л ь в а т а ц и я. *Сольватация* (см.) состоит в том, что вокруг молекулы растворенного вещества собираются молекулы растворителя более тесно, чем в массе жидкости; такое сгущивание молекул не имеет резкой границы, а постепенно переходит к обычным условиям в данной жидкости. Сольватация—результат ненормального притяжения между разными молекулами—влечет за собою отрицательные отклонения от закона Рауля. Если в качестве растворителя взята вода, то вместо общего термина с о л ь в а т а ц и я применяют частный термин—г и д р а т а ц и я. Это учение берет начало в трудах Д. И. Менделеева, рассматривавшего Р. как определенные гидраты в состоянии диссоциации. Сольватация и ионизация вместе, особенно если к ним присоединяется различие в химич. характере растворителя и растворенного вещества (кислотный и основной), вызывают сильное увеличение растворимости. Количественный учет наблюдаемых явлений весьма затруднителен из-за сложности явлений; нек-рое облегчение можно получить, вводя вместо упругости пара новые понятия л е т у ч е с т и (Fugacity) и а к т и в н о с т и компонентов смеси. Легучесть—мера стремления вещества уйти из данной фазы; для идеального газа она равна упругости, в реальных же случаях вычисляется из отношения  $\frac{f}{P} = \frac{P}{P_i}$ , где  $f$ —летучесть,  $P$ —реальное давление и  $P_i$ —давление, вычисленное из газового закона:  $P_i = \frac{RT}{V}$ . Введя вместо давлений легучесть, получим вместо ур-ий (1) следующие выражения для закона Рауля:

$$f_1 = f_1^0 N_1; f_2 = f_2^0 N_2; \dots$$

Отношение  $\frac{f}{f_0} = a$ —так наз. *активность* вещества; она играет роль эффективной концентрации вещества в фазе и только в разведенных Р. совпадает с аналитич. концентрацией. Введя активности, напишем закон Рауля так:

$$a_1 = N_1; a_2 = N_2; \dots$$

откуда особенно ясно виден предельный характер этого закона.

Осмотическое давление Р. исторически было выдвинуто как важнейшее свойство их, исходя из к-рого можно вывести закономерности у Р. При изучении разведенных растворов Вант-Гофф пришел к численному равенству

осмотического давления с газовым и показал приложимость к растворам уравнения

$$\pi V = n_2 RT,$$

где  $\pi$ —осмотич. давление, на чем он и построил свою теорию Р. Однако осмотич. давление, одно из свойств Р., в более крепких Р. отклоняется от аналогии с газовым и трудно определимо, а теория, опирающаяся на него, не может охватить всех Р.

Теория разведенных Р. нелетучих веществ по существу опирается на тот же закон Рауля; очень слабые концентрации растворенного вещества позволяют пренебречь числом молей его  $n_2$  по сравнению с числом молей  $n_1$  растворителя, тогда  $N_2 = \frac{n_2}{n_1}$ . Если навеска растворенного вещества  $g$ , а растворителя  $G$ , молекулярные веса первого  $m$ , второго  $M$ , то

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{gM}{mG},$$

и закон Рауля принимает вид

$$\frac{p^0 - p}{p^0} = \frac{\Delta p}{p^0} = \frac{gM}{mG},$$

откуда можно вычислить мол. в. растворенного вещества по понижению упругости пара растворителя. Ур-ие Клаузиуса-Клапейрона для моновариантных систем имеет следующий вид:

$$\frac{d \ln p}{dT} = \frac{\lambda}{RT^2},$$

где  $\lambda$ —скрытая теплота испарения или возгонки, и в первом приближении м. б. заменено выражением

$$\frac{d \ln p}{dT} = \frac{1}{p} \cdot \frac{dp}{dT} = \frac{\Delta p}{p} \cdot \frac{1}{\Delta T} = \frac{\lambda}{RT^2},$$

откуда по закону Рауля для разведенных Р.

$$\frac{\Delta p}{p} = \frac{\lambda \Delta T}{RT^2} = \frac{gM}{mG},$$

где  $p$ —упругость пара чистого растворителя (равная  $p^0$  в прежних формулах),  $\lambda$ —скрытая теплота испарения и  $\Delta T$ —повышение  $t^\circ$ . Из этого выражения можно вычислить мол. вес растворенного вещества по повышению точки кипения Р. (эбулиоскопия):

$$m = \frac{RT^2 g M}{G \lambda \Delta T}.$$

То же ур-ие Клаузиуса-Клапейрона в применении к замерзанию фазы в моновариантных системах дает

$$\frac{\Delta p}{p} \cdot \frac{1}{\Delta T} = \frac{\lambda_m}{RT^2},$$

где  $\lambda_m$ —скрытая теплота плавления, а  $\Delta T$ —понижение точки замерзания. Те же рассуждения приводят к ф-ле определения мол. веса растворенного вещества по понижению точки замерзания Р.:

$$m = \frac{RT^2 g M}{G \lambda_m \Delta T}.$$

Полную термодинамич. теорию разведенных Р. дал Планк. О Р. электролитов см. *Электролиты и Диссоциация электролитическая*.

3. Т в е р д ы е р а с т в о р ы, см. *Растворы твердые*.

Лит.: Jellinek K., Lehrbuch d. physikalischen Chemie, 2 Aufl., B. 2, Stg., 1928; Kohnstamm Ph., Thermodynamik d. Gemische, Handb. d. Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, B. 10, B., 1926; Drucker C., Thermodynamik d. Lösungen, ibid.; Hildebrand J. H., Solubility, N. Y., 1924. А. Раковский.

**РАСТВОРЫ ТВЕРДЫЕ.** Аналогично жидкостям способность к взаимному смешению и образованию однородных растворов распространяется также и на твердые кристаллич. вещества. Такие твердые фазы, в которых от-

ношения между составными частями (компонентами) могут изменяться без нарушения однородности, Вант-Гофф (1890 г.) назвал твердыми растворами. Однородные смеси твердых аморфных тел должны рассматриваться как жидкости с большим внутренним трением. Но опыт показывает также, что и типич. кристаллич. вещества образуют однородные смеси в различных пропорциях, или т. н. с м е ш а н н ы е к р и с т а л л ы. В подобных системах не только жидкие, но и твердые фазы имеют переменный состав. Темп-ра застывания жидкого раствора лежит ниже  $t_{\text{заст.}}$  чистого растворителя; это понижение называется депрессией. При кристаллизации из раствора чистого растворителя имеем по ф-ле Рауля-Вант-Гоффа

$$t_0 - t_x = k \cdot \frac{x}{M},$$

где  $t_0$  и  $t_x$ —соответственно темп-ры замерзания растворителя и жидкого раствора с концентрацией  $x$ ,  $M$ —мол. в. растворенного тела и  $k$ —коэф., зависящий от природы веществ. Образование Р. т. вызывает аномалии в величине депрессии по указанной ф-ле для жидких растворов и тогда д. б. применена более общая ф-ла (Ротмунд):

$$t_0 - t_x = k \cdot \frac{x_l - x_s}{M},$$

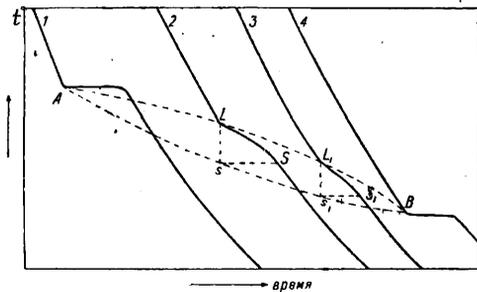
где  $x_l$  и  $x_s$ —концентрации растворов жидкого и твердого. При этом можно различать несколько случаев. 1) Если  $x_l > x_s$ , то разность  $t_0 - t_x$ , или депрессия, представляет положительную величину, т. е. наблюдается понижение  $t_{\text{н.}}$  растворителя. 2) Когда  $x_l < x_s$ , депрессия имеет отрицательное значение, что указывает на повышение  $t_{\text{н.}}$  растворителя при образовании Р. т. Соответствующие примеры встречаются довольно часто среди металлич. сплавов (Sn-Sb, Cu-Zn, Tl-Pb). 3) При  $x_s = 0$  Р. т. отсутствует, и получаем в частном случае величину депрессии по ф-ле Рауля-Вант-Гоффа. 4) Наконец, когда  $x_l = x_s$ , депрессия равна 0 и  $t_0 = t_x$ , т. е.  $t_{\text{заст.}}$  растворителя сохраняется постоянной для всех концентраций растворов. Такой случай наблюдается в неметаллич. системах при взаимном растворении правой и левой модификаций оптич. изомеров (Розебум). В неморально малых величинах криоскопич. депрессии растворителя мы имеем количественный признак, которым многие исследователи пользовались для отыскания Р. т.

Приложение методики физико-химич. анализа раскрывает с несомненностью существование аналогий между жидкими и твердыми растворами, причем оказывается, что последние имеют громадное распространение среди веществ, находящихся в природе и получаемых искусственно. Образование Р. т. находится в зависимости от ряда факторов, из к-рых главнейшие:  $t^\circ$ , строение кристаллич. решеток и полиморфизм.

Повышение температуры увеличивает подвижность частиц, облегчая способность к диффузии и получению однородных смесей. Близость кристаллических решеток также очень важный фактор смещения в твердом состоянии. При одинаковых основных кристаллографич. формах получаются непрерывные изоморфные смеси во всех пропорциях (аналогично жидким системам вода—спирт); близость же основных кристаллич. типов делает

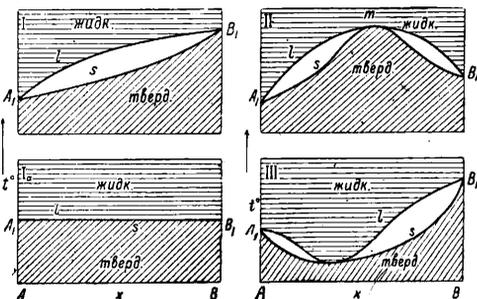
возможным взаимное подчинение в известных пределах решеток самых разнообразных веществ и образование Р. т. до нек-рых предельных концентраций (последние тела аналогичны жидким смесям с ограниченной растворимостью, напр. вода—эфир).

Не прерывные Р. т. или изоморфные смеси веществ с одинаковыми или близкими кристаллографич. формами представляют, как указано, предельную группу: кривые охлаждения таких растворов (фиг. 1),



Фиг. 1.

зафиксированные на регистрирующем пирометре, имеют характерный вид—они отличаются отсутствием эвтектич. остановки. Застывание двойных сплавов происходит здесь нацело в однородную массу, и кривые охлаждения (фиг. 1, кривые 2 и 3) состоят из двух ветвей, соединенных наклонными отрезками  $LS$  и  $L_1S_1$ . Точки  $L$  и  $L_1$  принадлежат переменным темп-рам начала выделения первых твердых кристаллов сплава, а  $S$  и  $S_1$ —температурам конца выделения кристаллов; при этом вертикальные расстояния  $Ls$  и  $L_1s_1$  определяют  $t^\circ$ -ные интервалы затвердевания жидкой смеси. Геометрич. места точек  $L, L_1$  и  $s, s_1$  дают непрерывные линии  $ALL_1B$  (ликивидус, liquidus) и  $Ass_1B$  (солидус, solidus), к-рые характеризуется разрыв сплошности между жидким и твердым (кристаллическим) состоянием данной двойной системы. Для чистых компонентов  $A$  и  $B$  интервал кристаллизации равен нулю (фиг. 1, кривые 1 и 4); при образовании сплавов он постоянно воз-

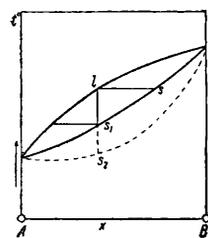


Фиг. 2.

растает, достигая нек-рого максимума  $Ls$  во внутренней части диаграммы.

Термич. анализ непрерывных Р. т. устанавливает четыре главных типа диаграмм, различающихся формой линий  $l$  (liquidus) и  $s$  (solidus) (Розебум, 1899 г.): 1)  $t_{\text{н.}}$  смесей лежит между  $t_{\text{н.}}$  компонентов (фиг. 2, I); 2) линии  $l$  и  $s$  имеют  $t^\circ$ -ный максимум (фиг. 2, II); 3) линии  $l$  и  $s$  имеют  $t^\circ$ -ный минимум (фиг. 2, III); 4) линии  $l$  и  $s$  совпадают в одну прямую (фиг. 2, IV), параллельную оси кон-

центрации, т. е.  $t_{н.л.}^{\circ}$  смеси постоянна; такую диаграмму можно считать разновидностью типа I для случая, когда  $t_{н.л.}^{\circ}$  компонентов A и B равны (в металлич. системах пока неизвестны). Типы I и III наиболее распространены. К первому относятся изоморфные смеси металлов Ag-Au (Гейкок, Невиль и др.), Bi-Sb (Готье и Шарпи), In-Tl (Курнаков и Пушин), Au-Pt (Деринкель), Mn-Fe (Левин и Тамман), Cu-Ni (Курнаков и Жемчужный) и др. Представителей Р. т. типа III с минимумом  $t_{н.л.}^{\circ}$  имеем в системах Au-Cu (Курнаков и Жемчужный), Cu-Mn (Жемчужный, Уразов и Рыжковский) и др. Непрерывные изоморфные смеси типа II свойственны гл. обр. органическим веществам. Из металлических сплавов можно указать на Ti-Pb (Курнаков и Пушин), встречающийся в данном случае при Р. т. с разрывом сплошности (смотри далее). При изучении указанных четырех типов обнаруживается глубокая аналогия между твердыми и жидкими растворами. В применении к Р. т. имеют место след. положения: а) Кристаллизация растворов при постоянной  $t^{\circ}$ , т. е. когда  $t^{\circ}$ -ный интервал равен нулю, наблюдается только в минимумах или максимумах диаграмм. В этих точках линии  $l$  и  $s$  имеют одну общую касательную, и составы твердой и жидкой фаз равны между собой. б) Первые выделения кристаллов Р. т. содержат избыток того компонента, прибавление которого повышает  $t_{н.л.}^{\circ}$  твердой фазы. Так напр., жидкий сплав  $l$  выделяет при охлаждении первые кристаллы, определяемые точкой  $s$  (фиг. 3), при дальнейшем понижении температуры перемещающейся в  $s_1$ , где происходит окончательное затвердевание жидкости в однородную массу. При быстром охлаждении кристаллы Р. т. могут не успеть выравнять свой состав, и тогда сплав затвердевает в неоднородный комплекс (послойная, или зональная, структура). Для подобных неравновесных состояний температурный интервал кристаллизации  $ls_2$  является увеличенным сравнительно с нормальным  $ls_1$ . При достаточно медленном охлаждении сплава или его отжиге при  $t^{\circ}$  несколько низшей, чем  $t^{\circ}$  окончательного затвердевания, происходит взаимная диффузия отдельных слоев и образование однородных кристаллич. зерен Р. т. Подобный процесс имеет важное значение в технике.

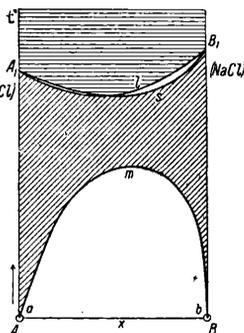


Фиг. 3.

Разрывы сплошности Р. т. Еще чаще, чем для жидкостей, на твердых двойных системах проявляются разрывы сплошности. Устойчивость Р. т. зависит согласно принципу Ле-Шателье-Вант-Гоффа от теплового эффекта их образования. Системы с положительным тепловым эффектом остаются устойчивыми при понижении  $t^{\circ}$  и сохраняют свою однородность. Наоборот, непрерывные Р. т., образующиеся с заметным поглощением тепла, распадаются при охлаждении на два раствора с ограниченной растворимостью (фиг. 4). Предельная точка  $m$  устойчивого существования Р. т. во всех пропорциях вполне аналогична верхней критич. точке растворения жидких смесей. Если предположить, что кривая распада  $amb$  перемещается вверх до пересечения с  $s$ -линиями  $A_1B_1$  диаграммы I и III

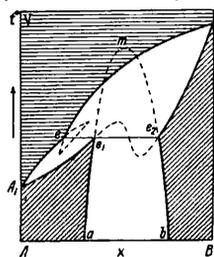
фиг. 2, то получаются весьма распространенные типы (фиг. 5 и 6) образования Р. т. с ограниченной растворимостью.

Фиг. 5 характеризуется существованием переходной точки  $e$ , лежащей на горизонтальной линии  $ee_2$  разрыва сплошности. На участке  $e_1e_2$  наблюдается разрыв линии  $s$  твердых растворов  $A_1e_1e_2B_1$ , состоящей из двух ветвей  $A_1e_1$  и  $e_2B_1$ , соединенных друг с другом волнообразным отрезком (серпантином) неустойчивых равновесий. Прилагая по Ван-дер-Ваальсу принцип непрерывности также к  $l$ -линии  $A_1e_1B_1$  жидкой фазы  $A_1e_1B_1$ , можно предположить, что обе ее ветви  $A_1e_1$  и  $e_1B_1$ , пересекающиеся в переходной точке  $e$ , связаны между собой при посредстве неустойчивого узла (с двумя точками возврата), показанного на фиг. 5 пунктиром. Кривые охлаждения составов, принадлежащих линии разрыва  $ee_2$ , имеют две остановки: верхняя наблюдается при переменных  $t^{\circ}$  и указывает начало выделения кристаллов твердого раствора A в компоненте B; нижняя соответствует застыванию жидкого сплава при постоянной темп-ре в смесь двух Р. т., принадлежащих предельным концентрациям  $e_1$  и  $e_2$  разрыва твердой фазы. В качестве примера для Р. т. типа V с разрывом в переходной точке можно привести Hg-Cd (Бийль), In-Tl (Курнаков и Пушин), Cu-Co (Заман, Н. Константинов), Ag-Pt (Деринкель, Курнаков и Немцов).

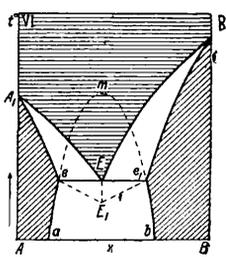


Фиг. 4.

Фиг. 6 (тип VI) представляет сочетание диаграмм фиг. 4 с фиг. 2 (тип II) и определяется нахождением эвтектической точки E на горизонтальной прямой разрыва  $e_1$  сплошности Р. т., предельные концентрации к-рых указываются устойчивыми отрезками  $ae$  и  $be_1$  кривой распада  $amb$ . Кривые охлаждения составов, отвечающих двум областям существования Р. т. B в A



Фиг. 5.



Фиг. 6.

и A в B, имеют нормальный вид с переменным интервалом кристаллизации (фиг. 1, 2 и 3). На кривых охлаждения сплавов в области разрыва  $ee_1$  наблюдаются кроме изломов начальной кристаллизации весьма характерные остановки при постоянной  $t^{\circ}_{заст.}$  эвтектич. смеси двух Р. т. с предельными концентрациями  $e$  и  $e_1$ . Если отложить по Тамману на перпендикулярах к эвтектич. линии отрезки, пропорциональные продолжительности соответственных эвтектич. остановок, то получается треугольник  $ee_1E_1$  (фиг. 6), вершины

к-рого  $e$  и  $e_1$  не доходят до ординат  $AA_1$  и  $BB_1$  компонентов системы. В подтверждение данных термич. анализа микрографическое рассмотрение затвердевшего и приведенного к равновесию сплава указывает на полную однородность кристаллич. зерен без всяких прослоек в области Р. т., образуемых компонентами  $A$  и  $B$ ; для концентрации в пределах разрыва  $ee_1$  характерно нахождение в промежутках между кристаллами  $A$  и  $B$  слоистой, или точечной, эвтектики, представляющей механич. сположение двух предельных Р. т.  $e$  и  $e_1$ . Наиболее известные примеры систем типа,  $VI: Ag-Cu$  (Роберте-Аустин, Осмонд, Курнаков, Пушин, Сенковский и другие),  $Au-Co$  (Валь). В пределе, когда точки  $e$  и  $e_1$  эвтектич. разрыва перемещаются на крайние ординаты компонентов, фиг. 6 переходит в диаграмму такого типа, где предполагается выделение компонентов  $A$  и  $B$  в чистом состоянии, т. е. без образования Р. т. Нужно заметить, что применение новых, более чувствительных методов (напр. определение электропроводности, твердости) приводит к заключению, что способность к взаимному растворению в твердом состоянии является общим свойством вещества.

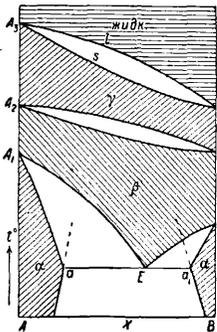
**П о л и м о р ф и з м Р. т.** Способность твердых тел давать несколько кристаллич. полиморфных видоизменений ( $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ ) обуславливает большое разнообразие во взаимных превращениях Р. т.; по аналогии с превращением

жидкий раствор  $\rightleftharpoons$  твердый раствор

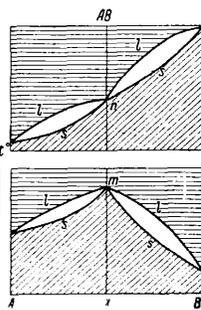
можно рассматривать и соответствующие превращения одной твердой модификации в другую, например:

$\alpha$ -твердый раствор  $\rightleftharpoons$   $\beta$ -твердый раствор.

На фиг. 7 изображен переход непрерывного  $\gamma$ -Р. т. (тип  $I$ , фиг. 2) во второй—непрерывный ряд также типа  $I$ , свойственный  $\beta$ -модификации компонентов  $A$  и  $B$ , устойчивый



Фиг. 7.



Фиг. 8.

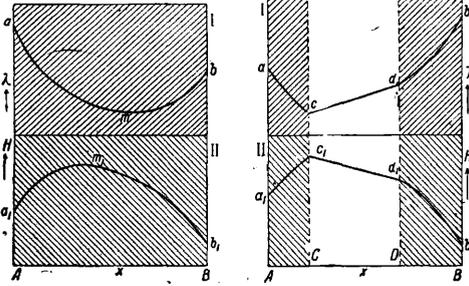
при более низких  $t^0$ , чем  $\gamma$ -Р. т. Весьма часто модификация  $\alpha$ , устойчивая при более низких  $t^0$ , образует Р. т. с разрывом сплошности. Так, схема на фиг. 7 (нижняя часть) относится к подобному превращению  $\beta \rightleftharpoons \alpha$ . Здесь точка  $E$ , лежащая на пересечении кривых распада  $A_1E$  и  $B_1E$ , отвечает наиболее низкой  $t^0$  устойчивого существования непрерывных изоморфных смесей  $\beta$ -модификации. Горизонтальная прямая  $AE_1$  определяет границы разрыва сплошности  $\alpha$ -модификации. По сходству с эвтектич. точкой, отвечающей минимальной кристаллизации жидких растворов, точка  $E$  получила название э в т е к т о и д н о й т о ч к и [Гоу(Howe)]. Соответствующий затвер-

девший сплав, ниже эвтектоидной температуры, состоит из перемежающихся слоев двух твердых растворов, образованных  $\alpha$ -модификациями компонентов  $A$  и  $B$ .

**Р. т. и определенные соединения.** Для познания сущности химич. превращений особенно важны те равновесия, где одновременно с Р. т. наблюдается образование определенных соединений, состав к-рых подчиняется закону постоянных и кратных отношений Пру-Дальтона. Рассмотрим случай, когда определенное соединение  $AB$ , не диссоциированное как в жидкой, так и в твердой фазе, дает непрерывные Р. т. с компонентами  $A$  и  $B$ . При таких условиях вещество  $AB$  можно считать самостоятельным компонентом и диаграмма ( $x, t$ ) системы  $A-B$  распадается на две подчиненные (вторичные) диаграммы  $A-AB$  и  $AB-B$  с общей ординатой, принадлежащей соединению  $AB$ . На фиг. 8 ( $I$  и  $II$ ) изображены равновесия, в к-рых  $t^0_{н.л.} AB$  лежит:  $I$ —между  $t^0_{н.л.}$  компонентов  $A$  и  $B$  и  $II$ —выше этих  $t^0$ . Соответствующие си н г у л я р н ы е (особенные) т о ч к и соединения  $n$  и  $m$  расположены на пересечениях двух пар предельных линий жидких растворов  $l, l'$  и твердых растворов  $s, s'$ . В точках  $n$  и  $m$  к названным линиям можно провести по четыре касательных. Поэтому сингулярная максимальная точка  $m$ , характеризующая определенное соединение  $AB$  на диаграмме (фиг. 8,  $II$ ), отличается по существу от иррационального максимума  $m$  Р. т. (фиг. 2,  $II$ ), где  $l$ - и  $s$ -линии имеют одну общую горизонтальную касательную. Подобно тому как диаграмма фиг. 8 ( $I$  и  $II$ ) получается попарно из соответствующих диаграмм фиг. 2, так же точно можно построить диаграммы для компонентов Р. т., обладающих предельными концентрациями. Очень часто растворимость компонентов  $A$  и  $B$  в веществе  $AB$  уменьшается с понижением  $t^0$ , и соответствующие кривые предельных концентраций Р. т. в  $\alpha$ -модификации приближаются асимптотически к общей ординате. Тогда действительная протяженность состава  $\alpha$ -фазы настолько мала, что м. б. изображена точкой на оси состава  $x$ , отвечающей в данном случае закону кратных отношений Дальтона, т. е. образованию определенного соединения.

**Д и а г р а м м ы «с о с т а в - с в о й с т в о» Р. т.** Образование однородных кристаллич. комплексов при взаимном растворении отражается весьма ясно на многих свойствах двойной системы. Аналогично случаю жидкостей соответствующие диаграммы изоморфных смесей м. б. представлены непрерывными кривыми. Так, изменения уд. объемов, констант основной кристаллич. решетки, модуля упругости выражаются линиями, близкими к прямой. Гораздо более резко сказывается образование Р. т. на двух обширных группах свойств вещества—на электрич. свойствах и свойствах, обусловленных силами молекулярного сцепления. Для металлич. сплавов особенно характерны диаграммы электропроводности или ее обратной величины—электросопротивления, а также твердости и «давления истечения». Опыт показывает, что образование металлич. Р. т. сопровождается: а) уменьшением электропроводности  $\lambda$  и б) увеличением твердости  $H$ . Принимая во внимание эти положения, получаем три типич. диаграммы ( $x, \lambda$ ) и ( $x, H$ ), изображенные на фиг. 9, 10 и 11 (Курнаков и Жемчужный). 1) Фиг. 9

(I, II) принадлежит непрерывной изоморфной смеси двух компонентов  $A$  и  $B$  и характеризуется непрерывными кривыми  $ab$  и  $a_1b_1$ , из к-рых первая обладает минимумом электропроводности  $m_1$ . Легко видеть, что диаграмма твердости представляет как бы обращенную диаграмму электропроводности, но минимум  $m$  и максимум  $m_1$  могут отвечать неодинаковым составам. По аналогии с жидкими растворами повышение  $t^\circ$  должно делать изотермы более плоскими и смещать минимальную точку  $m$  (фиг. 9, I) в сторону компонента, обладаю-



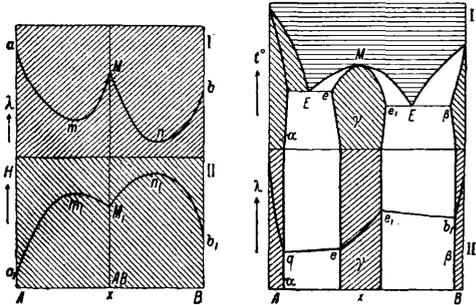
Фиг. 9.

Фиг. 10.

щего меньшей электропроводностью; такое отношение наблюдалось в действительности для нек-рых изоморфных смесей, напр. для сплава K-Rb (Курнаков и Никитинский). При тех же условиях максимум твердости  $m_1$  (фиг. 9, II) будет перемещаться по направлению более твердой составляющей сплава. Подобные непрерывные кривые были определены на целом ряде твердых систем: K-Rb (Курнаков и Никитинский), In-Pb (Курнаков и Жемчужный), Ag-Au (Матиссен, Курнаков, Жемчужный и Зедстрем). 2) При наличии разрыва сплошности изоморфной смеси имеют место диаграммы (фиг. 10, I, II), состоящие из трех взаимно пересекающихся линий. Этот случай можно рассматривать как сочетание непрерывной кривой Р. т. (фиг. 9) с прямолинейной диаграммой механической смеси двух твердых веществ. Понижающиеся ветви  $ac$  и  $bd$  (фиг. 10, I) и поднимающиеся кривые  $a_1c_1$  и  $b_1d_1$  (фиг. 10, II) указывают на непрерывное уменьшение электропроводности и увеличение твердости до предельных концентраций Р. т. в точках  $c$  и  $d$ . Средний прямолинейный участок  $cd$  принадлежит сплавам в области разрыва сплошности, представляющим механич. смеси двух предельных концентраций Р. т., из к-рых состоит затвердевшая система на протяжении разрыва  $CD$ . Из наиболее известных комбинаций к этому типу относятся сплавы Ag-Cu (Курнаков, Пушин и Сенковский), Ag-Pt (Курнаков и Немиллов), Cu-Co (Рейхардт). 3) Если недиссоциированное в твердой фазе определенное соединение  $AB$  (фиг. 11, I) дает непрерывные Р. т. со своими компонентами  $A$  и  $B$ , то на основании указанного выше положения его электропроводность  $\lambda$  должна понижаться от прибавления  $A$  и  $B$ . Получающаяся диаграмма состоит из двух ветвей  $am$  и  $Mnb$ , обладающих минимумами  $m$  и  $n$  и пересекающихся под углом в сингулярном максимуме  $M$ , к-рый отвечает составу соединения  $AB$ . Очевидно, что соответствующие кривые твердости  $a_1m_1M_1$  и  $M_1n_1b_1$  (фиг. 11, II) должны иметь обратный вид и взаимно пересекаться в сингулярном минимуме  $M_1$ ,

находящемся между двумя максимумами  $m_1$  и  $n_1$ . Характерные диаграммы (фиг. 11, I, II) указывают систематич. путь для нахождения интерметаллич. соединений (металлоидов), образующихся при разнообразных превращениях жидких и твердых растворов. Т. о. были открыты медные ауриды  $CuAu$  и  $Cu_3Au$  (Курнаков, Жемчужный и Заседателев; Зедстрем; Йогансон и Линде), ауриды  $AuR$  и  $Au_3R$ , где  $R-Zn$  и  $Cd$  (П. Сальдау), палладид меди  $CuPd$  (Зедстрем) и определены границы существования одномагниевого кадмида  $MgCd$  (Г. Уразов) и ферроплатинида  $FePt$  (В. Немиллов), которые были найдены ранее Грубе и Исааком с Тамманом при посредстве термического анализа.

Отсутствие сингулярной точки на линиях свойств. Весьма интересен случай, когда при нахождении максимума  $t^\circ_{пл.}$  сингулярная точка отсутствует не только на  $l$ -кривой, но и на  $s$ -линии диаграммы; тогда в максимуме  $M$   $s$ -линия касается соответствующей  $l$ -кривой ( $\gamma$ -фаза на фиг. 12, I), и обе линии имеют одну общую горизонтальную касательную. На основании предыдущих соображений ясно, что состав подобного максимума не отвечает рациональному отношению компонентов и не подчиняется закону постоянных кратных отношений Дальтона. В соответствии с этим имеет место отсутствие сингулярных точек и на диаграммах других свойств затвердевших сплавов такой системы. Так, кривая  $ee_1$  (фиг. 12, II) электропроводности  $\lambda$  идет непрерывно на всем протяжении состава  $\gamma$ -фазы; максимальная точка  $e_1$  находится на пересечении ветви  $ee_1$  с прямолинейным отрезком  $e_1b_1$ , разрыва сплошности и отвечает предельной концентрации Р. т. компонента  $B$  в  $\gamma$ -фазе. Эта концентрация может меняться в зависимости от температуры и других факторов равновесия. Примеры подобных индивидуальных веществ с иррациональными максимумами  $t^\circ_{пл.}$  найдены в системах Tl-Hg (Курнаков и Пушин), Tl-Bi (Курнаков, Жемчужный и Тарарин), Cu-Sb (Курнаков и Белоглазов). По всей вероятности такие фазы переменного состава образованы соединениями, диссоциированными



Фиг. 11.

Фиг. 12.

как в жидком, так и в твердом состоянии (системы бертоллидного типа—бертоллиды); они являются представителями класса веществ, стоящих на рубеже между истинными растворами и химическими соединениями. Среди металлич. и других систем вещества подобного типа весьма распространены, особенно в области высоких  $t^\circ$ . К этой категории д. б. отнесено большинство самостоятельных твердых фаз переменного состава, которые в

двойных металлич. системах принято обозначать буквами греческого алфавита, когда не имеется возможности причислить их к определенным соединениям. Кроме упомянутых соединений таллия со ртутью и висмутом, сурьмы с медью и т. п. сюда относится целый ряд веществ ( $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  и т. д.) в сплавах железа с кремнием и алюминием, меди, серебра и золота с оловом, цинком и кадмием. В последнее время подробному изучению подвергалась  $\beta$ -фаза медноцинковых сплавов, входящая между прочим в состав т. н. ко в к о й л а т у н и. Изменения состава этого несомненно самостоятельного индивида, лишеного сингулярных точек на линиях свойств, совершаются в очень широких пределах (35,5—53,7% Zn, т. е. на протяжении 18%). При температуре ниже 450—460° названное тело превращается в новую фазу переменного состава ( $\beta_1$ ), отвечающую повидимому цинковому монокуприду ZnCu.

Приведенный фактический материал свидетельствует о большом распространении Р. т. среди самых разнообразных классов веществ. Возможность взаимного подчинения основных решеток обуславливает совместную кристаллизацию веществ различной химической природы, благодаря чему Р. т. имеют громадное значение в природе при построении минеральных комплексов и «опорных тканей» животного и растительного организма. Аналогичную роль играют с отдаленных времен металлические растворы в технике и повседневной жизни. Названия культурных периодов в истории человечества—«бронзовая эпоха», «век железа и стали»—соответствуют умению обращаться с твердыми растворами олова и меди, никеля и углерода в железе. Систематическое исследование этой обширной области принадлежит последнему времени и тесно связано с применением точных методов металлографии и физико-химического анализа.

**Методы исследования Р. т.** Главнейшие методы исследования Р. т. следующие. 1) Термический анализ (применение метода плавкости); в последнем случае исследуемый сплав расплавляется в соответственно нагреваемом тигле и т. п. и отмечается понижение температуры сплава при остывании через определенные промежутки времени. Всякое замедление падения  $t^\circ$  указывает на выделение скрытой теплоты плавления при переходе из жидкого состояния в твердое и м. б. отмечено тем или иным способом. Наиболее удобным прибором для измерения  $t^\circ$  является термометр, составленный из двух тонких металлических проволок различных металлов и соответственно проградуированного чувствительного гальванометра. Для точной автоматической записи кривых охлаждения сконструированы специальные регистрирующие приборы (Робертс-Аустина, Ле-Шателье, Курнакова и др.).

2) Электрический анализ, заключающийся в измерении сопротивления  $\rho$  сплава, обычно тянутого в виде проволоки или отлитого в форме палочки. Измеряемый объект выдерживается при определенной  $t^\circ$  в термостате, закрепленный в специальном зажиме, позволяющем точно отмечать длину проводника; сопротивление в  $\Omega$  измеряется двойным листом Томсона, после чего м. б. вычислено  $\rho$ , равное сопротивлению 1 см<sup>3</sup> сплава, электропровод-

ность  $\lambda = \frac{1}{\rho}$  и  $t^\circ$ -ный коэф. сопротивления  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{et_1 - et_2}{et_2 \cdot t_1 - et_1 \cdot t_2}$$

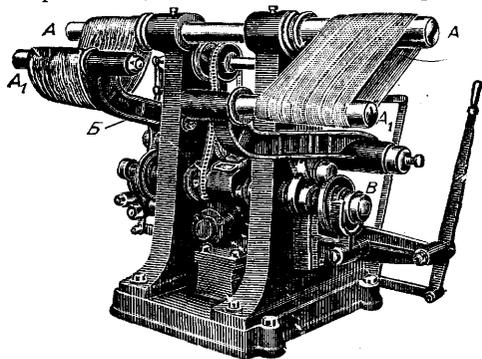
3) Микроструктура. Для изучения структуры сплава, т. е. определения его составляющих в застывшем металлич. слитке, поверхность сплава шлифуется, полируется до исчезновения царапин и затем подвергается соответствующей обработке (напр. химич. протравливанию, рельефной полировке и т. п.). Рассматривая подобную поверхность при достаточном увеличении в отраженном свете, можно по внешнему виду судить о структурных элементах сплава. Для закрепления этих наблюдений пользуются микрофотографией.

4) Молекулярное сцепление. В данном случае применяются методы: а) определения твердости по Бринелю (см. *Твердость*) и б) определение «давления истечения» помощью продавливания испытываемого образца через узкие отверстия. В том и другом случае запись изменения давления можно вести регистрирующим прессом системы Гагарина.

5) Исследование кристаллической решетки производится рентгеновыми лучами; монокроматич. луч пропускают через помещенную в центре цилиндрич. камеры пластинку или проволоку исследуемого сплава и получают на фотографич. пленке т. н. круги рассеяния от кристаллич. плоскостей; это дает возможность определять кристаллич. форму и длину элементарного ребра кристаллов и т. о. проследить за изменением кристаллич. формы при образовании и распадении Р. т. (метод Дебая-Шерера); см. также *Рентгенография*.

Лит.: Витторф Н. М., Теория сплавов в применении к металлич. системам, пер. с нем., СПб, 1909; Степанов Н. И., Об электропроводности металлич. сплавов, СПб, 1911; Курнаков Н. С., Введение в физико-химич. анализа, 2 изд., Л., 1928; его же, Растворы и сплавы, Л., 1928; Готюков И. И., Физическая химия, Томск, 1930; Курнаков Н. С. и Жемчужный С. Ф., Твердость металлических сплавов, «Изв. Политехнич. ин-та», СПб, 1908; Сальдау П. Я., Метод электропроводности при высоких температурах и его значение для выяснения природы твердых растворов, «Известия Ин-та физико-химич. анализа», 1924, т. 2, вып. 2; «ЖРМО»; «Изв. Ин-та физико-химич. анализа»; «Изв. Ин-та по изучению платины и других благородных металлов», Л.; Tamman G., Lehrb. d. Metallographie. Chemie u. Physik d. Metalle u. ihre Legierungen, 3 Aufl., Lpz., 1923; Guillet L., Les méthodes d'étude des alliages métalliques, P., 1923; Finlay C., Phase Rules a. Its Applications, L., 1923.

**РАСТРЯСНАЯ МАШИНА** предназначена для разбивания и расправления мотков пряжи после крашения, отбелики или иных операций с



целью приведения нитей в параллельное состояние при вытягивании их до просушки пряжи. Р. м. состоит из крепкой чугунной станины с двумя парами медных или сталь-

ных валов  $A-A_1$ , из к-рых валы  $A_1$  помещены на рычагах  $B$ , приводимых в колебательное движение от эксцентриков  $B$ , или на досках с противогрузами. Мотки пряжи надеваются на валы  $A-A_1$  и ударами валов  $A_1$  расправляются. Валы  $A$  вращаются и перетягивают пряжу во время раструски. Число ударов можно регулировать по желанию. Производительность Р. м. 40—60 кг пряжи в час. Расход энергии 0,5—2 HP в зависимости от рода Р. м.

*Лит.:* Heermann P., Technologie d. Textilveredelung, 2 Aufl., B., 1926.

**3. Фунс.**

**РАСХОД ЖИДКОСТИ**, количество жидкости, протекающее в единицу времени через живое сечение того или иного потока жидкости. Под живым сечением потока жидкости следует понимать заключающуюся в пределах потока часть поверхности, ортогональной линиям тока (см. *Гидравлика*). Под потоком жидкости здесь подразумевается река, жидкость, движущаяся в трубе или в канале, или вообще струя жидкости. Поток жидкости— понятие элементарное. Если площадь живого сечения обозначить через  $\omega$ , а скорость движения жидкости вдоль произвольной линии тока через  $u$ , то расход  $Q$  м. б. выражен интегралом по поверхности живого сечения:

$$Q = \iint_{\omega} u \, d\bar{\omega} = \int_{\omega} u \, d\omega;$$

выражение такого вида в векторном анализе (см. *Векторное исчисление*) носит название потока вектора  $u$  через поверхность  $\bar{\omega}$ ; т. о. расход жидкости равен потоку вектора скорости через живое сечение. Для практич. приложений кроме трех основных дифференциальных ур-ий движения жидкости важно иметь дополнительные аналитические зависимости, среди которых в качестве основной характеристики движения жидкости признается так наз. уравнение неразрывности, непрерывности или сплошности движения, называемое иногда также уравнением постоянства массы.

В *гидродинамике* (см.) выводится дифференциальное ур-е неразрывности для несжимаемых капельных жидкостей в форме:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0,$$

где  $u, v$  и  $w$ — проекции скорости  $u$  на оси координат. В обозначениях векторного анализа дифференциальное уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости м. б. написано так:

$$\operatorname{div} u = 0,$$

где  $u$ —вектор скорости. Ур-е выражает, что количество жидкости, вошедшее в произвольный сколь угодно малый объем пространства, равно вышедшему количеству из этого объема пространства. Дивергенция (расхождение, расходение) скорости равна нулю. Выделяя внутри движущейся жидкости элементарную струйку и ограничивая ее двумя сечениями перпендикулярно линиям тока, вдоль которых построена струйка (фигура), получаем объем жидкости, для которого следовательно

$$\operatorname{div} u = 0.$$

Применяя к выделенному т. о. объему теорему Гаусса

$$\iiint_V \operatorname{div} u \, dV = \iint_{\omega} u \, d\bar{\omega},$$

где  $u$ —вектор (вообще любой, а в данном случае вектор скорости),  $V$ —объем, ограниченный поверхностью  $\omega$ , получим (т. к.  $\operatorname{div} u = 0$ ), что левая часть теоремы Гаусса для вектора скорости равна нулю, а следова-

тельно и правая, выражающая поток вектора скорости через поверхность  $\omega$ , также равна нулю:

$$\iint_{\omega} u \, d\bar{\omega} = 0.$$

Поток вектора скорости через боковую поверхность струйки равен нулю, т. к. скорость направлена вдоль боковой поверхности. Интеграл  $\iint_{\omega} u \, d\bar{\omega}$  сводится т. о.

к двум потокам вектора скорости через площадки  $\delta\omega_1$  и  $\delta\omega_2$ , причем, так как на одной из этих площадок скорость направлена внутрь объема струйки, а на другой—наружу, то один из этих потоков д. б. введен с обратным знаком. Таким образом

$$-\iint_{\delta\omega_1} u_1 \, d\bar{\omega}_1 + \iint_{\delta\omega_2} u_2 \, d\bar{\omega}_2 = 0.$$

Скорость в сечении струйки м. б. принята постоянной для всех линий тока, пересекающих сечение, в виду бесконечно малых размеров последнего, следовательно скорости м. б. вынесены за знак интегралов, т. е.

$$\iint_{\delta\omega_1} u_1 \, d\omega_1 = \iint_{\delta\omega_2} u_2 \, d\omega_2, \text{ или } u_1 \iint_{\delta\omega_1} d\omega_1 = u_2 \iint_{\delta\omega_2} d\omega_2.$$

Интегралы  $\iint_{\delta\omega_1} d\omega_1$  и  $\iint_{\delta\omega_2} d\omega_2$  соответственно равны площадкам  $\delta\omega_1$  и  $\delta\omega_2$ , следовательно окончательно:

$$u_1 \delta\omega_1 = u_2 \delta\omega_2.$$

Произведение  $u \cdot \delta\omega$  представляет собой расход жидкости вдоль элементарной струйки. Таким образом условные неразрывности заменяется условием постоянства расхода:  $u \cdot \delta\omega = \text{Const}$  для всех сечений струйки. Если теореме Гаусса применить к потоку жидкости конечных размеров, напр. к потоку жидкости в трубе, а не к элементарной струйке, то, т. к.  $\operatorname{div} u = 0$ , имеют место следующие равенства.

$$\iiint_V \operatorname{div} u \, dV = \iint_{\omega} u \, d\bar{\omega} = 0;$$

$\iint_{\omega} u \, d\bar{\omega}$  м. б. разбит на три интеграла: первый—по боковой поверхности струи, второй и третий—по живым сечениям, ограничивающим рассматриваемый участок струи конечных размеров; интеграл  $\iint_{\omega} u \, d\bar{\omega}$  по бо-

вой поверхности струи жидкости равен нулю, так как на стенках трубы или канала или на свободной поверхности, ограничивающих поток жидкости, скорость касательна к этим ограничивающим поверхностям или же равна нулю. Получаем, что сумма двух интегралов потоков векторов скоростью по живым сечениям равна нулю, т. е.

$$-\iint_{\omega_1} u_1 \, d\bar{\omega}_1 + \iint_{\omega_2} u_2 \, d\bar{\omega}_2 = 0,$$

или

$$\iint_{\omega_1} u_1 \, d\bar{\omega}_1 = \iint_{\omega_2} u_2 \, d\bar{\omega}_2;$$

здесь  $\omega_1$  и  $\omega_2$ —площади живых сечений, ограничивающих участок струи, а  $u_1$  и  $u_2$ —скорости в произвольных точках живых сечений. Так как при этом рассмотрении были взяты произвольные живые сечения потока жидкости, то  $\iint_{\omega} u \, d\bar{\omega}$  для любого живого сечения равен такому же интегралу для другого любого живого сечения, или

$$\iint_{\omega} u \, d\bar{\omega} = \text{Const}.$$

Расход жидкости таким образом постоянен для всех живых сечений потока жидкости. Примем, что живое сечение потока жидкости представляет собою плоскость. В случае параллельного движения это соответствует действительности, а в других случаях может рассматриваться как некоторое приближение к ней. Обозначим:  $\omega$ —площадь живого сечения,  $v$ —средняя скорость движения жидкости через сечение. Расход  $Q$  всего потока жидкости может быть вычислен как произведение средней скорости на площадь живого сечения, т. е.

$$Q = v \cdot \omega.$$

Тогда имеем:

$$Q = v\omega = \iint_{\omega} u \, d\omega = \text{Const}$$

для любого сечения всего неразрывного потока жидкости. Выражение  $v \omega$  определяет объем призматического (цилиндрического) тела, равновеликого объему, определяемому интегралом  $\int \int_{\omega} u d\omega$ . Уравнение нераз-

рывности со средней скоростью  $v\omega = \text{Const}$  или  $v_1\omega_1 = v_2\omega_2$  имеет большое значение для решения практич. задач. Распределение скоростей  $u$  для различных струек в живом сечении зависит от режима движения жидкости. Так, в случае ламинарного движения в круглой трубе скорости  $u$  в живом сечении распределяются по параболюиду вращения. Ур-ие этого параболюида

$$u = \frac{ig}{4\nu} (r^2 - y^2),$$

где  $u$ —скорость струйки на расстоянии  $y$  от оси трубы,  $r$ —радиус трубы,  $i$ —гидравлич. уклон,  $g$ —ускорение силы тяжести и  $\nu$ —кинематический коэф. вязкости. Закон Пуазейля вытекает как следствие из указанной зависимости.

При турбулентном движении скорости в сечении распределяются по сложным законам (см. *Ламинарное и турбулентное движение и Пульсация жидкости*). Определ. е расх о д а является основной задачей техники. В различных случаях применяются соответствующие методы измерения расхода. Измерение расхода в реках и каналах составляет задачу гидрометрии (см. *Гидрометрия, Гидрометрические приборы и Водослив*). Для измерения расхода в трубах употребляются *водомеры* (см.) различного типа. Расход грунтовых вод определяется особыми методами.

Если приходится иметь дело с упругой жидкостью, т. е. с газом или паром, то вследствие того, что при течении по трубам газ или пар может расширяться или сжаться, объемный расход, постоянный для всех сечений капиллярной жидкости, не является величиной, характерной для движения упругой жидкости.

Дифференциальное уравнение неразрывности также имеет другой вид для упругой жидкости, а именно:

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) = 0,$$

где  $\rho$ —плотность в точке упругой жидкости,  $\frac{d\rho}{dt}$ —полная производная от плотности по времени,  $u, v$  и  $w$ —проекции на оси координат скорости  $\mathbf{u}$ . В обозначениях векторного анализа ур-ие имеет вид:

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \cdot \text{div } \mathbf{u} = 0.$$

Дифференциальное ур-ие неразрывности может быть написано и так:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} \left[ \frac{\partial (\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial (\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial (\rho w)}{\partial z} \right] = 0.$$

При установившемся движении  $\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$ , и ур-ие неразрывности получает вид:

$$\frac{\partial (\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial (\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial (\rho w)}{\partial z} = 0,$$

или то же в векторной форме:

$$\text{div} (\rho \mathbf{u}) = 0.$$

Применяя к струе упругой жидкости теорему Гаусса, имеем:

$$\iiint_V \text{div} (\rho \mathbf{u}) dv = \iint_{\omega} \rho \mathbf{u} d\bar{\omega}.$$

В виду того что  $\text{div} (\rho \mathbf{u}) = 0$ , правая часть ур-ия равна нулю:

$$\iint_{\omega} \rho \mathbf{u} d\bar{\omega} = 0.$$

Поперечному потоку  $\rho \mathbf{u}$  через боковую поверхность струи равен нулю, ибо в точках боковой поверхности  $\mathbf{u}$  или равна нулю или касательна к поверхности. Остаются два интеграла по живым сечениям  $\omega_1$  и  $\omega_2$ , из к-рых один имеет знак, противоположный первому:

$$\iint_{\omega_1} \rho \mathbf{u} d\bar{\omega} - \iint_{\omega_2} \rho \mathbf{u} d\bar{\omega} = 0,$$

или

$$\iint_{\omega_1} \rho \mathbf{u} d\bar{\omega} = \iint_{\omega_2} \rho \mathbf{u} d\bar{\omega}.$$

Если перейти к средней скорости и считать, что плотность  $\rho$  постоянна в данном живом сечении, то

$$\rho_1 v_1 \omega_1 = \rho_2 v_2 \omega_2,$$

где  $\rho_1$ —средняя плотность в первом сечении,  $v_1$ —средняя скорость в первом сечении;  $\omega_1$ —площадь первого живого сечения;  $\rho_2, v_2$ —соответственно средние плотность и скорость во втором сечении;  $\omega_2$ —площадь второго живого сечения. Т. к. сечения выбраны произвольно, то произведение  $\rho v \omega$  постоянно для любого сечения, т. е.

$$\rho v \omega = \text{Const}.$$

Это уравнение является практич. ур-ием неразрывности для упругой жидкости при установившемся движении. Произведение  $\rho v \omega$  представляет собою массу упругой жидкости, протекающей через живое сечение в единицу времени; эта величина м. б. названа  $m$  а с о в ы м р а с х о д о м. Для упругой жидкости т. о. массовый расход постояен для всех сечений струи:

$$M = \rho v \omega \left[ \frac{\text{единица массы}}{\text{единица времени}} \right].$$

Т. к.  $\rho = \frac{\gamma}{g}$ , где  $\gamma$ —уд. в. упругой жидкости, а  $g$ —ускорение силы тяжести, то

$$M = \frac{\gamma}{g} \cdot v \cdot \omega = \text{Const}.$$

При постоянном  $g$  величина  $\gamma v \omega = \text{Const}$ ; эта величина называется  $v$  е с о в ы м р а с х о д о м упругой жидкости; обозначим ее через  $G$ :

$$G = \gamma v \omega.$$

Последняя величина играет основную роль при расчетах, связанных с движением газа или пара.  $G$  выражают обычно в кг/ч.

Лит.: Павловский Н., Курс гидравлики, Москва—Ленинград, 1931; Фиников С., Векторный анализ, М.—Л., 1934; Kaufman W., *Angewandte Hydromechanik*, В., 1931. В. Брилинг.

**РАСЩЕПЛЕНИЕ ВОЛОКНА** имеет целью подготовку его для прядения. При обработке лубяных волокон в процесс разрыхления входит разделение лубяных пучков, склеенных пектиновыми веществами; полуфабрикат, получаемый при этом, можно прядь, как хлопок. Степень расчленения луба на волокна элементарные и на комплексы элементарных волокон различна в зависимости от длины элементарных волокон. Чем дальше идет процесс расчленения луба, тем больше количество элементарных волокон, тем более высокий номер пряжи м. б. выработан. При коротких элементарных волокнах растений, напр. конопли, расчленение не ведется до конца, а проводится т. о., чтобы комплексные волокна имели длину, соответствующую номеру выработанной пряжи. В комплексном волокне бывает 3—5 (иногда более) элементарных волокон, причем длина комплексного волокна больше элементарного, т. к. элементарные волокна склеены не по всей длине их, а часть элементарного волокна выступает за другое. Основные методы котонизации лубяных волокон—химический, механический, биологический, химико-механический и электромеханический—или находятся в стадии лабораторной проработки или уже получили свое практич. разрешение (см. *Котонизация, Волокна прядильные*). В последнее время внимание исследователей было обращено на усовершенствование химич. метода. Опытами лаборатории при ф-ке «Новый хлопок» выяснено, что наилучшим растворителем пектиновых веществ является едкий натр, причем варка без давления в открытых сосудах дала лучшие результаты, чем варка под давлением в котлах. Опыты показали, что повышение давления не влияет на интенсивность выварки органич. веществ, но несколько уве-

личивает расход щелочи. После варки в условиях более низкой  $t^{\circ}$  и давления волокно получалось более светлым и легче поддавалось отбелке. Самым выгодным химич. реагентом оказался раствор NaOH при концентрации 0,3—0,5% и при отношении раствора к материалу 35 : 1. При этой концентрации раствора крепость волокна оказалась наилучшей, что видно из следующих данных для варки без давления:

Концентрация щелочи . . . . .	0,3	1	2,5
Крепость в % . . . . .	100	81,2	69,5

Лабораторные исследования показали также, что при отварке кедрового луба одни химич. процессы не достигают цели; необходимо наличие нек-рого механич. воздействия на волокно, чтобы устранить слеживание луба, при этом необходимо, чтобы материал находился во взвешенном состоянии, чем достигается лучшее проникновение реактива в материал. Увеличение количества отжимов в процессе варки, а также варка с постоянно (а не периодически) работающими граблями уменьшили окисляемость экстракта. Варка в течение 1 часа дала окисление экстракта:

Количество отжимов . . . . .	0	3	10
Окисление экстрактов в % . . . . .	47,5	33,5	20,5

Варка в течение 1 ч. с периодической работой граблей дала окисление экстракта в 24%, с постоянной работой граблей—18%.

При обработке кедрового луба наилучшей схемой котонизационной установки была признана следующая. 1) Варка в открытых сосудах во взвешенном состоянии в растворе NaOH при концентрации 0,3—0,5%, при  $t^{\circ}$  раствора 85—90° и при весовом отношении раствора к материалу 35 : 1, с воздействием механич. характера на материал. 2) Промывка отваренного луба также во взвешенном состоянии с воздействием механич. порядка, в проточной воде без подогрева, при общем расходе воды к материалу примерно 100 : 1. 3) Рыхление отваренного и промытого луба во влажном состоянии, причем материал попутно обезкостривается и попадает в сушилку в виде отдельных комплексов. 4) Сушка разрыхленного материала тонким слоем при  $t^{\circ}$  75—80° в течение 10—12 минут. Для проведения этого плана в промышленном масштабе оказалась наиболее удобной аппаратура шерстомойных цехов, причем в нее внесены были некоторые изменения: ливерпульская барка, замочная барка Бернгардта и барки Петри Макнота. Недостатком ливерпульской барки является свойство зажгучивать материал вследствие быстрого кругового вращения грабель. В барке Петри грабельного типа механическое воздействие на волокно не так энергично, волокно не получает кругового движения и зажгучивания не происходит. Замочная барка Бернгардта снабжена двумя боронами, работающими по очереди. Благодаря такому устройству материал, находящийся под действием попеременно работающих борон, передвигается в барке, подвергаясь растаскиванию на укороченные пряди. Машинной, дающей возможность производить на кедровое волокно воздействие механического характера, является барка Петри Макнота борончатого типа, которая кроме обычных зубьев снабжена приспособлением особого устройства, действие которого на промываемый материал основано на присасывании (вернее—прилипанию). Этими приспособо-

блениями (присоски) материал потопляется и поднимается со дна, благодаря чему достигается возможность быстрого проникновения реактива в волокно и весьма мягкое механич. воздействие вследствие перегибания во время потопления и подъема и легкого растаскивания зубьями борон. Присоски без пневматич. приспособлений представляют металлич. планки, раздвоенные снизу и расположенные перпендикулярно к ходу материала. В поперечном сечении они имеют форму  $\Delta$ . Оптимальный размер угла, образуемого раздвоенными лопастями, еще окончательно не установлен. Механич. воздействие, производимое отжимальными прессами и рыхлительными приспособлениями, облегчает освобождение волокна от склеивающих веществ и удаляет значительное количество эпидермиса из щелочного раствора, что является весьма важной функцией пресса. Верхний вал пресса обматывается пенковым канатом и должен давать давление на материал в 3—5 т. Выходящий из пресса материал в виде плотной массы поступает в разрыхлитель, состоящий из барабана, снабженного рядом трепал.

В настоящее время выработаны две схемы котонизационных установок, осуществляющих б. или м. непрерывный поток работы. Агрегаты машин составляют к о т о н и з а т о р. В первую схему входят две варочные барки и промывная машина Кранца. Первая варочная барка состоит из двух сдвоенных ливерпульских барок, каждая размером 6 × 4,4 м; они имеют общий разгрузочный зев. Материал разгружается из каждой барки поочередно тройчаткой и поступает во вторую варочную барку (замочная барка Бернгардта 7 × 1,8 м). У выхода каждой барки устанавливается отжимальный пресс. Из второй барки материал поступает непосредственно в промывную машину и затем в рыхлитель. Вторая схема представляет собой шестибарочную машину Петри Макнот: 2 барки для варки и 4 для мойки. Первая варочная барка 9 м, вторая 6,5 м. Обе барки борончатого типа с игольчатым выгружающим транспортером. Движение бороны 12—18 пер/м.; борона имеет три различных приспособления: грабли с изогнутыми зубьями, присоски и грабли с прямыми зубьями. Обе барки снабжены потопляющим аппаратом. Первые две промывные барки грабельного типа длиной 6 м и 5,5 м, третья и четвертая промывные барки борончатого типа—5,5 м и 6 м. Из пресса последней барки материал ленточным транспортером подводится к рыхлительному аппарату. С рыхлительного аппарата котонизаторов обоего типа материал по транспортеру поступает в сушилку. Наиболее подходящей считается ленточная сушилка системы Шильде и Газа. Из сушилки материал идет на чесальную машину (например бреннер-карда), где достигается более полное Р. в. Большой интерес представляет другой способ разрыхления лубяных волокон—облагораживание путем повторной декорткации луба на д е к о р т и к а т о р а х. Этот способ Р. в. без замочки и варки признан рациональным и широко применяется. Отдельные детали находятся еще в стадии проработки—см. *Котонизация*.

Лит.: Черни А., Галкин В., Крагельский И., Конвейерный процесс промышленной котонизации, «За новое волокно», М., 1931, 1—2; Геккер, Биологическая котонизация лубяных растений, «Кедрый—Рама», М., 1930, 3—4. Н. Армян.

**РАСЩЕПЛЕНИЕ ЖИРОВ**, процесс разложения жировых веществ и выделения из них глицерина и свободных органических (жирных) кислот. См. *Глицерин, Жиры и масла и Омыление*.

**РАТИНИРОВАНИЕ**, специальный вид отделки шерстяных тканей, состоящий в том, что наворсовая ткань медленно протягивается в натянутом состоянии по столу, нагреваемому паром. Над лицевой стороной ткани, обращенной кверху, подвешена ратировальная доска, покрытая плюшем и нажимаемая на поверхность ткани. Доска имеет быстро колебательное движение в горизонтальной плоскости, благодаря чему волокна скатываются в комочки и жгутики и лицо ткани приобретает бугорчатый, мохнатый вид. Если ратировальная доска имеет кругообразное вращение, то отделка носит название р а т и н ё, если продольное, поперечное или диагональное, то — в е л и н ё.

**В. Линде.**

**РАФИНАЦИЯ масел, жиров и других продуктов**, ряд процессов для очистки и облагораживания сырых масел и твердых жиров путем удаления из них различных примесей, препятствующих употреблению этих продуктов в пищу (рафинация пищевых продуктов) или применению их для разных технических целей (Р. технических продуктов). Р. пищевых жиров производится особенно тщательным образом; хорошие пищевые масла д. б. совершенно чисты и прозрачны, бесцветны или слабо окрашены, нейтральны, обладать хорошим запахом и вкусом, не разлагаться при продолжительном хранении и т. д. При Р. технич. жиров удаляются только те примеси, к-рые могли бы вредно отразиться на последующей обработке и качестве продуктов, напр. масла для олифы и лаков д. б. совершенно прозрачными, иметь незначительную кислотность, не давать при нагревании осадка и т. д. В мыловаренном производстве ценятся жиры, слабо окрашенные и не имеющие запаха; в парфюмерии — совершенно чистые, светлые, без запаха, способные продолжительное время сохраняться без разложения. Минеральные масла также подвергаются Р. для удаления примесей, оказывающих вредное влияние при употреблении их как горючего для освещения и моторов (см. *Бензин, Керосин*) или как смазочного материала (см. *Смазочные масла*). Масла для освещения и смазки не должны содержать смолистых веществ, свободных кислот и механич. примесей.

Сырые масла и жиры в том виде, как они получаются после прессования, экстракции, вытапливания и другими способами, не удовлетворяют многим перечисленным требованиям и потому должны б. или м. широко подвергаться Р. Примеси, находящиеся в жирах, м. б. трех видов: механические, эмульгированные и растворенные. Механич. примеси состоят из пыли, оболочек растительных или животных клеток, обрывков ткани (при получении масел путем прессования) и других механич. загрязнений. Они могут находиться или на поверхности масла (наиболее легкие), или во взвешенном состоянии в виде более или менее тонкой мути, или наконец в виде осадка. Эмульгированные примеси обычно растворимы в воде, но в большинстве случаев не способны растворяться в масле или жире; к ним относятся белковые и слизистые вещества, камеди, таниды и другие соединения, которые,

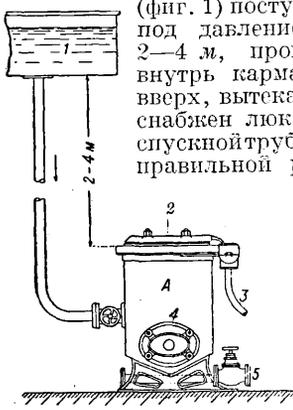
находясь в жидких маслах в форме коллоидов, часто удерживают вместе с собою также и взвешенные механич. примеси. Белковые вещества коагулируют при нагревании, сильно подкислении или смешивании с крепкими соляными растворами. Слизистые вещества рассматриваются как углеводы типа целлюлозы в смеси с растительными камедями; в отличие от белков они не всегда коагулируют при нагревании, но осаждаются щелочами, содой и некоторыми солями. К растворимым в жирах примесям относятся смолы, жирные к-ты, вещества красящие, пахучие и изменяющие естественный вкус продукта. От них освобождаются или путем обработки химич. реагентами, стараясь перевести их из растворимой в жирах формы в нерастворимую, или в случае летучих примесей путем дистилляции с водяным паром. Кроме примесей, содержащихся в исходных материалах, часть их может образоваться при самом процессе получения масел или жиров, а также при последующем хранении готовых продуктов, например при выплавке жира образуются продукты пиролиза и гидролиза белковых или других органич. веществ: аминокислоты, амины, пиридиновые основания, альдегиды, кетоны и т. д., которые, отчасти растворяясь в жире, окрашивают его и сообщают ему неприятный запах и вкус. При хранении жиров вследствие действия влаги, воздуха, света, тепла, энзимов и других влияний также получают продукты разложения, обуславливающие прогорклость, пожелтение и плохой запах.

Методы Р. масел чрезвычайно разнообразны. С одной стороны, различают методы очистки (Р. в широком смысле), необходимые для всякого жира независимо от цели его применения. Сюда относятся гл. обр. физич. методы: отстаивание, промывка горячей водой (для удаления растворимых веществ), фильтрация, нагревание и т. д. С другой стороны, различают методы облагораживания (собственно Р.) для повышения качества жира путем удаления из него тех примесей, которые делают его негодным к употреблению для определенной цели. Сюда относятся как химические методы (окисление, восстановление, нейтрализация), так и физические (адсорбция, дистилляция), имеющие своей целью удаление свободных к-т, белковых и красящих веществ, запаха и т. д. Обыкновенно во время работы они сопровождаются также и методами простой очистки: промывкой, фильтрацией и др. Для практических целей методы Р. масел удобнее всего группировать по роду примесей: удаление механич. примесей, белковых, слизистых и тому подобных веществ, свободных жирных кислот (нейтрализация), красящих веществ (отбелка), пахучих веществ (дезаодорация) для улучшения вкуса и предохранения от порчи и для повышения  $t^{\circ}_{пл.}$  или понижения  $t^{\circ}_{заст.}$ . Применение тех или иных методов для Р. зависит от природы и свойства жира, количества и рода примесей, цели применения и многих других условий. В практике обычно стремятся к тому, чтобы удалить по возможности больше различных примесей за один рабочий процесс. Удаление механич. примесей производится гл. обр. тремя способами: отстаиванием, фильтрацией и центрифугированием.

О т с т а и в а н и е является наиболее старым и простым способом, а потому нередко применяется еще и в настоящее время на не-

больших заводах. Для этого употребляются большие железные цилиндрич. резервуары с конич. дном. Механич. примеси и вода, имеющие наибольший уд. в., чем масло, собираются на дне резервуара, а чистое отстоенное масло спускается через боковые краны. Этот способ имеет следующие недостатки: 1) он занимает очень много времени, в особенности для осаждения мелких взвешенных частиц; 2) отстаивание вязких масел при обычных  $t^\circ$  очень затруднительно и потому требует подогревания масла в отстойниках. Для ускорения отстаивания предложено очень много различных средств: примешивание кизельгура, измельченных жмыхов, насыщенного раствора поваренной соли, хлористого кальция и т. д. Отстаивание твердых жиров производится при нагревании до 45—50°. В больших производствах для удаления механич. примесей применяют в настоящее время фильтрацию или центрифугирование.

Фильтрация позволяет производить очистку масел в очень короткое время, благодаря чему устраняется прогоркание масел, неизбежное при продолжительном отстаивании в резервуарах. Для фильтрации применяют фильтрпрессы двух типов: камерные и рамочные (вторые предпочитают при большом содержании механических примесей). Масло подается насосом под давлением 3—6 атм или поступает из напорного бака (в последнем случае не происходит толчков и не получается разрывов фильтровальной ткани). Для фильтрации масел с высокой  $t^\circ_{\text{м.}}$  фильтрпрессы снабжаются паровыми рубашками. Технич. жиры и масла фильтруются обычно один раз; для пищевых жиров требуется вторичная, более тщательная фильтрация под меньшим давлением. Для этого применяют напр. т. н. механич. фильтр Филиппа (фиг. 1), состоящий из четырехугольного стального или чугунного ящика А, с плотно привинченной крышкой 2, в которой имеется целый ряд отверстий для фильтрующих элементов (фиг. 2), укрепляемых в крышке при помощи шляпок *a* и фланцев *b* (фиг. 2). Каждый фильтрующий элемент состоит из кармана или хлопчатобумажного мешка *e*, в *к-рой* вставляется стальная решетка из проволоки *г*. Масло из бака 1

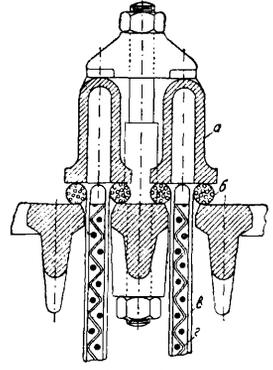


Фиг. 1.

поступает в ящик фильтра под давлением столба высотой 2—4 м, проходит через ткань внутри карманов и, поднимаясь вверх, вытекает из трубки 3. Бак снабжен люком 4 для очистки и спускной трубой 5 для осадков. При правильной работе масло получается совершенно чистое и прозрачное. Средняя часовая производительность фильтра Филиппа 35—40 л/ч на 1 м<sup>2</sup> фильтрующей поверхности. Кроме описанного фильтра для пищевых масел применяют также фильтры, в которых фильтрующим материалом служит бумага или вакуум-фильтры.

Центрифугирование производится в центрифугах (см.), внутренний барабан которых выкладывается фильтровальной тканью.

Удаление белковых и слизистых веществ производится при помощи конц. серной к-ты, нагревания, обработки щелочами и другими способами. Р. с помощью  $H_2SO_4$  является наиболее старым и дешевым способом; она применяется и в настоящее время, гл. обр. для минеральных масел и некоторых растительных: сурепного (рапсового) и др. Конц.  $H_2SO_4$  1) связывает воду, разрушает эмульсоиды и выделяет эмульгированные вещества, 2) разрушает и обугливает слизистые, белковые и другие органические примеси, 3) уничтожает активность энзимов. С другой стороны, при большом количестве  $H_2SO_4$ , продолжительном действии или высокой  $t^\circ$  не только примеси, но и сам жир подвергается изменению с образованием сульфо- и окислительных и других соединений; поэтому обработку масел серной к-той следует производить осторожно: к-ту крепостью 66° В<sub>е</sub> (купоросное масло) прибавляют тонкой струей в количестве 0,7—1% при  $t^\circ$  15—20°, *к-рая* затем поднимается до 30—40°. Очень важное значение имеет тщательное перемешивание масла с к-той и затем, по окончании процесса, тщательное удаление к-ты из масла (промывка водой или струей пара). Самый процесс Р. ведут в деревянных или железных оцинкованных сосудах, снабженных мешалкой. Очень энергичное перемешивание достигается в мешалках типа «Тайфун» или в винтовых, а также при помощи пропускания через слой масла воздуха, а в некоторых случаях пара (см. *Размешивание материалов*). При действии  $H_2SO_4$  органич. примеси (белковые, слизистые и другие вещества) постепенно обугливаются, масло темнеет, выделяются темные или черные хлопья, увлекающие с собой красящие вещества и другие примеси. После отстаивания масло отделяют, промывают горячей водой до полного удаления  $H_2SO_4$ , сушат, охлаждают и фильтруют. Качество получаемого после Р. масла зависит от многих условий: продолжительности обработки и перемешивания (определяются б. ч. опытным путем),  $t^\circ$ , количества и концентрации к-ты и т. д. Этот способ имеет следующие недостатки: 1) отстаивание и промывка масел требуют много времени и увеличивают расход энергии, 2) масло после Р. часто имеет кислую реакцию, т. к. содержит до 1% (и более) нерастворимых в воде свободных жирных к-т, образующихся вследствие разложения жира. Для удаления их из масла необходима последующая обработка щелочами. По другому способу масло быстро нагревают до  $t^\circ$  280—300°, при *к-рой* белковые и слизистые вещества коагулируют и большая часть красящих веществ разрушается, но получающийся при этом очень объемистый осадок трудно отфильтровывается и легко забивает фильтры. В настоящее время для отделения таких осадков с успехом применяют центрифуги. Затем для разрушения эмульсий предложена продувка масла сухим воздухом или другим инертным газом, нагретым



Фиг. 2.

Удаление белковых и слизистых веществ производится при помощи конц. серной к-ты, нагревания, обработки щелочами и другими способами. Р. с помощью  $H_2SO_4$  является наиболее старым и дешевым способом; она применяется и в настоящее время, гл. обр. для минеральных масел и некоторых растительных: сурепного (рапсового) и др. Конц.  $H_2SO_4$  1) связывает воду, разрушает эмульсоиды и выделяет эмульгированные вещества, 2) разрушает и обугливает слизистые, белковые и другие органические примеси, 3) уничтожает активность энзимов. С другой стороны, при большом количестве  $H_2SO_4$ , продолжительном действии или высокой  $t^\circ$  не только примеси, но и сам жир подвергается изменению с образованием сульфо- и окислительных и других соединений; поэтому обработку масел серной к-той следует производить осторожно: к-ту крепостью 66° В<sub>е</sub> (купоросное масло) прибавляют тонкой струей в количестве 0,7—1% при  $t^\circ$  15—20°, *к-рая* затем поднимается до 30—40°. Очень важное значение имеет тщательное перемешивание масла с к-той и затем, по окончании процесса, тщательное удаление к-ты из масла (промывка водой или струей пара). Самый процесс Р. ведут в деревянных или железных оцинкованных сосудах, снабженных мешалкой. Очень энергичное перемешивание достигается в мешалках типа «Тайфун» или в винтовых, а также при помощи пропускания через слой масла воздуха, а в некоторых случаях пара (см. *Размешивание материалов*). При действии  $H_2SO_4$  органич. примеси (белковые, слизистые и другие вещества) постепенно обугливаются, масло темнеет, выделяются темные или черные хлопья, увлекающие с собой красящие вещества и другие примеси. После отстаивания масло отделяют, промывают горячей водой до полного удаления  $H_2SO_4$ , сушат, охлаждают и фильтруют. Качество получаемого после Р. масла зависит от многих условий: продолжительности обработки и перемешивания (определяются б. ч. опытным путем),  $t^\circ$ , количества и концентрации к-ты и т. д. Этот способ имеет следующие недостатки: 1) отстаивание и промывка масел требуют много времени и увеличивают расход энергии, 2) масло после Р. часто имеет кислую реакцию, т. к. содержит до 1% (и более) нерастворимых в воде свободных жирных к-т, образующихся вследствие разложения жира. Для удаления их из масла необходима последующая обработка щелочами. По другому способу масло быстро нагревают до  $t^\circ$  280—300°, при *к-рой* белковые и слизистые вещества коагулируют и большая часть красящих веществ разрушается, но получающийся при этом очень объемистый осадок трудно отфильтровывается и легко забивает фильтры. В настоящее время для отделения таких осадков с успехом применяют центрифуги. Затем для разрушения эмульсий предложена продувка масла сухим воздухом или другим инертным газом, нагретым

до 140—150°, обработка сернистой к-той вместо серной к-ты и т. п., но все эти способы не получили пока большого практич. значения. Об удалении белковых и слизистых веществ при помощи щелочей см. ниже.

Удаление свободных жирных к-т (нейтрализация масел) производится путем: а) омыления щелочами и удаления образующегося мыла; б) растворения жирных кислот в растворителях, не действующих на нейтральный жир; в) перегонки жирных кислот с водяным паром. В практике применяется гл. обр. первый метод, причем условия работы сильно варьируют в зависимости от употребляемых химич. реагентов, их концентрации,  $t^\circ$  и других факторов. Из щелочей чаще всего применяются каустическая сода, аммиак, окиси и гидроокиси щелочноземельных металлов и др. соединения. Сода мало пригодна для этой цели, т. к. образует при нейтрализации большое количество пены. Аммиак не действует на жир и образует легко разлагаемое мыло, но применение его усложняет процессы работы. Известь и магнезия как мало растворимые в воде употребляются в виде суспензий (молока), благодаря чему реакция с ними затруднена и их приходится брать в избытке; кроме того известковое мыло дает иногда стойкую эмульсию и удерживает значительное количество масла. Самый процесс обработки масла щелочью заключается в следующем. В нейтрализатор, снабженный мешалкой и подогревателем, спускается из расположенного выше мерника в виде тонкой струи (при перемешивании) раствор каустич. соды в количестве, определенном заранее путем анализа. Щелочь омыляет свободные жирные к-ты и смолистые вещества; образующаяся при этом мыло в виде хлопьев оседает на дно сосуда, увлекая с собою белковые, красящие, слизистые и другие примеси, находящиеся в масле. Концентрация щелочи берется для различных масел в пределах 5—30° Вé. Слишком концентрированные растворы разлагающе действуют на нейтральный жир, слишком разбавленные—образуют иногда очень стойкие эмульсии, создающие большие неудобства в производстве. Температура смеси держится не выше 30° и лишь под конец ее повышают до 50—60°, чтобы получить более плотный осадок мыла. Отстаивание масел происходит или в нейтрализаторе или в особых сборниках; для ускорения отстаивания и разрушения эмульсий прибавляется раствор поваренной соли. Отстой, soapstock, содержит кроме мыла и примесей часто значительное количество нейтрального жира, который м. б. в значительной части отделен при помощи центрифугирования, после чего мыло разлагают серной к-той для получения жирных кислот. Масло после отделения soapstock поступает в промывочно-сушильный аппарат, где оно тщательно промывается несколько раз горячей водой до полного удаления мыла и затем сушится. Для отделения жирных к-т при помощи растворителей выбираются такие растворители, у которых уд. вес сильно отличается от уд. веса масла, напр. метиловый и амиловый спирты. Жир промывают несколько раз растворителем, который после отстаивания образует два слоя: нижний, состоящий из нейтрального жира, и верхний—из раствора жирных кислот в растворителе. Этот метод имеет различные недостатки: жир

обычно удерживает небольшие количества растворителей, сообщающих ему свой запах, образует эмульсии, требует применения более или менее дорогих растворителей и т. д. Жиры с большой кислотностью образуют при обработке щелочами стойкие эмульсии; в этом случае жирные кислоты удобнее отделять при помощи дистилляции, так как они в противоположность нейтральному жиру летучи с водяным паром.

Удаление красящих веществ или отбелка жиров (см. *Беление масел*) производится либо путем абсорбции красящих веществ каким-либо поглотителем (физич. метод) либо путем разрушения красящих веществ различными химич. реагентами (химич. метод). В практике чаще всего применяется первый метод—абсорбция при помощи т. н. отбелывающих землей. Последние встречаются в природе—флоридин, кизельгур, глуховская земля и мн. др. природные глины (см. *Глина, глины сукновальные*)—или получают из природных глин путем искусственной обработки (франконит, тонсил и др.). Натуральные отбелывающие земли очень распространены. Они находятся в большом количестве в Америке (флоридин, или флоридная земля), Англии (фуллерова земля), Германии, Франции и других странах. В СССР местонахождения их имеются в УССР (глуховский каолин), на Кавказе (ахалцхский инфузорит, кутаисский флоридин), в Ленинградской области и других местах. Добытую землю обычно толкут, сушат, иногда прокаливают для удаления органических примесей, размалывают и просеивают. В зависимости от своего происхождения натуральные земли сильно отличаются по цвету и химическому составу. В большинстве случаев они представляют гидросиликаты алюминия с другими основаниями: магнезией, известью и т. д. Абсорбционная способность их по отношению к красящим веществам также сильно колеблется и зависит не только от химического состава, но в значительной степени также и от физической структуры. Обработанные тем или иным способом отбелывающие вещества по сравнению с натуральными отличаются большей активностью (например «франконит F» по отбелывающей способности в 2½ раза сильнее фуллеровой земли), не требуют предварительного высушивания, поглощают значительно меньше масла (например фуллерова земля поглощает 100—120% масла от веса абсорбера, а «франконит F» только 50%) и поэтому начинают вытеснять из употребления натуральные земли. Действие отбелывающих веществ заключается не только в поглощении красящих веществ (осветления жиров), но и в поглощении слизистых веществ, остатка влаги и кислотности, частичной дезодорации и т. д.

Самый процесс отбелки производится след. обр. В аппарате для отбелки, снабженном мешалкой и подогревателем, прибавляют к нагретому до известной  $t^\circ$  жиру определенное количество абсорбента, хорошо размешивают и затем через нек-рое время отфильтровывают жир от осадка на фильтрипрессе. Что касается условий работы ( $t^\circ$ , продолжительности перемешивания, количества абсорбера и др.), то они изменяются в зависимости от природы и качества жира, цели применения и т. д. В общем флорида берет 3—5% (для загрязненных масел больше), искусственных

препаратов 1—3% и меньше;  $t^{\circ}$  отбелки технич. масел держится в 60—80° и выше, пищевых же—значительно ниже; иногда отбелку их производят при обыкновенной  $t^{\circ}$ . Отфильтрованный абсорбент после отделения жира (б. ч. путем экстракции бензином) регенерируется прокаливанием в печах и после добавки свежего снова употребляется для работы. Описанный метод имеет следующие недостатки: 1) большая потеря масла вследствие поглощения его абсорбентом, 2) продолжительность рабочих процессов (фильтрация, регенерация), 3) неполное удаление слизистых веществ. Зато жир, получаемый по этому методу, не подвергается при отбелке химич. изменениям, в виду чего метод часто применяется в практике.

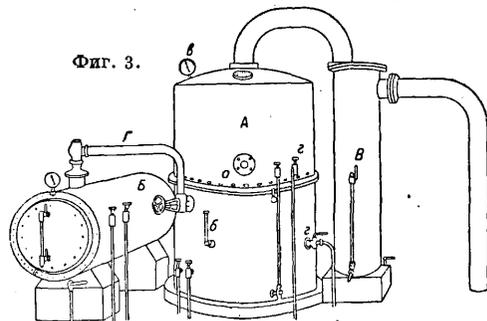
Химич. способы отбелки основаны на окислении или восстановлении красящих веществ при помощи различных химич. реагентов. К окислительным процессам относится отбелка солнечным светом, пропусканием воздуха или озона, перекисью водорода, перекисью бензоила («люцидоль»), хромовой смесью, марганцовокислым калием, хлором и др. К способам, основанным на восстановлении, относится обработка бисульфитом, гидросернистой кислотой и др. Большинство этих способов имеет в настоящее время небольшое практич. значение, т. к. обесцвечивание солнечным светом требует очень много времени, применение перекиси водорода и  $KMnO_4$  для больших количеств масла является слишком дорогим, применение озона требует специальной установки и т. д. Отбелка при помощи продувания воздуха находит применение в производстве лаков, медицинских и других масел (см. *Олифа*). Для пищевых масел и жиров употребляется перекись бензоила, распадающаяся при нагревании на бензойный ангидрид и кислород. Для Р. технич. масел более часто применяется отбелка хромовой смесью: растворы хромпика и серной к-ты ( $1/2$ —2% хромпика по весу масла и разбавленная  $H_2SO_4$ : 2 кг  $H_2SO_4$  66° Вé на 1 кг хромпика) тщательно смешивают с маслом, иногда слабо подогревают и затем дают смеси отстояться; после этого масло тщательно промывают горячей водой до полного удаления реактива. Отбелка основана на действии выделяющегося при этом активного кислорода:



Наконец для разрушения красящих веществ применяются нагревание масел до высокой  $t^{\circ}$  и обработка крепкой серной кислотой (см. выше—удаление белковых и слизистых веществ).

Способы удаления запаха (дезодорация жиров) основаны в виду летучести большинства пахучих веществ гл. обр. на методе дистилляции их с водяным (перегретым) паром или другими индифферентными газами. Кроме того пахучие вещества удаляются отчасти при других процессах Р.: нейтрализации, промывке, отбелке и т. д. Для дистилляции применяются колонные аппараты такого же устройства, как и при ректификации спирта. Широко распространен также аппарат Bataille я (фиг. 3). Он состоит из вертикальн. цилиндра-дезодоратора А, горизонтального котла-парообразователя В и сепаратора В для отделения увлекаемых с паром капелек масла. Материалом для аппаратов служит луженое железо. Деодоратор снабжен смотровым стеклом а, термометром б, манометром в, кранами для

пробы г, паровым змеевиком и специальным парораспределителем. Парообразователь соединен с дезодоратором при помощи трубы Г, снабжен паровым змеевиком и соответствующей арматурой. Испарение происходит под высоким вакуумом (740 мм), который достигается благодаря конденсации паров, выхо-



дящих из сепаратора В, в вакуум-холодильнике. Проходя через слой подогретого в дезодораторе масла, пары воды увлекают с собою и находящиеся в нем пахучие вещества. Обработка продолжается 1,5—3 ч., после чего масло спускается самотеком в вакуум-холодильник, где происходит быстрое охлаждение его без доступа воздуха. В других аппаратах дистилляция производится перегретым паром. Последний способ применяется также для отгонки из жиров свободных жирных к-т. Для улучшения запаха иногда прибавляют к жиру другие пахучие вещества (например азотно-этиловый эфир), маскирующие плохой или неприятный запах.

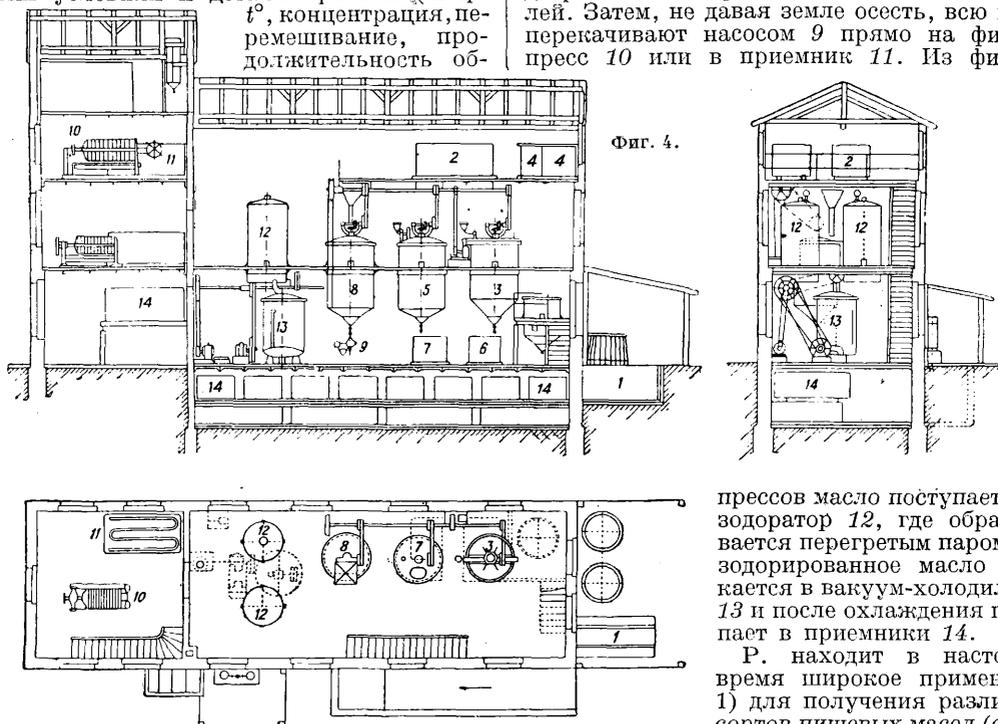
Способы предохранения жиров от порчи (консервирование жиров) состоит помимо тщательной Р. в полном удалении из них влаги (обезвоживание) и хранения их в соответствующих условиях: полной чистоте, отсутствии света, воздуха, нагревания и т. д. Совершенно прозрачное масло способно растворять 0,2—0,5% воды, которая в присутствии следов примесей (например белков и слизистых веществ) создает почву для деятельности различных бактерий, благодаря чему жир начинает прогоркать, окрашиваться, приобретает плохой запах и т. п. Для удаления остатков влаги масло смешивают с различными водопоглощающими веществами, напр. с безводным сернокислым натрием, хлористым кальцием. Рекомендуется также пропускание через жир нагретого индифферентного газа, например  $CO_2$ , благодаря чему удаляются последние следы воды, белков и других примесей, и жир в то же время подвергается стерилизации. Добавление к пищевым жирам различных антисептиков, напр. борной, салициловой к-т, в большинстве стран запрещено. Для фармацевтич. целей часто прибавляют к жирам для повышения прочности смолу бензое. Лучшим способом сохранения жиров является полное отсутствие доступа воздуха.

Способы повышения  $t_{пл}$  или понижения  $t_{зст}$  жира состоят в удалении из жира жидких или твердых составных частей. В первом случае, например в производстве маргарина (см.), из сала выделяется путем пресования олеомаргарин—жидкая составная часть, состоящая гл. обр. из олеина, после чего остается твердый стеарин с более высокой  $t_{пл}$ . Во втором случае из жира выделяют

твердую составную часть, напр. из хлопкового масла выделяют путем охлаждения стеарин, а жидкая (так наз. «зимнее масло»), имеющая более низкую  $t^{\circ}_{заст.}$ , употребляется для рыбных консервов или в качестве пищевого масла.

Выбор соответствующих методов для Р. предполагает не только хорошее знание свойств жира и находящихся в нем примесей, но требует также довольно большого опыта, тем более что одни и те же методы при различных условиях и деталях работы (напр.  $t^{\circ}$ , концентрация, перемешивание, продолжительность об-

скается также отмеренное количество щелочи из бака 4. Сюда же после перемешивания прибавляется раствор NaCl для ускорения осаждения соапстока. Отстоянное масло из аппарата 3 засасывается вакуумом в герметически закрытый аппарат 5 для промывки теплой водой. Соапсток спускается в бак 6, а промывная вода — в бак 7. Масло после промывки и высушивания (с помощью вакуум-насоса и размешивания) засасывается вакуумом из аппарата 5 в аппарат для отбеливания 8, где подогревается и обрабатывается отбелительной землей. Затем, давая земле осесть, всю массу перекачивают насосом 9 прямо на фильтр-пресс 10 или в приемник 11. Из фильтр-



Фиг. 4.

прессов масло поступает в дезодоратор 12, где обрабатывается перегретым паром. Дезодорированное масло спускается в вакуум-холодильник 13 и после охлаждения поступает в приемники 14.

Р. находят в настоящее время широкое применение:

1) для получения различных сортов пищевых масел (столового, «салатного» и т. д.), пищевых жиров, для производства консервов, выработки маргарина и других продуктов, 2) для многих целей, напр. в гидрогенизационном и мыловаренном производствах, в производстве сгущенных, осветительных и смазочных масел, в парфюмерии, медицине и других отраслях техники.

Лит.: Г а л а н ц е в З., Технология жиров и масел, ч. 1, М., 1925; Ф р и т ч Ю., Рафинация растительных масел, М.—Л., 1928; Р у д а к о в В., Производство маргаринового масла, Чита, 1928; Э н к а р т О. и В и р ц ю л л е р А., Отбелные земли, их получение и применение, пер. с нем., М.—Л., 1926; Ф р а н ц е н Т., Маргарин, пер. с нем., М.—Л., 1926; Рафинация пищевых масел, «Маслобонно-жировое дело», М., 1925, 1—2; Б р а т м а н М., Рафинация пищевых растительных масел за границей и у нас, там же, 1926, 1, 4—5; Обзор литературы по химии и технике маслобонно-жирового дела за 1924 г., там же, 1926, 6; Отбелка масел отбелными землями, там же, 7—8; П е т р о в Г., Очистка жиров и масел перед расщеплением, там же, 12; Обзор литературы по химии и технике маслобонно-жирового дела за 1925 г., там же, 1927, 6; Г а ф у р о в И., Рафинация хлопкового масла, там же, 1927, 6; М а р к м а н А. и К о в а л е н к о К., Об ахальском пифузорите и кутаисском флоридине, там же, 1929, 8; М а ш к и л е й с о н Е., Проблема отбелных земель, там же, 1929, 12; Ш е н д е р о в и ч И., Рафинация экстрагированного соевого масла для гидрогенизации и пищевых целей, там же, 1930, 6; Ш а л а б а е в М., Рафинация касторового масла, там же, 1930, 7—8; Общая схема рафинации по проекту маргаринового завода Союзрасмасла, там же, 1930, 12; К о з л о в Н. и Ш а л о м о в М., О рафинации масел олеатами и резинатами, там же, 1930, 12; М а ш к и л е й с о н Е., Гидрогенизация жиров, П., 1923; З е-

работки) дают часто очень различные в технич. и экономич. отношениях результаты. В особенности важно при практич. применении избегать образования стойких эмульсий и достигать быстрого и хорошего отстаивания, получать плотные осадки, которые легко можно было бы отделить на фильтр-прессе, промывать жиры до полного удаления растворимых в воде веществ небольшим количеством жидкости и т. д., в виду того что все эти операции требуют часто очень много времени и работы. Поэтому в зависимости от природы жира и примесей комбинируют рассмотренные методы различным образом и ведут процессы обработки при самых различных условиях с целью достижения наибольшего эффекта в работе.

Рафинационные установки состоят в общем из ряда аппаратов, служащих для: 1) нейтрализации и промывки, 2) отбелки и фильтрации и 3) дезодорации жиров, а также отстойников, приемников для сырого и рафинированного жира, баков для различных материалов, насосов, компрессоров и других вспомогательных машин и аппаратов. В качестве примера опишем установку Борзига, пригодную для различных видов Р. (фиг. 4). Масло или подогретый жир подается насосом из бака 1 в бак 2, откуда самотеком поступает в аппарат для нейтрализации 3, куда спу-

м я т ч е н с к и й П., Погложительные свойства русских глини, II, 1916; К а р л а ш е в К., Маргариты, М.—Л., 1930; Ubbelohde's Handb. d. Chemie u. Technologie d. Öle u. Fette, 2 Aufl., B. 1, Lpz., 1929; L ö f f l e K., Technologie d. Fette u. Öle, Brschw., 1926; H e f f t e r G., Technologie d. Fette u. Öle, B. 1, V., 1921; H o l d e D., Untersuchungen d. Kohlewasserstoffe u. Fette, 6 Aufl., Berlin, 1924; S e e l i g m a n n F. und Z i e k e E., Handbuch d. Lack- u. Firnisindustrie, 4 Aufl., 1930; P o l l a t s h e k P., Raffination d. Öle u. Fette, Lpz., 1927; S c h ö n f e l d H., Neuere Verfahren zur Raffination d. Öle u. Fette, B., 1931; L a n g V., Die Fabrikation d. Kunstbutter, 5 Aufl., Wien—Leipzig, 1923; F r i t s c h J., Fabrication et raffinage des huiles végétales, 3 éd., Paris, 1922.

П. Черенин.

**РАФИНИРОВАНИЕ**, ряд производственных процессов для получения металлов в весьма чистом состоянии. Процессы Р. в промышленности подразделяются на следующие группы. 1) Огненное Р., применяемое для меди (см. *Медь*, металлургия меди), железа (см. *Бesseмерованне* и *Мартеновское производство*) и нек-рых других металлов, состоящее в окислении примесей в процессе плавки и в последующих операциях, сводящихся к востановлению или раскислению металла, содержащего в результате предыдущих операций окислы. 2) Электролитическое Р., электролиз, состоящее в анодном растворении слитков металлов, подлежащих очистке, и в осаждении рафинируемого металла на катоде. Примеси отчасти переходят в шлак, частично же накапливаются в электролите и подлежат дальнейшей переработке. Этим путем рафинируется весьма большое число металлов, из к-рых главнейшие: *медь* (см.), *золото* (см.), *серебро* (см.), *свинец* (см.), *сурьма* (см.) и др. Иногда электролитич. Р. объединяется с операцией осаждения металла из раствора, полученного в результате гидрометаллургич. выщелачивания (см. *Гидрометаллургия меди*). К этой подгруппе относится прежде всего электролиз *цинка* (см.). 3) Разделение металлов между двумя практически несмешивающимися (с весьма ограниченной взаимной растворимостью) растворителями. К числу такого рода операций следует отнести процесс *паркейсия* и *роуэниа*, состоящий в извлечении серебра из *веркблея* (см.) посредством цинка. 4) Плавка с флюсами или со щелочами для удаления одного или нескольких металлов в шлак за счет образования растворимых в нем соединений и последующая обработка шлаков. Примерами могут служить: Р. свинца по Гаррису, переход свинца в шлак в специальных методах, Р. его сплавов с другими металлами. 5) Действие химич. реагентов на примеси, содержащиеся в металле в расплавленном состоянии, например аффинаж золота хлором и серой (см. ниже). 6) Разделение сплава металлов по принципу неодинаковой  $t_{пл.}$  компонентов его; примером может служить зейгерование медного веркблея. 7) Химич. методы Р., основанные преимущественно на различной растворимости соединений металлов, напр. аффинаж платины (см. *Платина*, аффинаж). 8) Отделение от примесей путем возгонки, примером чего может служить Р. цинка возгонкой в вакууме по способу Митке.

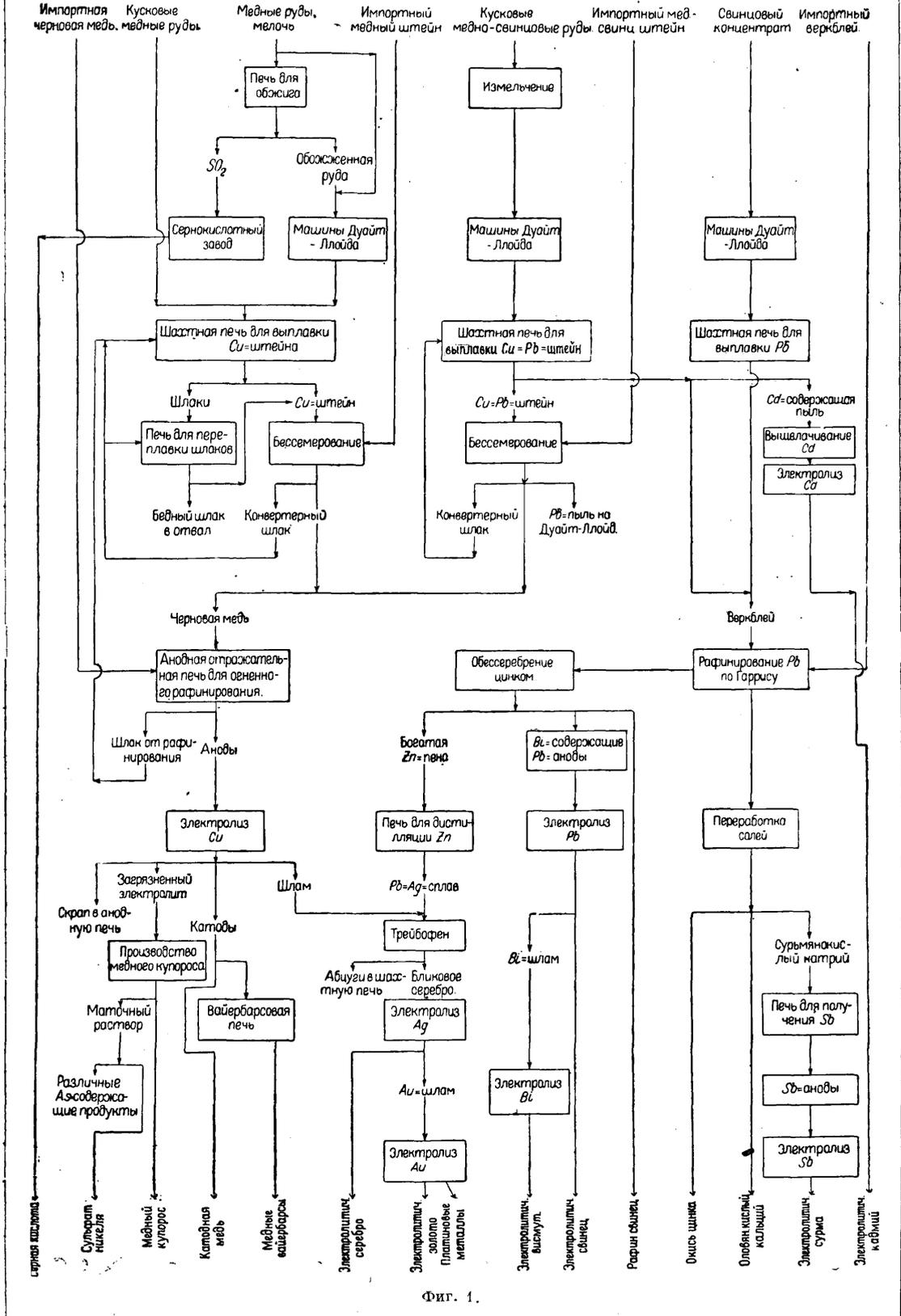
Р. металлов производится или на специальных з-дах (медные электролитные з-ды по золоту и серебру, аффинажные з-ды по платине), или в специальных цехах металлургич. предприятий, или на специальных предприятиях комплексного характера по Р. металлов (металлоаффинерные з-ды). Примером большого предприятия, специализировавшегося по Р. металлов, может служить Северогерманское аффинажное предприятие в Гамбурге (Norddeutsche Affinerie), на к-ром производится следующие операции: Р. меди (поступающей в виде черновой меди, штейна и руды и получаемой в виде электролитич. меди и медного купороса), свинца (поступающего в ви-

де веркблея, штейна, концентрата и руд), золота (электролит), серебра (электролит), платиновых металлов, висмута (электролит), цинка (окись), кадмия (электролит), сурьмы (электролит), олова (в виде оловянноокислого кальция). В результате утилизации отходов получают: серная к-та, сульфат никеля, медный купорос, окись цинка и оловянноокислый кальций. Схема процессов Р. приведена на фиг. 1. Расположение цехов данного предприятия представлено на фиг. 2, где цифры обозначают: 1—проходная, 2—плавная и отливка анодов и вайербаров, 3—электролиз меди, 4—производство окиси меди, 5—склад материалов, 6—кладовая для анодов, 7—склады штейна, 8—измельчение для получения угольной пыли, 9—машинный зал, 10—Р. свинца по Гаррису и трейбованне, 11—аффинаж благородных (драгоценных) металлов и лаборатория, 12—машины Дуайт-Ллойда, 13—отбор проб от руд, 14—осаждение пыли, 15—отбор проб от продуктов предыдущих операций, 16—управление, 17—склад, 18—шахтные печи (ватер-жакеты) и бैसेмерованне в конвертерах, 19—измельчение руды, 20—бушеры для шихты машин Дуайт-Ллойда, 21—бушеры для шахтных печей, 22—обжиговые печи, 23—сервокислотный з-д, 24—электролиз свинца, кадмия и сурьмы, 25—склад медного купороса, 26—производство медного купороса.

Специфич. областью Р. является Р. благородных (драгоценных) металлов: золота, серебра и платины, именуемое обычно аффинажем и осуществляемое на особых аффинажных заводах. Аффинаж золота (см. *Золото*, аффинаж золота) и серебра. Сплавы золота и серебра, получаемые на амальгамационных фабриках, на цианистых з-дах в результате плавки, в результате электролитич. Р. меди или при промыве россыпного материала, никогда не представляют чистого металла. Обычно в аффинаж поступает сплав золота, серебра и других металлов (медь, железо, свинец и др.). Кроме того в аффинаж поступает передельный материал в виде изделий и лома. Аффинаж платины—см. *Платина*, металлургия платины. По характеру процессов аффинаж распадается на следующие группы процессов: сухой путь, мокрые методы (разделение кислотами) и электролитич. методы.

Сухой метод аффинажа состоит в разделении металлов хлором или, реже, серой. Р. хлором по методу Миллера производят в шамотовых тиглях *а*, вставленных в графитовые тигли *б* (фиг. 3). Обычно хлор поступает из бомб, находящихся в изолированной кирпичной хлорной будке, и подводится по массивной трубе, проходящей вдоль горнов. Ряд ответвлений от нее, снабженных редукционными вентилями *в* (для регулирования тока газов), подводят хлор к отдельным устройствам для аффинажа. Фарфоровые трубки *г* (фиг. 3), через к-рые производится продувка, доходят до дна тиглей и удерживаются при помощи зажимов. Ток газа сначала пускают довольно слабый и затем его усиливают, доводя до максимума, пока не будет выделяться свободный хлор. Благородные металлы переходят в хлориды и летят в виде плотных паров. Затем происходит хлорирование серебра, последнее собирается в виде слоя хлористого серебра под покрывной буры. В случае достаточно высокого содержания серебра в слитке во время операции приходится производить сливание хлоридов во избежание переполнения тигля. Об окончании процесса судят по красноватой окраске пламени и по коричневато-желтой окраске, образующейся на поверхности холодного предмета, вносимого в выделяющиеся пары. Существует ряд методов для обработки хлоридов, к-рые получают при сливании расплавленного хлористого серебра и в результате собирания хлоридов в камере отходящих газов. По одному из них слитое хлористое серебро еще раз плавят с содой в тиглях. Часть

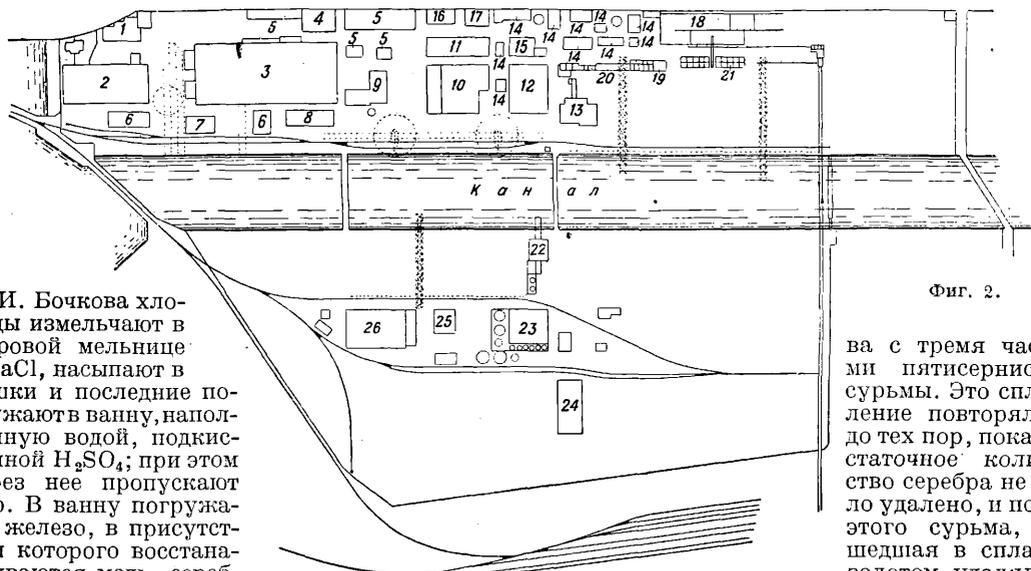
## СХЕМА ПРОЦЕССОВ НА СЕВЕРОГЕРМАНСКОМ АФФИНЕРНОМ ПРЕДПРИЯТИИ В ГАМБУРГЕ



Фиг. 1.

серебра восстанавливается и собирается на дне тигля; в серебре концентрируется золото, попавшее в хлориды. Серебро направляют для электролиза по способу Мебиуса. В дальнейшем хлориды выщелачивают водой для удаления других хлористых солей. По способу

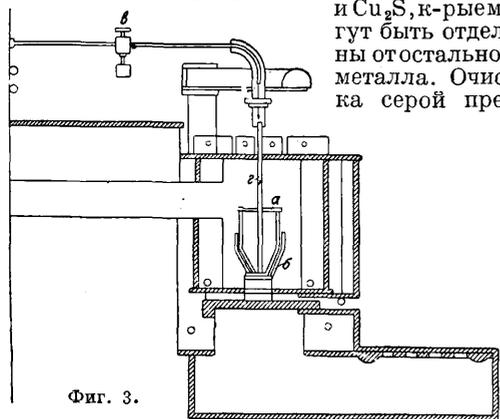
иногда пользовались металлич. железом, которое восстанавливало часть серебра и давало таким обр. возможность собрать все золото. Восстановление остающегося сульфида давало весьма чистое серебро. По другому методу разделение производилось нагреванием спла-



Фиг. 2.

А. И. Бочкова хлориды измельчают в шаровой мельнице с  $\text{NaCl}$ , насыпают в мешки и последние погружают в ванну, наполненную водой, подкисленной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; при этом через нее пропускают пар. В ванну погружают железо, в присутствии которого восстанавливаются медь, серебро и золото. Получаемое в результате хлорирования золото имеет 996,5 проб (иногда и ниже), а серебро 999 проб. В мелких приисковых золотосплавочных лабораториях, где требуется произвести первоначальную очистку сильно загрязненных слитков, ее производят путем плавки лигатурного металла с серой или с пиритом. В результате этого большая часть серебра и меди образует  $\text{Ag}_2\text{S}$

и  $\text{Cu}_2\text{S}$ , к-рые могут быть отделены от остального металла. Очистка серой пред-



Фиг. 3.

ставляет интерес в случае сильно загрязненного металла, в частности содержащего железо, когда процесс очистки хлором с трудом применим непосредственно. В случае применения серы и глета (Pfannenschmied) измельченный сплав, богатый серебром, нагревался с серой, причем образовывалось  $\text{Ag}_2\text{S}$ , в котором было рассеяно золото. Для того чтобы собрать золото, прибавляли небольшое количество глета, который давал легкоплавкий свинцово-серебряный сплав. Этот сплав собирался внизу, концентрируя большую часть золота. Повторная или третья обработка удаляла практически все золото. Вместо глета

ва с тремя частями пятисернистой сурьмы. Это сплавление повторялось до тех пор, пока достаточное количество серебра не было удалено, и после этого сурьма, вошедшая в сплав с золотом, удалялась

путем продувания воздуха. При процессе трейбования (см. *Серебро, металлургия*) окислительное плавление сплава благородных металлов со свинцом (веркблей) производится на поду трейбофена. Свинец и другие неблагородные металлы окисляются и удаляются в виде глета и других окислов, и на поду трейбофена остается бликовый металл (сплав Доре).

Мокрые методы разделения к-тами основываются на нерастворимости золота и растворимости серебра и других металлов в азотной и кипящей крепкой серной к-те. Р. серной к-той состоит из следующих операций: 1) приготовление слитка, отвечающего определенной пробе, необходимой для дальнейшего процесса разделения; 2) растворение в серной кислоте; 3) обработка нерастворимого остатка для получения слитков чистого золота; 4) восстановление серебра из растворов сернокислого серебра. Р. производят в чугунных котлах из мелкокристаллического плотного белого чугуна, содержащего небольшое количество кремния и фосфора. Котлы имеют обычно полусферическую форму и диаметр 92 см. Толщина стенок 4—5 см. Крышки из белого чугуна или листового свинца плотно закрывают котлы и имеют свинцовую трубку для отвода получающегося при этом сернистого газа. В котел сначала заливают половину всей к-ты, а затем постепенно остальное количество. Растворение продолжается 6—12 час., затем жидкости дают отстояться и сливают серную к-ту вместе с растворенными в ней солями серебра и других металлов в оцинкованные внутри котлы, наполненные горячей водой. Для обработки остатков после растворения необходимо повторное кипячение их со свежей конц. к-той (до 7 раз). Извлечение серебра из сернокислого раствора обычно производится цементацией медью, причем раствор перед цементацией доводится паром до концентрации в  $24^\circ \text{Вé}$ . Серебро фильтруют, промывают и прес-

суют. Медный купорос получается из раствора после цементации как побочный продукт.

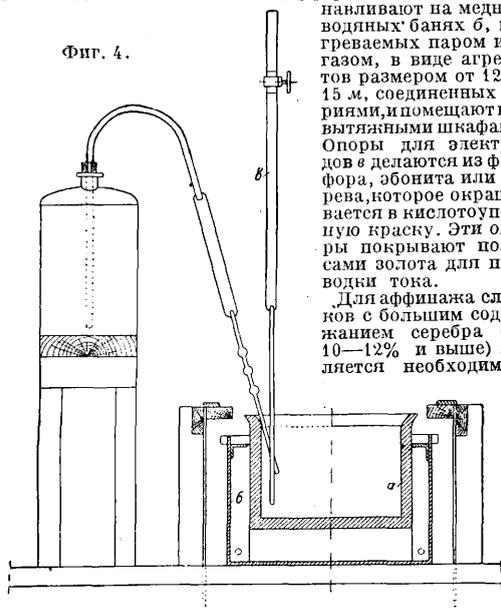
Электролитические методы аффинажа в части разделения золота и серебра почти совсем вытеснили применявшиеся ранее методы разделения крепкой серной и азотной к-тами; они в значительной мере сузили область применения аффинажа сухим путем. Применение последнего является целесообразным для случаев аффинажа слитков, содержащих значительное количество загрязненных примесей (серебро, медь и др.), когда электролитич. методы нельзя применить непосредственно. Преимущество электролитич. методов сводится к следующему: более низкая стоимость процесса, высшая степень очистки получаемого продукта, отсутствие опасности для здоровья работающих, чистота самого процесса и дополнительное извлечение металлов платиновой группы как побочных продуктов электролиза.

Электролиз серебра осуществляют кроме процессов Мебиуса, Бальбаха и новым процессом, описанным Кэвлом (Канада). В процессе Мебиуса электролиз ведется в хорошо просмоленных деревянных ваннах, в керамиковых или, лучше, в деревянных ваннах с эбонитовыми вкладышами. Они имеют ряд поперечных перегородок, к-рые разделяют их на отделения (около 7). В каждом отделении подвешены три ряда анодов и четыре ряда катодов. Аноды, содержащие 70—90% серебра, подвешиваются в чехлах из полотна или другой материи, в к-рых собираются нерастворимые металлы (золото, теллур, металлы платиновой группы и др.) в виде шлама. Медь (а также свинец и висмут) вместе с серебром переходят в раствор. Потенциал серебра по отношению к раствору  $\text{AgNO}_3$  нормальной концентрации равен 0,771 В и на 0,463 В более положительнее, чем потенциал меди. Поэтому и при значительном обогащении электролита медью при повышенных плотностях тока не возникает затруднений для осаждения на катоде чистого серебра. Электролит содержит 1—2% азотной кислоты и 1—3% азотнокислого серебра. Температура электролита достигает 40°. Напряжение между электродами около 1,5 В и достигает 2,5 В. При этих условиях содержание меди в электролите м. б. поднято до 4—5%. Путем частичной замены электролита поддерживают содержание меди в пределах до 35—40 г/л. Кроме того следует контролировать, чтобы не понижалось содержание серебра в электролите для определенного отношения концентраций  $\text{Ag} : \text{Cu}$ . Из отработанного электролита выделяют серебро. На некоторых заводах этого достигают путем цементации серебра под током на поверхности медных электродов (при расположении их по серийной системе). Полученное цементное серебро и электролитич. медь промывают и направляют в переплавку. После осаждения серебра электролит м. б. подвергнут регенерации путем электролиза в особых ваннах. При электролизе по способу Мебиуса кристаллы серебра, быстро растущие на катоде, д. б. удалены на дно ванны. Аноды и катоды вместе с прочими приспособлениями м. б. подняты при смене чана. В настоящее время в качестве катодов употребляют алюминиевые листы. В азотной к-те они не растворяются, а кристаллы серебра не образуют на них наростов и свободно падают на дно ванны. В процессе Бальбаха серебро отлагается на катоде, находящемся на дне отделения ванны. Раньше катод делался из серебра, а в настоящее время его делают из плиток ацетиленового графита толщиной 1,25 см. В качестве контактов употребляют серебряные стержни, имеющие форму свечи. Электролит состоит из 3—4%-ного раствора азотнокислого серебра, содержащего около 2% свободной азотной к-ты. Плотность тока 215—217  $\text{A}/\text{м}^2$  (иногда выше). Расход энергии ок. 1 кВт/ч на 1 кг. Рабочее напряжение достигает 3,8 В. Более высокое напряжение и расход энергии являются минусом процесса по сравнению с процессом Мебиуса. Более тонкие аноды понижают оборотный капитал (количество золота в анодах), и больший расход энергии ускоряет процесс, применение которого оказывается выгодным для аффинажа относительно богатых сплавов (до 30—35% золота). Золотой шлам промывается, плавится и в виде анодов поступает в электролиз золота. В некоторых конструкциях ванны для электролиза серебра применяют подвижный катод в виде ленты — банда и парат. Затруднением в работе его является наращивание серебра на ленте, в результате чего может произойти разрыв ее. Для успешной работы поверхность ленты должна исключать возможность наращивания. В последнее время в Канаде стали применять новый процесс, описанный Кэвлом: в камере особой конструкции вра-

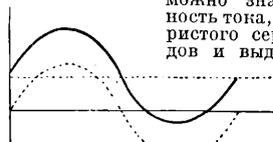
щается катод; рабочее напряжение 2,5 В; агитация электролита достигается вращением катода; расход энергии 1,253 кВт/ч на 1 кг  $\text{Ag}$ . Электролиз золота производится по методу, разработанному Вольверлем (см. *Вольверлем процесс*). Электролиз ведется при нагревании электролита. Ванны (фиг. 4) для электролиза делаются из белого фарфора. Эти ванны устанавливаются на медных водяных банях б, нагреваемых паром или газом, в виде агрегатов размером от 12 до 15 м, соединенных серриями, и помещают под вытяжными шкафами. Опоры для электродов в делаются из фарфора, эбонита или дерева, которое окрашивается в кислотоупорную краску. Эти опоры покрывают полосу золота для подвода тока.

Для аффинажа слитков с большим содержанием серебра (до 10—12% и выше) является необходимым

Фиг. 4.



введение пульсирующего асимметричного переменного тока, получаемого путем соединения постоянного тока от генератора с переменным током от генератора, работающего на специальном вольтже, и получаемого от источника тока высокого напряжения через понижающий трансформатор. Диаграмма тока показана на фиг. 5. Целесообразнее соединять, особенно при более высоком содержании серебра (выше 10%), последовательно с динамо альтернатор с максимальной эдс, высшей, чем у динамо постоянного тока. Так, при силе переменного тока, равной 310 А, вводят в сеть постоянный ток силой 280 А. При таком способе работы можно значительно повысить плотность тока, не опасаясь отложения хлористого серебра на поверхности анодов и выделения хлора. Так, завод



Фиг. 5.

постоянного тока = 1 В. Наряду напряжением на каждую ванну составляет 1,5—2,5 В. Отдельные электролитные ванны соединяют последовательно и помещают в большом вытяжном шкафу (немецкий домик).

Лит.: Федотьев П. П., *Электрометаллургия*, вып. 1, П., 1921; Байков Ю. В., *Электролитич. рафинирование меди*, П., 1920; Звягинцев О. Е., *Аффинаж платины и ее спутников*, М., 1931; Платкин И. Н., *Металлургия золота*, ч. 1, М., 1931; Марковски Г. К., *Электролитич. получение цинка из руд в Америке (США и Канада)*, Л., 1929; Чижиков Д. М., *Рафинирование цинка сухим способом*, «Минеральное сырье и цветные металлы», М., 1929, 10, стр. 1241; Tafel V., *Lehrbuch d. Metallhüttenkunde*, В. 1—2, Лpz., 1927—29; Rose Th. K., *Electrolytic Refining of Gold*, «Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy», 1915, v. 24, p. 35; Hayward C., *Outline of Metallurgical Practice*, New York, 1929; Billitter J., *Die elektrochemische Verfahren d. chemischen Grossindustrie*, Band 1, *Elektrometallurgie wässriger Lösungen*, 2 Aufl., Halle a/S., 1923; Wochers W., *Elektrometallurgie*, В., 1923; Allmand A., *Principles of Applied Electro-Chemistry*, 2 ed., L., 1924; Hoffman H. O., *General Metallurgy*, N. Y., 1913; Guillet L., *Traité de Métallurgie Générale*, Paris, 1921.

**РАФИЯ**, волокон листьев пальмы *Raphia toedigera*, произрастающей в Африке. Длина листа доходит до 7 м, длина технич. волокна 1—1,3 м; диам. элементарного волокна 14 м.

В торговле под названием Р. встречается много волокна других видов растений, близких к *Raphia toedigera*. Особенно близко к Р. подходит волокно пальмы *Acromia lasiorpatha*. По Морису эти волокна тоньше и нежнее волокна Р. и отличаются исключительной крепостью. На о-ве Куба много волокна идет для шпатажного производства. См. также *Волокна прядильные*, *Пиассава*.

**РАЦЕМАТЫ**, см. *Стереохимия*.

**РАЦЕМИЯ**, см. *Стереохимия*.

**РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ**, см. *Социалистическая рационализация*.

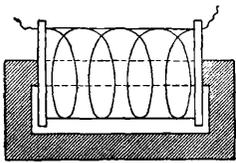
**РВЗГНЫЙ КАМЕНЬ**, см. *Сурьмы соединения*, *Висные кислоты*.

**РЕАКТАНЦ**, см. *Переменные токи*.

**РЕАКТИВНАЯ КАТУШКА**, дроссельная катушка, дроссель, катушка самоиндукции, прибор, состоящий из намотанной на сердечник из мягкого железа в несколько рядов изолированной проволоки (фиг. 1). Иногда Р. к. делаются и без железного сердечника. Р. к. обладают большой самоиндукцией, коэф. к-рой  $L$ , выраженный в Н, определяется по формуле

$$L = \frac{w^2}{0,4\pi \cdot q\mu} \cdot 10^{-8},$$

где  $w$ —число витков обмотки Р. к.,  $l$  и  $q$ —выраженные в см и см<sup>2</sup> средняя длина и площадь поперечного сечения магнитопровода,  $\mu$ —коэф. магнитной проницаемости. Коэф.  $L$  кроме указанных в формуле факторов отчасти зависит и от конструкции Р. к., качества изоляции проводника, качества намотки и неодинаков для различных частот переменного тока. Применяемые в телефонной практике Р. к. с замкнутым железным сердечником, при частоте переменного тока 800—1000 пер/сек., имеют самоиндукцию порядка нескольких тысяч оборотов. Сопротивление Р. к. для постоянного тока равно омич. сопротивлению обмотки катушки. Для переменного тока кажущееся сопротивление

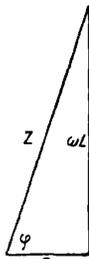


Фиг. 1.

нескольких тысяч оборотов. Сопротивление Р. к. для постоянного тока равно омич. сопротивлению обмотки катушки. Для переменного тока кажущееся сопротивление

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \Omega,$$

где  $R$  представляет собой выраженную в омах совокупность общих потерь в катушке: на нагревание проводника (омическое сопротивление), на гистерезис, на токи Фуко, от магнитной утечки и т. д.,  $L$ —коэф. самоиндукции в Н,  $\omega$ —угловая частота, равная  $2\pi f$ , где  $f$ —число пер/сек. Графически кажущееся сопротивление Р. к. может быть представлено гипотенузой прямоугольного тр-ка, у к-рого катетами служат величины  $R$  и  $\omega L$  (фиг. 2). Если к зажимам Р. к. будет подведено переменное напряжение  $E$ , то сила тока  $I$ , проходящего через Р. к.,



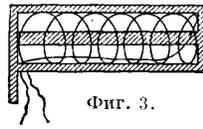
Фиг. 2.

равная по величине выражению  $\frac{E}{Z}$  будет отставать от напряжения на угол  $\varphi$  (разность фаз), определяемый из равенства:

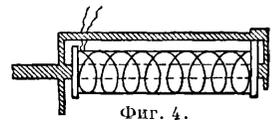
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L}{R},$$

В конструктивном отношении Р. к. отличаются большим разнообразием. Для обмотки

катушки применяется в большинстве случаев медная изолированная проволока. Сердечник делается из специального сорта железа, обладающего большим коэф-том магнитной проницаемости. Катушка, на которую

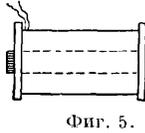


Фиг. 3.

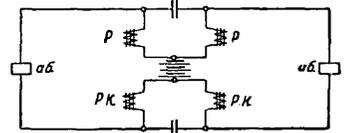


Фиг. 4.

наматывается проводник, делается из картона, дерева, бакелита или другой пластичной массы. Наиболее употребительны следующие виды Р. к.: а) Р. к. с замкнутым железным сердечником, собранным для уменьшения токов Фуко из отдельных изолированных друг от друга пластин (фиг. 1), или с таким же сердечником, но имеющим воздушный зазор; б) Р. к. с катушкой, помещенной внутри железной цилиндрической трубки. Такая конструкция, улучшая магнитопроводимость, увеличивает коэф-т самоиндукции и кроме того «экранирует» обмотку катушки от электромагнитного влияния соседних приборов (фиг. 3); в) Р. к. типа реле с короткозамкнутым якорем. Магнитный поток замыкается через сердечник катушки, станину и якорь реле (фиг. 4); г) Р. к. с разомкнутым железным сердечником, собранным из отдель-



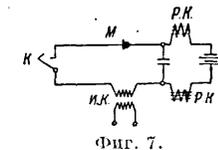
Фиг. 5.



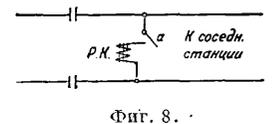
Фиг. 6.

ных, изолированных друг от друга проволок, или совсем без сердечника (фиг. 5).

Р. к. имеют чрезвычайно широкое и разнообразное применение в технике, основанное в большинстве случаев на разности кажущихся сопротивлений катушки для токов различных частот. Можно отметить следующие наиболее характерные случаи применения Р. к. в практике телефонии. 1) На телефонных станциях системы ЦБ питание аппаратов двух разговаривающих абонентов  $ab$  происходит по схеме, изображенной на фиг. 6. В этой схеме Р. к.  $R$  совместно с реле  $R$ : а) симметрирует разговорную цепь по отношению к земле и тем самым защищает цепь от индуктивного влияния посторонних токов на линии; б) препятствует благодаря большому сопротивлению ослаблению (затуханию) разговорных токов вследствие замыкания через батарею станции и в) препятствует переходу разговорных токов через батарею станции на цепи других разговаривающих абонентов. 2) Питание микрофона гарнитуры телефонистки на станциях системы ЦБ происходит по схеме, изображенной на фиг. 7. Здесь разговорные токи, развиваемые микрофоном  $M$ , замыкаются через конденсатор, индукционную катушку  $L$ ,  $K$  и контакт ключа  $K$ , не переходя вследствие боль-



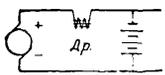
Фиг. 7.



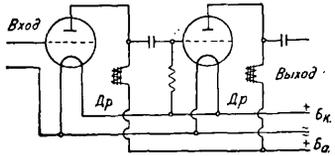
Фиг. 8.

шого сопротивления Р. к. через батарею станции на цепи других разговаривающих абонентов. 3) В схемах соединительных линий между станциями часто применяется вариант, изображенный на фиг. 8. Это контактом  $a$  через Р. к. замыкается цепь постоянного тока соседней станции, что аналогично снятию микрофона с рычага аппарата; разговорные же токи вследствие большого сопротивления Р. к. ослабляются этим шлейфом в очень незначительной степени. 4) В схеме буферного питания телефонной станции системы ЦБ (фиг. 9) назначение дросселя  $Dr$  заключается в сглаживании гармоник напряжения динамомашин, которые

могли бы оказывать мешающее действие на телефонное сообщение. 5) Реактивные катушки (дроссели) находят многочисленные применения в схемах радиоустановок. Так например, в схеме телефонного усиления (фиг. 10) переменное напряжение на аноде первой лампы вследствие большого сопротивления дросселя не замыкается через батарею анода  $B_a$ , а передается на сетку следующей лампы. Кроме указанных выше слу-



Фиг. 9.



Фиг. 10.

чаев Р. к. (дроссели) применяются: а) в схемах защиты оборудования (силовых трансформаторов, станционных устройств) от всякого рода опасных перенапряжений; б) для сглаживания напряжений в установках постоянного тока; в) при «пушинзации» телефонных кабельных линий (катушки Пушина); г) в схемах электрич. частотных фильтров. О Р. к. в технике сильных токов см. *Дроссельная катушка*.

*Лит.:* Коваленко В. П., Основы теории связи, М., 1931; Хадаров А. М., Телефонные станции системы Ц. Б., М., 1928; Hebel M., Selbstschlusstechnik, Meh.—В., 1928; Michel A., Encyclopédie de la radio, P., 1928.

А. Разумов.

**РЕАКТИВНЫЕ БУМАГИ**, реактивные бумаги, бумаги, пропитанные растворами различных веществ (большей частью окрашенных, но иногда и бесцветных), применяемые в химических лабораториях в качестве *индикаторов* (см.) на присутствие определенных веществ или ионов или же для определения того, к какой группе химич. соединений (щелочи, кислоты) относится испытуемое вещество. Выгоды применения Р. б.—высокая чувствительность, быстрота и удобство испытаний. Приготавливают Р. б. из тонкой, равномерной толщины непроклеенной бумаги (фильтровальной или промокательной), к-рая д. б. совершенно нейтральной, пропитывают ее раствором вещества, служащего индикатором для определенной цели, и затем высушивают; растворы индикаторов (в особенности красящих веществ) д. б. разбавленными для возможно большей чувствительности Р. б. В продажу Р. б. выпускают обычно в виде узеньких полосок, соединенных в пачки. Приготовление Р. б. требует высокой чистоты применяемых веществ и рабочего помещения. В таблице на ст. 217—218 помещены наиболее часто применяемые Р. б.

Н. Ельцина.

**РЕАКТОР**, катушка с индукционным сопротивлением, включаемая в электрич. цепь переменного тока для ограничения тока короткого замыкания. При прохождении через Р. номинальной силы тока  $I_n$  происходит падение напряжения, выражаемое ф-лой

$$U = I_n \cdot \omega \cdot L \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

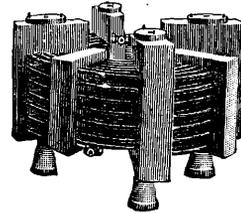
где  $\omega = 2\pi f$ ,  $f$ —число пер/сек.,  $L$ —индуктивность в мН. Отношение значения падения напряжения к значению номинального фазового напряжения сети  $U_{fn}$ , выраженное в %, называется реактивностью Р.:

$$p = \frac{U}{U_{fn}} 100 \% . \quad (2)$$

Очевидно наибольшее значение тока короткого замыкания не может превысить номинальную силу тока больше, чем в  $100/p$  раз. Устанавливая реактор с той или иной реактивностью, можно необходимым образом ограничить величину тока короткого замыкания. Слишком большая реактивность в эксплуатации неудобна из-за большого падения напряжения и значительной величины джоу-

левых потерь. Обычно Р. изготавливаются 3-дами с реактивностью в 3—5—7,5—10%. Р. включаются между собирательными шинами электростанций и в фидерах. В зависимости от нагрузки Р. выпускаются для разных величин номинального тока 100—3 000 А.

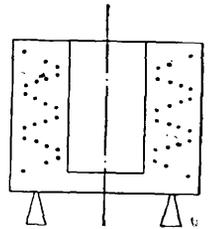
По своей конструкции Р. делятся на две группы—с масляной изоляцией и без нее. Первые применяются в сетях с напряжением свыше 38 kV при установке внутри помещения и для наружной установки при напряжении, превышающем 25 kV. Для меньших напряжений Р. изготавливаются без масляной изоляции, с естественным охлаждением. Наиболее распространенный тип этой группы—бетонные Р. Конструкция их представляет собой скрепленную отдельными бетонными колонками обмотку в виде вертикальной цилиндрической катушки с несколькими проводами в горизонтальном ряду. Бетонные колонки иногда связываются для большей жесткости конструкции общим основанием—бетонной шайбой. К основанию или непосредственно к колонкам



Фиг. 1.

прикреплены помощью анкерных болтов опорные изоляторы усиленных типов (фиг. 1). Обмотка Р. делается из медного или алюминиевого кабеля. В бетонных Р. употребляют голый или изолированный кабель сечением 50—185 мм<sup>2</sup>.

Бетон является достаточно хорошей изоляцией и позволяет применять голый кабель. Однако во время короткого замыкания возможно появление трещин в бетоне из-за расширения провода. Во избежание этого применяют иногда для кабеля асбестовую изоляцию толщиной в 1,5 мм, к-рая служит буфером. Для напряжения свыше 11 kV обычно берется изолированный кабель. Чрезвычайно существенными для Р. являются величины просвета между витками и пролета между колонками. При коротком замыкании в Р. имеют место значительные электродинамич. усилия, к-рые могут произвести короткое замыкание и вызвать аварию. Расстояние между центрами соседних проводов составляет обычно 30—50 мм; максимальный пролет между колонками обычно не превышает 250 мм. В целях более равномерного распределения потенциала в бетоне в некоторых конструкциях употребляют особую систему намотки. На фиг. 2 дан разрез Р., показывающий расположение проводников в этом случае. Бетон, служащий в Р. креплением и изоляцией, д. б. весьма прочным. Нормальный состав его по объему: 1 ч. цемента, 1 ч. гравия, 0,5 ч. песка, 0,4 ч. воды. Бетон этого состава выдерживает давление до 400 кг/см<sup>2</sup>. Выводы Р. представляют собой луженые пластины или, для малых токов, концентрические зажимы. Ввод и вывод располагаются один сверху, другой внизу Р. Внешний диаметр Р. для напряжения до 11 kV обычно находится в пределах 750—1 500 мм; высота 600—1 300 мм; вес одной фазы 230—1 600 кг. При



Фиг. 2.

## Реактивные бумаги, цвет и чувствительность реакции.

Название Р. б. (или вещества, пропитывающего ее)	Вещество, для которого Р. б. служит индикатором	Цвет реакции	Примечание
Лакмус *1 { красный синий	Щелочи Кислоты	Синий Красный	Чувствительность: KOH—1:20 000 NH <sub>3</sub> —1:80 000 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> —1:40 000 HCl—1:50 000
Метилоранж	Сильные кислоты Щелочи	Красный Желтый	Нечувствителен к слабым и органич. к-там, CO <sub>2</sub> , HCN, H <sub>2</sub> S
Фенолфталеин	Сильные основания Кислоты	Красный Желтый	Нечувствителен к слабым основаниям *2
Метиловый красный (метилрот)	Органич. к-ты Основания Минеральные к-ты	Красно-фиолетовый Бледножелтый Синий	Применяется в спиртовом растворе
Конго (см. Конго красный), бензопурпурин	Минеральные к-ты	Синий	Не реагирует с органич. кислотами
Фуксин	Минеральные к-ты	Желтый	—
Метиловый фиолетовый (метилвиолет)	Минеральные к-ты	Коричневый (через синий и зеленый)	—
Куркума (желтая)	Щелочи (также борная к-та и ее соли)	Коричнево-красный	Чувствительность: KOH—1:20 000 NH <sub>3</sub> —1:30 000
Диметиламиноазобензол	Щелочи Кислоты	Желтый Красный	В нейтральных растворах золотисто-желтый
Иодоэозин	Щелочи	Розово-красный	—
Фенацетолин *3	Едкие щелочи	Светложелтый	—
Крахмальная бумага (пропитанная раствором крахмального клейстера)	Иод	Синий	В высшей степени чувствительная реакция
Иодокрахмальная бумага (пропитанная крахмальным раствором, к которому прибавлен KI, также ZnJ <sub>2</sub> или CdJ <sub>2</sub> )	Озон Окислы азота	Синий	—
Крахмальная бумага, пропитанная KJO <sub>3</sub>	Сернистый газ	Синий	Чувствителен к следам газа, не ощущаемым обонянием
Ртутная бумага (пропитанная солями закиси ртути)	Сернистый газ	Коричневый	—
Тетраметилдиминодифенилметан	Озон Азотистая к-та Хлор	Фиолетовый Соломенно-желтый Темносиний	Реакция затемняется бромом, дающим подобную же реакцию: сначала темносиний, потом зеленый и наконец бесцветный
Тетраметил-п-фенилендиамин	Озон Азотистая к-та Галоиды Перекись водорода	Фиолетовый	—
Бумага, пропитанная ацетатами или нитратами тяжелых металлов (Pb, Ni, Co)	Сероводород	Черный	—
Бумага, пропитанная хлористым палладием (PdCl <sub>2</sub> )	Окись углерода CO	Черный	Реакция затемняется H <sub>2</sub> S, O <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> и ацетиленом, дающими такую же цветную реакцию

\*1 Для тех же целей служат азолитмин (см. Лакмус) и лакмид, получаемый сплавлением резорцина с Na-нитритом. \*2 Бумага, пропитанная фенолфталеином и Na-нитритом или Na-сульфатом, слегка смоченная водой (сырая), при соприкосновении с отрицательным полюсом электрич. тока краснеет. \*3 Для его приготовления смесь из 25 г фенола, 30 г конц. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и 30 г уксусного ангидрида нагревают с обратным холодильником; из полученного продукта удаляют свободные к-ты промыванием холодной водой; затем кипятят с водой и выпаривают досуха; растворением осадка в спирте получают индикатор.

прохождении тока через Р. затрачивается мощность, идущая на потери в меди и в бетоне. Однако потери очень малы—составляют доли процента от всей кажущейся номинальной мощности Р.

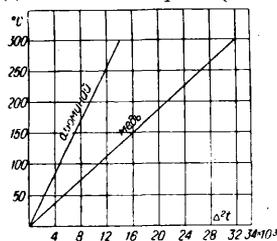
Расчет и конструирование бетонных Р. распадаются на несколько отдельных элементов: 1) выбор сечения провода; 2) определение расстояний между центрами соседних проводов; 3) подбор числа витков в ряду, числа рядов и диаметров так, чтобы получить нужную индуктивность при наименьшем возможном расходе проводов; 4) подсчет потерь и проверка на нагрев; 5) расчет на электрическую прочность; 6) проверка на электродинамическую прочность. Сечение провода выбирается таким, чтобы перегрев Р. при номинальном токе не превышал 80° и при коротком замыкании—250°. Обычно плотность тока в Р. составляет ~ 2 А/мм<sup>2</sup>. Перегрев при номинальном токе м. б. определен по приближенной ф-ле:

$$T^{\circ} = 0,5 \Delta^2 d, \quad (3)$$

где  $\Delta$  — плотность тока в А/мм<sup>2</sup>,  $d$ —диам. провода в мм. Нагрев при коротком замыкании определяется по ф-ле:

$$T_k^{\circ} = T_0^{\circ} + 0,008 \Delta_y^2 \cdot t, \quad (4)$$

где  $\Delta_y$ —плотность тока при установившемся коротком замыкании,  $t$ —продолжительность короткого замыкания в ск. Более точно определяется нагрев (для



Фиг. 3.

алюминиевого и медного кабеля) по кривым фиг. 3. Величину  $\Delta^2 \cdot t$  нужно на графике откладывать из абсциссы, к-рая соответствует нагреву при номинальном токе. Обычно Р. рассчитывают на термич. прочность при максимальном возможном значении установившегося тока короткого замыкания. Продолжительность короткого замыкания принимается равной 5 ск. Расстояние между центрами витков берется, как указано ранее, в пределах 30—50 мм. При расчете обмотки Р. число проводов в ряду берется 4—10. Число рядов 6—20. Минимальный диаметр обмотки бывает не менее 350 мм. Наивыгоднейшая форма обмотки—при отношении ширины и высоты обмотки к среднему диаметру равному 0,33. При нескольких параллельных ветвях надлежит так рассчитать обмотку, чтобы самоиндукции всех ветвей были одинаковы; для этого каждая ветвь должна иметь то же число внешних, средних и внутренних витков, как и другие. Индуктивность Р. определяется с наилучшим результатом по ф-ле Корндорфера:

$$L = 10,5 \cdot z^2 \cdot D_{cp} \cdot \left(\frac{D_{cp}}{U}\right)^{3/4} \cdot 10^{-6} \text{ мН}, \quad (5)$$

где  $z$ —число витков,  $D_{cp}$ —средний диаметр обмотки,  $U$ —периметр сечения одной стороны обмотки. При величине  $\frac{D_{cp}}{U} > 1$  следует применять иную ф-лу:

$$L = 10,5 \cdot z^2 \cdot D_{cp} \cdot \sqrt{\frac{D_{cp}}{U}} \cdot 10^{-6} \text{ мН}. \quad (6)$$

Активные потери в Р. на 30—60% больше омических при постоянном токе. Усилия, про-

исходящие в Р., определяются по закону Био и Савара:

$$J = H \cdot I^2 \cdot 10^{-8} \text{ кг/см}, \quad (7)$$

где  $H$ —напряженность поля,  $I$ —сила тока. Напряженность поля определяется или опытным путем на модели Р. или расчетным способом [1].

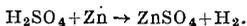
Изготовление бетонных Р. весьма просто—кабель вручную сматывают с барабана и закладывают в пазы планок шаблона. Намотка производится непрерывной спиралью—один горизонтальный ряд витков за другим. Набор планок вместе со стойками образует ополку для бетонных колонн. Бетон заливают в ополку и после выстойки разбирают планки и весь шаблон. В целях борьбы с гигроскопичностью бетона Р. по изготовлении пропаривают и покрывают водонепроницаемым лаком. Р. с воздушной изоляцией (бетонные и др.) делаются однофазными. В трехфазных сетях используются тремя однофазными Р. Отдельные фазовые Р. монтируются друг на друге или устанавливаются в отдельных сухих вентилируемых ячейках. Р. с масляной изоляцией, применяемые для высоких напряжений, значительно сложнее по конструкции. В основном они представляют собой обмотку, намотанную на полем цилиндре из пертинакса и укрепленную в баке с трансформаторным маслом. Для вводов и выводов служат проходные изоляторы в крышке бака. Значительной конструктивной трудностью является защита бака от действия магнитных полей обмотки. В мощных Р. применяется водяное охлаждение масла, для чего в баке помещают змеевик с проточной водой. По внешнему виду масляных Р. почти не отличается от мощного трансформатора; бак, обычно гладкий и без катков, имеет консерватор, спускные краны, сигнальные термометры и т. д. Масляные Р. делаются однофазные и трехфазные. Во втором случае в баке помещаются три отдельных цилиндра с обмотками. Испытание готового Р. обычно заключается в наружном осмотре, в проверке индуктивности (допуск  $\pm 10\%$ ), величины потерь и изоляции. Самым важным испытанием является проверка прочности при коротком замыкании; это испытание в виду сложности производится лишь в специальных случаях.

Лит.: 1) Бутневич Ю. В. и Чусов П. И., Электродинамические усилия в реакторах, «Вестник теоретической и эксперимент. электротехники», Москва, 1931, 2; Бамдас А., Самоиндукция реакторов, «Энергетич. вестник», Харьков, 1930, 2; Лысов Н. и Машкилейсон Е., Расчет коэф-та самоиндукции реакторов, «Вестник электропромышленности», М., 1930, 3; Бамдас А. и Сухаревский Ю., Расчет монтажных расстояний для реакторов, там же, Москва, 1931, 4; Корндорфер, Zur Berechnung von Drosselspulen, «ETZ», Berlin, 1917, 44; Нак J., Zur Berechnung von eisernen Drosselspulen und der zwischenkoaxialen Spulen wirkenden Kräfte, ibid., 1929, 6; Gramisch O., Die Berechnung eisenerfreier Drosselspulen, «EuM», 1928; Нак J., Die eisernen Drosselspulen vom kleinsten Kupfergewicht, ibid., 1928; Kierstead, Oil Immersed Current Limiting Reactors, «General Electric Review», Schenectady—N. Y., 1929, 3.

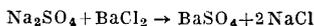
А. Бамдас.

**РЕАКЦИИ ХИМИЧЕСКИЕ**, процессы превращения вещества или веществ, происходящие вследствие воздействия на них различных видов энергии или вследствие взаимодействия веществ между собою; в результате Р. х. одни вещества полностью или частично исчезают, другие возникают (продукты Р. х.). Классификация химических реакций проводится по различным признакам. С точки зрения изменения числа веществ, вступающих

в Р. х. и возникающих, различают следующие виды Р. х. **Разложение**,—когда одно вещество распадается на два или больше новых веществ, например разложение ряда веществ под влиянием теплоты, электрического тока или лучистой энергии; так, окись ртути разлагается на ртуть и кислород, вода—на водород и кислород и т. д. **Соединение**,—когда два или больше веществ образуют одно новое вещество, напр. образование воды из водорода и кислорода, окиси меди из меди и кислорода и т. д. **Вытеснение**,—когда одно простое вещество взаимодействует со сложным веществом так, что образуются новое простое и новое сложное вещества, напр. вытеснение металлом водорода из кислот:



**Двойное разложение** состоит в том, что два сложных вещества расщепляются на части, которыми они обмениваются, причем образуются два новых вещества, например в реакции



натрий и барий обмениваются группами атомов Cl и SO<sub>4</sub>. **Внутренняя перегруппировка** имеет место, когда из одного вещества образуется одно новое вещество вследствие перераспределения атомов внутри молекулы вещества: примером может служить превращение циановоаммиачной соли NH<sub>4</sub>CNO в мочевины CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> и другие многочисленные превращения изомеров. Каждый из этих видов реакций м. б. разделен в свою очередь на две группы—на Р. х., доходящие и явно не доходящие до конца и называемые соответственно необратимыми и обратимыми Р. х. (см. ниже).

Весьма важной является классификация Р. х. с точки зрения изменения химического характера веществ, вступающего в Р. х. или возникающего в результате ее; такая классификация часто бывает односторонней, т. е. она игнорирует характер изменения других веществ, участвующих в Р. х.

Так, главнейшими типами Р. х. с данной точки зрения являются окисление и восстановление. Окислением в узком смысле слова называется введение в молекулу вещества кислорода или уменьшение в ней количества водорода

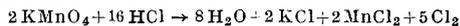


в широком смысле слова окисление состоит во введении в молекулу (или увеличении) отрицательных элементов либо в удалении (или уменьшении) положительных элементов в ней, напр.  $2\text{FeCl}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{FeCl}_3$  есть реакция окисления. Восстановление есть процесс, обратный окислению. **Гидратация**—реакция введения в молекулу вещества воды или ее элементов в тех отношениях, в которых они находятся в воде, например



и т. п. **Дегидратация**—процесс, обратный гидратации. Особенно многочисленны названия частичных реакций в органической химии: хлорирование, нитрование, diaзотирование, гидрогенизация и многие другие. Такая классификация необходима с практической точки зрения; с чисто же теоретической она или не вполне логична (наименование целого по части его) или является детализацией пер-

вой классификации. Так, когда мы называем взаимодействие хлористого водорода с перманганатом калия



реакцией окисления, то мы подчеркиваем судьбу HCl, забывая, что вся эта Р. х. состоит в одновременном окислении HCl и восстановлении KMnO<sub>4</sub>; здесь одна сторона Р. х.—окисление дает наименование целому процессу. То же самое происходит в случае реакций восстановления: целевой момент определяет терминологию Р. х.; в реакции  $\text{CuO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$  идет восстановление окиси меди и окисление водорода, но практически важно первое и поэтому эта часть взаимодействия дает название всему процессу. Все другие Р. х. являются частными случаями отдельных главных химических реакций, чаще всего соединения и двойного разложения; так, гидрогенизация ( $\text{C}_6\text{H}_6 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}$ ) есть частичный случай соединения, этерификация и я—двойного разложения, так же как и гидролиз (см.).

Всякая Р. х. неизбежно связана с энергетич. изменениями в системе; с этой точки зрения все реакции м. б. разделены на две группы: на Р. х., сопровождающиеся выделением энергии, и Р. х., поглощающие энергию извне. В первой группе Р. х. вещества, вступающие в реакцию, обладают в сумме большим запасом энергии, нежели вещества, возникающие в результате Р. х., вследствие чего излишек внутренней (химической) энергии может выделиться из системы в виде тепловой или любого вида энергии; такие Р. х. называются экзотермическими. В случае Р. х. второй группы продукты реакции в сумме обладают большим запасом энергии, нежели исходные вещества; такие Р. х. протекают при условии подведения энергии к системе извне; причем в одних случаях подводится теплота, в других—электрическая, в третьих—лучистая энергия и т. д.; такие Р. х. называются эндотермическими. Р. х. может служить источником полезной работы; для этого надо ее поставить в особые условия, для того чтобы излишек энергии выделился не в виде теплоты, а в виде, скажем, электрической энергии, могущей сполна превратиться в работу. Однако величина максимальной работы, к-рую может дать Р. х., определяется не тепловым эффектом, а падением в системе свободной энергии; поэтому изучение свободных энергий веществ и Р. х.—одна из главнейших задач химической термодинамики (см.). Достаточно указать на случаи эндотермических реакций, являющихся источником электрической энергии; здесь гальванический элемент поглощает теплоту из окружающего пространства, причем одна часть этой теплоты идет на Р. х., другая же часть одновременно превращается в электрическую энергию.

Указанные выше классификации Р. х. обращают внимание на внешние признаки и не касаются механизма их\*. Так как овладе-

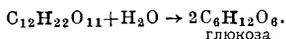
\* Изучение механизма Р. х. не следует смешивать с механизмом в объяснении их. Во всяком движении имеется и механич. перемещение, но не всякое движение можно полностью свести к механич. движению. Задача науки—выяснить, какие формы движения содержится в данном явлении и какую роль они играют. Химич. явления специфичны, но в виду их большой сложности они д. б. изучены с различных сторон, для того чтобы выявить вполне их специфичность.

ние Р. х. невозможно без тонкого знания их внутренних деталей, то изучение хода Р. х. во времени и взаимоотношений между молекулами реагирующих веществ является главной задачей теоретической химии. Первым принципом, вытекающим из опытных данных, является принцип независимости различных Р. х. или принцип сосуществования Р. х.: если в системе одновременно протекает несколько Р. х., то каждая из них подчиняется закону действующих масс и протекает независимо от других Р. х.; полное изменение системы является суммой всех этих независимых явлений. Вторым принципом является принцип пропорциональности скорости Р. х. концентрациям реагирующих веществ в данный момент времени.

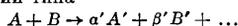
С точки зрения кинетики реакции м. б. разделены на два класса: простых односторонних и сложных реакций. В случае простых односторонних реакций в данной среде идет только одна реакция, следовательно в одном направлении и до конца. Общий вид такой реакции



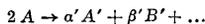
и для них мы вводим понятие о порядке реакции, определяемом общим числом ( $\alpha + \beta + \gamma + \dots$ ) молекул, вступающих в реакцию (но не возникающих в результате ее). В простейшем случае получаем реакцию  $A \rightarrow A' + B' + \dots$ , где  $\alpha = 1$ ,  $\beta = \gamma = \dots = 0$ ; такая реакция называется реакцией 1-го порядка, или мономолекулярной. Мономолекулярные реакции (см.) очень редки; к ним принадлежит реакция разложения б. ч. сложных веществ: азотного ангидрида, ацетона, некоторых альдегидов, эфиров и пр. Менее сложные вещества, например  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$  и т. п., разлагаются по более сложным схемам. К мономолекулярным реакциям принадлежит не-рых превращение изомеров и распад радиоактивных веществ. Ряд реакций, более сложных, протекает по типу мономолекулярных, например гидролиза тростнякового сахара:



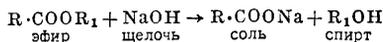
Здесь в обычных условиях реакции (в одном растворе) концентрации воды настолько велика, что участие ее в реакции практически не изменяет ее концентрации, следовательно, с опытной точки зрения в реакции участвует как будто один только сахар; такие реакции называются псевдомономолекулярными. Реакции типа



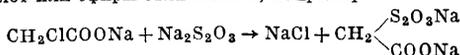
или



называются реакциями 2-го порядка, или бимолекулярными; это наиболее часто встречающийся тип простых односторонних реакций. К ним принадлежит омыление сложных эфиров щелочами:



действие  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  и  $\text{KCN}$  на соли галогензамещенных кислот или эфиры этих кислот, например

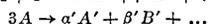
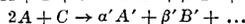
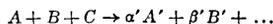


соль моно-  
хлоруксус-  
ной к-ты

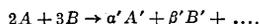
серно-  
ватисто-  
кислый натрий

ацетилю-  
сернокислый  
натрий

действие иодистого метила на этилат натрия или фенолят натрия и др. Реакции 1- и 3-го порядка, или тримолекулярными, называются реакции типов



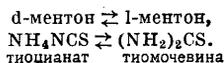
Такие реакции встречаются значительно реже бимолекулярных. К их числу принадлежит реакция между  $\text{FeSO}_4$  и  $\text{KClO}_3$  в присутствии  $\text{H}_2\text{SO}_4$  или  $\text{HCl}$ , реакция между  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{SnCl}_2$ , полимеризация циановой к-ты и др. Описаны реакции и высших порядков, 4-го порядка, напр. реакция между хромовой и фосфорной к-тами, и даже реакции 5-го порядка типа



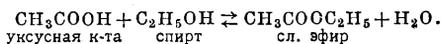
а именно реакция между ферриацианидом калия и по-

дидом калия. Однако все эти реакции недостаточно изучены, чтобы можно было утверждать принадлежность их к реакциям 4-го и 5-го порядков. Как правило более внимательное изучение таких реакций приводит к весьма важному факту не соответствия между порядком реакции и стехиометрическим уравнением ее. В большинстве случаев химич. у-ние есть выражение конечного результата многих сосуществующих реакций и следовательно совершенно не может отображать сущность процесса. Напр. реакция разложения  $\text{AsH}_3$  должна была бы идти по у-нию  $4\text{AsH}_3 \rightarrow \text{As}_4 + 6\text{H}_2$  и быть реакцией 4-го порядка, фактически же она идет, как мономолекулярная; такой ход реакции объясняется тем, что диссоциация  $\text{AsH}_3$  идет с промежуточными стадиями: 1)  $\text{AsH}_3 \rightarrow \text{As} + 3\text{H}$ ; 2)  $4\text{As} \rightarrow \text{As}_4$ ; 3)  $12\text{H} \rightarrow 6\text{H}_2$ ; только первая реакция идет с измеримой скоростью, две другие проходят моментально; поэтому измеримый кинетически порядок реакции оказывается первым.

Если в данной среде идет несколько реакций одновременно, то такие реакции называются сложными; главнейшими из них являются обратимые, параллельные, сопряженные и консекитивные. Обратимыми реакциями называются реакции типа  $\alpha A + \beta B + \dots \rightleftharpoons \alpha' A' + \beta' B' + \dots$ , где продукты реакции вступают в новую реакцию с обратным образованием исходных веществ; здесь налицо две одновременные реакции, каждая из которых м. б. реакцией того или иного порядка; эти реакции, текущие друг другу навстречу, приводят систему к равновесному состоянию, при котором в данной среде находятся налицо и исходные и конечные вещества. Примером обратимых реакций 1-го порядка могут служить превращения изомеров:



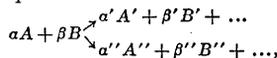
Классический пример обратимых реакций 2-го порядка—образование и явление сложных эфиров в присутствии к-т:



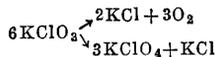
Если одно и то же (исходное) вещество распадается двояко



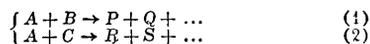
или, если два вещества могут реагировать двояким образом



то такие реакции называются параллельными. К таким реакциям принадлежит разложение бертолетовой соли

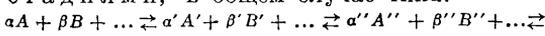


и очень частые и важные реакции органич. химии с образованием *o*-, *m*- и *p*-соединений. В сопряженных реакциях мы имеем одновременное течение двух реакций бимолекулярного типа:

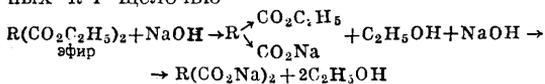


Характерной особенностью сопряженных реакций является то, что одно вещество (*A*) является общим в обеих реакциях, причем реакция (1) идет и тогда, когда взяты только вещества *A* и *B*, а реакция (2), когда взяты только вещества *A* и *C*, не идет. Последняя реакция идет, если взять все эти вещества *A*, *B* и *C*; тогда реакция  $A + B$  как бы заряжает своей реакционной способ-

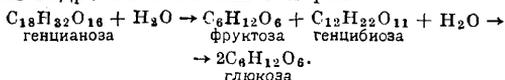
ностью и вещество *C*. Напр. перекись водорода ( $H_2O_2$ ) всегда окисляет соль закиси железа  $FeSO_4$  (*B*), но непосредственно не действует на иодистый водород  $HJ$  (*C*); если же к смеси  $H_2O_2$  и  $FeSO_4$  прибавить  $HJ$ , то пойдет и реакция между  $H_2O_2$  и  $HJ$ . Кислород окисляет  $Na_2SO_3$ , но не окисляет  $Na_2NaAsO_3$ , если эти вещества взяты порознь; если же взять их смесь, то оба они быстро окисляются. Здесь мы имеем пример химич. индукции. Вещество *A* называется актором, *B*—индуктором, *C*—акцептором. Консекutiveные реакции, или реакции с последовательными стадиями, в общем случае типа:



являются очень распространенными; реакции, стехиометрические ур-ия к-рых не соответствуют действительному 'порядку их, обычно оказываются консекutiveными. В качестве примеров кроме рядов радиоактивных распадов  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow \dots$  можно указать омыление сложных эфиров двухосновных к-т щелочью



или гидролиз сложных сахаров:



Вопросы о скоростях *P. х.* чрезвычайно усложняются ролью посторонних веществ в системе; те из веществ, которые, в количестве очень небольшом и не стехиометрическом по отношению к реагирующим составным частям системы, вызывают или изменяют скорость *P. х.* без притока энергии извне, оставаясь после окончания *P. х.* такими же, какими они были до реакции, называются катализаторами и являются причиной к выделению обширной группы каталитических *P. х.* (см. *Катализ*) с рядом подразделений (положительный, отрицательный катализ, аутокатализ). Чрезвычайная распространенность каталитических явлений дала повод поставить вопрос, можно ли вообще говорить о скорости химической реакции как таковой. Некоторые *P. х.* изучались различными учеными в разное время и в разных странах; одинаковые результаты, полученные ими, позволяют дать положительный ответ на вышеуказанный вопрос. Характер скоростей химических реакций, выражающийся в том, что убыль и рост количества веществ во время *P. х.* идет по показательному закону, приводит к заключению, что ни одна *P. х.* не заканчивается в конечное время и что под термином «конец реакции» мы должны разуметь наличие исходных веществ в количествах, находящихся за пределами чувствительности аналитич. методов. Наличие предела чувствительности аналитич. методов и тот факт, что не существует абсолютно неразговоримых веществ, дают возможность говорить о принципиальной обратимости (в химич. смысле этого слова) всех *P. х.*

Чрезвычайно сложен вопрос о причинах возникновения *P. х.* и о зависимости скоростей их от внутренних и внешних условий. Известно, что многие *P. х.* протекают мгновенно; в соединениях, распадающихся на ионы (гетерополярных), *P. х.* сводится к переходу электронов от одних атомов (или радикалов) к другим и к образованию симметрич. ионов; этот процесс про-

текает с огромной скоростью. В гомеополлярных соединениях, не состоящих из ионов, *P. х.* состоит в изменении «квазиупругой» силы, допускающей вибрации атомов; эти изменения, связанные с перегруппировкой электронов, вызывают разрушения молекул исходных веществ и рекомбинацию атомов с новыми значениями квазиупругих сил; такие процессы протекают с разнообразными скоростями. Идея о том, что в химии, как

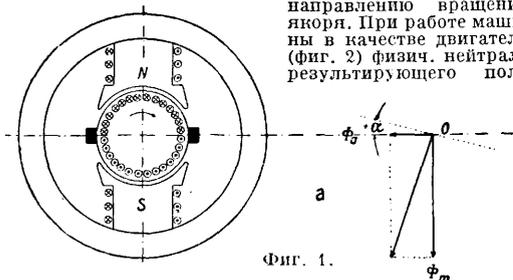
и в механике, скорость =  $\frac{\text{хим. средство (сила)}}{\text{хим. сопротивление}}$  бесплод-

на, т. к. мы не знаем, что такое химич. сопротивление, и т. к. опыт показывает отсутствие связи между скоростью и средством. С р о д с т в о зависит только от начального и конечного состояния системы, скорость же от ряда условий. Так,  $H_2$  и  $O_2$  обладают большим средством,  $H_2$  и  $I_2$ —очень малым, но при одной и той же  $t^\circ$  первые не реагируют, вторые реагируют.  $Na_2S_2O_3$  на воздухе практически не окисляется,  $Na_2S_2O_4$  окисляется энергично. Этилен кислородом не окисляется, хотя средство здесь больше, а его галлоидпроизводные легко окисляются при значительно меньшем средстве к кислороду; так,  $CF_2 : CF_2$  в смеси с кислородом взрывает. Все эти примеры показывают, как ничтожно мало мы знаем о причинах и о ходе *P. х.* Если мы останавливаемся на газовых *P. х.*, то казалось бы, что возникновение и скорость *P. х.* определяются числом столкновений молекул в секунду; однако простой подсчет показывает, что если бы каждое столкновение вызывало химич. реакцию, то она заканчивалась бы приблизительно в  $10^{-10}$  сек. Очевидно, что не всякое столкновение молекул эффективно в химическом отношении; мы исходим из положения, что в газе наряду с нормальными молекулами имеются ненормальные, а к т и в н ы е м о л е к у л ы, обладающие большей энергией; только столкновения активных молекул ведут к *P. х.* А к т и в н о с т ь м о л е к у л ы обуславливается избыточной энергией ее, к-рая заключается или в повышенной кинетич. энергии движения ее, или во временно возбужденных энергичных колебаниях атомов в молекуле, или в повышенных уровнях энергии. Понятно, что—в зависимости от относительного числа активных молекул—скорость реакций м. б. различной. Переход молекулы из нормального состояния в активное называется а к т и в а ц и е й. Активация—сообщение молекуле избыточной энергии—достигается путем столкновений или радиации. Изучение влияния темп-ры на скорость *P. х.* позволяет вычислить энергию активации для многих *P. х.* А эта энергия есть характеристика самой *P. х.*, а не реагирующего вещества, так как она зависит от того, идет ли *P. х.* самостоятельно или под влиянием катализаторов, причем она различна для различных катализаторов. Современное учение активации молекул—крупный шаг в познании химических реакций. См. *Кинетика химическая, Катализ. Цепные реакции.* А. Раковский.

**РЕАКЦИЯ ЯКОРЯ**, действие магнитного поля, создаваемого током при прохождении по обмотке якоря, на основное поле электрич. машин. Различают электрические машины с малой и большой *P. я.* К первым видам машин относятся нормальные машины постоянного тока, синхронные машины и одноякорные преобразователи; характерной особенностью этих машин является то, что ампервитки якоря составляют лишь небольшую часть от ампервитков основного возбуждения (около 20—30%). В машинах с сильной реакцией якоря, например в асинхронных машинах, ампервитки якоря почти равны ампервиткам основного поля. Для исследования влияния поля якоря на основное магнитное поле машины обычно разлагают это поле на две составляющие—поперечное и продольное поля якоря. Поперечное поле якоря действует пространственно нормально (поперек) к направлению оси основного поля; ось продольного поля якоря совпадает с осью основного магнитного поля, причем направления этих полей могут быть одинаковыми или разными. Продольное поле якоря, действующее в одном направлении с основным, называется н а м а г н и ч и в а ю щ и м, а продольное поле якоря, направленное против основного, — р а з м а г н и ч и в а ю щ и м. Обычно поле якоря вызывает искажение и изменение основного поля, что приводит к изменению магнитного потока, наводящего

эдс в обмотке якоря при вращении машины; вследствие этого напряжение на зажимах машины, если она работает в качестве генератора, не остается постоянным при различных нагрузках. Для уменьшения влияния Р. я. приходится применять специальные компенсирующие устройства. В некоторых же случаях, напр. в электрич. машинах для сварки, железнодорожного освещения, Р. я. используется для поддержания постоянства силы тока и напряжения.

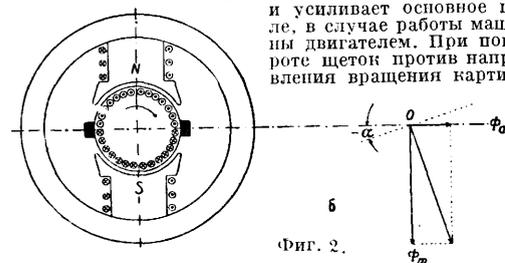
На фиг. 1 и 2 схематически изображено устройство магнитной системы машины постоянного тока. Легко увидеть, что ось поля всегда бывает направлена по оси щеток. Если машина работает в качестве генератора (фиг. 1) и якорь вращается по часовой стрелке, то при положении щеток в геометрической нейтральной создается поперечное поле якоря, и тогда физическая нейтраль результирующего потока смещается по направлению вращения якоря. При работе машины в качестве двигателя (фиг. 2) физич. нейтраль результирующего поля



Фиг. 1.

смещается против направления вращения. Обычно поперечное поле вызывает искажение основного, что приводит также к уменьшению результирующего потока, если машина работает в полунасыщенном состоянии. Если щетки сдвинуты из геометрической нейтральной зоны (фиг. 3), то ампервитки якоря создают поперечное и продольное поля; при этом ампервитки поперечного поля пропорциональны углу  $\pi - 2\alpha$ , а ампервитки продольного поля — углу  $2\alpha$  ( $\alpha$  — угол поворота щеток). Т. о. при  $\alpha = 90^\circ$  поперечное поле якоря становится равным нулю, а продольное достигает максимума. Легко установить (фиг. 3), что при повороте щеток по направлению вращения якоря продольное поле якоря размагничивает, если машина работает в качестве генератора,

и усиливает основное поле, в случае работы машины двигателем. При повороте щеток против направления вращения картина



Фиг. 2.

получается обратная. В нормальных машинах постоянного тока соотношение ампервитков возбуждения и ампервитков якоря делается равным  $\sim 4 \div 5$ . О подсчете ампервитков якоря см. Динамомашинка.

В синхронных машинах ампервитки якоря создают поле, которое также взаимодействует с основным. Здесь характер Р. я. зависит от степени равномерности нагрузки фазовых цепей якоря, сдвига фаз, устройства магнитной системы. В случае однофазной синхронной машины поле якоря получается пульсирующее; это поле можно разложить на два равных поля (амплитуда каждого из них равна половине амплитуды поля якоря), вращающихся относительно якоря в взаимно противоположных направлениях с угловой частотой  $\omega = \frac{2\pi f}{p}$  ( $p$  — число пар полюсов и  $f$  — частота тока в пер/сек.). Тогда одно поле вращается синхронно с основным полем (относительная скорость этих полей равна нулю), и они взаимодействуют друг с другом. Другое поле, т. н. и н в е р с н о е, вращает-

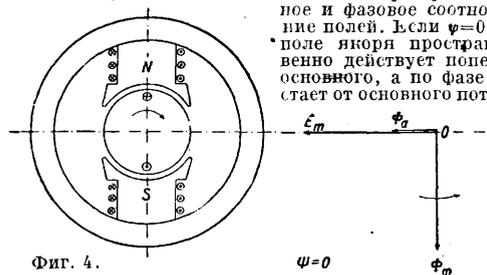
ся относительно основного поля с двойной угловой скоростью. Это поле наводит в обмотке возбуждения ток двойной частоты, и в ней вследствие наложения на постоянный ток переменного получается пульсирующий ток. Кроме того инверсное поле якоря создает добавочные потери на гистерезис, токи Фуко и вызывает пульсацию результирующего потока. Инверсно-вращающиеся поля якоря образуются также и в много-



Фиг. 3.

фазных синхронных машинах при несимметричной нагрузке последних. Для ослабления инверсных полей магнитная система синхронных машин снабжается специальной короткозамкнутой обмоткой в виде сплошного или неполного беличьего колеса, подполусных колец; иногда ограничиваются применением лишь одних массивных полюсных наконечников и сердечников магнитной системы.

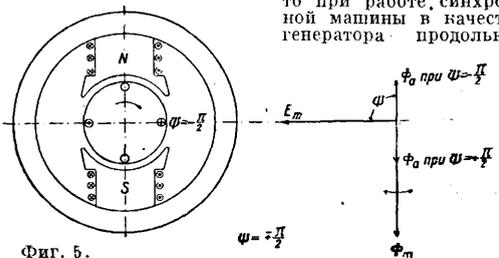
Угол сдвига фаз  $\psi$  между напряжением, наводимым основным магнитным потоком, и силой тока якоря оказывает существенное влияние на пространственное и фазовое соотношение полей. Если  $\psi = 0$ , то поле якоря пространственно действует поперек основного, а по фазе отстает от основного потока



Фиг. 4.

$\psi = 0$

на  $90^\circ$  (в случае работы синхронной машины генератором) и опережает основной поток на  $90^\circ$  при работе машины двигателем. Поперечная Р. я. вызывает, как и в машине постоянного тока, искажение основного магнитного потока и смещение физической магнитной нейтральной зоны. При сдвиге фаз в  $90^\circ$  между вектором напряжения, наводимым основным потоком, и силой тока создается продольное поле; в этом случае фазы основного потока и потока якоря м. б. одинаковыми или иметь разность в  $180^\circ$ ; пространственно потоки совпадают, лишь оси полей м. б. направлены в одну сторону или взаимно противоположные. Если ток якоря опережает напряжение от основного потока на  $90^\circ$ , то при работе синхронной машины в качестве генератора продольное



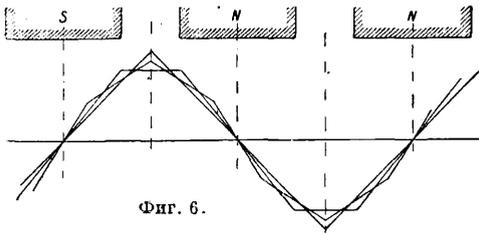
Фиг. 5.

$\psi = \frac{\pi}{2}$

поле якоря усиливает основное, при двигательном же режиме синхронной машины опережающий ток вызывает размагничивающее действие поля якоря. При углах сдвига фаз  $0 < \psi < 90^\circ$  получаются поперечное и продольное поля якоря, причем поперечное поле якоря создается ампервитками от активной составляющей тока, а продольное поле от реактивной составляющей тока. Пространственное и фазовое соотношения основного потока и потока якоря посредством векторов представлены на фиг. 4 и 5 (4 — генератор, 5 — двигатель).

О подсчете ампервитков якоря синхронной машины см. *Генератор переменного тока*.

Р. я. — один из основных факторов, характеризующих магнитные и электрические свойства синхронных машин. Она оказывает сильное влияние на изменение напряжения, на установившийся ток короткого замыкания, устойчивость параллельной работы синхронных машин, на пределы регуляции реактивных токов. Обычно Р. я. синхронных машин характеризуется отношением установившегося тока короткого замыка-

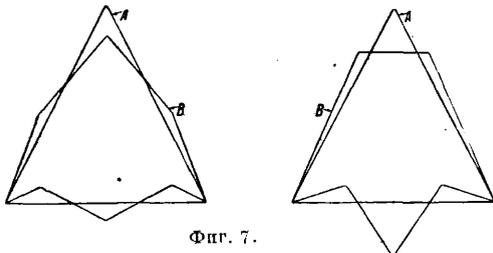


Фиг. 6.

ния при возбуждении холостого хода к номинальному току. Приводим средние данные этого отношения для американских и европейских синхронных машин:

Тип машин	америк.	европ.
Турбогенератор . . . . .	$0,9 \pm 10\%$	$0,68 \pm 31\%$
Гидрогенератор . . . . .	$1,0 \pm 25\%$	$0,92 \pm 23\%$

Поле якоря в трехфазных синхронных машинах при симметричной нагрузке имеет несинусоидальную форму, амплитуда поля якоря пульсирует. Все это вызывает наведение высших гармонических токов и образование добавочных потерь. Для уменьшения добавочных потерь от Р. я. применяют сокращение шага обмоток. В одноякорных преобразователях Р. я. сказывается значительно слабее, чем при работе атой машины только в качестве генератора постоянного или переменного тока. Т. к. одноякорный преобразователь представляет комбинацию синхронной машины и машины постоянного тока, то в случае преобразования переменного тока в постоянный Р. я. будет зависеть от сдвига фаз между током и напряжением, а также и числа фаз. На фиг. 6 приведены кривые мдс якоря одноякорного преобразователя. Кривые магнитодвижущих сил обмотки якоря (фиг. 6), создаваемых переменным и постоянным током, отличаются между собой, и в зависимости от сдвига фаз они могут иметь различные положения относительно друг друга. Поэтому результирующие ампервитки Р. я. имеют сложную кривую (фиг. 7, А — мдс постоянного тока, В — мдс переменного тока), наибольшая амплитуда результирующей мдс получается значительно меньше составляю-



Фиг. 7.

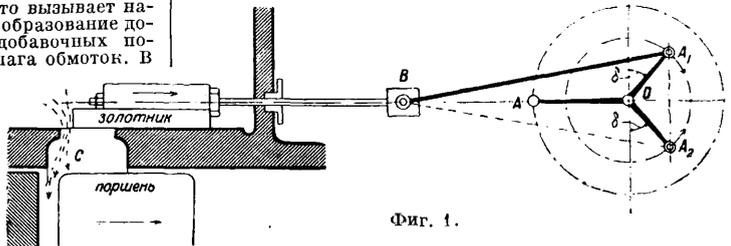
щей постоянного тока и колеблется при вращении якоря в пределах  $9,3 \pm 21,3\%$  от мдс от действия только постоянного тока. Вследствие пульсации поля якоря и сложной формы его наводятся высшие гармоники, токи и создаются добавочные потери. Для уничтожения вредного влияния пульсации поля якоря могут служить демпферные обмотки.

В асинхронных машинах цепь вторичного якоря коротко замкнута, ампервитки якоря почти равны ампервиткам первичной цепи возбуждения. Более подробно см. *Индукционные машины. Коллекторные машины*.

Лит.: Арнольд Э. и Ла-Кур И. И., Электрич. машины постоянного тока, пер. с нем., т. 1 и 2, М.—Л., 1934; Толвинский В., Электрические машины постоянного тока, Л., 1929; Richter K., Elektrische Maschinen, В. 1, В., 1924; Arnold E., Die Wechselstromtechnik, В. 4, В., 1913. В. Кулебакин.

**РЕВЕРС**, сочетание нескольких отдельных механизмов, позволяющее менять направление вращения коренного вала двигателя. Осо-

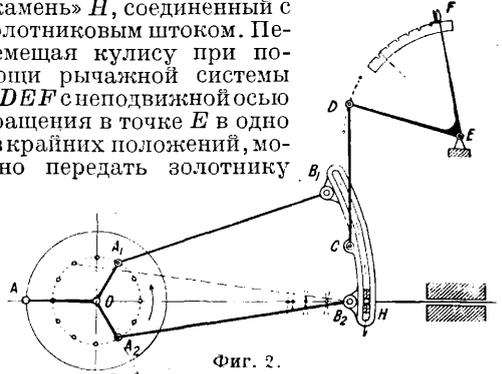
бенно большое распространение имеют реверсивные механизмы, или кулисы, в паровозах и в паровых машинах, обслуживающих шахтные подъемники и прокатные станы. Основная идея реверсивного механизма состоит в том, чтобы парораспределительный орган (золотник, клапан или кран) получил такое движение, при к-ром свежий пар входил бы в машину только лишь при условии, что коренной вал машины вращается в желаемом направлении. На фиг. 1 дана схема простого золотника, приводимого в движение золотниковой тягой  $A_1B$ . Если кривошип  $A_1O$  вращается по часовой стрелке, то золотник открывает доступ пару, и поршень из мертвого положения получает движение слева направо. Если остановить машину и переложить головку шатуна с цапфы  $A_1$  на цапфу  $A_2$  второго кривошипа  $OA_2$ , расположенного под тем же углом к вертикальной линии, под которым был расположен кривошип  $OA_1$ , то при открытии впускного вентиле свежий пар получает возможность, пройдя через паровое окно  $C$ , давить на поршень и перемещать его также слева направо; но теперь вращение коренного вала будет про-



Фиг. 1.

исходить против часовой стрелки, а направление движения золотника остается то же, какое было при вращении коренного вала по часовой стрелке.

Первый по времени реверсивный механизм был создан Стефаном в 1830 г.; в этом механизме (фиг. 2) точки, соответствующие  $A_1$  и  $A_2$  фиг. 1, принадлежат центрам двух эксцентриков, посаженных намертво на коренной вал. Эксцентрикковые тяги идут к кулисе  $B_1B_2$ , представляющей собою часть дуги круга с прорезом, в котором может скользить «камень»  $H$ , соединенный с золотниковым штоком. Перемещая кулису при помощи рычажной системы  $CDEF$  с неподвижной осью вращения в точке  $E$  в одно из крайних положений, можно передать золотнику



Фиг. 2.

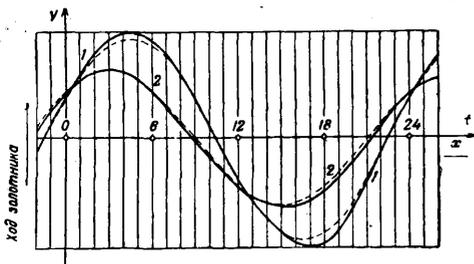
движение или тягой  $A_1B$ , или тягой  $A_2B_2$  от соответствующего эксцентрика, а следовательно можно сообщить машине желаемое направление вращения. Любое промежуточное положение кулисы, по сравнению с одним из ее крайних положений, дает уменьшение степени наполнения цилиндра паром, а потому может быть использовано для регулирования хода

машины, поддерживая соответствующим положением кулисы равенство работы пара и работы сил сопротивления. В течение ста лет реверсивный механизм Стефенсона занимал главенствующее положение в паровых машинах, и в настоящее время он включен в проект стандартной судовой машины СССР. В конструктивном отношении кулисы Стефенсона может

быть выполнена различно: например тяги  $A_1B_1$  и  $A_1B_2$  могут пересекаться (фиг. 3), уменьшая при этом влияние мертвого хода в шарнирах. Новейшие исследования проф. Брикса дают указание, что наилучшие результаты работы парораспределительных органов машины получаются в том случае, если радиус кривизны сектора кулисы  $B_1B_2$  будет взят по формуле:

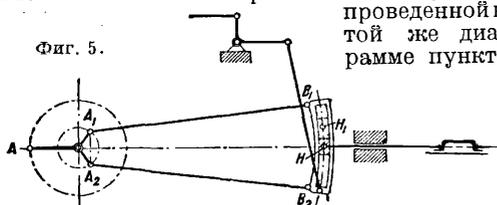
$$e = l + \frac{f}{2},$$

где  $l$  — длина золотниковой тяги,  $f$  — стрелка дуги сектора  $B_1B_2$ . Расположим сектор  $B_1B_2$  кулисы так, чтобы золотник имел наибольший ход и давал наибольшую степень наполнения, а машина вращалась бы против часовой стрелки; при этом цапфа  $B_2$  будет лежать на линии движения золотника (фиг. 2). Найдем теперь различные положения точки  $H$ , засекая ради-



Фиг. 4

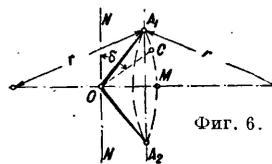
усом, равным длине золотниковой тяги  $A_2B_2$ , отметки на пути золотника, причем центр эксцентрика должен смещаться на равные отрезки по кругу, описываемому точкой  $A_2$ . Полученные перемещения точки  $H$  отложим в виде ординат на диаграмме фиг. 4, причем по оси абсцисс будут отложены отрезки, пропорциональные пути точки  $A_1$  или пропорциональные времени оборота коренного вала. Полученная диаграмма, отмеченная на фиг. 4 цифрами 1, 1, мало отличается от правильной синусоиды, проведенной на той же диаграмме пункти-



Фиг. 5.

ром; это указывает, что движение золотника м. б. заменено т. г а р м о н и ч е с к и м к о л е б а т е л ь н ы м движением. Если передвинуть сектор кулисы  $B_1B_2$  так, чтобы кулисный камень  $H$  приходился на одной четверти длины кулисы, считая от точки  $B_2$ , и вновь построить диаграмму пути золотника по времени, то получится кривая, отмеченная на фигуре 4 цифрами 2, 2. Эта кривая также мало отли-

чается от синусоиды, нанесенной пунктиром, что указывает на возможность замены истинного движения золотника приближенным гармонич. колебательным движением не только для крайних положений сектора кулисы, но и для всех промежуточных положений. Для определения основных моментов парораспределения машины с кулисой Стефенсона необходимо иметь сведения о величине эксцентриситета и об угле заклинивания эквивалентного эксцентрика, заменяющего действительный механизм, причем фиктивное движение золотника под влиянием этого воображаемого эксцентрика должно как можно ближе подходить к его действительному движению. Указанный ниже простой графич. прием, предложенный Макфарланом Греем, дает решение, вполне удовлетворяющее требованиям практики.



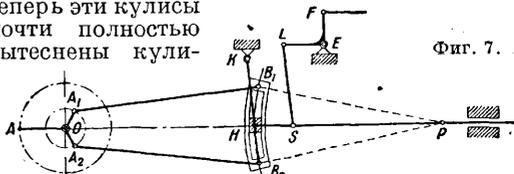
Фиг. 6.

Начертим кулису в ее среднем положении (фиг. 5), расположив сектор  $B_1B_2$  симметрично относительно линии движения золотника. Проведем дугу круга через точки  $A_1$  и  $A_2$  радиусом  $r$ , определяемым по ф-ле:

$$r = \frac{A_1A_2 \cdot A_1B_1}{2 \cdot B_1B_2}.$$

На этой дуге будут лежать центры эквивалентных эксцентриков (фиг. 6). Для среднего положения кулисы радиус экцентрика пропорционален отрезку  $OM$ , а угол заклинивания (опережения) равен  $90^\circ$ . Для какого-нибудь промежуточного положения кулисы центр соответствующего эквивалентного эксцентрика найдется делением дуги  $A_1MA_2$  на части  $A_1C$  и  $CA_2$ , пропорциональные расстояниям точки  $H_1$  от соответствующих точек  $B_1$  и  $B_2$ , а угол опережения (заклинивания) будет равен углу  $CON$ . Указанный прием можно применить и для переключивающихся тяг, но в этом случае дуга д. б. обращена выпуклой стороной к коренному валу.

В ж.-д. практике раньше были в большом ходу реверсивные механизмы Гуча и Аллана; теперь эти кулисы почти полностью вытеснены кули-

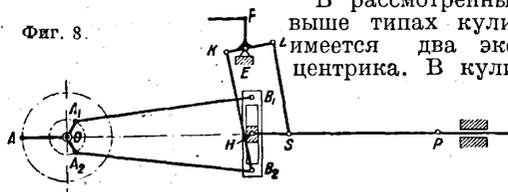


Фиг. 7.

сой Гейзингер-Вальшперта и реверсивным механизмом Бекера. Гуч дал сектору кулисы Стефенсона обратное расположение, описав дугу  $B_1B_2$  радиусом, равным золотниковой тяге  $HP$  (фиг. 7). В этой системе сектор кулисы не меняет своего движения, так как точка  $B_2$ , принадлежащая сектору  $B_1B_2$ , описывает одну и ту же дугу, вращаясь относительно неподвижной точки  $K$ . Камень  $H$  получает перемещение относительно сектора благодаря тому обстоятельству, что точка  $S$  золотниковой тяги  $HP$  может быть сдвинута вверх или вниз при помощи углового рычага  $LEF$  и поводка  $LS$ . В кулисе Аллана (фиг. 8) точка  $K$  подвеса сектора прикреплена к тому же рычагу, который производит опускание или поднятие золотниковой тяги  $HP$ . Этим приемом достигнуто

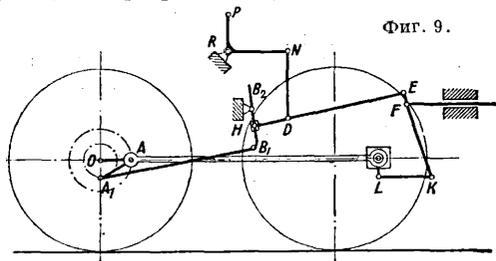
более быстрое относительное перемещение кулисы и камня. Сам сектор кулисы у Аллана выполняется с прямолинейными очертаниями, что вызвано желанием упростить обработку.

Фиг. 8.



В рассмотренных выше типах кулис имеется два эксцентрика. В кулисе Гейзингер-Вальшера применяется один эксцентрик, или контр-кривошип, а дополнительное движение зоттник получает от крейцкопфа. На фиг. 9 представлена кулиса этой системы, выполненная для паровоза типа 1-3-0 серии Нч. Сектор кулисы  $B_1B_2$ , очерченный радиусом, равным золотниковой тяге, приводится в качательное движение поводком  $A_1B_1$ , причем контр-кривошип расположен так, что

Фиг. 9.



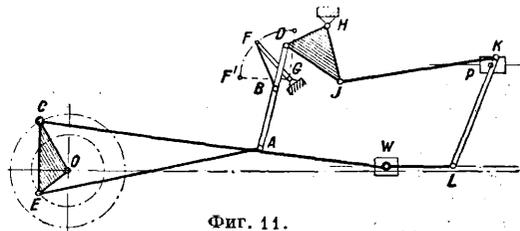
угол между основным кривошипом  $OA$  и радиусом  $OA_1$  равен почти  $90^\circ$ . Перемещение золотниковой тяги  $HE$ , а следовательно и кулисного камня  $H$ , происходит так же, как в кулисе Гуча, при помощи рычажной системы  $DNRP$  с осью вращения в точке  $R$ . Посредством рычага или маятника  $EFC$  движение золотниковой тяги передается золотниковому штоку, присоединенному к точке  $F$ . Нижний



Фиг. 10.

конец маятника связан тягой  $LK$  споводком на крейцкопфе. От движения крейцкопфа и кулисного камня маятник получает сложное качательное движение, обуславливающее движение золотника. Во всех указанных выше кулисах камень получает во время хода машины принужденное движение относительно прореза кулисного сектора. Эта игра камня происходит от различного характера траекторий центра кулисного сектора и соответствующей точки кулисного сектора. На фиг. 10 показана траектория центра кулисного камня (сплошная кривая  $abc$ ) и дуга круга  $WW$ , описываемая той точкой сектора, в которой центр камня находился в момент перехода кривошипа через мертвое положение. За каждый оборот вала машины происходит регулярные перемещение камня по прорезу кулисы на длину  $l$ . Это перемещение влечет за собой изнашивание кулисы и частый ремонт. Поэтому в новейших мощных паровозах введен реверсивный механизм системы Бекера (фиг. 11), где прорез кулисного сектора совершенно устранен; его

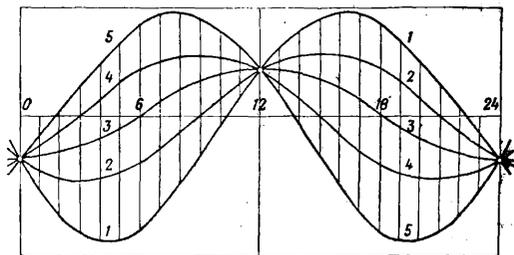
заменяет система трассеры  $JHD$  и рычага  $DBA$ , причем шарнир трассеры  $H$  остается неподвижным, а точка  $B$  рычага  $DA$  может описывать дугу из центра  $F$ . При перемене направления вращения ведущих колес паровоза машинист переводит рычаг  $GF$  в положение  $GF'$ . Диаграммы пути золотника во времени даны на фиг. 12. Кривые, отмеченные цифрами 1, 2, 3, 4 и 5, дают представление о работе золотника при различных



Фиг. 11.

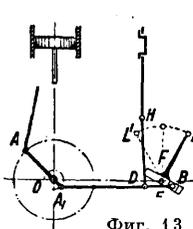
степенях наполнения. Заменяв эти кривые обыкновенными синусоидами, можно легко найти величину эксцентриситета и угол заклинивания эквивалентного эксцентрика.

Реверсивные механизмы с одним эксцентриком, применяемые в пароводных машинах, называются кулисой Хакворта (фиг. 13), кулисой Клюга (фиг. 14) и кулисой Маршала (фиг. 15). Общим признаком всех этих кулис является расположение центра эксцен-

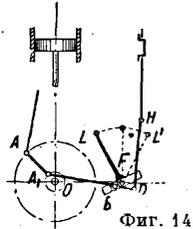


Фиг. 12.

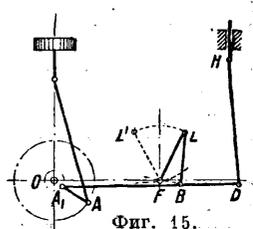
трика на одной прямой с основным кривошипом, причем в кулисах Маршала и Клюга угол заклинивания эксцентрика равен  $0^\circ$ , а в кулисе Хакворта— $180^\circ$ . Золотниковая тяга  $HD$  присоединена в точке  $D$  к поводку и описывает траектории различного вида в зависимости от того, какую траекторию описывает точка  $B$  того же поводка, присоединенная или к камню, двигающемуся в прорезе кулисы (фиг. 13 и 14), или к шарниру рычага  $BL$  (фиг. 15). Управление движением машины—передний и задний ход или измене-



Фиг. 13.



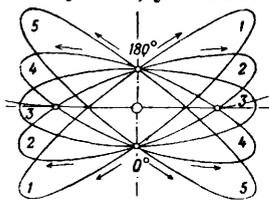
Фиг. 14.



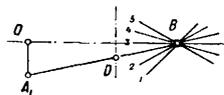
Фиг. 15.

ние степени наполнения—достигается изменением наклона кулисы или рычага  $FL$ , производимым в небольших машинах от руки, в больших машинах—от специальной паровой машины или от электромотора. На фиг. 16

представлены траектории точки *D* кулисы Хакворта в зависимости от наклона прореза этой кулисы, указанного на фиг. 17. Диаграмма перемещений золотника в зависимости от угла наклона главного кривошипа

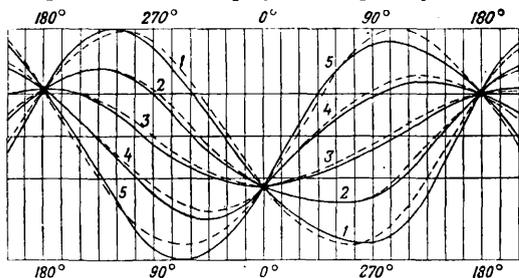


Фиг. 16.



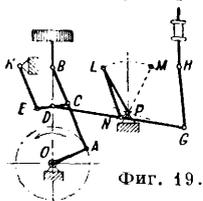
Фиг. 17.

к линии мертвых точек дана на фиг. 18. На этой диаграмме сплошными линиями начерчены истинные перемещения золотника для пяти различных положений кулисы, а пунктирными линиями показаны синусоиды, позволяющие установить эксцентриситет и угол заклинивания эквивалентного эксцентрика с целью построить диаграмму парораспределения и вычертить индикаторную диаграмму.

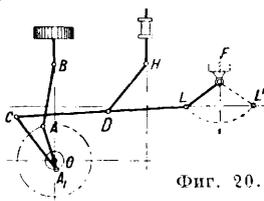


Фиг. 18.

Реверсивный механизм, в котором нет эксцентрика, был создан инженером Джой и долгое время употреблялся для паровозов; в настоящее время встречается лишь у паровозных машин. На фиг. 19 представлена схема этого Р., в значительной своей части похожего на кулису Маршала. Отличие состоит в том, что точка *D* присоединена к особому стержню *CE*, соединенному шарниром с одной из точек ша-



Фиг. 19.



Фиг. 20.

туна; другой конец этого стержня описывает дугу, вращаясь относительно неподвижной точки *K*. Перекидывающий рычаг *LP* из одного крайнего положения в другое, мы можем перевести машину на обратный ход.

Оригинальный «золотниковый привод» для реверсирования морских паровых машин был дан русским изобретателем А. Бриксом. Схема этого Р. представлена на фиг. 20. Эксцентрик заклинен на валу под углом в 180°. Эксцентрик соединен с поводком *CL* с точкой *D*; золотниковая тяга *DH* присоединяется к поводку *CL* в той же точке *D*. Перекидывающий рычаг *LF* в положении *L'F'*, переводят золотник в новое положение, при котором поступление свежего пара в цилиндр вызовет вращение кривошипа в обратном направлении. Промежуточные положения рычага *LF* служат для установки различной

величины наполнения цилиндра в зависимости от нагрузки машины.

Приспособления и устройства для реверсирования в двигателях внутреннего сгорания см. *Двигатели судовые.*

Лит.: Кестнер К. Г. и Николаев И. Н., Динамика и парораспределение паровозов, М., 1931; Смирнов Л. П., Кинематика механизмов и машин, М.—Л., 1927; Зейферт Ф., Паровые котлы и машины, пер. с нем., 2 изд., М.—Л., 1928; Брикс Ф. А., Эксцентрик парораспределения, Л., 1928; Рэггу J. u. Меути Н., Die Dampfmaschinen, Lpz., 1909; Heck R., Mechanics of Machinery, N. Y., 1923—25; Boudiss, Kulissensteuerung, «Ztschr. d. Österreich. Ingenieure- u. Architektenvereins», W., 1910. Л. Смирнов.

**РЕВОЛЬВЕР**, см. *Техника ружейного производства.*

**РЕВОЛЬВЕРНЫЕ СТАНКИ**, см. *Токарные станки.*

**РЕГЕНЕРАТ**, обработанная особым образом вулканизованная резина, пригодная благодаря своей пластичности в резиновом деле в качестве сырья или вспомогательного материала. Р. не способен вполне заменить сырой каучук, хотя и позволяет во многих случаях уменьшить содержание его в резиновых смесях и пригоден к дальнейшей вулканизации (см.). Регенерация резины не может быть признана обратимым процессом, т. к. получаемый продукт не обладает свойством невулканизованного каучука. В процессе регенерации каучук не возвращается в свое первоначальное состояние, и полученная масса отличается от вулканизованной резины гл. обр. пластичностью. Вопрос о регенерации каучука из старых резиновых изделий связан с задачей выделения нацело связанной вулканизацией серы, после чего каучуковое вещество перешло бы в состояние, в котором оно находилось в резиновой смеси до вулканизации. Эта задача до настоящего времени еще не разрешена.

Пластифицирование вулканизованной резины производится под действием тепла—обычно или в котлах, обогреваемых паром, или на вальцах, или же наконец смешанным путем: в котлах и затем частично на вальцах. Механическая обработка на вальцах применяется вообще весьма широко в резиновой промышленности: так, для получения пластичной массы из сырого каучука последний обрабатывают на вальцах; при этом у него понижается упругость и он делается более мягким и более пластичным. Примерно то же происходит и со старой вулканизованной резиной, лишь с той разницей, что в данном случае необходимо затратить несравненно больше энергии; иногда для облегчения пластификации на вальцах приходится прибегать к добавлению мягких и липких, к-рым служат минеральные масла, растительные жиры, парафин, каменноугольная смола, нефтяные продукты и другие вещества, действующие на каучук как растворители и имеющие сравнительно высокую  $t_{п.л.}$ . Пластификация на вальцах является весьма примитивным методом.

Пластифицирование нагреванием в котлах вулканизованной резины обычно называют девулканизацией. Продолжительность нагревания колеблется от 8 до 12 ч. и больше в зависимости от  $t^{\circ}$ , при к-рой ведется процесс, и от сорта резины. Наилучшими  $t^{\circ}$ -ными условиями девулканизации в котлах считают 180—200°, что отвечает примерно 10—13 atm. На заводах с отсталой техникой регенерация работа ведется при 8 atm, причем получают продукт с пониженной пластичностью.

Попытка удлинить процесс за счет понижения  $t^\circ$  (например  $160^\circ$  вместо  $200^\circ$ ) обычно не дает значительных результатов вследствие того, что наибольший эффект пластификации наблюдается в начале процесса, в течение 7—8 ч., после чего он резко падает. Таким образом регенерат получается наиболее пластичным в том случае, когда девулканизация в котле ведется при повышенной температуре;  $t^\circ$ -ный фактор необходимо признать доминирующим; его почти невозможно полностью заменить ни удлинением процесса девулканизации ни усилением последующей механич. обработки на вальцах. Добавление небольшого количества (2—3%) растворителя в старую резину значительно ускоряет процесс девулканизации. Наконец продолжительность девулканизации в значительной степени зависит от сорта резины и степени ее измельчения; напр. для пластификации галош требуется 6—8 ч., тогда как в тех же условиях для автопокрышек и грузозин надо не менее 10—12 ч. Обычно девулканизация в котлах ведется в воздушной среде или в среде насыщенного водяного пара или в жидкости. Воздушная девулканизация производится в котлах с паровой рубашкой и применяется в том случае, когда поступает на пластификацию цветная резина и желают получить Р. с тем же самым оттенком цвета. Когда девулканизация ведется в паровой среде, обычно пигмент разрушается. В паровой среде девулканизируют старую резину, преимущественно не содержащую ткани, или резину (галоши), у к-рой ткань была до этого разрушена предварительным кипячением в кислоте (кислотный метод регенерации). Когда девулканизация ведется в жидкой среде, то одновременно с пластификацией происходит также и отделение ткани. При этом если жидкостью является раствор едкого натра (щелочной метод регенерации), то ткань разрушается (как и при кислотном способе), но если жидкость представляет собой один из обычных растворителей резины, как то: бензин, лигроин, бензол, толуол и т. д. (регенерация по методу растворения), то ткань сохраняется, но при этом отделяется от резины. Т. о. в зависимости от сорта исходной старой резины, а также и от качества, к-рое желают придать Р., применяют один из следующих четырех методов девулканизации: 1) метод пластификации, 2) кислотный метод, 3) метод растворения и 4) щелочной метод.

Метод пластификации на вальцах. Старую резину обрабатывают на горячих вальцах; при этом резину сначала грубо измельчают, а затем материал переходит постепенно в пластик. состояние под влиянием тепла, возникающего от трения, а также благодаря непосредственному механич. воздействию процесса вальцевания. Р., получаемый этим методом, наименее пластичен. Добавление мягчителей повышает пластичность материала и значительно облегчает обработку на вальцах. Исходным материалом служит старая резина, обычно не содержащая ткани.

Кислотный метод применяется главным образом для резиновых изделий, содержащих хлопчатобумажную ткань (старые галоши, автопокрышки и т. д.). Применение серной кислоты для уничтожения ткани впервые было предложено Н. Hall'ем [1]. По способу Mitchell'я [2] резину вываривают в слабой серной к-те при  $100^\circ$ , тщательно промывают, затем

ее девулканизируют паром при  $t^\circ = 175^\circ$  в продолжение 14 часов, сушат и вальцуют с добавлением мягчителей. В настоящее время этот способ сохранил свое значение гл. обр. для переработки обуви и вообще для резиновых изделий с малым содержанием серы. Вначале производят весьма тщательную сортировку старья, после чего отсортированный материал поступает на промывку водой с целью удаления грязи. Эта операция производится в обычных мойках кулачкового типа по принципу протivotока. Расход энергии составляет ок. 0,015—0,020 kWh на кг резины. После промывки резину измельчают на крекер-вальцах (см. ниже описание щелочного процесса), а затем она поступает на сито для сортировки на однородность размола. Не прошедшая через сито резина возвращается опять на крекер-вальцы. Различные сорта резины требуют различного измельчения, для галош обычно берут сито в 1". Особо серьезное внимание обращается на однородность размола, ибо в противном случае получается нестандартный товар. Расход энергии на размельчение составляет в среднем 0,04 kWh на 1 кг Р. Общий же расход энергии на все подготовительные работы со всеми передаточными транспортерами составляет 0,07—0,075 kWh на 1 кг Р. Потери в весе резины при промывке и измельчении достигают 14—18% от вятой резины в зависимости от загрязнений (гвоздями, пылью и т. д.). Измельченная и по возможности однородная крошка поступает в деревянные, выложенные свинцом баки с мешалкой. Здесь происходит разрушение ткани при обработке разбавленной серной к-той. Концентрация к-ты колеблется в пределах 30—40%. Нагревание длится обыкновенно 4—7 часов при  $t^\circ$  несколько большей  $100^\circ$  и производится паром, впускаемым непосредственно в массу. Расход его составляет в среднем 0,25—0,3 кг на 1 кг Р. При нагревании серная к-та разрушает хлопчатобумажную ткань, превращая ее в гидроцеллюлозу, переходящую в раствор; ее удаляют последующей промывкой. В этом процессе меняется также и состав резиновой смеси: мел и глет в галошных смесях переходят в более тяжелые сернокислые соли, благодаря чему зольность и уд. вес увеличиваются; окись цинка, входящая в состав напр. автопокрышек, переходит в растворимую серноцинковую соль и вымывается при последующей промывке. Говорить о наличии какой-либо пластификации при этом процессе не приходится, по крайней мере с практической стороны, так как  $t^\circ 100$ — $105^\circ$  слишком низка, чтобы получить видимые результаты. Применение серной к-ты имеет отрицательные стороны, т. к. как бы хорошо и совершенно ни была поставлена промывка, никогда не удается удалить из резины нерастворимые сернокислые соли кальция и свинца, а присутствие последних, увеличивая зольность, тем самым уменьшает относительное содержание каучукового вещества в Р. Кроме того повидимому они способствуют старению Р., т. е. затвердению при продолжительном хранении. Расход серной к-ты крепостью 1,84% составляет 0,5—0,4 кг на 1 кг Р. Следующей операцией является промывка травленных обрезков водой с целью удаления к-ты. Присутствие следов к-ты оказывает пагубное действие на Р.; поэтому промывка ведется тщательно, а иногда прибегают к усреднению щелочью. Помимо

к-ты промывкой удаляют также и песок, к-рый острыми краями зерен может привести в негодность резиновые изделия. Аппаратура, применяемая для промывки, отличается большим разнообразием; обычно применяют наклонные желоба с поперечными планками для улавливания зерен песка. На нек-рых з-дах установлены дырчатые конуса, вращающиеся в больших ящиках с проточной водой. Расход воды на промывку—15—20 л на 1 кг Р. Материал, протравленный и промытый от кислоты и ткани, направляют в вагонетках на пластификацию в девулканизационные котлы, обычно горизонтального типа с отъемными днищами. После загрузки крышку девулканизатора плотно закрывают и по возможности полностью удаляют воздух продувкой. Девулканизация по этому методу ведется в насыщенном паре под давлением 8—12 atm в течение 8—12 ч., в зависимости от сорта старой резины и  $t^{\circ}$ . Расход пара в горизонтальных котлах колеблется в пределах 1—1,2 кг на 1 кг Р. Девулканизацию в котлах целесообразнее контролировать не только по манометру, но и по термометру, т. к. давление в девулканизаторе не всегда соответствует действительно наблюдаемой  $t^{\circ}$ ; происходит это возможно от того, что в котле остается некоторое количество воздуха, влияющее на показания манометра. Очень часто перед загрузкой в девулканизационные котлы добавляют к резине мягчитель (обычно основную смолу) в количестве 2—3%. Совокупное применение тепла и растворителя действует гораздо энергичнее одного тепла, в результате чего получается более пластичный Р. По окончании девулканизации спускают давление пара и разгружают котел. Пластифицированный материал поступает затем на сушку и механическую обработку на вальцах (процессы сушки и вальцовки рассмотрены ниже при описании щелочного способа).

Метод растворения наиболее старый. С начала своего возникновения он применялся при утилизации старой резины с целью облегчить обработку последней. В этом случае к размельченному сырью добавлялось 2—3% и больше растворителя, смесь нагревалась в котле, а затем поступала на вальцы для механич. обработки. Под соединенным действием тепла и растворителя происходит частичная деполимеризация и дезагрегация каучука, причем значительная часть становится растворимой в хлороформе. Сущность метода растворения заключается в том, что старая вулканизованная резина обрабатывается при нагревании в каком-либо растворителе, к-рым может быть лигроин, керосин, бензол и его производные, различные смолы и продукты сухой перегонки дерева или каменного угля. В раствор переходит каучуковое вещество и некоторые другие составные части резины. Ткань же и крупные нерастворимые ингредиенты легко выделяются из раствора простым отстаиванием, а неорганические части с большой измельченностью обычно остаются во взвешенном состоянии и могут быть выделены фильтрацией. Каучуковое вещество выделяется из раствора различными способами, например по Александру [8] его обрабатывают раствором очень крепкой щелочи с последующим осаждением кислотой. В других случаях выделяют каучуковое вещество, обрабатывая раствор этиловым спиртом, ацетоном и нако-

нец простым выпариванием или путем испарения мелко распыленного раствора в нагретой камере (по Г. И. Глазунову и В. И. Птицину). Метод растворения до настоящего времени не привился на практике гл. обр. по причинам экономич. и технологич. характера. Этот метод интересен главным образом тем, что дает возможность сохранить и выделить текстиль.

Щелочной метод, подобно кислотному, предназначается для резины, содержащей текстильное волокно, которое уничтожается при этом процессе [4]. Резина обрабатывается 3%-ным раствором щелочи в автоклаве в течение 20 часов под давлением 8 atm и при  $t^{\circ}$  173°. В новейших установках процесс ведут при  $t^{\circ}$  180—200°. После девулканизации следует обычно промывка, затем сушка, и Р. направляется на вальцовку. Щелочной метод нашел широкое применение. Согласно исследованиям Стаффорда регенерация щелочью вызывает следующие эффекты: 1) ацетоновый экстракт, по к-рому судят о содержании смол, не увеличивается, иногда он дает пониженные результаты; 2) свободная сера растворяется в щелочи и удаляется; 3) содержание минеральных веществ заметно повышается; 4) самое существенное изменение в структуре каучука состоит повидимому в том, что 50% нерастворимого в хлороформе каучука переходит в растворимую в нем форму, которая пластичнее первой. Чем вызвана растворимость регенерата в хлороформе, деполимеризующим ли действием тепла или существуют какие-либо другие причины; еще не выяснено. Щелочной метод дает регенерат хорошего качества и в настоящее время имеет широкое распространение.

Сорта регенерата Р. и его сорта совершенно не нормированы не только у нас в СССР, но и за границей. Существующее на каждом из з-дов в отдельности подразделение Р. на сорта является нестандартным, значительно отличающимся по качеству и составу от Р. других заводов несмотря на то, что они зачастую выпускаются под одним и тем же названием. Общим для всех з-дов и государств является только то, что в основу подразделения принят гл. обр. сорт резины, взятый на переработку. Таким образом Р. подразделяется на следующие основные сорта: 1) камерный, 2) автопокрышечный, 3) галошный, 4) технический. Наиболее полную характеристику сортов Р. дают Александер [5] и Норрис [6], которые принимают в основу подразделения по сортам данные химического и механического испытания. Каждый из указанных авторов классифицирует Р. на 3 сорта (табл. 1 и 2).

Для испытания на разрыв готовится смесь Р. с 3% серы и вулканизуется при 3 atm в течение 20 минут.

Каждый из сортов Р. может быть получен по одному из вышеуказанных четырех методов девулканизации. Однако в большинстве случаев камеры девулканизируются в воздушных или паровых котлах, автопокрышки и галоши обрабатываются по щелочному методу; кислотный способ сохранил свое значение гл. обр. для переработки галош, иногда впрочем применяется и для покрышек. Щелочной метод в настоящее время получил наибольшее распространение. Следующее место принадлежит кислотному. Наименьшее количество

Табл. 1.—Классификация Р. по Александру.

Характеристики	I сорт	II сорт	III сорт
Содержание каучукового вещества в % . . . . .	от 70	40—70	до 40
Ацетоновый экстракт (на безазольное вещество) в % . . . . .	до 6	6—15	от 15
Омыляемое в ацетоновом экстракте (на безазольное вещество) в % . . . . .	до 2	2—5	от 5
Зола в % . . . . .	до 20	20—40	от 40
Уд. в . . . . .	до 1,1	от 1,4	от 1,4
Произведение сопротивления*	6 000 и выше	4000—8 000	—

\* Произведение разрывного усилия (в кг/см<sup>2</sup>) на процент удлинения при разрыве.

Табл. 2.—Классификация Р. по Норрису.

Характеристики	Сорт		
	покрышки	камеры	галоши
Содержание каучука в % . . . . .	65,0	80,5	40,0
Ацетоновый экстракт в % . . . . .	7,5	10,5	8,0
Зола в % . . . . .	21,0	5,5	49,0
Уд. в . . . . .	1,47	0,93	1,6
Нагрузка при разрыве в кг/см <sup>2</sup> . . . . .	1,650	1,000	0,450
Растяжение до момента разрыва в % . . . . .	550	700	300

регенерата выпускается по способу чистой пластификации.

Сортировка, хранение и подготовка к резке. Различные резиновые изделия имеют различный состав; даже одинаковые по названию предметы приблизительно одинакового первоначального качества сильно отличаются по своему физич. и химич. составу в зависимости от возраста и службы. Надлежащий подбор старой резины имеет первостепенное значение для получения однородного продукта возможно лучшего качества. Хотя для производства регенерата могут служить все резиновые предметы, однако главными исходными материалами являются нижеследующие: 1) авто- и велокамеры уд. веса: красные 1,05—1,10, серые 0,95—1 и 1,05—1,2; 2) автопокрышки уд. веса 1,12—1,35; 3) галоши; 4) велопокрышки; 5) грузошины; 6) хирургические изделия и 7) технические изделия. Технические изделия и грузошины имеют меньший интерес. Сортируется старье по классам и сортам непосредственно на регенеративных з-дах или скупщиками старой резины.

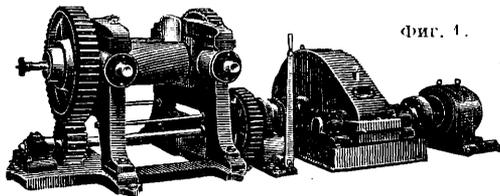
Хранение старой резины производится в большинстве случаев, напр. в США, под открытым небом. Склады иногда обслуживаются специальными кранами для складывания и подачи в любое место двора старой резины. На некоторых заводах устраиваются сараи или навесы, в которых обычно хранится мелкая резина, как то: технич. и хирургич. изделия, старье галоши.

Подготовка сырья имеет большое влияние не только на характер последующей обработки, но и на качество Р. Размол резины в значительной степени влияет на длительность

девулканизации, а также снижает потребность в мягчителях. Однородность измельчения является основным моментом для получения стандартного Р. Для различных видов старья применяют различную подготовку. Галоши напр. перед измельчением промываются на кулачковых мойках. В грузошинах резина срезается со стального корпуса на специальных машинах и затем поступает на измельчение. Автопокрышки идут сначала на борторезки для удаления бортов, затем на ножницы для резки на крупные куски, а затем на чопор—машину для резки на мелкие куски. Борторезная машина с мотором в 1Н употребляется для легких шин от 3 до 4 1/2". Более тяжелой конструкции машины с мотором в 1 1/2 и 2Н применяются для шин в 5" и выше. Режущей частью является дисковый стальной нож, прижимаемый ножной педалью к конусной муфте, служащей опорой для покрышки. Производительность борторезки выражается следующими цифрами: для покрышек от 3 до 3 1/2"—630 кг/ч, или около 105 шт/ч.; от 4 до 4 1/2"—680 кг/ч, или около 78 шт/ч.; от 5 до 6" и выше—840 кг/ч, или около 56 шт/ч. Приведенная выше производительность относится к весу американских покрышек с обрезными бортами. За среднее можно принять 680 кг/ч. Потеря от обрезки бортов составляет для экономной работы от 20 до 21% по весу исходного материала. Машины, обрезавшие одновременно два борта, дают потерю 22—24% по весу. Крупные покрышки размером 4—4 1/2" и выше обычно режутся на 2—4 части ножницами «аллигатор». Легкие покрышки идут непосредственно с борторезки в чопор. Аллигаторы применяются различных размеров, но преимущественно имеют длину ножиц 24". Потребная мощность мотора 3Н. Производительность такого аллигатора для крупных покрышек в среднем составляет 2 700 кг/ч. Чопор служит для предварительного измельчения, т. е. для рубки резины на куски 25—50 мм. В принципе эта машина напоминает соломорезку, только более тяжелой конструкции. На вращающемся цилиндре прикреплены стальные ножи по образующей или по винтовой линии. Машина приводится в действие мотором в 40Н; производительность ее составляет: для покрышек средних 2 800 кг/ч, для галош 2 500 кг/ч, для камер 1 300 кг/ч.

Измельчение. Степень измельчения и однородность являются одним из важнейших условий производства. Более тонкий размол дает лучшие результаты при меньшей затрате щелочи и времени на девулканизацию, кроме того значительно уменьшает продолжительность вальцевания, зато несколько увеличивает отходы при промывке в сравнении с крупным измельчением. Как указано выше, степень измельчения материала различна для различных видов старья. Одним из американских заводов приняты нижеследующие стандартные размеры сит: для автопокрышек размером 3—4 1/2" устанавливают сита в 3/8—1 1/2"; для автопокрышек размером 5—6" и выше—сита в 1/4—3/8"; для галош размером 5—6" и выше—сита в 3/4" и для таких же камер—сита в 3/8". Измельчение производится преимущественно на вальцах различных систем и в редких случаях—на дезинтеграторах. Покрышки измельчаются обычно на крестервальцах двухвального типа (фиг. 1) с рифле-

ными чугунными валами. Наиболее распространенный размер крестер-валцов  $21'' \times 24'' \times 32''$ . Вали внутри полые, т. ч. могут охлаждаться водой. Большой вал размером  $24'' \times 32''$  делает 16,9 об/м., а малый— $21'' \times 32''$  делает 7,9 об/м.; отношение скоростей 2,46. Ведущий мотор устанавливается мощ-



Фиг. 1.

ностью в 100 HP. Расход энергии на 1 кг готового Р. по P. S. Shoff'у [7] выражается следующими цифрами: для черной покрышки без бортов (вальцов) 0,242 kWh, для автокамер 0,418 kWh, для грузшин и др. с большим удельным весом 0,353 kWh. Расход энергии колеблется в значительных пределах и зависит гл. обр. от степени измельчения. Шинное старье пропускается через сито в  $\frac{3}{8}-\frac{1}{2}''$  и требует 0,24 kWh, тогда как галоша, измельченная до  $1''$ , расходует 0,07 kWh в среднем (из практических данных советского завода). Однородность измельчения достигается просеиванием через сито при непрерывном возвращении крупных кусков резины обратно на крестер-валцы. Куски резины, прошедшие через сито, направляют для удаления железных частиц в магнитный сепаратор, состоящий из непрерывной транспортерной ленты, над которой помещены катушки с магнитами. Две бесконечные узкие ленты проходят под магнитами перпендикулярно большому транспортеру и отбирают металл.

**Девулканизация.** Определенное количество измельченной резины загружают в девулканизатор, добавляют строго отмеренное количество раствора едкого натра и мягчителей, затем смесь нагревают при непрерывном помешивании. При этом процессе хл.-бум. ткань переходит в гидроцеллюлозу, и удаляется почти вся свободная сера.

Девулканизационные котлы применяются почти исключительно с паровой рубашкой, вертикальные и горизонтальные. Последние требуют большей площади и более сложного приспособления для перемешивания. Объем вертикальных котлов доходит до  $9 \text{ м}^3$ , а горизонтальных—до  $13,5 \text{ м}^3$ . Средний типичный вертикальный котел имеет диаметр 1 800 мм при высоте 2 900 мм и общую емкость  $7,3 \text{ м}^3$ . Величина полезного заполнения (объем загрузки) доводится до 80% от общего объема, что дает  $5,85 \text{ м}^3$ . Крепость раствора едкого натра колеблется в пределах 3—6% в зависимости от  $t^\circ$  девулканизации и количества ткани. Разрушение ткани по Shoff'у заканчивается в 7—8 ч. при работе с давлением пара 13—14 atm, 10—14 ч. при 10 atm и 18—24 ч. при 9 atm. Общее количество времени, потребное для девулканизации, складывается на одном из американских з-дов из следующих элементов: средняя продолжительность загрузки 20 мин., нагрев  $1\frac{1}{2}$  ч., девулканизация:  $8\frac{1}{2}$  ч. для галош,  $9\frac{1}{2}$  ч. для мелких покрышек и  $12\frac{1}{2}$  ч. для крупных, спуск давления 50 мин., спуск материала 20 мин., итого ок. 12 ч. для галош, 13 ч. для мелких и 16 ч. для крупных покрышек.

В табл. 3 приведены типичные условия девулканизации по ШOFFу [7].

Табл. 3. — Условия девулканизации старой резины.

Давление пара в atm	Приблизит. $t^\circ$	Время нагрева в часах	Расход NaOH*
9	178°	24—36	130—140
10	182°	11—20	130—135
13—14	193—206°	8—11	125—130

\* В фн. (англ.) на 1 000 фн. резины.

По тем же данным на 1 кг Р. из черных покрышек расходуется 1,4 кг пара. Ниже приводятся 2 рецепта девулканизации (одного из американских з-дов).

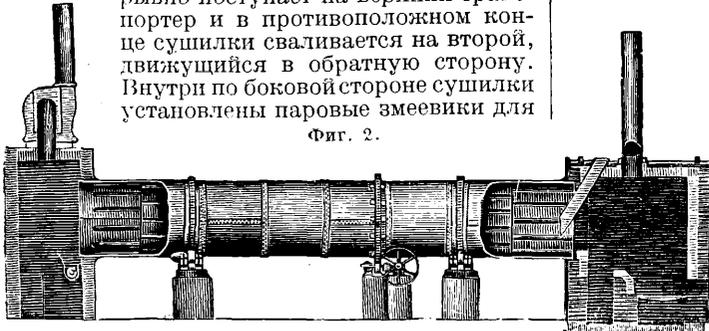
Рецепт	Мелкие покрышки	Крупные покрышки
Старой резины . . . . .	1 830 кг	1 930 кг
41,2%-ного раствора NaOH . . . . .	43,5 кг	43 (4%-го)
Каменноугольн. смолы уд. в. 1,17 при 20° в % от веса сырья . . . . .	$1\frac{1}{2}\%$	—
Сосновой смолы уд. в. 1,0,5 при 20° . . . . .	$3\frac{7}{8}\%$	10%
Минерал-роббер $t_{пл.} 165^\circ$ . . . . .	1%	$13\frac{1}{4}\%$
Керосина . . . . .	—	$21\frac{1}{2}\%$
Степень измельчения . . . . .	$3\frac{1}{8}''$	$1\frac{1}{4}''$
Давление . . . . .	12 atm	12 atm
Продолжительность девулканизации . . . . .	$8\frac{1}{2}$ ч.	$12\frac{1}{2}$ ч.

Промывка щелочного Р. является одной из основных операций для получения стандартного продукта. Жидкость, остающаяся после девулканизации, содержит 0,5—1% NaOH, а также сернистые и многосернистые соединения. Оставшаяся щелочь действует на Р. как ускоритель при последующей вулканизации. Допускают содержание NaOH максимально 0,1%, определяя его 4-часовым кипячением 10 г Р. Для промывки щелочного Р. применяют самые разнообразные аппараты. Кроме указанных для кислого Р. применяются наклонные промывные сита, натянутые на раму и поставленные под углом в  $40^\circ$ . Перпендикулярно к жолобу укреплены 4 пульверизатора, представляющие собою медные трубки с большим количеством мелких отверстий, обращенных к ситам. Каждый пульверизатор снабжен трубкой для воды диаметром  $1\frac{1}{4}''$  и паровой—в  $\frac{1}{2}''$ . Материал спускается по наклонному жолобу с желаемой скоростью и на своем пути встречает сильную струю горячей воды, расход которой колеблется в пределах 14—18 л на 1 кг Р. Вместе с промывной водой уходят мелкие частицы Р. в количестве около 20% от всей взятой на девулканизацию резины. Для улавливания этих частиц промывные воды идут в непрерывно действующие сгустители, а затем на вакуум-фильтры, где рекуперируется около 10%, т. е. примерно половина всех потерь по весу. Отработанные шелока с содержанием NaOH 0,5% и выше иногда на некоторых заводах используют как основание для приготовления свежих растворов.

Сущность Р. Материал после промывки содержит свыше 80% влаги. На вальцы предпочитают направлять Р. с влажностью от 5 до 8%. При более высокой влажности понадобится бы излишнее вальцевание и рафинировка, тогда как Р. с указанной влажностью легче вальцуется, теряя при этом всю оставшуюся влагу. Допустимое содержание влаги в готовом Р. не должно превышать 0,5%.

Р., содержащий выше 1,5% влаги, при вулканизации дает в изделиях так наз. «пузыри». Удаление влаги достигается при помощи механических отжимных прессов с последующей сушкой при 130—140°. Темп-ра выше 150° вызывает деполимеризацию, и при этом получается липкий Р. Для механического удаления влаги служат прессы Louisville Drying Co. и V. D. Anderson Co. и непрерывнодействующая центрифуга Elmar'a. Пресс Луисвилля представляет собой бесконечную стальную ленту с натянутой на ней медной сеткой. Мокрый материал попадает на эту последнюю и при своем движении отжимается на четырех парных валиках. Производительность прессы ок. 1 200 кг в 1 час. Р. выпускается с влажностью 27—30%. Пресс Андерсона отжимает примерно до 22—24%, но совершенно не приспособлен для галошного щелочного Р. Очень интересной отжимной машиной является непрерывнодействующая центрифуга Эльмара, но цена ее сравнительно высока. Сушка регенерата производится в различно устроенных сушилках. Сушилка Сарджент состоит из 3 горизонтальных транспортеров, расположенных один над другим. Материал из прессов непрерывно поступает на верхний транспортер и в противоположном конце сушилки сваливается на второй, движущийся в обратную сторону. Внутри по боковой стороне сушилки установлены паровые змеевики для

Фиг. 2.



обогрева воздуха и четыре вентилятора для циркуляции. Пятый вентилятор помещается у входного края сушилки и служит для удаления влажного воздуха. Производительность сушилки—700 кг покрышечного Р. в час, с содержанием влаги до 5% при первоначальной влажности в 30%. Вакуум-сушилки применяют как с вращающимися барабанами, так и со стационарными. Производительность их принимается в среднем 3½—4 кг сухого Р. на 1 м² поверхности нагрева. Вращающиеся барабанные сушилки (фиг. 2) с непосредственным обогревом горячими продуктами горения применяются гораздо реже, хотя и являются наиболее производительными.

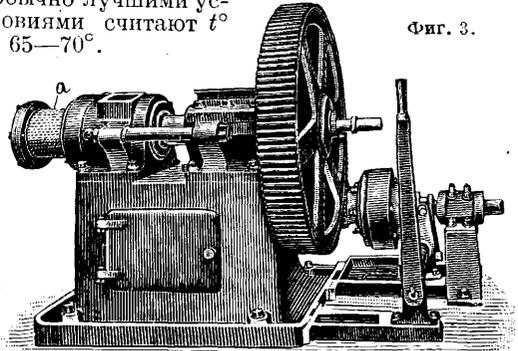
Механическая обработка на в а л ь ц а х. Основная цель механической обработки Р. заключается в том, чтобы придать ему пластичность и однородность, а также очистить его от посторонних примесей и плохо девулканизованного материала. Процесс сводится к следующим операциям: мастикация, грубой предварительной рафинировке, последующему стрейнерованию и затем окончательной рафинировке.

М а с т и к а ц и я, или начальная вальцовка, состоит в том, что высушенный Р. смешивают с различными ингредиентами и придают всей массе связанное состояние. Добавлением ингредиентов достигается: повышение крепости Р. на разрыв (сажа, каолин), увеличение уд. веса Р. и его удешевление (мел,

барит) и регулирование пластичности (минерал-роббер). Мастикацию производят на 60'' или 80'' смесительных вальцах. Обычно применяют вальцы размером 60''×22,2''×20'', состоящие из двух чугунных валов с закаленной поверхностью. Валы полые и снабжены трубками для охлаждения водой. Меньший вал диаметром 20'' делает 22,2 об/м., а больший 22,2'' делает 14,2 об/м. Отношение окружных скоростей или фрикция для них выражается отношением 1 : 1,37. Для возвращения просыпанной части материала вальцы снабжены особой лентой «фартуком». На каждую пару вальцов ставят мотор в 60—70 НР. Расход энергии на вальцевание и рафинировку по Shoff'у [7] выражается следующими цифрами: для черных покрышек 0,9 kWh на 1 кг, для камер 0,58 kWh, для массивных шин 0,36 kWh на 1 кг. Продолжительность вальцевания одной заправки («бэча») в 64 кг около 10 м., что дает среднюю часовую производительность 270 кг.

Г р у б о й р а ф и н и р о в к е, предварительной, материал подвергается для пластификации и размола более крупных и плохо девулканизованных частиц. Для этой цели служат вальцы различных размеров и систем; напр. вальцы одного из новейших американских регенератных 3-двов имеют следующие размеры: 30''×24''×19'', причем больший вал делает 33,2 об/м. и меньший 17,7 об/м. при фрикции 2,47 : 1. Для получения лучших эффектов вальцевания валы делают не строго цилиндрическими, а с весьма небольшой выпуклостью в середине по образующей. Эта выпуклость равна 0,006 у малого цилиндра, у большого 0,003. Средняя установочная мощность для одной пары вальцов принимается равной 60—65 НР. Температурные условия рафинировки имеют большое значение. Кривые  $t^{\circ}$ -ных влияний, приведенные Шоффом, показывают, что  $t^{\circ}$  вальцов не должна превышать 93—95°. Обычно лучшими условиями считают  $t^{\circ}$  в 65—70°.

Фиг. 3.



Толщина листа, выходящего с вальцов, для лучших сортов Р. колеблется около 0,003'', а для худших—0,005''. Производительность вальцов выражается в среднем 170—180 кг/ч.

С т р е й н е р о в а н и ю подвергается материал после грубой рафинировки; основная задача стрейнерования заключается в отделении металла (преимущественно меди) и в дальнейшей пластификации. Стрейнер (фиг. 3) напоминает по строению мясорубку, у кото-

рой червяк охлаждается водой, а головка (а) представляет собой стальной цилиндр с дырчатой поверхностью. На внутренней поверхности цилиндра укладывается сетка примерно в 20—30 клеток на 1 дм. Более мелкие сетки дают лучшие результаты, но при этом необходимо также считаться с возможностью перегрева. Температура по выходе материала из стрейнера обычно колеблется в пределах 95—100°. Стрейнер приводится в действие мотором в 75 НР. Производительность стрейнера с головкой в 10 дюймов несколько превышает 1 000 кг/ч.

Табл. 4. — Результаты испытаний регенерата.

Сорт регенерата	Уд. вес	Зольность, %	Ацетоновый экстракт, %	Хлороформ. экстракт, %	Креп. на разрыв, кг, см <sup>2</sup>	Удлинение, %
Шинно-щелочной . . . . .	1,18—1,25	20—23	6—8	14—18	35—75	300—600
Камерный красный . . . . .	1,12—1,19	18—28	7—10	25—35	25—75	350—650
Галловый кислый . . . . .	1,5—1,6	38—50	7—9	10—16	30—50	180—300
Грузовины . . . . .	1,55—1,7	40—55	9—11	8—12	20—35	200—350

Окончательная рафинировка обычно производится на таких же вальцах, как и предварительная, с той лишь разницей, что материал здесь наматывается на барабан, вращающийся от вальцов. Затем  $t^{\circ}$  на вальцах держится несколько выше, а именно ок. 70—75°, и толщина полотна Р. доводится от 0,002'' до 0,004'', что в свою очередь снижает производительность вальцов до 110—115 кг/ч. Эта операция является самой ответственной, т. к. от нее зависит не только внешний вид, но и качество Р.

Оценка и испытание Р. Количество Р., которое м. б. введено в смесь без вреда для готового изделия, зависит гл. образом от рода изделий и от их назначения. Наряду с изделиями из чистого каучука имеются такие, как эбонит, в которых Р. может быть включен в любых количествах. Стандартных методов исследования Р. и норм до сих пор нет. Оценка Р. дается по совокупности результатов механич. и химич. испытаний с последующим выявлением поведения Р. при его обработке для получения резиновых изделий. Механич. испытание приобрело права повседневного производственного контроля, однако оно не может гарантировать полноту и точность оценки Р. и его поведение в смесях. Механич. испытания производятся над вулканизованными образцами и определяют: 1) крепость на разрыв, 2) удлинение при разрыве и 3) нагрузку при определенных удлинениях, или модуль упругости. Для этих определений вулканизацию ведут обычно по следующему рецепту: серы 3—5%,  $t^{\circ}$  вулканизации 140—144° и продолжительность 20—45 м. В основу химич. испытания ставится определение уд. веса, золы, ацетонового экстракта, хлороформного экстракта, свободной и связанной серы, влажности, щелочности или кислотности и каучукового вещества. Каучуковое вещество представляет собой весьма важную характеристику Р.; его определяют, вычитая из общего веса ацетонового экстракта, золу и сажу. Чрезвычайно важными для характеристики Р. являются следующие данные: 1) удельный вес, дающий возможность косвенно судить о количестве каучука в Р., его зольности и однородности; 2) зольность, позволяющая определить род

Р. (его происхождение) и количество наполнителей, введенных при вальцевании; 3) ацетоновый экстракт дает весьма ценные указания о количестве свободной серы, ускорителей, смол и мягчителей; 4) хлороформный экстракт Р., предварительно экстрагированного ацетоном, находится в прямой зависимости от количества каучука, возвращенного при девулканизации в пластик. состояние, и таким образом является одним из основных критериев процесса деполимеризации. В табл. 4 приведены характерные данные испытаний Р.

Применение и производство Р. Р. находит большое распространение в разных странах, но особенно производство его развилось в США после мировой войны. Во Франции и в Англии производство Р. не имеет тенденции к быстрому росту; в 1926 г. оно составляло (округленно) 12—15 тыс. т; в США же растет и абсолютное и относительное (по отношению к каучуку) производство и потребление Р., как видно из табл. 5 [8].

Табл. 5. — Рост производства регенерата в США (в тыс. т).

Годы	Производство	Потребление	В % к потребленному каучуку
1920 . . . . .	83,4	75,3	38,4
1921 . . . . .	36,7	41,3	24,4
1922 . . . . .	57,8	54,1	19,3
1923 . . . . .	71,8	69,5	22,7
1924 . . . . .	80,1	76,1	22,4
1925 . . . . .	132,1	137,1	35,3
1926 . . . . .	180,6	164,5	45,0
1927 . . . . .	189,1	178	47,5
1928 . . . . .	208,5	223,0	50,1
1929 . . . . .	218,9	221,0	47,9
1930 . . . . .	187,0	159	41,5
1931 . . . . .	112	127	36,6

Предпосылками для колоссального подъема регенератной промышленности в США явился быстрый рост автомобильной промышленности, вызвавший рост производства резиновых шин, дающих обильный и хороший материал для производства Р. Потребление Р. не одинаково в различных резиновых изделиях. В ряде изделий Р. идет мало, в других, где особая упругость и прочность не имеют значения, Р. почти полностью вытесняет каучук. Так, в США в 1929 г. на автопокрышку в среднем шло только около 30% среднего затраченного на покрышку каучука (1,65 кг Р. при 5,58 кг каучука), в то время как общий % потребления Р. к каучуку составлял 45,5.

В дореволюционной России и сейчас в СССР производство Р. тесно связано с 3-дами резиновых изделий. Р. у нас до настоящего времени производится гл. обр. из старых галош и применяется преимущественно в галошных смесях. Функционируют регенератные заводы на «Кр. Треугольнике» в Ленинграде и на «Проводнике» в Москве, начал работать регенератный завод в Ярославле при резиновом комбинате и в Иваново при заводе Кожеуровга (подшвы). Значение Р. в промышленности СССР характеризуется табл. 6.

Табл. 6. — Потребление регенерата и каучука в СССР (в т).

Г о д ы	Свежего каучука	Регенерата	% Р. к каучуку
1930 . . . . .	16 000	6 530	40,8
1931 . . . . .	24 936	10 515	42,3
1932 . . . . .	30 369	13 365	44,0

В связи с тем, что рост производства шин в СССР усиливается не только в абсолютных количествах, но и по отношению ко всему объему производства резиновых изделий, потребление у нас Р. относительно падает при абсолютном росте.

Лит.: 1) Ам. П. 19172/1858; 2) Ам. П. 249970/1881; 3) Фр. П. 358018/1906; 4) Ам. П. 646230/1899; 5) «Kautschuk», В., 1927, р. 67; 6) «J.-Rubber World», N. Y., 1928, v. 76, p. 127; 7) «I. Eng. Chem.», 1928, 2; 8) «Rubber Age», N. Y., 1931, 10/III; «India Rubber World», N. Y., 1931, March; Глазунов В. И., *Технология каучука*, Москва, 1930; Бызов В. В. и Никольская З. И., *Регенерация каучука как обращение вулканизации, «Резиновая промышленность»*, М., 1929, 7; Максимов А. К., *Теория вулканизации каучука*, там же, 1928, 5, пер. с франц. ст. Sur la théorie de la vulcanisation du caoutchouc, в «Le Caoutchouc et la Gutta-Percha», P., 1927, 15/VI; Фабреро В. М. И., *Современная практика регенерации*, там же, 1929, 5—6 и 7; е го же, *Методы оценки регенерата*, там же, 1929, 10, 11; Глазунов Г. П. и Фабреро В. М. И., *Современный регенерационный з-д по кислотному и щелочному способу*, там же, 1928, 4; Глазунов Г. И., *О регенерации старой резины*, там же, 1927, 1 (ноябрь); Глазунов Г. и Кузина Е., *Производство и регенерация методом густорения*, там же, 1929, 10—11; Alexander, «Gummi-Ztg», В., 1911, В. 34, р. 1281; е го же, «Kautschuk», В., 1928, р. 67; Lindmayer, ibid., 1928, p. 12; Stafford, «India Rubber Journal», L., 1926; Norris, «India Rubber World», N. Y., 1928; Winkelman, «I. Eng. Chem.», 1926; Weber L. E., *The Chemistry of Rubber Manufacture*, p. 263, L., 1926; Voigt F., *Livre d'or du caoutchouc*, p. 209, P., 1927; В а г у Р., *La régénération des caoutchoucs*, P., 1930. В. И. Птичкин.

**РЕГЕНЕРАТИВНЫЕ И РЕКУПЕРАТИВНЫЕ ПЕЧИ**, печи, в которых отходящие из рабочего пространства газы (дым) используются для подогрева воздуха или же воздуха и газа в специальных устройствах—регенераторах и рекуператорах; таким образом «возрожденное» в них тепло возвращается в рабочее пространство для повышения температуры горения, сосредоточения жара в более тесном пространстве, вследствие чего повышается  $t^\circ$  нагреваемого материала, сокращается время нагрева, повышается производительность печи и сокращается расход топлива на нагрев.

Р. и р. п. различаются между собою с п о с о б о м п о д о г р е в а воздуха и газа, когда он служит топливом в т. н. «газовых печах» (см. *Печи*). В регенераторах нагревается насадка из огнеупорного кирпича, охлаждающая дымовые газы, идущие затем в дымовую трубу; «перекидной клапанов» эта насадка переводится на нагрев воздуха или газа, а дым нагревает другую насадку, до тех пор охлаждающуюся. Таким образом насадки регенераторов работают периодически, вследствие чего необходимо их иметь две (в случае нагрева только воздуха) или четыре (если подогревается воздух и газ). Передача тепла от дымовых газов кирпичу и от последнего газам производится непосредственным соприкосновением (конвекцией). В рекуператорах тепло дыма непрерывно передается нагреваемым газам через стенку канала, по одну сторону которой идет дым, а по другую—нагреваемый воздух или газ (передача тепла теплопроводностью); влияние более или менее значительной толщины стенки и той или иной теплопроводности материала стен-

ки сказывается в том, что  $t^\circ$  нагрева газов и охлажденного дыма в рекуператорах ниже, чем в регенераторах, при одной и той же  $t^\circ$  поступающего дыма. Фактически самые высокие  $t^\circ$  газа и воздуха (до 1 200° иногда) получаются в регенераторах, рекуператоры же применяются для достижения сравнительно умеренных температур нагрева воздуха (редко выше 400°, часто только 200—250°). Это обстоятельство отражается на высоте  $t^\circ$  в рабочем пространстве печи и применении последней для того или иного процесса. Регенеративные печи строятся в тех случаях, когда характер процесса требует развития самых высоких  $t^\circ$ , часто недостижимых совсем без подогрева газа и воздуха. Первые газовые регенеративные печи были построены В. Сименсом в 1858 г. в Англии для стеклоплавильного производства и для нагрева пудлингового железа до сварочного жара; несколько позже в этих печах впервые была получена (Мартеном во Франции) сталь в жидком состоянии ( $t^\circ$  в рабочем пространстве 1 800°, подогрев газа и воздуха—до 1 200°). И в настоящее время главная область применения регенеративных печей—стале- и стекловарение. Там, где можно обойтись без этих печей, строят рекуперативные печи, обходящиеся дешевле как постройкой, так и содержанием.

Р. и р. п. применяются для всякого рода материалов, разнообразных процессов различной производительности, и потому конструкция и размеры их отличаются большим разнообразием и не поддаются общей характеристике. Наиболее разработаны в конструктивном отношении регенеративные сталеводные печи (см. *Мартеновское производство*), а из рекуперативных—применяемые в железодельном производстве нагревательные печи.

Расчет регенераторов и рекуператоров. В рекуператорах при данной разности температур отдающего тепло дыма и нагреваемого воздуха единица нагревательной поверхности передает воздуху определенное количество тепла, давая постоянную температуру нагрева; по количеству воздуха, его теплоемкости в пределах повышения его  $t^\circ$  определяется количество передаваемого ему тепла и поверхность нагрева рекуператора; вес материала, передающего тепло, не играет роли или, вернее, чем он меньше, тем лучше для работы рекуператора, так как тем тоньше будут стены труб или каналов, через которые передается тепло. Они

П о в е р х н о с т ь н а г р е в а в м<sup>2</sup> на 1 000 000 Cal/ч.

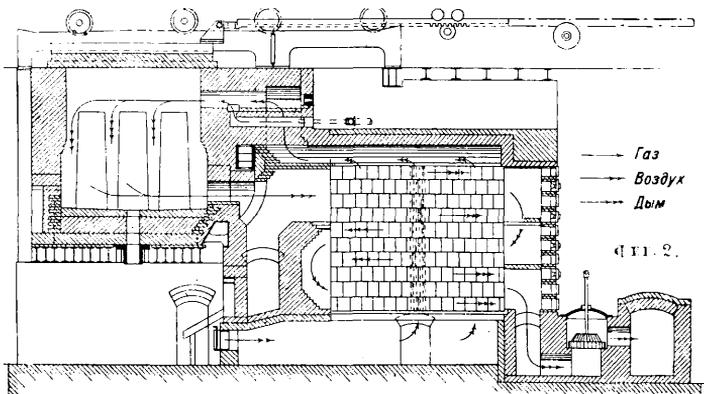
$t^\circ$ воздуха . . . . .	200°	300°	400°	500°	600°	700°
1. Топливо—нефть или пылевидный уголь*						
$t^\circ$ дыма 650° . . . . .	13	20	31	51	—	—
$t^\circ$ » 750° . . . . .	10	18	28	43	68	—
$t^\circ$ » 900° . . . . .	9	15	22	32	43	63
$t^\circ$ » 1 100° . . . . .	8	13	18	26	34	45
2. Топливо—генераторный газ*						
$t^\circ$ дыма 650° . . . . .	15	25	38	60	—	—
$t^\circ$ » 750° . . . . .	13	23	33	48	70	—
$t^\circ$ » 870° . . . . .	13	20	30	40	55	75
$t^\circ$ » 930° . . . . .	12	19	27	37	48	64
$t^\circ$ » 1 090° . . . . .	12	18	25	35	45	53

\* Избыток воздуха 10%.

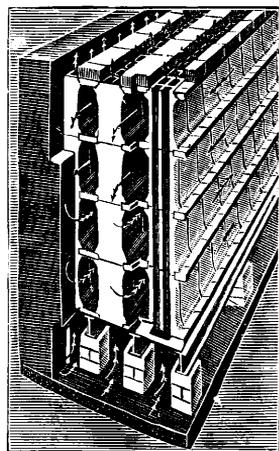
делаются обычно из кирпича или чугуна. Для чугуна расчет прост, хотя и не точен, т. к. разные обстоятельства влияют на работу рекуператора. В таблице (ст. 250), составленной по диаграммам Trinks'a, даются размеры поверхности рекуператора, требующейся на 1 000 000 Cal, получаемых печью в 1 час при различных степенях нагрева воздуха дымом разных температур, для различных видов сжигаемого в печи топлива. В основу расчета положен коэффициент теплопередачи 12,1 Cal/m<sup>2</sup> ч. °C, достигаемый при естественной тяге; вентилятор, позволяющий увеличить скорость движения газов в каналах, повышает теплоотдачу или позволяет сократить требуемую поверхность нагрева, но, с другой стороны, при расчете не была принята потеря тепла в рекуператоре, и потому Trinks рекомендует увеличивать получаемое расчетом число на 25%. Для кирпичных рекуператоров расчет затрудняется разной толщиной теплопередающих стен и различием свойств кирпича—его теплопроводности, в значительной мере зависящей от пористости и химического состава кирпича. В рекуператорах старого типа простенки, передающие тепло воздуху, делаются толщиной не менее полукирпича (112—123 мм), что создает

алу с лучшей теплопроводностью—карборунду (см.), железу, специальной нержавеющей стали.

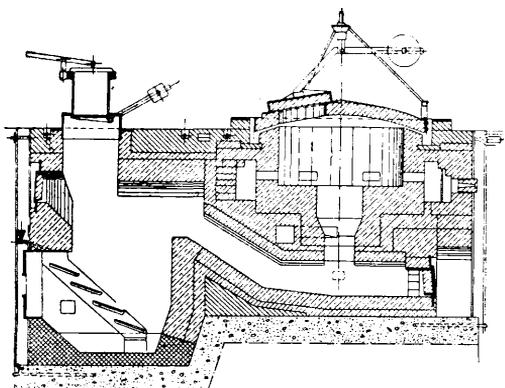
На фиг. 1 изображен тигельный горн с рекуператорами Германсена, в котором каждый пустотелый кирпич (квадратного сечения) имеет два неглубоких желобка на внешней поверхности, образующих при складывании кирпичей узкую шель с осью, перпендикулярной длине кирпича и длине рекуператора; по этим шелям движется тонкой струйкой подогреваемый воздух, а дым идет в перпендикулярном направлении через широкие



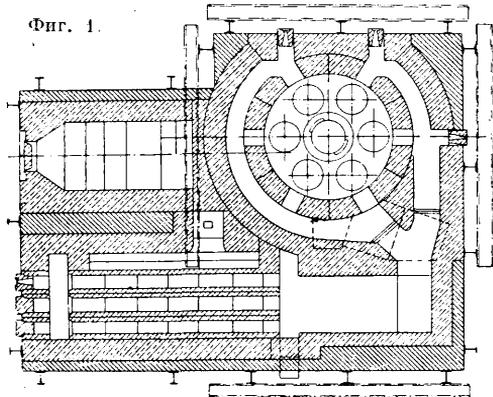
сечение кирпича, делая 1 или 2 оборота. Т.к. дымовые каналы могут засориться пылью, против каждого ряда кирпича в наружной стенке сделаны отверстия, закрываемые огнеупорными пробками, что позволяет чистить рекуператор на ходу. Даваемая им высота нагрева может быть доведена до 450—500°. На фиг. 2 представлена рекуперативная печь америк. фирмы Чепмап-Стейн; в толще стен фасонного кирпича сложной формы оставлены узкие каналы (фиг. 3), по которым идет вертикальной струей (без поворотов) нагреваемый воздух, в то время как дым проходит горизонтальными ходами, образуемыми кирпичом при его установке. Дым делает 3 оборота, нагревал воздух до 650—800° при t° в печи 1 230° (нагрев слитков перед прокаткой). Печь отапливается холодным коксовальным газом, смешивающимся с горячим воздухом при самом входе в печь.



Карборунд применяется в рекуператорах в виде коротких труб, заменяющих собою чугунные с тем преимуществом, что они не страдают от высокой t° дыма и имеют такой же коэф. расширения, как и шамотовый кирпич, вследствие чего соединение их с кладкой стен не нарушается при нагревании и охлаждении, как это случается всегда с чугунными трубами; перед шамотом карборунд имеет то преимущество, что значительно лучше проводит тепло (при 600—800° в 12—10 раз лучше). Еще выше в этом отношении железо и сталь, которые к тому же мо-



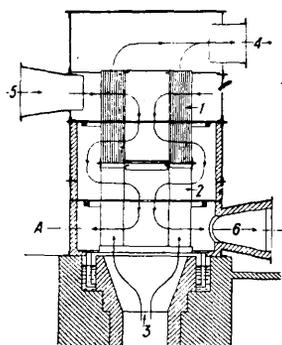
Фиг. 1.



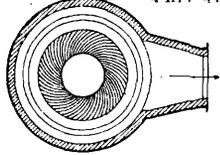
Фиг. 3.

очень низкую теплопередачу. В новейших конструкциях рекуператоров прибегают к трубчатому кирпичу с возможно тонкими стенками, отделяющими воздух от дыма, или же к матери-

гут применяться в виде очень тонких листов; лишь легкая окисляемость железа мешала до последнего времени его применению в рекуператорах. Развитие производства нержавеющей (хромистой) стали сделало это возможным. На фиг. 4 и 5 показан рекуператор, установленный при нагревательной печи и сделанный наполовину из мягкого железа 1 и наполовину из специальной хромистой стали 2 (в нижней половине, подверженной действию более высокой температуры); 3—входных газов, 4—их выход, 5—вход дутья, 6—его выход. Нагрев производится 4 аппаратами, из которых каждый (фиг. 5) состоит из образующих вертикальными перегородками (в 2 мм толщиной) каналов, по которым попеременно движется дым (вертикально) и воздух (горизонтально) струями. Все 4 аппарата имеют

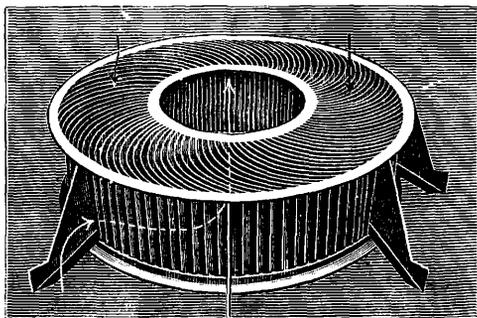


по А-В Фиг. 4.



в высоту 3,6 м, при внешнем диам. 1,8 м; через них проходит в минуту 183 м<sup>3</sup> воздуха, нагреваемого до 650°, в то время как дым охлаждается от 860 до 245°. Теплопередача выражается 24,8 Cal/м<sup>2</sup> ч. °С, т. е. она в два раза больше, чем для чугунных труб. Дым отсасывается вентилятором, что позволяет легко регулировать нагрев воздуха и держать его в определенных пределах t°.

Регенераторы аккумулируют тепло из дыма с тем, чтобы затем передать его воздуху (и газу); в первый период работы кирпичи в них постепенно согреваются, отчего t° уходящего из-под насадки дыма повышается



Фиг. 5.

ся. Для того чтобы она не сделалась слишком высокой, т. е. степень регенерации не стала очень низкой, необходимо, чтобы в насадке было сосредоточено определенное весовое количество кирпича. Во второй период при нагревании воздуха кирпичи насадки охлаждаются, отчего постепенно понижается t° воздуха, а вследствие этого и t° в печи; очевидно нужно иметь определенное количество кирпича, для того чтобы понижение в печи не дерзало за известный, допустимый как минимум предел. Правда, частой пере-

броской кланово, т. е. переходом от одного периода к другому, можно устранить резкое падение t° нагрева воздуха (и газа), но, во-первых, частый перевод представляет известные неудобства (потеря газа, наполняющего регенераторы и дымовые ходы, оставление печи на несколько секунд без подогрева); во-вторых, этим средством не устраняется отход слишком горячего дыма. Следовательно расчет регенераторов должен производиться по весу кирпича, причем необходимо предусматривать наличие достаточной поверхности нагрева в насадке и то, что расчетный вес насадки д. б. «используемым» весом, т. е. участвующим в теплообмене. Для этого нужно считать только ту массу кирпича, которая распределена на толщину всего 65 мм в верхних, наиболее нагретых частях насадки; при более умеренной t° активным слоем считается 25 мм с каждой стороны, т. е. всего 50 мм толщины.

Принцип расчета, т. е. определение веса кирпича по допускаемому падению t°, см. *Мартеновское производство* и *Коупер*. При расчете регенераторов даже в новейших иностранных литературных источниках допускаются грубые ошибки в пользовании теплоемкостями, а именно берутся средние от 0 до высшей t° насадки, тогда как нужно брать их в пределах t°, в которых изменяется нагрев кирпичей насадки. Ниже дается теплосодержание шамотового кирпича (с 40% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) при указанных t° по исследованию Соhn'a (1924 г.), результаты которого хорошо согласуются с более ранними (1914 г.), опубликованными Нейн'ом, Бауер'ом и Ветзел'ем.

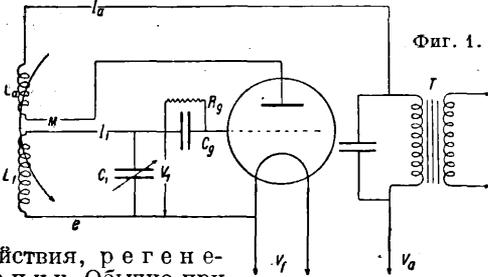
t° кирпича, °С . . . . .	200°	400°	600°	800°
Теплосодержание, Cal . . . . .	38,7	88,9	140,7	191,3
t° кирпича, °С . . . . .	1 000°	1 200°	1 400°	
Теплосодержание, Cal . . . . .	256,3	316,3	379	

Если при нагреве от 0 до 400° и от 0 до 1 400° передается кирпичу соответственно 88,9 и 379 Cal, а от 0 до 200° и от 0 до 1 200°—38,7 и 316,3 Cal, то нагрев от 400 до 1 400° и от 200 до 1 200° требует соответственно 290,1 и 277,6 Cal, что указывает на среднюю теплоемкость в этих пределах t° 0,2901 и 0,2776 или в среднем (если 1 200 и 1 400°—крайние t° насадки в верхнем ряду, а 200 и 400°—внизу) 0,284. Эту теплоемкость и можно рекомендовать для расчета насадок сталеплавильных печей, обладающих наивысшей средней t°. Для насадок с более низкой t° следует брать меньшее значение (в Коупере 0,28), однако все же не ниже 0,27 в обычных случаях применения регенераторов (вместо 0,22—0,24). Обычная форма и размеры огнеупорного кирпича, уложенного на ребро по Сименсу или Коуперу, хорошо удовлетворяют условиям теплопередачи, но предложено много патентованных форм кирпича и способов их укладки в насадках, по поводу которых необходимо сказать, что если они в том же объеме регенераторов дают меньший или же одинаковый вес насадки, как и обыкновенный кирпич, то применение их не имеет смысла, так как стоимость всякого фасон-

ного кирпича выше обыкновенного. При обычной толщине кирпича принимаемый для расчета вес дает и достаточную поверхность нагрева; она была бы недостаточна при более толстом кирпиче (80 мм и более), если бы вес его считался активным.

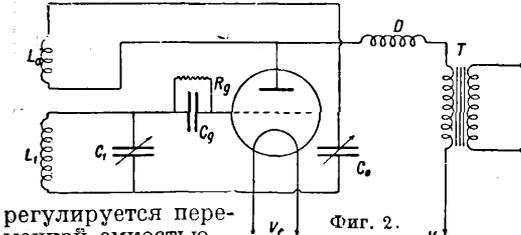
Лит.: Trinks W., Промышленные печи, гл. 4, стр. 134—162, пер. с нем., Л., 1931; Руммель К., Расчет регенераторов, «Гипромез», М., 1931, 4, стр. 93; Heilige nst a e d t W., Regeneratoren, Rekuperatoren, Winderhitzer, Leipzig, 1931; Seigle J., Theoretical Considerations Respecting Certain Features in the Working a. Efficiency of Reversing Regenerators, «Journal of the Iron a. Steel Institute», L., 1924, 1, p. 257—312; De France et S a n g e r, Etude sur les appareils régénérateurs de chaleur à inversions, «Revue de Métallurgie», P., 1931, Juin, n. 305—323. М. Павлов.

**РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ ПРИЕМ**, прием радиосигналов при помощи электронной лампы, используемой одновременно и как детектор и для получения усиления за счет обратного



Фиг. 1.

действия, регенерации. Обычно при Р. п. применяется сеточное детектирование, хотя возможно применение также и анодного (см. *Ламповый детектор*). Обратное действие, заключающееся в усиливающем воздействии анодной цепи электронной лампы на основной приемный контур, связанный с цепью сетки, осуществляется различными формами *обратной связи* (см.). Наиболее простая форма — индуктивная обратная связь (фиг.1); весьма распространено также применение индуктивной обратной связи, величина которой



Фиг. 2.

регулируется переменной емкостью — т. н. схема Рейнарца и ее видоизменения (фиг.2). Иногда используется и чисто емкостное обратное действие при помощи соответствующих регулировок.

Основное явление при Р. п.—обратное действие. По существу оно ничем не отличается от обратного действия, применяемого для получения собственных колебаний в *ламповых генераторах* (см.). Разница в основном сводится к тому, что для Р. п. не требуется получения значительных мощностей и что степень обратного действия регулируют в соответствии с условиями и требованиями радиоприема. Р. п. осуществляется в двух формах: автодинной и простой регенеративной. В первой обратное действие регулируют т. о., что в регенеративной системе получают собственные колебания. Складываясь с входящими колебаниями, они дают биения, и прием происходит по тому же принципу, как

и при применении отдельного гетеродина. Местные колебания должны отличаться от принимаемых на частоту биений, поэтому при автодинном приеме приемник несколько расстроен относительно входящего сигнала, что ослабляет прием. Автодинный прием применяют для телеграфных сигналов. Если обратное действие не доведено до порога генерации, то получается лишь усиление входящих сигналов: Эта форма Р. п. применяется преимущественно при приеме радиотелефонной передачи.

Происходящие при Р. п. явления были предметом многочисленных исследований, и имеется ряд теорий Р. п. Простейшая из них исходит из постоянства значений параметров электронной лампы при Р. п. и стремится высветить понятие об отрицательном сопротивлении, вносимом обратным действием, и соотношения между элементами схемы. Более точная теория учитывает нелинейность характеристики лампы и зависимость результатов регенеративного приема от рабочей точки, силы входящих сигналов и величины расстройки.

Пренебрегая паразитными емкостями в лампе и рассматривая простейшую схему Р. п. (фиг. 1), находим, что она включает две основные цепи—сетки и анода, — связанные взаимной индукцией М. Для этих цепей имеют место следующие ур-ния:

$$j\omega L_1 I_1 - \frac{j I_1}{\omega C_1} + r_1 I_1 \pm j\omega M I_a = e,$$

$$j\omega L_a I_a - R_i I_a + j\omega M I_1 + \mu V_1 = 0,$$

$$j\omega L_1 I_1 = V_1.$$

$L_1, C_1$  и  $r_1$ —самоиндукция, емкость и активное сопротивление сеточной цепи,  $L_a$ —самоиндукция анодной цепи,  $R_i$  и  $\mu$ —внутреннее сопротивление и коэф. усиления лампы,  $V_1$ —разность потенциалов на конденсаторе  $C_1$ ,  $e$ —эдс в цепи сетки, обусловленная внешним воздействием, напр. связью с антенной. Двойной знак при  $j\omega M I_a$  указывает на возможность прямого и обратного включения катушки  $L_a$  относительно  $L_1$ . Принимая во внимание, что обычно  $\omega L_a \ll R_i$ , пренебрегая значением  $\omega M$  сравнительно с  $\omega L_a$  и учитывая лишь знак минус при члене  $j\omega M I_a$ , получаем приближенно для случая резонанса

$$I_1 = \frac{e}{r_1 - \omega^2 M L_1 S},$$

где  $S = \frac{\mu}{R_i}$ —крутизна лампы. Величина  $R_e = r_1 - \omega^2 M L_1 S$

представляет собою эквивалентное сопротивление первичной цепи при Р. п.—вместо основного сопротивления  $r_1$ . Последнее как бы уменьшается на величину  $\omega^2 M L_1 S$ , играющую роль отрицательного сопротивления, вносимого действием обратной связи лампы. Критич. связью называют обратную связь, соответствующую условию  $R_e = 0$ , т. е.

$$M_{кр.} = \frac{r_1}{\omega^2 L_1 S} = \frac{r_1 C_1}{S}.$$

При  $R_e < 0$ , т. е. при  $M > M_{кр.}$ , возникает генерация.

Приведенные ф-лы справедливы лишь для весьма слабых колебаний, так как для конечных колебаний крутизна S не будет постоянной величиной и необходимо учитывать кривизну характеристики лампы. Принимая приближенно для зависимости анодного тона от сеточного потенциала выражение

$$i_a = S_1 E_g + S_2 E_g^2 + S_3 E_g^3$$

(где  $S_1$ —крутизна), найдем, что эквивалентное сопротивление будет равно

$$R_e = r_1 + \omega^2 M L_1 (S_1 - 3S_2 V^2),$$

если начальная точка совпадает со средней точкой характеристики. Эквивалентное сопротивление зависит не только от связи, но и от силы входящих сигналов. При критич. связи и настройке в резонанс имеет место соотношение

$$\frac{E_g}{e} = \left( \frac{\omega L_1 S_{10}}{3S_2 r_1} \right)^{\frac{1}{3}} e^{-\frac{2}{3}},$$

т. е. усиление по напряжению в цепи сетки при Р. п. почти обратно пропорционально (соответствует степени  $-2/3$ ) силе входящих сигналов.

Если начальная точка совпадает со средней точкой характеристики, то регулировка обратного действия

даст плавное возникновение и пропадание генерации, т. е.  $R_0$  возрастает с увеличением амплитуды колебаний. Если начальная точка ваята так, что средняя крутизна возрастает при возрастании амплитуды, то сопротивление  $R_0$  будет сначала убывать, оставаясь отрицательным до некоторой величины амплитуды, и раз возникшее колебание само не погаснет. Это так наз. затухание и в нем при регулировке обратного действия для Р. л. сходно с явлением гистерезиса. В действительности оно осложняется влиянием сеточного тока и гридлика в цепи сетки.

Целинейность характеристики лампы проявляется и при автодинном присое, сказываясь в том, что биения не получают в пределах нек-рой полосы расстройки регенеративной системы относительного резонансного положения с принимаемым сигналом. Это так наз. полосу захватывания, в к-рой колебания регенеративной ступени увлекаются приходящими колебаниями. Ширина полосы захватывания определяется кроме параметров цепи и лампы еще и силой принимаемых сигналов. Она равна

$$\Delta\omega = \frac{e}{2i_1} \cdot \frac{\tau}{M\omega L} \cdot \dots$$

где  $e$ —внешняя эдс,  $i_1$ —переменная составляющая анодного тока,  $\tau$  и  $L$ —сопротивление и самоиндукция сеточного контура. При незначительных амплитудах относительная ширина полосы захватывания равна  $\frac{\Delta\omega}{\omega} = \frac{e}{E}$ , где  $E$ —амплитуда автоколебаний на сетке регенератора.

В пределах полосы захватывания возможен лишь прием модулированных телеграфных сигналов или телефонной передачи.

Лит.: Анцелович Е. С., Метод расчета регенеративного радиоприема, «Научно-исслед. работы отделения при Электротехнич. ин-те им. В. Ульянова-Ленина», Л., 1929, вып. 1; Фрейман Н. Г., Курс радиотехники, стр. 457—469, 2 изд., М.—Л., 1928; Витт А. А. и Хайкин С. Э., «Журнал технической физики», М., 1931, т. 1, вып. 5, стр. 428; van der Pol B., «Philosophical Magazine», London, 1927, v. 53, p. 65; van der Pol B., «Proc. of the Inst. of Radio Eng.», N. Y., 1928, v. 16, 8, p. 1045; Appleton A. van der Pol B., «Philosophical Magazine», L., 1923, v. 43, p. 177; Feldkeller K. u. Kautter W., «Electrische Nachrichten-Technik», В., 1931, В. 8, 3.

Л. Славян.

**РЕГЕНЕРАТОР**, регенеративный приемник, радиоприемник, в к-ром детекторная ступень работает по принципу *регенеративного приема* (см.), т. е. содержит ту или иную форму *обратной связи* (см.). Р. бывают одноступенчатые и многоступенчатые. В последних возможно или только применение усиления на низкой частоте после регенеративной ступени или предварительное усиление в одном или в нескольких каскадах высокой частоты. О конструкциях применяемых Р. см. *Техника высокой частоты*; там же литература о Р.

Р. и рекуператор в металлургии— приспособления и устройства для подогрева воздуха или воздуха и горячего газа путем использования тепла отходящих печных газов. См. *Регенеративные и рекуперативные печи*.

**РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕК**, мероприятия, следующие цели улучшения судоходных условий рек путем увеличения судоходной глубины или разрешения культурных задач силового сельского и городского хозяйства при одновременной защите берегов от разрушительного действия воды. Об общих принципах, к-рых придерживались нек-рые специалисты при работах по Р. р., см. *Выправление рек*.

1. Задача Р. р. в речном строительстве приходится решать две основные задачи: а) достижение достаточной глубины на судоходных реках во всех случаях, когда глубина реки играет решающую роль; б) достижение равномерного расхода воды для ее использования на водосиловых установках и для целей водоснабжения населенных мест и с.-х. угодий. При разрешении первой задачи приходится считаться гл. обр. с той силой, к-рая

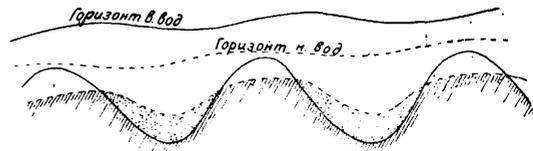
влечет наносы. Регулирование движения наносов возможно лишь при неравномерном распределении потоков в разных частях реки. Скорость течения д. б. уменьшена в пределах плесов для их обмеления и увеличена в остальных частях русла с целью углубления мелких мест; этим достигается желательное выравнивание дна реки. Способность реки к влечению наносов выражается величиной

$$S = \gamma IR; \quad (1)$$

$S$ —сила влечения наносов ( $\text{кг/м}^2$ );  $\gamma$ —уд. в. воды ( $\text{кг/м}^3$ );  $I$ —уклон русла реки;  $R$ —гидравлич. радиус ( $\text{м}$ ). Предельная сила влечения, при к-рой влекомые наносы начинают осаждаться, примерно на 30% меньше той предельной силы влечения, при к-рой наносы только что приходят в движение; разность между этими двумя предельными силами влечения тем меньше, чем равномернее и однообразнее зерна грунта, образующего ложе реки; указанная разность больше, если пл вызывает зерна наноса. Наносы приходят в движение тем легче, чем мельче, легче и более округлены их зерна и чем на более мелкозернистом грунте они покоятся. Различные группы дна реки начинают приходить в движение при следующих предельных силах влечения  $S_0$ : обыкновенный кварцевый песок  $\varnothing 0,2$ — $0,4$  мм при  $S_0 = 0,18 \div 0,20 \text{ кг/м}^2$ ,  $\varnothing 0,4$ — $1$  мм при  $S_0 = 0,25 \div 0,30 \text{ кг/м}^2$  и  $\varnothing$  до 2 мм при  $S_0 = 0,40 \text{ кг/м}^2$ ; круглый кварцевый гравий  $\varnothing 0,5$ — $1,5$  см при  $S_0 = 1,25 \text{ кг/м}^2$ ; глинистый грунт при  $S_0 = 1,0 \div 1,2 \text{ кг/м}^2$ ; кварцевый хряц  $\varnothing 4$ — $5$  см при  $S_0 = 4,8 \text{ кг/м}^2$ ; известковый плитняк толщиной 1—2 см и длиной 4—6 см при  $S_0 = 5,6 \text{ кг/м}^2$ . Согласно формуле (1) для выравнивания дна реки необходимо на перекатах увеличивать величину  $S$ , а следовательно и  $IR$ , а в плесах уменьшать, причем значительное уменьшение уклонов в плесах русла при большой их длине делает возможным увеличение уклонов на перекатах. Так как движение наносов зависит от величины живой силы воды  $\frac{mv^2}{2}$ , а следовательно существенно от скорости  $v$ , то сужением реки в соответствующих местах можно увеличить скорость  $v$ , а вследствие этого и глубину реки, имея в виду, что

$$RI = \varphi(v) = \frac{r^2}{c^2}, \quad (2)$$

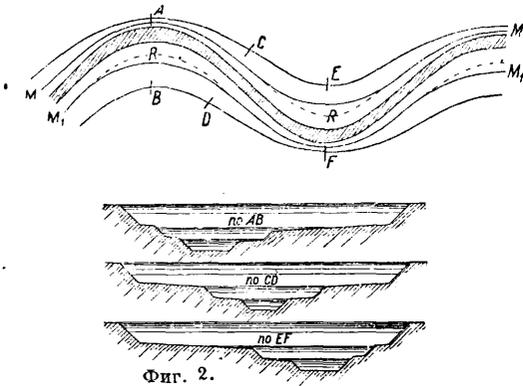
где  $v$ —средняя скорость речного потока и  $c$ —коэф. Шези. Выравнивание дна реки путем ли перераспределения естественных уклонов ре-



Фиг. 1.

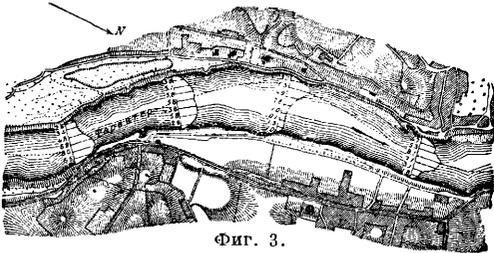
ки или путем изменения поперечных сечений ее следует производить с использованием живой силы потока даже при наличии землечерпательного каравана. Живая сила потока принимает участие в выравнивании дна реки, независимо от регулировочных работ, во время стояния среднего уровня до мелководья, когда на перекатах происходит размыв, а в плесах намыв наносов (фиг. 1). Если при искусственных изменениях дна стремятся иметь постоянное русло, прибегая к землечерпательным

работам, то образующий русло уровень воды может изменяться, но объем наносов в общем должен оставаться без изменения. При постоянном русле его уклоны, среднее поперечное сечение и средний смоченный периметр должны находиться в правильных соотношениях с устойчивостью ложа реки. Регулировочными работами должно быть по возможности достигнуто осаждение наносов в определенных местах, с тем чтобы после каждого половодья (см.) ложе реки оказывалось в том же положении. Меры, принимаемые в целях Р. р., зависят от характера реки или данного ее участка и от ее назначения. Для несудоходной реки, напр. горной, регулирование будет заключаться в защите района от наводнений, от заболачиваний или от силь-



Фиг. 2.

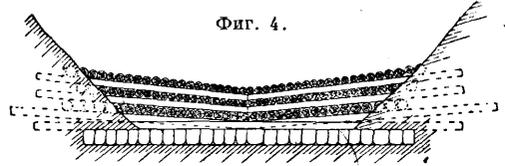
ного понижения уровня грунтовых вод, считаясь при этом и с необходимостью предохранения реки от занесения галькой и валунами. На судоходных реках следует стремиться к получению правильного поперечного сечения реки и равной глубины воды по сечению. На фиг. 2 изображен судоходный участок реки с тремя различными профилями; линии  $MM$  и  $M_1M_1$  ограничивают средний уровень воды, соответствующий среднему горизонту воды в летнее время и представляющий собой вегетационную границу;  $R$  и  $R$  означают временные отложения наносов (отмели). В действительности река не будет иметь столь правильные очертания, как



Фиг. 3.

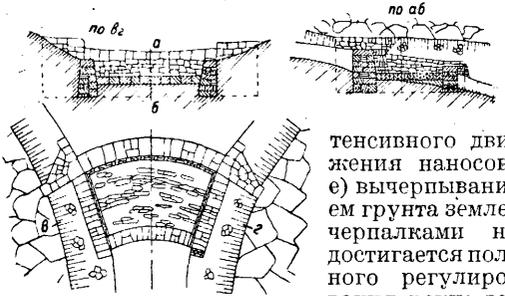
они показаны на фиг. 2; поток будет более прижиматься то к одному то к другому берегу (фиг. 3). Отрегулированная река должна в конечном результате иметь надлежащую ширину и глубину; мешающие песчаные отмели и неправильности в изгибах реки д. б. устранены; острова д. б. соединены с берегом; берега необходимо защитить от разрушительного действия воды; населенные места и поля д. б. предохранены от наводнений (см.). Выполняя все эти работы, следует однако остерегаться резких насильственных наруше-

ний режима рек, памятуя, что этим может быть причинен вред другим участкам реки. В настоящее время практика выработала для этих работ некоторые руководящие правила, нарушать которые безусловно вредно. Правила эти (по Энгельсу) следующие: а) при всех строительных работах по Р. р. необходимо тщательно выявить все свойства данного потока



Фиг. 4.

с тем, чтобы приспособить к его особенностям возводимые сооружения; б) необходимо съемками зафиксировать повреждения русла и берегов и выяснить причины, вызвавшие эти повреждения, с тем чтобы воздействовать на таковые; в) текущая вода должна при высоком уровне причинять возможно меньше вреда, а при низком (меженном) уровне—возможно больше пользы; г) надлежит избегать насильственных вмешательств в существующее положение, приспособляясь к данным обстоятельствам; исключение составляют случаи разделения реки на рукава у менее значительных потоков, когда такое разделение должно во всяком случае устраняться; д) общее увеличение движения наносов встречается в редких случаях; при этом выступающие при меженном горизонте на поверхности мели не служат признаком недостаточно ин-

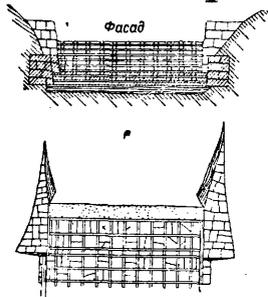


Фиг. 5.

тенсивного движения наносов; е) вычерпыванием грунта землечерпалками не достигается полного регулирования реки; землечерпание не устраняет причины образования мелей; ж) в судоходных реках устройству выправительных сооружений должно предшествовать землечерпание, в виду того что правильно исполненные регулировочные работы содействуют сохранению глубины, полученной землечерпанием; з) внезапные уменьшения скорости вредны, в виду чего прибегают к изменению поперечного сечения путем возведения специальных сооружений; и) при образовании чрезмерно глубоких ям в русле, от каких бы причин они ни происходили, надлежит всегда стремиться к укреплению дна и заполнению ям.

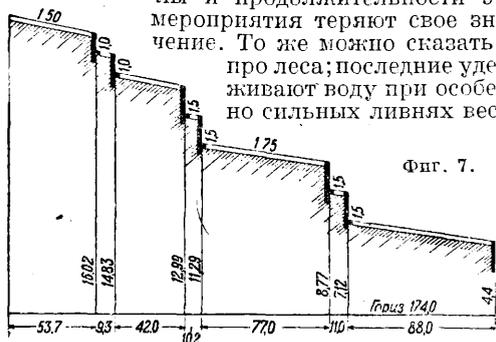
2. Регулирование горных потоков о в. Регулирование бурных потоков имеет целью значительное уменьшение размыва берегов или осаждение наносов на тех местах, где они могут лежать, не причиняя каких-либо неудобств. Береговые склоны, заросшие лесом и мелкими растениями, в нормальных условиях мало подвержены размыву и требуют укрепления лишь в особо крутых местах. Склоны же берега, не покрытые растительностью, и вообще все сильно размываемые места

его должны быть тщательно укреплены. С этой целью склоны обрабатывают уступами, уменьшающими живую силу стекающей воды. Не меньшую заботливость проявляют в отношении дна горного потока, подверженного размыву, причем иногда в значительной степени. Размыв дна в данном случае парализуется путем устройства ряда запруд, сооружаемых из дерева (фиг. 4), камня (фиг. 5) или смешанного типа в виде деревянных клеток, заполненных камнями (фиг. 6). В каждом отдельном случае надлежит решить, в зависимости от наличия тех или иных местных материалов,



Фиг. 6.

рабочей силы и транспортных средств, какому типу сооружений следует отдать предпочтение в отношении его экономичности и долговечности. Наиболее же целесообразными являются каменные сооружения, особенно если учесть, что самая постройка подобных сооружений не требует больших затрат, но эксплуатационные расходы поглощают значительные средства. Запруды не всегда в состоянии задерживать наносы, особенно ливневых потоков, образующихся во время сильных ливней, при половодье и в период таяния снегов. Эти ливневые потоки несут с собой с значительной быстротой каменные обломки, запруживающие в особо неблагоприятных случаях горный поток. Для борьбы с ливневыми потоками, являющимися причиной наводнений, иногда весьма значительных, распределяют искусственно уклон горного потока на ряд крутых уступов, чередующихся с пологими участками (фиг. 7). Сооружение запруд и укрепление русла горных потоков и склонов гор рассчитаны на регулярные наводки и половодья, при ливнях же исключительной силы и продолжительности эти мероприятия теряют свое значение. То же можно сказать и про леса; последние удерживают воду при особенно сильных ливнях весь-



Фиг. 7.

ма незначительно. Помимо леса действуют задерживающим образом также дренированные и осушенные луга и торфяники, а также болота, лежащие на плоскогорьях; болота эти в естественном состоянии пропитываются водой и отдают ее только мало-по-малу. На ближайших к горному потоку местах, подвергшихся сплошной вырубке леса, надлежит сажать кустарники и деревья, причем в первую очередь таким путем надлежит укреплять непрочные склоны гор. Значительно более опасной, чем размыв обломков пород на склонах гор, является трещиноватость больших морен, про-

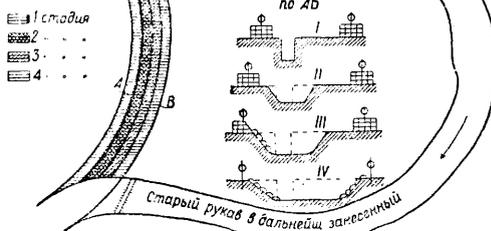
питывающихся водой и медленно сползающих вниз. Чтобы избежать движения наносных холмов обломков пород, в пределах этих холмов соединяют все рукава ручья и предупреждают выступление его из берегов, а также просачивание воды через ложе потока; с последней целью покрывают русло бетонной одеждой или плотно уложенной каменной мостовой (фиг. 8 и 9).



Фиг. 8 и 9.

3. Регулирование несудоходных рек. К несудоходным рекам относятся все горные реки и все малые реки, не приспособленные к пропуску судов. Работы на этих реках сводятся к обеспечению интересов рыбоводства, земледелия, промышленности, городского и гидросилового хозяйств. Главной заботой поэтому будет защита этих рек от разрушительных наводнений и заболачиваний и создание условий для правильного и непрерывного передвижения наносов. В местах, где река подвержена постепенному занесению наносами и нуждается поэтому в увеличении ее способности очищаться от таковых, прибегают к устройству соединительных прорезей с целью спрямления реки, учитывая при этом то влияние, которое окажут эти прорези на остальные участки реки выше и ниже спрямленного участка. Результатом увеличения уклона на новом участке являет-

Фиг. 10.



ся изменение уклона в сторону его увеличения выше, а иногда и ниже этого участка, а это влечет за собой в свою очередь сильный размыв русла и понижение уровня воды выше и ниже места спрямления. Уклоны могут быть сглажены путем устройства плотны в низменной части. В то время как в условиях заболачивания понижение уровня воды в реке может принести известную пользу, в других случаях такое понижение может оказаться невыгодным и даже вредным. При достаточной силе течения спрямление может быть произведено с использованием живой силы потока. В этом случае сначала выкапывают насухо узкий канал (фиг. 10) глубиной, равной проектной глубине. В верхней части канал отделяют от реки перемычкой, которую снимают после окончания выкопки канала и при высоких уровнях воды. Устремившаяся в канал вода производит размыв его стенок и образует в короткий срок новое русло. В то же время происходит занесение наносами старого рукава, скорость течения в котором будет постепенно замедляться. На местах намеченных берегов спрямленного участка

укладывают штабели камня с расчетом, что после достаточного размыва канала они обвалятся и образуют укрепление берега. При слабом неустойчивом грунте канал выкапывают насухо и укрепляют мощением. Для большей устойчивости русла его трассируют по изогнутой линии, подводя канал к вогнутому берегу. Если уклон реки, а следовательно и скорость течения недостаточны, то канал отрывают на всю расчетную ширину.

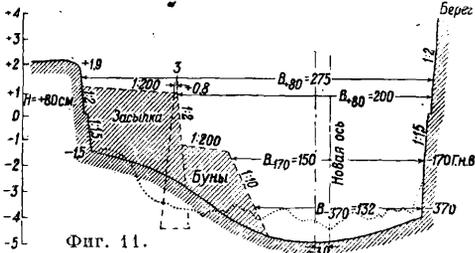
В Баварии, где были произведены очень интересные опыты по регулированию горных рек, имеют силу по настоящее время следующие обязательные правила. а) У рек с возвышенными берегами должна быть сохранена вогнутая форма берегов. б) Даже на прямых участках следует по возможности направлять ось потока около одного из берегов. в) Для Р. р. в плане следует предоставлять размыву выступы берегов, направляя ось потока по возможности близко к вогнутым частям берега. г) Особое внимание следует уделять существующим сооружениям, постройкам и укрепленным участкам берегов. д) При необходимости оставить прежние берега (вследствие слишком большой неправильности реки) следует ось потока направлять вдоль островов, неподвижных мелей и выбоин мелких мест русла, поскольку это не вредит соответствующему регулированию русла реки. е) Горные реки с сильным уклоном надлежит направлять прямо или почти прямо лишь в том случае, если регулирование преследует цель осушения болот на большом протяжении реки. ж) Во всех остальных случаях в интересах сел. х-ва, а также для большей сохранности береговых укреплений и ради удешевления содержания их в исправности следует избегать слишком сильного понижения уровня воды в реке. з) Вновь проектируемые спрямления реки должны намечаться с таким расчетом, чтобы с их введением не произошло увеличения и без того больших уклонов. и) Очертание больших рек следует назначать в виде извилистой линии с возможно более правильными кривыми. к) Если река протекает по склонам, водонепроницаемые слои которых выводят на поверхность грунтовые источники, или же вообще по склонам, по к-рым стекают потоки грунтовых вод, то не рекомендуется производить работы по Р. р. на таких склонах, т. к. вследствие недостаточной устойчивости они зачастую подвержены обвалам. л) Перенесение вновь пролагаемого русла в долину дает возможность превратить наносные земли, которые нагромождаются между рекой и высоким берегом, в плодородные луга; при этом обыкновенно используются и воды, стекающие со склонов.

Русло половодья не следует уменьшать во избежание увеличения размыва. Целесообразно соединять несколько рукавов реки в один, что влечет часто увеличение скорости передвижения наносов, выгодное, если движение наносов происходило слишком медленно. На передвижение наносов оказывают большое влияние постоянные потери воды в реке как естественные—вследствие фильтрации воды в грунт и прочих причин, так и искусственные—при заборе воды для целей водоснабжения, для питания судоходных каналов и прочего. Вследствие уменьшения расхода воды ниже места забора ее происходит понижение уровня воды, уменьшение силы

влечения наносов и отложение их со всеми вредными последствиями. Во избежание этого уменьшают поперечное сечение реки ниже места забора воды, руководствуясь тем, чтобы новое поперечное сечение было достаточно для пропуска максимально возможного в данном случае расхода воды и чтобы передвижение наносов было урегулировано.

4. Регулирование судоходных рек. При регулировании судоходных рек наблюдаются те же требования, которые предъявляются при регулировании несудоходных рек; кроме того возникает еще новое требование о закреплении определенной минимальной глубины. Для разрешения этой трудной задачи следует руководствоваться главным правилом речного строительства, заключающимся в том, чтобы не производить каких-либо изменений, не соответствующих характеру и особенностям данной реки. Нерегулированная река отличается резкими колебаниями уклона, зависящими от рода грунта и топографии местности. Очень рискованно и неразумно производить какие-либо изменения уклона на большом протяжении реки. Однако в пределах отдельных участков с глинистой, песчаной и иной почвой, при условии ненарушения общего уклона на всей длине участка, можно попытаться изменить местную разницу уклона в пределах одной главной части участка, но с тем, чтобы это изменение носило постоянный характер; при этом не следует пытаться совершенно выравнять уклон на таком участке. Решающим для условий судоходства фактором являются перекаты, причем плесы имеют значение, поскольку они находятся в известной взаимной связи с перекатами. На перекатах необходимо обеспечить более сильное течение, чем в плесах. Уклон на перекатах уменьшается в связи с уменьшением скорости течения воды только в тех реках, в которых не происходит значительного передвижения наносов. Выравнивание уклона в остальных случаях может оказаться опасным. Для выравнивания же силы влечения наносов, наоборот, потребуются в отдельных местах даже увеличить разницу уклонов. Не надо однако допускать сколько-нибудь значительного понижения уровня воды над перекатами, так как это может повлечь за собой понижение уровня воды выше по течению и такое обмеление других перекатов, что взамен улучшения получится ухудшение судоходного состояния реки. Целесообразным поэтому является во многих случаях предварительное укрепление достигнутой глубины над перекатами путем устройства донных запруд выше и ниже мелкого места. Во всяком случае до начала регулировочных работ надлежит тщательно определить собственные реке уклоны на плесах и перекатах, имея в виду, что для каждого радиуса изгиба при данных свойствах берегов река имеет особый свойственный ей уклон. На практике приходится задаваться ограниченным числом уклонов в виду трудности работы с большим числом различных уклонов. В отношении изменения положения реки в плане следует иметь в виду, что трассировка нового очертания русла связана с выявлением новой формы этого русла. Поэтому следует найти для плесов и перекатов образцовые поперечные сечения. Поперечное сечение представит собой наиболее постоянную форму в том случае, если течение

при всех уровнях воды в данном поперечном сечении лишь незначительно изменит свое направление. Для больших рек можно ограничиться требованием, чтобы направления течения при высоком и среднем горизонтах по возможности совпадали. Сила влечения наносов будет действовать при этом в одном и том же направлении. Сильные отклонения от этого направления имеют место при неправильном образовании русла половодья и прежде всего при слишком большой ширине его. В последнем случае приходится при помощи обвалования ограничивать русло высоких вод настолько, чтобы удалось отвести высокие воды по направлению течения, имеющему место при среднем горизонте воды, избегая при этом слишком сильного подпора воды, опасного для обвалования. Берега русла высоких вод должны иметь правильное очертание во избежание размывов, увеличивающих количество наносов. Для того чтобы улучшить поперечные



Фиг. 11.

сечения изменяют очертание изгибов реки путем срезования или смятения слишком крутых изгибов.

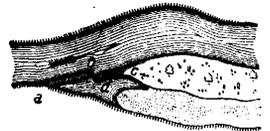
Когда из судоходной реки производится забор воды для водоснабжения или других целей, то прибегают к уменьшению поперечного сечения ее ниже места забора воды, причем к требованиям, предъявляемым в таком случае к несудоходной реке, добавляется еще требование, чтобы при соответствующем ширине потока низком горизонте воды была обеспечена необходимая для судоходства глубина. Кроме того желательно, чтобы уклон поверхности воды при различных состояниях потока колебался только в очень небольших пределах и чтобы скорость на данном участке не превышала значительно скорость на прилегающих участках. Чтобы удовлетворить всем перечисленным условиям, приходится новое поперечное сечение проектировать для особо характерного уровня воды, напр. для уровня, регулярно уносящего осадки; уровень этот соответствует уровню, образующему русло реки. На фиг. 11 приведен пример стесненного поперечного сечения реки ниже места забора воды для силовой установки.

Для регулирования большого участка реки предварительно надлежит произвести опытные работы на пробном участке реки, чтобы путем испытаний и измерений выявить рациональное поперечное сечение реки. По Францусу чисто теоретич. путем нельзя достигнуть положительных результатов, т. к. в аналитич. выражения введено много допущений и упрощений, в виду чего выведенные формулы имеют мало общего с действительностью и могут поэтому найти применение лишь для весь-

ма ограниченного числа задач. Во всех же случаях решающее значение имеют величины, выведенные из наблюдений участков реки, предназначенных для регулирования.

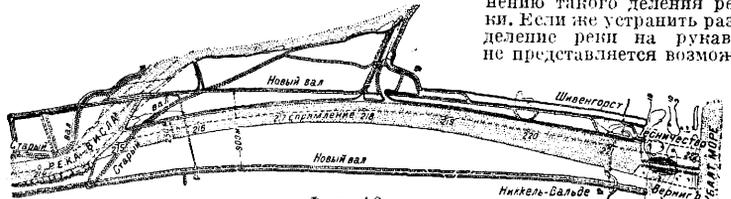
Вновь образованные поперечные сечения реки надлежит закрепить путем укрепления берегов по типу, выбранному специально для данного случая. На излучинах надлежит уменьшать глубину ям у вогнутой стороны и сплосить песчаные мели с приращением берегу большей крутизны у выпуклой стороны реки. Глубину ям уменьшают донными перемычками с засыпкой промежутков между ними. На изогнутых участках следует избегать уменьшения ширины; на промежуточных, наоборот, приходится б. ч. уменьшать ширину.

5. Отдельные приемы Р. р. Сюда относятся: спрямление рек, выпрямление рукавов, перемещение устьев притоков и разделение реки. К спрямлению приходится прибегать в тех случаях, когда имеются изгибы большой кривизны, препятствующие судоходству. Т. к. неправильное расположение спрямлений вредно отражается на режиме реки и может угрожать судоходству, то необходимо глубокое внимание по всем вопросам, связанным с этим способом регулирования рек; он приводит иногда к непрерывным землерейтеральным работам. Поэтому надлежит заранее взвесить, не следует ли устроить на спрямлении шлюз (см.), предоставив реке течь по старому руслу. При таком спрямлении со шлюзом представляется возможным при известных условиях и значительной длине излучин (в несколько км) использовать энергию воды. Что касается способа выполнения работ по спрямлению русла реки, то условие непрерывности судоходства требует сооружения спрямленного участка реки до полных проектных размеров, не прибегая к использованию живой силы потока, во-первых, потому, что скорость воды обыкновенно на судоходных реках недостаточна, чтобы в короткий срок образовать новое русло, а, во-вторых, потому, что уменьшение расхода воды в старом рукаве повлекло бы за собой прекращение судоходства на время работ. По окончании работ спрямление м. б. открыто для пропуска воды. Отрывка м. б. произведена насухо, при искусственном понижении уровня грунтовых вод, или при помощи экскаваторов. При незначительной длине спрямления канал д. б. глухим с обоих концов, в противном случае он м. б. глухим лишь в верхней своей части. Когда канал глухой с обоих концов, при понижении уровня грунтовых вод при помощи рва, вода перекачивается в реку через дамбы при помощи насосов. После того как произведена отрывка спрямительного канала и выполнены работы по укреплению берегов, а если нужно, то и по укреплению подошвы канала путем устройства донных перемычек, разбирают в период половодья верхнюю замыкающую дамбу. Приток воды в спрямительный канал усиливается путем сооружения бунообразных дамб *ab, cd* в старом речном рукаве (фиг. 12).



Фиг. 12.

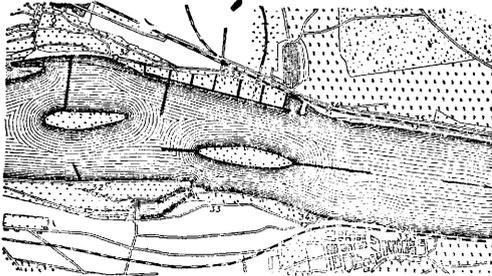
На фиг. 13 представлено спрямление р. Вислы у Шивенгорста с показанием валов или береговых дамб (см.), ограничивающих русло высоких вод. Выправление рукавов находится в зависимости от размеров реки и плавающих по ней судов. На больших реках разделение на рукава может не оказывать влияния на судоходство, на малых же такое разделение может иметь вредные последствия для судоходства. Поэтому стремятся обыкновенно к упрощению такого деления реки. Если же устранить разделение реки на рукава не представляется возмож-



Фиг. 13.

ным, то в большинстве случаев возводит выше или ниже рукавов разделяющие сооружения (фиг. 14), преследующие цели регулирования расхода воды выше рукавов и направления потоков воды в одну сторону ниже рукавов. Разделяющие сооружения доводят до теоретич. точки раздела — той точки, в *к-рой* ширина обоих рукавов вместе равна ширине неразделенного потока. Разделяющие сооружения в виде дамб пони-

жаются постепенно и переходят в ложе реки, а в сторону острова между рукавами соответственно расширяются. При уничтожении разделяемого рукава сооружают загораживающую дамбу (см.), что влечет за собой сильное занесение рукава...



Фиг. 14.

Для усиления занесения упраздняемого рукава наносами м. б. возведены дамбы в нескольких сечениях, причем в этом случае дамба м. б. сделана менее широкой. Когда дамба возводится сразу на полную высоту, то следует иметь в виду возможность извлечь землерепанием достаточное количество земли для заполнения рукава. Верхнее отверстие упраздняемого рукава частично закрывается разделяющей дамбой, сооружаемой столь высокою, чтобы вода при меженном и среднем горизонтах правильно стекала к судоходному рукаву (фиг. 15). При работах по закрытию рукава необходимо иметь в наличии достаточное число землерепательных снарядов, необходимых для одновременного расширения и углубления судоходного рукава в период производства работ, когда возможно временное ухудшение судоходных условий вследствие дви-



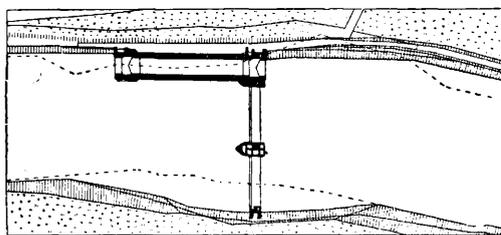
Фиг. 15.



Фиг. 16.

жения песков, до этого лежавших неподвижно. Упразднение рукава приносит впоследствии существенную пользу судоходству.

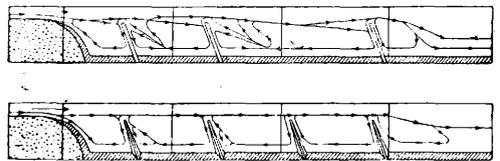
Перемещение устья притока производится в тех случаях, когда устья притоков с обеих сторон реки сходятся приблизительно в одной точке или когда устье притока направлено по касательной к главной реке. В первом случае одно из устьев перемещается. Когда уклон притока больше уклона главной реки, как это бывает в большинстве случаев, то возможно переместить устье вверх по течению реки. Во втором случае устье перемещают так, чтобы главная река образовала с притоком угол в 20—25°. Вообще следует обращать внимание на то, чтобы приток впадал в главную реку без значительного расширения поперечного сечения главной реки. Образующиеся ниже впадения притока или побочного рукава песчаные мели д. б. обезврежены; на больших реках эти мели частично уносятся в период половодья; на небольших реках их периодически удаляют землерепанием (см.).



Фиг. 17.

К раздвоению реки прибегают тогда, когда по естественному руслу невозможен проход судов, как это напр. бывает на порогах (см.). В этом случае сооружают обходный канал со шлюзом на конце его (фиг. 16) и притом так, чтобы течение реки не изменилось. Движение судов происходит по этому каналу через камерный шлюз (см.). Если по каким-либо соображениям не представляется возможным построить обходный канал, то приходится прибегать к сооружению плотин со шлюзом поперек реки (фиг. 17) с тем, чтобы поднять уровень воды достаточно высоко над порогами и использовать в то же время этот подъем воды для гидросилового установив.

6. Типы регулирующих сооружений. Регулирующие сооружения м. б. разделены: а) на неподвижные водостеснительные сооружения, б) на подвижные водостеснительные приспособления и в) на различного рода укрепления берегов и дна потока. К первому виду регулирующих сооружений относятся бунны (см.), дамбы (см.), донные заградки (см.). Все эти сооружения строятся непосредственно в воде на основании, к-рое изменчиво само по себе или изменяется под влиянием произведенных работ; это обуславливает применение камня и фашии, т. е. таких материалов, к-рые можно сыпать или погружать. Более целесообразными в данном случае являются каменные сооружения, к-рые более прочны, чем фашии; непрочность последних особенно сказывается в реках, несущих большое количество наносов. Ко второму виду регулирующих сооружений принадлежат все временные подвижные приспособления в виде погружаемых деревьев, различных подвесных приспособлений и подвижных заградений (см.), преследующих цель отложения около них наносов. Третий вид регулирующих сооружений в виде разнообразных укрепительных приспособлений имеет назначением защитить берег (см. Берегоукрепительные работы) и дно реки от разрушительного действия потока. Все места новых отложений наносов, являющиеся результатом возведения новых водостеснительных сооружений, по достижении желаемой цели д. б. защищены соответствующими укреплениями. Большинство регулирующих

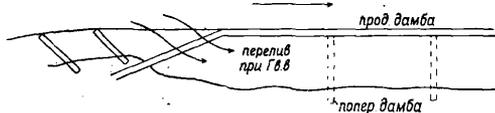


Фиг. 18.

сооружений рассчитывается на меженный уровень воды, т. е. в этот период времени судоходство нарушается более всего. На выпуклых берегах реки б. ч. применяются бунны, а на вогнутых — пороги и дамбы. При таком расположении указанных регулирующих сооружений получается желательное углубление русла и выравнивание поперечного сечения реки. По сравнению с продольными дамбами бунны обходятся дешевле как в отношении их возведения, так и в отношении их содержания. Кроме того бунны м. б. легко изменены по длине путем их укорочения или удлинения, между тем как продольные дамбы в случае необходимости изменения их положения д. б. снесены и возведены вновь. С другой стороны, бунны в процессе выправления реки представляют меньше удобств для судоходства, нежели продольные дамбы, к-рые к тому же регулируют реку тотчас же по их возведении. Бунны представляют хорошую защиту лишь в том случае, когда они далеко выступают в реку, образуя длинные заводы между собой. Поэтому бунны надлежит возводить лишь там, где они могут иметь достаточную длину. В зависимости от характера реки бунны на одном берегу располагают друг от друга в расстоянии, равном двойной новой ширине реки или равном ordinарной новой ширине реки. К первому способу прибегают, когда можно рассчитывать на быстрое занесение промежутков между буннами. По частичному занесении этих промежутков возводят на них промежуточные бунны; эти работы приходится производить на небольшой глубине, вследствие чего стоимость их невелика. Цель возведения промежуточных бунн — закрепить и усилить отложение наносов. Бунны м. б. направлены перпендикулярно к течению реки, вниз по течению и вверх по течению реки. По Франциусу и Энглесу наиболее удобным направлением для бунн будет направление вверх по течению как в отношении защиты берега, так и в отношении занесения промежутков. Но, с другой стороны, имеется несколько большая опасность для голов бунн вследствие образования более глубоких ям около них по сравнению с ямами при буннах, направленных вниз по течению. Какому способу направления бунн отдать предпочтение — зависит от характера реки и решается для каждого случая отдельно. На прямых участках реки промежутки между буннами делают не более намеченной ширины реки при меженном горизонте. Если представляется возможным предотвратить образование ям у голов бунн путем надлежащего укрепления подошвы реки перед головами и ниже их, то следует бунны с пологими головами предпочесть буннам с отвесными головами. Чем более полого наклонены головы бунн по направлению ко дну, тем благоприятнее влияние возведенного сооружения на судоходство. Промежутки между буннами засоряются благодаря круговому течению (фиг. 18), поглощающему в то же время живую силу потока и способствующему тем самым назначенному Р. р.

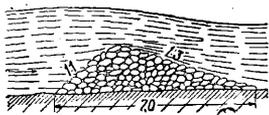
Продольные дамбы возводят при регулировании меженного горизонта на 20—30 см выше основного уровня. Дамбы у верхнего конца плотно со-

прягают с берегом. Продольные дамбы возводят по новой береговой линии, после того как будут хорошо занесены промежуточные буны или, не дожидаясь этих результатов, когда требуется немедленное выправление реки. В последнем случае необходимо отделить



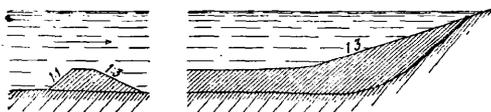
Фиг. 19.

тенушую часть реки от той стоячей воды, которая находится между продольной дамбой и старым берегом. Продольные дамбы м. б. сооружены и без постройки бун. Чтобы предотвратить при более высоких уровнях воды развитие сильного продольного течения и образование глубоких канав, позади продольной дамбы сооружаются поперечные дамбы (фиг. 19), возводимые обыкновенно после постройки продольной дамбы. Занесение продольных дамб идет медленно. Крейтер рекомендует для улучшения занесения продольной дамбы превратить такую на незначительном расстоянии ниже поперечной дамбы с тем, чтобы река вошла в промежуток между дамбой и берегом.



Фиг. 20.

При закрытых дамбах имеются в наличии удобные участки для отложения вычерпанного грунта. Поперечные дамбы в месте их сопряжения с продольной дамбой имеют ту же высоту или превышают последнюю на 20—25 см, а затем поднимаются к старому берегу с уклоном от 1 : 100 до 1 : 30, где они прочно связываются с последним. Поперечные дамбы не должны выступать за пойму реки.



Фиг. 21.

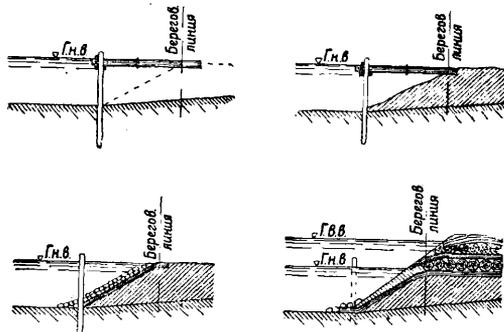
Донные запруды сооружаются с целью сглаживания глубоких ям. С низовой стороны эти запруды делают пологой (1 : 3), а с верховой — круче (1 : 1). Они идут от одного берега к другому, иногда заполняя целиком глубокие ямы, и оканчиваются там, где подошва реки снова поднимается. Располагают донные запруды в расстоянии 15—20 м друг от друга, причем верхний край должен лежать на 30—50 см ниже проектной отметки нового дна реки. Запрудам придают иногда уклон к середине реки. На фиг. 20 и 21 показаны два типа донных запруд. Донные запруды следует рассматривать как конечные укрепления приподнимаемой части дна, исходя из стремлений равномерно повысить уровень воды на замыкаемом ими участке путем заполнения промежутков между ними гравием или грунтом, вычерпанным землечерпательными снарядами.

Подвижные устройства применяются по преимуществу в тех местах, где возведение бун или продольных дамб затруднительно. Цель всевозможных подвижных водостенительных устройств — создать более спокойное течение воды, способствующее отложению около них наносов. От размыва защищают их каменной отсыпной. Крейтер рекомендует не слишком поспешно производить укрепление новых отложений. На фиг. 22 показаны образование естественных отложений наносов при помощи подвешенного устройства Вольфа и окончателая форма укрепления берега.

Укрепление берега реки производится либо полностью при посредстве рабочей силы либо часть работы предоставляют произвести реке. В первом случае укрепляемый берег планируют и покрывают той или иной одеждой, а для предохранения откоса от сползания набрасывают у его подошвы каменные гряды (фиг. 23). Во втором случае на берегу располагают непрерывной линией штабели камня; вследствие подмыва рекою берега, последние обрушиваются и, скатываясь по откосу, покрывают его, препятствуя дальнейшему размыву береговой полосы (фиг. 24).

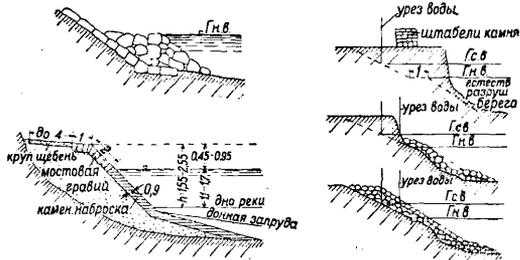
Укрепление дна реки производят, применяя фашиные туюфьяки, тяжелые фашины, каменную отсыпку и покрытие гравием. Наилучшим укреплением является каменная отсыпка как в смысле прочности,

так и в смысле приспособляемости ко всем изменениям русла реки. На фиг. 25 изображен участок реки с показанием его состояния: до регулирования и после.

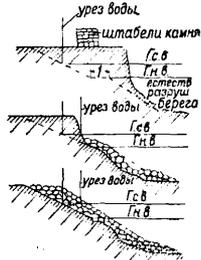


Фиг. 22.

7. Регулирование устья рек. Цель регулирования устья рек — улучшить судоходные условия и создать безопасный сток воды во время половодья. Выполнение этих требований находится в тесной зависимости, с одной стороны, от режима рек и, с другой стороны, от режима тех озер ширей, в которые эти реки впадают. Если условия в устье реки сходны

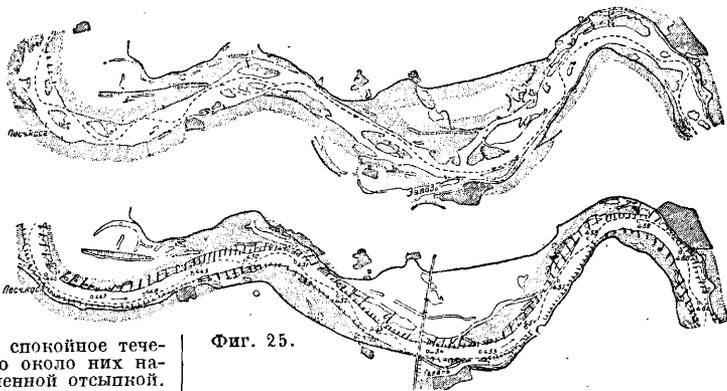


Фиг. 23.



Фиг. 24.

с условиями в среднем течении, то надлежит прибегать к мероприятиям, указанным выше для Р. р. В противном случае устье приходится рассматривать особо, устанавливая резкую границу между рекою, как таковой, и ее устьем, подвластным морским течениям.

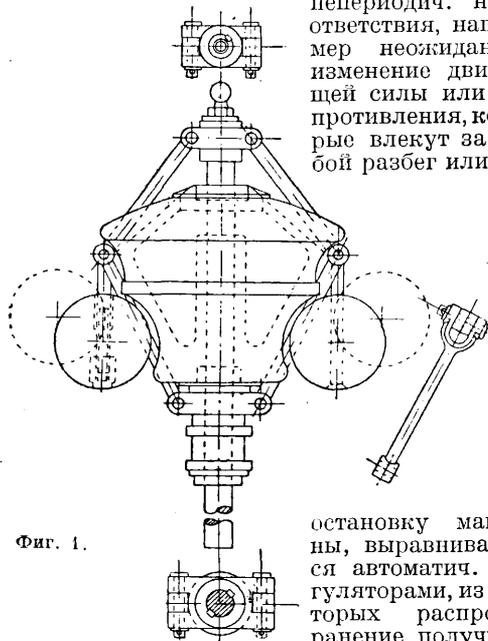


Фиг. 25.

Лит.: Зброжен Ф., Курс внутренних водных сообщений, 3 изд., П., 1915; Акулов К., Брилинг Е. и Марцелли М., Курс внутренних водных сообщений, т. 1, М., 1927; Акулов К., Великанов М., Краткое изложение теории движения речного потока и методов выправления рек, М., 1928; Икоби Э., Курс водных сооружений, Рига, 1910; Акулов К., Краткое изложение истории выправительных работ на р. Волге и у г. Саратова, 1916; его же, Выправительные работы на р. Днестре, 1914; Лохтин В. М., Значение водных путей и их нужды, СПб, 1907; Водарский Е., Хворостяные работы, Хворостяные выправительные и берегоукрепительные сооружения, применяемые на р. Волге, СПб, 1913; его же, Выправительные работы на р. Рейне, СПб, 1913; Делявский Н., Об углублении наших больших рек, СПб, 1904; Engels H., Handbuch des Wasserbaues, B. 1—2, 3 Aufl., Lpz., 1923; Franzius O., Der Verkehrswasserbau, B., 1927; Schokk-

litsch A., Der Wasserbau, Handbuch f. Studium u. Praxis, B. 1—2, В.—W., 1930; Kurzmann S., Beobachtungen über Geschiefeführung, *Mch.*, 1919; Schoklitsch A., Ueber Schleppkraft u. Geschiefebewegung, *Lpz.*, 1914; Kreuter F., Der Flussbau, *Handb. d. Ing.*, B. 6, T. 3, 5 Aufl., *Lpz.*, 1921; Dubislaw E., Wildbachverbauungen u. Regulierung von Gebirgsflüssen, B., 1902; Wang E., Grundriss d. Wildbachverbauung, Leipzig, 1903; Franzius L., Vorschläge f. die zukünftige Regulierung d. Flüsse, «*Ztschr. d. Bauing.*», B., 1893; Jasmund R., Arbeiten d. Rheinsinombau-Verwaltung 1851 bis 1900, B., 1901; Rehbock, Regulierung d. Flüsse f. d. Niedrigwasser, «*Ztschr. d. Bauing.*», Berlin, 1894; Schlichtung, Zukünftige Regulierung d. Flüsse f. das Niedrigwasser, *ibid.*, 1893; Kreuter F., Berechnung d. Querschnittsgrundform f. einen geschiefeführenden Fluss, «*Technische Blätter*», B., 1920; Möller M., Grundriss des Wasserbaues, B. 1—2, *Lpz.*, 1906; Patriot H., Recherches sur les rivières à marée, P., 1901; Kreuter H., Die Flutwelle in Flussmündungen u. Meeresbuchten, B., 1926; Teubert O., Die Verbesserung d. Schiffbarkeit d. Strome durch Regulierung, B., 1894.

**РЕГУЛЯТОРЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ**, механизмы, служащие для поддержания постоянства скорости вращения машин вообще и машин-двигателей в особенности. Маховое колесо выравнивает только периодические несоответствия между движущей силой и сопротивлением; непериодич. несоответствия, например неожиданное изменение движущей силы или сопротивления, которые влекут за собой разбег или же



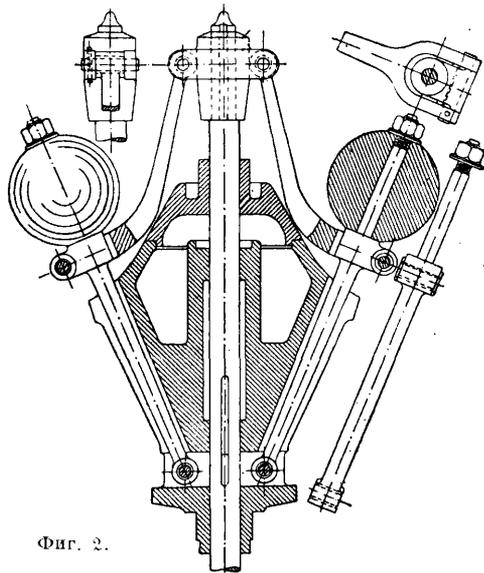
Фиг. 1.

остановку машины, выравниваются автоматич. регуляторами, из которых распространение получили

только Р. ц. Автоматич. Р. ц. должен состоять по крайней мере из двух частей: 1) тахометра, т. е. прибора, отмечающего отклонения скорости вращения машины от заданной величины, причем указатель устойчивого тахометра должен перемещаться тем значительно, чем больше это отклонение; 2) регулирующего прибора, воздействующего на приток энергии к двигателю т. о., чтобы противодействовать изменению скорости. Простейшим регулирующим прибором паровых машин, паровых турбин и пр. является дроссельный клапан, тормозящий приток пара к двигателю и понижающий давление рабочего пара; более экономично регулирование посредством изменения отсечки (см. *Паровые машины*); в двигателях внутреннего сгорания регулирующийся прибор изменяет количество горючего, поступающего во время рабочего хода в цилиндр (см. *Двигатели внутреннего сгорания*). Если для перемещения регулирующего прибора требуется не-

большая сила (несколько кг), то тахометр связывается с регулирующим прибором системой рычагов, и получается Р. ц. прямого действия. Если же перестановочная сила велика, то тахометр приводит в действие только пусковой прибор (цилиндрич. золотник) особого вспомогательного двигателя, называемого сервомотором (обычно — масляный пресс с давлением до 20 atm). Тахометр, сервомотор и регулирующий прибор составляют Р. ц. непрямого действия (см. *Двигатели гидравлические*).

Устройство и действие регулирующих приборов так тесно связано с устройством двигателя, что мы не будем на них здесь останавливаться и повторять то, что уже было сказано о соответственных двигателях. Для расчета регулятора необходимо знать: 1) рабочий ход регулирующего прибора, напр. положение муфты регулятора, при котором двигатель работает вхолостую, и положение муфты при наибольшей нагрузке; 2) перестановочную силу регулирующего прибора  $W_m$ , т. е. ту силу для каждого из положений муфты, к-рая необходима для преодоления всех сопротивлений регулирующего прибора при его перемещении; 3) приведенную массу регулирующего прибора  $m_m$  для учета сил инерции при его перемещении. Т. о. теория Р. ц. прямого действия сводится к теории тахометра и к исследованию процесса регулирования. Старейшим типом тахометра является ромбический грузовой тахометр, но ящий имя Уатта (1784 г.), известный однако в мельничном деле и описанный в литературе ранее применения его Уаттом к паровой машине. В настоящее время этот тип тахометра почти не встречается. Крупным этапом в построении тахометров было прибавление к регулятору Уатта тяжелой муфты, предложенное инж. Портером (1850 г.) и позволившее повысить число об/м. машин с 15—30 до 200. На фиг. 1 изображен совре-



Фиг. 2.

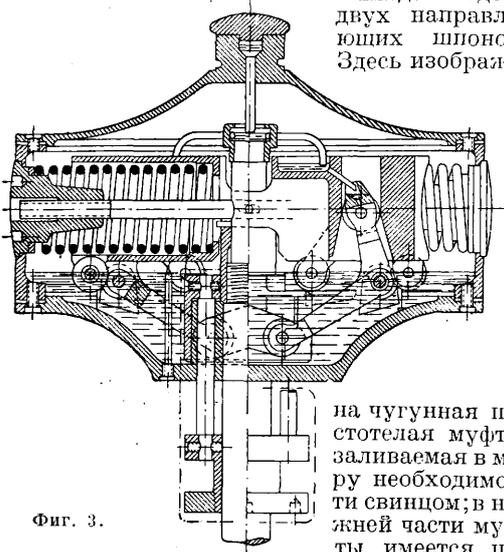
менный тип грузового регулятора сист. проф. М. Толле (1895 г.), состоящий из вертикального шпинделя, приводимого во вращение посредством системы зубчатых колес (ременная передача нежелательна) от коренного вала двигателя. В верхнем конце на шпинделе за-

клиниена головка, несущая два шарнира для присоединения двух маятников; маятник представляет собой изогнутый стержень с шарообразной гирей и двумя шарнирами; верхний шарнир служит для сочленения маятника с головкой, так что при вращении шпинделя с той же скоростью вращаются и гири, а средний шарнир служит для сочленения маятника посредством прямой тяги с тяжелой муфтой, могущей перемещаться вверх и вниз по шпинделю вдоль двух направляющих шпонок. Здесь изображе-

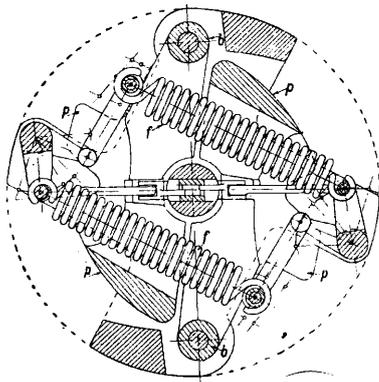
на чугунная пустотелая муфта, заливаемая в меру необходимости свинцом; в нижней части муфты имеется цилиндрич. часть, на к-рую свободно надевается невращающееся кольцо; цилиндрич. часть ограничена сверху и снизу буртиками, так что кольцо принуждено перемещаться вверх и вниз вместе с муфтой. Система рычагов передает эти перемещения кольца регулируемому прибору. На фиг. 2 изображен шпиндельный грузовой регулятор системы Прёлля, от-

на чугунная пустотелая муфта, заливаемая в меру необходимости свинцом; в нижней части муфты имеется цилиндрич. часть, на к-рую свободно надевается невращающееся кольцо; цилиндрич. часть ограничена сверху и снизу буртиками, так что кольцо принуждено перемещаться вверх и вниз вместе с муфтой. Система рычагов передает эти перемещения кольца регулируемому прибору. На фиг. 2 изображен шпиндельный грузовой регулятор системы Прёлля, от-

Фиг. 3.



личающийся от вышеописанного только тем, что гири присоединены не к маятникам, а к продолжениям тяг. Грузовые тахометры с тяжелой муфтой в настоящее время почти не строятся вследствие значительной инертности. Современный тахометр—пружинный с возможно высоким числом оборотов шпинделя (до 500). На фиг. 3 изображена современная конструкция пружинного тахометра системы Гартунг завода Янс в Оффенбахе на Майне. Отличительной особенностью системы Гартунга является уравнивание центробежной

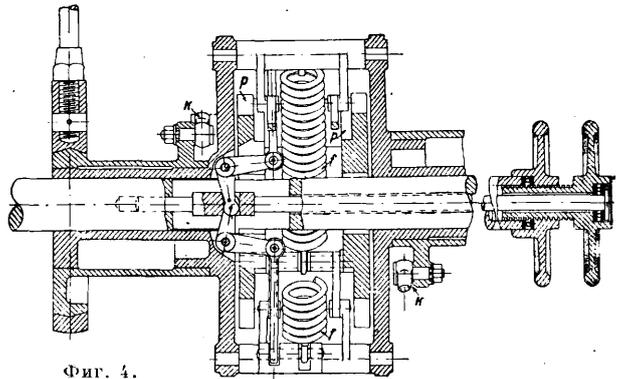


силы гири посредством сжимаемой винтовой закаленной пружины, расположенной полишии действия центробежной силы; силы трения вызываются только весом гири и перестановочной силой. На фиг. 4 в двух разрезах изображен плоский регулятор с приспособлением для изменения числа оборотов на ходу машины; две гири  $p$  вращаются вместе с кожухом горизонтального вала; под действием центробежных сил гири, с одной стороны, и винтовых закаленных пружин  $f$ , с другой стороны, гири могут поворачиваться вокруг шарниров  $b$  и поворачивают вместе с тем при помощи тяг  $k$  эксцентрик, изменяя его эксцентриситет и угол опережения; системой рычагов, задерживая тот или иной маховичок на конце вала, можно изменять положение точки воздействия пружины на гири и неподвижной точки каждой пружины.

Основания аналитич. теории грузовых тахометров были впервые даны известным франц. ученым Навье; в настоящее время условия равновесия находятся посредством графических построений, предложенных в 1895 г. проф. М. Толле. Если заданы вес гири  $G$  и вес муфты  $Q$  (вместе с весом рычагов регулирующего прибора), то, основываясь на общеизвестных теоремах статики механизмов, нетрудно найти такую величину  $C$  центробежной силы гири, которая уравнивала бы эти веса; удобнее отдельно найти величину  $C_g$ , уравнивающую вес обеих гири  $G$ , и величину  $C_q$ , уравнивающую вес муфты  $Q$ ; тогда  $C = C_g + C_q$ . Если  $r$  см.—расстояние ц. т. гири от оси шпинделя и  $\Omega$  сек.<sup>-1</sup>—равновесная угловая скорость шпинделя, то для определения ее по заранее найденному  $C$  будем иметь равенство:

$$C = \frac{g}{\Omega^2} r \Omega^2,$$

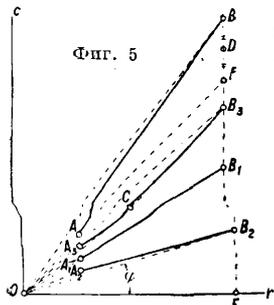
где  $g = 981$  см./сек.<sup>2</sup>. Толле предложил откладывать величину  $C$  как ординату и соответствующую величину  $r$  как абсциссу для построения характеристической диаграммы



Фиг. 4.

(фиг. 5) исследуемого тахометра. Полученная кривая названа характеристической потому, что она наглядно характеризует квадрат равновесной угловой скорости. В самом деле из последнего ур-ния находим  $\Omega^2 = \frac{g}{C} \frac{C}{r} = a \operatorname{tg} \varphi$ ; здесь  $a = \frac{g}{C}$ —постоянная для данного тахометра, а  $\varphi$ —угол между осью абсцисс и лучом из начала координат к рассматриваемой точке характеристической диаграммы с ординатой  $C$  и абсциссой  $r$ , так что  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{C}{r}$ .

На фиг. 5 изображено несколько типичных характеристик. кривых; первая из них  $A_1B_1$  представляет собой прямую, проходящую через начало координат; для каждой точки линии  $A_1B_1$  угол  $\varphi$  будет один и тот же, откуда заключаем, что тахометр с этой характеристик. кривой имеет одинаковую равновесную угловую скорость  $\Omega = \text{Const}$  для всех положений муфты; такой тахометр называется аstaticким, или изохронным; позже мы увидим, что такой тахометр непригоден для регулирования. Характеристич. диаграмма  $AB$  типична для нормального статического, или неизохронного, тахометра; на всем протяжении  $AB$  производная  $\frac{d\varphi}{dr} > 0$ , т. е., чем больше  $r$ , тем выше поднимается муфта, тем больше равновесная угловая скорость  $\Omega$ , т. ч. при наивысшем положении муфты равновесная угловая скорость  $\Omega_0$  больше, нежели  $\Omega_n$  при наинизшем положении ее, обыкновенно на 4—5%. Раз-



Фиг. 5

ность  $\Omega_0 - \Omega_n$  характеризует статичность, или неизохронность, тахометра. Коэффициентом неравномерности, или коэф-том неизохронности,  $\Delta$  тахометра (центробежного регулятора) называется отношение разности равновесных угловых скоростей при наивысшем положении муфты (при холостом ходе двигателя) и при наинизшем ее положении (при наибольшей нагрузке) к средней угловой скорости  $\Omega_m$ :

$$\Delta = \frac{\Omega_0 - \Omega_n}{\Omega_m}, \tag{1}$$

где  $\Omega_m = 1/2 (\Omega_0 + \Omega_n)$ . Если вывести такой тахометр из положения равновесия, то он сам возвратится обратно после нескольких колебаний или без колебаний. Коэф. неизохронности легко определить графически по характеристич. диаграмме; для этого проведем луч  $OA$  и продолжим его до пересечения с ординатой  $BE$  в точке  $F$ ; разделим отрезок  $BF$  пополам в точке  $D$ ; тогда

$$\Delta = \frac{BD}{DE}.$$

Далее внизу изображена характеристическая кривая  $A_2B_2$ , для всех точек которой  $\frac{d\varphi}{dr} < 0$ ; такой регулятор неустойчив; выведенный из достигнутого с трудом положения равновесия, он тотчас перемещается в одно из крайних положений и останавливается на упорках; он называется аstaticеским и никогда не применяется. Наконец при плохом конструировании возможна характеристич. кривая  $A_3CB_3$ , имеющая такую точку  $C$ , у которой касательная проходит через начало координат  $O$ . Точка  $C$  называется аstaticеской точкой, т. к. вблизи ее равновесные угловые скорости одинаковы; кроме того участок  $A_3C$  неустойчив. Если при неподвижном невращающемся шпинделе поднимать муфту, то можно измерить ту силу  $E$  из, с к-рой действует муфта. Назовем ее поддерживающей силой или силой давления муфты регулятора (встречаются неправильные термины, как энергия или энергичность). Поддерживающая сила  $E$  должна уравнивать все внешние

силы, действующие в тахометре при данном положении его муфты; но равновесная центробежная сила  $C$  также должна уравнивать эти силы, откуда заключаем, что поддерживающая сила  $E$  и равновесная центробежная сила  $C$  эквивалентны (второе определение силы  $E$ ).

До сих пор при рассмотрении условий равновесия сил в тахометре и регулирующем приборе мы совершенно не упоминали о силах трения и других вредных сопротивлениях. Между тем измерить поддерживающую силу без сил трения невозможно, и мы для каждого данного положения муфты измерим 1) силу, при которой начинается подъем муфты, равную  $E+W$ , и 2) силу, при которой начинается опускание муфты, равную  $E-W$ . Т. о. поддерживающая сила  $E$  равна средней арифметической из произведенных двух измерений. Сила  $W$  есть приведенное к муфте сопротивление во всех частях регулятора, к-рое можно разбить на два слагаемых: 1) сопротивление тахометра  $W$  и 2) сопротивление регулирующего прибора, или его перестановочная сила,  $W_m$ , т. ч.  $W = W_r + W_m$ . Отношение приведенного сопротивления  $k$  поддерживающей силе есть коэффициент  $\varepsilon$  нечувствительности регулятора:

$$\varepsilon = \frac{W}{E} = \frac{W_r}{E} + \frac{W_m}{E} = \varepsilon_r + \varepsilon_m, \tag{2}$$

$$\varepsilon_r = \frac{W_r}{E}, \quad \varepsilon_m = \frac{W_m}{E},$$

где  $\varepsilon_r$  и  $\varepsilon_m$  — коэф-ты нечувствительности тахометра и регулирующего прибора. Обыкновенно общий коэффициент нечувствительности выбирают несколько меньше коэф-та неизохронности; частный коэф. нечувствительности грузовых тахометров (Толле, Прёлля, Клея и др.) бывает 1—1,5%, а пружинных системы Гартунга до 0,4% (без пружинных весов для изменения числа оборотов на ходу). Второе определение для коэф-та нечувствительности получим, представив себе тахометр вращающимся с равновесной угловой скоростью  $\Omega$ ; т. ч. центробежная сила  $C$  эквивалентна  $E$ ; если муфта должна начать подъем из рассматриваемого положения, то необходима центробежная сила  $C + C_W$ , эквивалентная  $E + W$ , для чего угловая скорость при том же положении муфты должна стать равной  $\omega_1 = \Omega + \omega_W$ ; точно так же опускание муфты может начаться не ранее, чем угловая скорость понизится до величины  $\omega_2 = \Omega - \omega_W$ . Величину  $\omega_W$  найдем из равенств:

$$C = \frac{G}{g} r \Omega^2; \quad C + C_W = \frac{G}{g} r (\Omega + \omega_W)^2;$$

пренебрегая  $\omega_W^2$ , можем написать:

$$C + C_W = \frac{G}{g} r \Omega^2 + 2 \frac{G}{g} r \Omega \omega_W,$$

откуда

$$C_W = 2C \frac{\omega_W}{\Omega}$$

или

$$\frac{C_W}{C} = 2 \frac{\omega_W}{\Omega} = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\Omega}.$$

Т. к. при данном положении муфты  $C$  эквивалентно  $E$ , то также эквивалентны  $C_W$  и  $W$ , откуда заключаем

$$\frac{C_W}{C} = \frac{W}{E} = \varepsilon = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\Omega}, \tag{3}$$

т. е. коэф-т нечувствительности есть отношение разности той угловой скорости  $\omega_1$ , при которой муфта начинает подниматься, и той  $\omega_2$ ,

при к-рой она начинает опускаться, к равно-весной угловой скорости  $\Omega$  соответствующего положения муфты; различным положениям муфты соответствуют различные коэф-ты нечувствительности, обыкновенно в нижних положениях побольше, в верхних—поменьше.

В плоских регуляторах рабочим ходом муфты надо считать полное перемещение центра эксцентрика от его положения холостого хода до положений наибольшего наполнения. Поддерживающую силу, приведенную перестановочную силу и пр. надо в этом случае направлять по касательной к кривой вершин. Наконец для динамич. исследования плоско-го инерционного тахометра надо еще определить приведенную к кривой вершин касательную силу инерции; при этом обыкновенно предполагают, что тахометр получает угловое ускорение, равное 1 радиану в сек.<sup>2</sup>, определяют касательные силы инерции гири и специальных маховых масс и на основании законов статики механизмов определяют эквивалентную силу, действующую по касательной к кривой вершин. Если тахометр снабжен жидкостным тормозом—катарактом,—то необходимо изучить сопротивление этого тормоза, обычно пропорциональное скорости скольжения муфты. В шпиндельных тахометрах добавочные центробежные силы (от ускорения Кориолиса) дают трение, также пропорциональное скорости муфты (собственный катакрат).

Процесс регулирования регулятора прямого действия определяется четырьмя параметрами, к-рые будем предполагать постоянными для всего рабочего хода муфты. Два из них уже знакомы нам: 1) коэф. неизохронности  $\Delta$  и 2) коэф. нечувствительности  $\epsilon$ ; в случае плоского инерционного регулятора коэф. неизохронности надо брать динамический, равный сумме статического и инерционного, зависящего от эквивалентной касательной силы инерции. Третий параметр  $T_m$ —время разбега двигателя или количество секунд, необходимое для того, чтобы неподвижная машина, пущенная в ход при наибольшем вращающем моменте, достигла нормального своего числа оборотов; этот параметр характеризует величину махового колеса двигателя. Если принять обозначения:  $I$  кэм сек<sup>2</sup>—момент инерции массы махового колеса, а также всех масс, вращающихся вместе с коренным валом,  $\Omega_m$  сек.<sup>-1</sup>—средняя равновесная угловая скорость коренного вала и  $M_u$  кэм—вращающий момент двигателя при наимизшем положении муфты, то

$$T_m = \frac{I\Omega_m}{M_u} \text{ сек.} \quad (4)$$

Можно доказать, что время  $T_m$ : а) зависит от типа двигателя (вид диаграммы вращающих сил за оборот, числа циклов за оборот), б) обратно пропорционально коэффициенту неравномерности  $\delta$  махового колеса, в) обратно пропорционально нормальному числу оборотов  $n$ . Наконец четвертый параметр  $T_p$ —время падения муфты регулятора в сек.—характеризует инертность масс тахометра и регулирующего прибора при быстрых перемещениях муфты. Если обозначить:  $m$  кэм<sup>-1</sup> сек<sup>2</sup>—приведенную к муфте массу частей тахометра и регулировочного механизма,  $E$  кг—поддерживающую силу и  $H$  м—рабочий ход муфты тахометра, то

$$T_p = \sqrt{\frac{2mH}{E}} \text{ сек.} \quad (5)$$

Чем больше приведенная масса этих органов,

тем больше  $T_p$ ; грузовые тахометры оставлены отчасти потому, что в них приведенная масса слишком велика по сравнению с поддерживающей силой; наоборот, в пружинных тахометрах приведенная масса тем меньше по сравнению с поддерживающей силой, чем выше число оборотов шпинделя, и потому время падения  $T_p$  мало. Исследование процесса регулирования основывается на следующих допущениях: а) величина вращающего момента двигателя является линейной функцией положения муфты регулятора; наивысшему положению муфты соответствует холостой ход двигателя и вращающий момент на коренном валу  $M=0$ ; наинизшему ее положению соответствует наибольший вращающий момент  $M_1$  двигателя; для промежуточных положений муфты закон изменения вращающего момента—по прямой линии; б) равновесная угловая скорость для различных положений муфты также имеет прямолинейную диаграмму, причем холостому ходу соответствует  $\Omega_0$ , а наинизшему положению муфты— $\Omega_n$ ; в) коэф. нечувствительности  $\epsilon$ , приведенная масса  $m$  и поддерживающая сила  $E$ —постоянны для всех положений муфты. Когда установившееся движение машины будет нарушено, напр. изменением вращающего момента на  $x_0$  долей от наибольшего момента  $M_1$  двигателя, то процесс регулирования не начнется тотчас, т. к. трение не позволяет муфте двинуться; протечет  $t_1 = \frac{\epsilon T_m}{2x_0}$  сек., пока муфта регулятора сдвинется и совершит первый размах. Расстояние муфты от нового положения установившегося движения не изменится за это время и равно  $x_0 H$ ; угловая скорость в момент изменения нагрузки была равна  $\Omega_n$  и отличалась от равновесной угловой скорости нового положения установившегося движения  $\Omega_2$  согласно уравнению

$$\Omega_n = \Omega_2(1 - \Delta x_0),$$

а по прошествии  $t_1$  сек.

$$\Omega_n' = \Omega_2 \left(1 - \Delta x_0 + \frac{\epsilon}{2}\right).$$

В течение первого размаха муфта будет двигаться по направлению к новому положению установившегося движения и остановится от него на расстоянии  $x_1 H$ . Пройденный в течение первого размаха путь муфты, изменение угловой скорости и пр. зависят от величины  $k$ —сводной динамич. характеристики процесса регулирования:

$$k = \frac{T_p}{4T_m \Delta^{3/2}}. \quad (6)$$

Пока величина  $k$  заключается между 0 и 0,1177, регулятор в течение первого размаха недорегулировывает, т. е. не доходит до нового положения установившегося движения; если величина  $k$  заключается между 0,1177 и 0,3439, то регулятор перерегулирует, т. е. переходит за новое положение установившегося движения; если  $k > 0,3439$ , то расстояние муфты от нового положения установившегося движения в конце размаха будет больше, чем в начале, т. ч. после каждого размаха муфта будет удаляться все больше от этого положения. Поэтому при  $k > 0,3439$  процесс регулирования неустойчив, он никогда не кончится. При  $k = 0,1177$  будем иметь  $n$  и  $v$  в г о д н е й ш и е п р о ц е с с е р е г у л и р о в а н и я, т. к. муфта после первого же размаха приходит в новое положение установившегося движения.

После первого размаха может последовать остановка на некоторое время, если коэф. нечувствительности удовлетворяет неравенству  $\epsilon > \Delta x_0 a$ , где  $\Delta$ —коэф. неизохронности,  $x_0$ —доля изменения нагрузки,  $a$ —множитель нечувствительности—функция от  $k$  (столбец 2 табл. 1). Если  $\epsilon$  меньше этого наименьшего

Табл. 1.—Процесс регулирования с остановками.

$k$	$a$	$b$	$c$	$d$
0,0100	0,0278	0,8826	0,1138	0,9104
0,0200	0,0328	0,7711	0,2187	0,8069
0,0104	0,0894	0,5717	0,4151	0,6611
0,0612	0,1594	0,3956	0,6026	0,5551
0,0829	0,2401	0,2307	0,7864	0,4708
0,1057	0,3314	0,0755	0,9701	0,4039
0,1177	0,3811	0,0000	1,0335	0,3814
0,1300	0,4059	-0,0735	1,1579	0,3325
0,1563	0,5477	-0,2186	1,3519	0,3292
0,1850	0,6759	-0,3803	1,5557	0,3156
0,2166	0,8196	-0,5043	1,7717	0,3153
0,2520	0,9730	-0,6519	2,0011	0,3210
0,2918	1,1880	-0,7935	2,2568	0,3745
0,3439	1,4536	-1,0000	2,5833	0,4537

допустимого коэф-та нечувствительности, то остановки не будет, и второй размах начнется тотчас же, причем направление движения муфты будет непременно противоположно; условия устойчивого процесса регулирования в этом случае несколько сложнее. Если же  $\epsilon > \Delta x_0 a$ , то после непродолжительной остановки начинается второй размах. К концу первого размаха отклонение муфты равно  $x_1 H$ ; величина  $x_1$  также является ф-ией динамич. характеристики  $k$  и определяется из равенства  $x_1 = x_0 b$ , где  $b$ —множитель отклонения муфты от нового положения равновесия (указанный в столбце 3 табл. 1). Из таблицы видно, что с увеличением  $k$  величина  $b$  все уменьшается, при  $k=0,1177$  равна нулю (наивыгоднейший процесс), а затем становится отрицательной (перерегулирование). В конце второго размаха расстояние муфты от нового равновесного положения составляет такую же долю от  $x_1 H$ , как и во время первого размаха, т. е.  $x_2 = x_1 b$ . В табл. 1 (стб. 3) указаны эти отношения  $b$  расстояний в конце и



Фиг. 6.

оно приблизительно равно  $x_0$  (диаграмма вращающих моментов двигателя в зависимости от положения муфты предполагается прямолинейной), то в конце первого размаха оно равно  $b \cdot x_0$ , в конце второго размаха  $b^2 \cdot x_0$  и т. д., в конце  $n$ -го размаха  $b^n \cdot x_0$ , т. е. в этом случае амплитуды убывают в геометрич. прогрессии до тех пор, пока отклонение угловой скорости не станет менее коэф-та нечувствительности.

Продолжительность каждого из размахов определяется из ф-лы

$$T = \Delta T_m \cdot c,$$

где  $c$ —множитель продолжительности размаха (в ф-ии от характеристики  $k$ )—указан в 4-м столбце табл. 1. Величина угловой скорости  $\omega_n$  двигателя к концу  $n$ -го размаха м. б. определена из ур-ия:

$$\omega_n = \Omega_z \left( 1 + \frac{\epsilon}{2} - \Delta x_0 d b^{n-1} \right);$$

здесь  $\Omega_z$ —равновесная угловая скорость ис-

вого остановившегося движения, остальные величины уже знакомы, а  $d$ —множитель изменения угловой скорости, указанный в 5-м столбце табл. 1. Зная величину динамич. характеристики  $k$ , при которой процесс регулирования наивыгоднейший, можно подобрать коэф. неизохронности  $\Delta = \Delta_g$  так, чтобы он был осуществлеи; решая ур-ие (6) относительно  $\Delta$ , найдем наивыгоднейший коэф. неизохронности

$$\Delta_g = 1,652 \sqrt[3]{\frac{T_p^2}{T_m^2}}. \tag{7}$$

Проф. Толле дает

$$\Delta_g = 1,587 \sqrt[3]{\frac{T_p^2}{T_m^2}}.$$

Наименьший допустимый коэф. неизохронности  $\Delta_{min}$  по нашим исследованиям

$$\Delta_{min} = 0,7903 \sqrt[3]{\frac{T_p^2}{T_m^2}}. \tag{8}$$

Проф. Толле дает

$$\Delta_{min} = 0,7937 \sqrt[3]{\frac{T_p^2}{T_m^2}}.$$

Поясним применение табл. 1 следующими примерами. 1) Наивыгоднейший процесс (см. фиг. 6). Пусть  $x_0=0,4$ ;  $\epsilon=0,02$ ;  $T_m=10$  ск.;  $T_p=0,03768$  ск. Требуется подобрать наивыгоднейшее значение  $\Delta$ ; по уравнению (7)

$$\Delta_g = 1,652 \sqrt[3]{(0,003768)^2} = 0,04.$$

В начальный момент  $x_0=0,4H$ , где  $H$ —рабочий ход муфты;  $\omega_0 = \Omega_z(1 - \Delta x_0) = \Omega_z(1 - 0,016)$ . Муфта начинает двигаться по прошествии времени  $t_0 = \frac{\epsilon T_m}{2x_0} = 0,25$  ск. За это время угловая скорость станет равна

$$\omega_0' = \Omega_z \left( 1 + \frac{\epsilon}{2} - \Delta x_0 \right) = \Omega_z(1 - 0,006).$$

Первый размах будет длиться  $T = \Delta T_m c = 0,4252$  ск.; муфта за это время станет как раз в свое новое равновесное положение  $x_1 = x_0 b = 0$ ; угловая скорость к концу размаха будет

$$\omega_1 = \Omega_z \left( 1 + \frac{\epsilon}{2} - \Delta x_0 d \right) = \Omega_z(1 + 0,0039).$$

Отклонение от равновесной угловой скорости  $\Omega_z$  менее половины коэф-та нечувствительности. В этом положении муфта и остановится; процесс регулирования ограничивается одним размахом.

2) Процесс с недорегулированием (фиг. 7). Пусть при прежних данных и  $\Delta=0,04$  величина  $T_p=0,024$  ск.; по ур-ию (6)  $k=0,075$ . Интерполированием из табл. 1 находим:  $a=0,2107$ ;  $b=0,2907$ ;  $c=0,7195$ ;  $d=0,5015$ . Неравенство  $\epsilon > \Delta x_0 a$  соблюдено. Предварительная стоянка муфты длится в



Фиг. 7.

течение  $t_0=0,25$  секунд. Попрежнему начальной угловой скорости  $\omega_0 = \Omega_z(1 - 0,016)$ ; к концу стоянки  $\omega_0' = \Omega_z(1 - 0,006)$ . Каждый размах длится  $T = 0,04 \cdot 10 \cdot 0,7195 = 0,2878$  ск. К концу

первого размаха  $x_1 = bx_0 = 0,2907 \cdot 0,4 = 0,1163$  от величины  $H$ :

$$\omega_1 = \Omega_2 \left( 1 + \frac{\varepsilon}{2} - \Delta x_0 d \right) = \Omega_2 (1 + 0,00193).$$

Муфта стоит неподвижно:  $t_1 = \Delta T_m \cdot \frac{d-b}{b} = 0,3235$  ск.; за это время угловая скорость станет  $\omega'_1 = \Omega_2 (1 + 0,00535)$ . К концу второго размаха  $x_2 = b^2 x_0 = 0,03677$  и

$$\omega_2 = \Omega_2 \left( 1 + \frac{\varepsilon}{2} - \Delta x_0 b d \right) = \Omega_2 (1 + 0,007667).$$

Вторая остановка такой же продолжительности, как и первая:  $t_2 = t_1 = 0,3235$  ск.; к ее концу

$$\omega'_2 = \Omega_2 \left( 1 + \frac{\varepsilon}{2} - \Delta x_0 b^2 d \right) = \Omega_2 (1 + 0,003648).$$

Третий размах:  $x_3 = b^3 x_0 = 0,01069$  и

$$\omega_3 = \Omega_2 \left( 1 + \frac{\varepsilon}{2} - \Delta x_0 b^3 d \right) = \Omega_2 (1 + 0,009322).$$

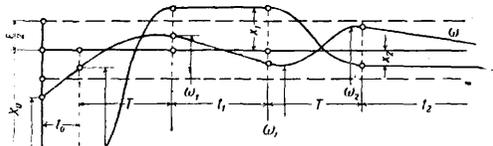
Третья остановка:  $t_3 = t_1$ ; к ее концу

$$\omega'_3 = \Omega_2 \left( 1 + \frac{\varepsilon}{2} - \Delta x_0 b^3 d \right) = \Omega_2 (1 + 0,009607).$$

Четвертый размах:  $x_4 = b^4 x_0$  и т. д. Муфта все ближе и ближе к новому равновесному положению  $x=0$ . Угловая скорость все ближе к угловой скорости

$$\omega_2 = \Omega_2 \left( 1 + \frac{\varepsilon}{2} \right) = \Omega_2 (1 + 0,01).$$

3) Процесс с перерегулированием (фиг. 8). Прежние данные, но  $T_p = 0,0592$  ск. По ур-ню (6)  $k = 0,185$  имеется



Фиг. 8. выше в табл. 1. Предварительная остановка:  $t_0 = 0,25$  ск. Начальная угловая скорость из  $\omega_0 = \Omega_2 (1 - 0,016)$  становится равной  $\omega'_0 = \Omega_2 (1 - 0,006)$ . Продолжительность каждого размаха  $T = 0,6223$  ск. После первого размаха  $x_1 = 0,3603 x_0 = -0,1441$  и

$$\omega_1 = \Omega_2 \left( 1 + \frac{\varepsilon}{2} - \Delta x_0 d \right) = \Omega_2 (1 + 0,00495);$$

первая остановка длится  $t_1 = \frac{\varepsilon T_m}{bx_0} - \Delta T_m \frac{b+d}{b} = 0,638$  ск. (под  $b$  в дальнейшем понимаем абсолютную величину  $b = 0,3603$ ; знак минус во всех дальнейших ф-лах уже учтен); к концу первой остановки:

$$\omega'_1 = \Omega_2 \left( 1 - \frac{\varepsilon}{2} + \Delta x_0 b \right) = \Omega_2 (1 - 0,00424).$$

Второй размах:  $x_2 = (0,3603)^2 x_0 = +0,05196$  и

$$\omega_2 = \Omega_2 \left( 1 + \frac{\varepsilon}{2} - \Delta x_0 b d \right) = \Omega_2 (1 + 0,00818);$$

вторая остановка длится  $t_2 = \frac{\varepsilon T_m}{b^2 x_0} - \Delta T_m \frac{b+d}{b} = 3,100$  ск.; к ее концу

$$\omega'_2 = \Omega_2 \left( 1 - \frac{\varepsilon}{2} + \Delta x_0 b^2 d \right) = \Omega_2 (1 - 0,007922).$$

Третий размах:  $x_3 = -b^3 x_0 = -0,00187$  и

$$\omega_3 = \Omega_2 \left( 1 + \frac{\varepsilon}{2} - \Delta x_0 b^3 d \right);$$

третья остановка длится  $t_3 = \frac{\varepsilon T_m}{b^3 x_0} - \Delta T_m \frac{b+d}{b} = 9,94$  ск. и

$$\omega'_3 = \Omega_2 \left( 1 - \frac{\varepsilon}{2} + \Delta x_0 b^3 d \right) = \Omega_2 (1 - 0,00923).$$

Итак, в случае процесса с перерегулированием муфта после каждого размаха становится все ближе и ближе к новому равновесному положению  $x=0$ ; уменьшение расстояний идет в геометрич. прогрессии с знаменателем  $b$ ; при каждом размахе муфта переходит через равновесное положение; между размахами муфта стоит некоторое время неподвижно, причем продолжительность остановок все удлиняется; угловая скорость все время то больше то меньше  $\Omega_2$  и постепенно приближается то к  $\Omega_2 \left( 1 + \frac{1}{2} \varepsilon \right)$  то к  $\Omega_2 \left( 1 - \frac{1}{2} \varepsilon \right)$ . При этом предполагается, что регулятор не имеет жидкостного тормоза (катаракта), а воздействие муфты регулятора на движущую силу машины непрерывно. В двигателях внутреннего сгорания и в паровых машинах с переменной отсечкой это последнее предположение не выполняется, т. к. только в момент подачи горючего или в момент отсечки положение муфты регулятора влияет на средний вращающий момент в течение последующего рабочего цикла. Такой процесс регулирования называется прерывным; начало его исследованию было положено Карлем (1781 г.); проф. Н. Е. Жуковский (1909 г.) доказал, что для очень быстроходных машин условия устойчивости прерывного процесса такие же, как и для непрерывного.

В исследовании прерывного процесса автором были вычислены (1928 г.) отклонения к концу первого размаха для тех же самых динамических характеристик, для которых был ранее исследован непрерывный процесс; отклонения зависят от особого параметра  $\alpha$ , называемого мерой тихоходности машины:

$$\alpha = \frac{1201 \sqrt{\varepsilon}}{m T_p}, \tag{9}$$

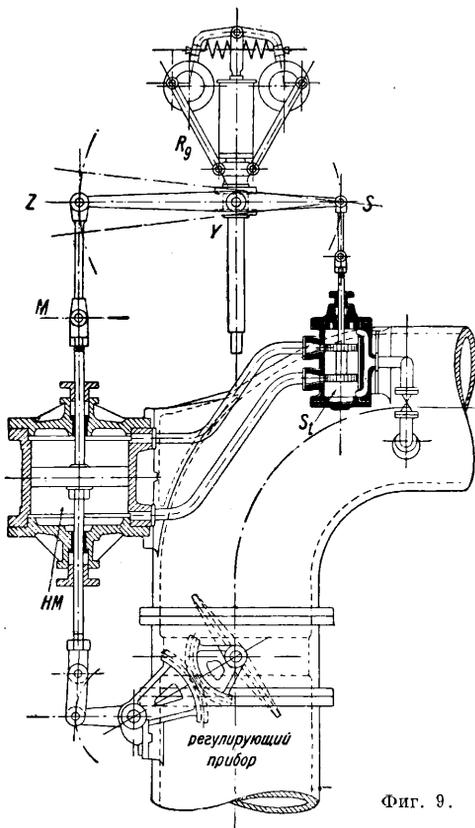
где  $n$  — число об/м. коренного вала, а  $m$  — число рабочих циклов машины в течение одного оборота (например для однокривошипной паровой машины двойного действия или тендем  $m=2$ ; для двукривошипной, с углами  $90^\circ$ , паровой машины  $m=4$ ; для одноцилиндрового четырехтактного двигателя внутреннего сгорания простого действия  $m=0,5$  и т. д.). В исследовании величины  $\alpha$  изменялись от 0 до  $6,283 (=2\pi)$  через  $30^\circ$ . Случай  $\alpha=0$  есть предельный случай столь быстроходной машины, для которой прерывный процесс тождествен с непрерывным. Не приводя здесь полного табличного материала, иллюстрируем влияние меры тихоходности  $\alpha$  на наилучший коэффициент неизохронности  $A_g$ , определявшийся для непрерывного процесса уравнением (7) с множителем перед корнем  $A=1,652$ ; при  $\alpha > 0$   $A$  возрастает и может быть определен интерполированием из следующей табл. 2.

Табл. 2. — Зависимость коэффициента  $A$  от меры тихоходности  $\alpha$ .

$\alpha$ . . . . .	0	0,1745	0,5230	1,0172	1,5708	2,0944	2,6180
$A$ . . . . .	1,652	1,685	1,742	1,813	1,836	1,892	1,307
$\alpha$ . . . . .	3,1416	3,6652	4,1883	4,7121	5,2310	5,7593	6,2832
$A$ . . . . .	1,947	2,009	2,069	2,111	2,134	2,145	2,145

Вторым, невыполняемым обыкновенно предположением является прямолинейность диаграммы вращающих моментов в ф-ии положения муфты; вследствие невыполнения этого предположения многие регуляторы при одних нагрузках работают удовлетворительно, а при других — неустойчивы.

Регулятор непрямого действия простейшего типа схематически изображен на фиг. 9. Он состоит из тахометра  $R_g$  с муфтой  $Y$ , масляного пресса (сервомотора)  $HM$  с пусковым прибором  $S_t$  (цилиндрич. золотник) и простого дроссельного регулирующего прибора, приводимого в движение от поршня масляного пресса через посредство рычага и зубчатых секторов. Новой и необходимой частью является

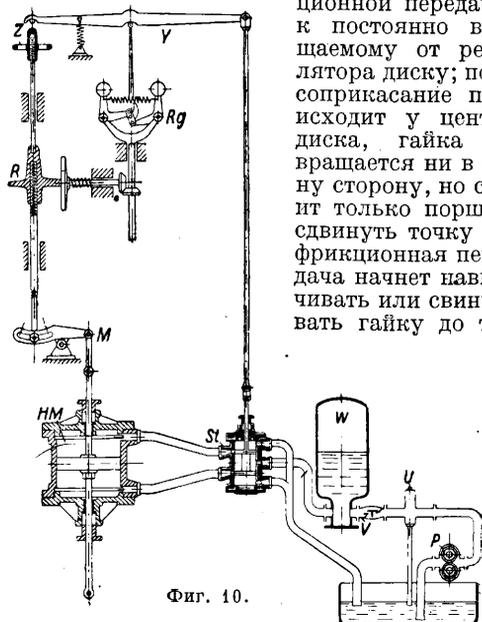


Фиг. 9.

выключатель, сочленяющий точку  $M$  пресса с пусковым прибором  $S_t$ . При повышении числа оборотов муфта  $Y$  поднимается и, пока  $M$  неподвижно, поднимает посредством рычага  $ZYS$  золотник  $S_t$ , жидкость под напором устремляется в нижнюю половину цилиндра пресса, а из верхней выпускается в атмосферу; поршень поднимается, приток напорной жидкости к двигателю закрывается дроссельным клапаном; одновременно с поднятием точек  $M$  и  $Z$  золотник закрывает приток напорной жидкости в пресс и этим предотвращает перерегулирование.

На фиг. 10 изображена схема более сложного, изодромного регулятора, причем одноименные с фиг. 9 части схемы обозначены теми же буквами; здесь показан зубчатый насос  $R$ ; подающий под давлением до 20 атм масло в резервуар с воздушным колпаком  $W$  через обратный клапан  $V$ ; через предохранительный клапан  $U$  масло возвращается в спускной

резервуар в случае, когда давление в  $W$  превзойдет определенный предел. Главным отличием изодромного регулятора является податливый выключатель; гайка  $R$  снабжена фрикционной передачей



Фиг. 10.

к постоянно вращаемому от регулятора диску; пока соприкосновение происходит у центра диска, гайка не вращается ни в одну сторону, но стоит только поршню сдвинуть точку  $M$ , фрикционная передача начнет навинчивать или свинчивать гайку до тех

пор, пока соприкосновение не будет опять на центре диска; в новом установившемся движении как золотник, так и точка  $Z$  должны возвратиться в начальное положение, значит и муфта  $Y$  должна притти тоже в начальное положение; следовательно, несмотря на статич. регулятор, равновесная угловая скорость установившегося движения при различных нагрузках двигателя будет одна и та же. Незначительные ее изменения м. б. произведены вручную посредством поворота маховичка  $Z$ .

К динамич. характеристикам регулятора прямого действия в регуляторах непрямого действия прибавляется еще время  $T_s$  закрытия прессом регулирующего прибора в ск., равное рабочему ходу поршня, деленному на максимальную скорость поршня при полном открытии золотника. Условие устойчивого процесса регулирования при жестком выключателе в случае очень быстрогоходного тахометра с ничтожно малым временем падения  $T_p$  приближенно выражается неравенством

$$AT_m > AT_s.$$

Изодромный регулятор с быстроходным тахометром всегда дает устойчивый процесс регулирования.

Лит.: Вышнеградский И. А., О регуляторах прямого действия, Известия С.-Петербургского Технологич. института, СПб, 1877; его же, О регуляторах непрямого действия, там же, 1877; Сидорова А., Плоские регуляторы быстроходных машин, М., 1895; Линен В., Расчет центробежных регуляторов, пер. с нем., СПб, 1900; Кондратьев А., Центробежные регуляторы, СПб, 1901; Никольский Е. Л., Регулирование машин, Ленинград, 1930; Жуковский Н. Е., Теория регулирования хода машин, ч. 1, М., 1909 (литогр.); Рерих К., Влияние трения на процесс регулирования центробежных регуляторов прямого действия, «Известия Екатеринбургского горного института», Екатеринбург, 1924, т. 14; его же, Влияние быстроходности двигателя на прерывный процесс регулирования, «Известия Днепропетровского горного ин-та», Днепропетровск, 1928, т. 15; Макеев В., Работа регуляторов первичных двигателей и требования, предъявляемые к ним при параллельной работе, «Тепло и сила», Москва, 1929, 3; Сонгин, Ре-

гуляторы водяных турбин Ленинградского металлического завода, там же, 1930, 8—9; Т и м е, К расчету регулятора водной турбины с механическим функционным издромом, там же, 1930, 11; T o l l e M., Regelung d. Kraftmaschinen, Berechnung u. Konstruktion d. Schwungräder des Massenausgleichs u. der Kraftmaschinenregler in elementarer Behandlung, 3 Auflage, Berlin, 1921; Н о r t, Die Entwicklung des Problems d. stetigen Kraftmaschinenregulierung nebst einem Versuche d. Theorie unstetiger Regelungsvorgänge, «Ztschr. f. Mathematik u. Physik», Lpz., 1904, p. 233—280. **Н. Верих.**

**РЕДКИЕ ЗЕМЛИ**, собирательное название весьма мало отличающихся друг от друга окислов 15 химических трехвалентных элементов, расположенных в периодической системе между барием и гафнием и несколько напоминающих по свойствам щелочные земли и глинозем. К Р. з. большинство авторов относят также окислы трехвалентных элементов четной подгруппы III группы периодической системы: скандия, иттрия и весьма недолговечного актиния—продукты радиоактивного распада тория (см. *Торий* и *Радиоактивность*), а многие—еще и окислы четырехвалентных элементов четной подгруппы IV группы: гафния, циркония и тория, так как некоторые физические и химические свойства этих элементов и их соединений обнаруживают большое сходство с вышеперечисленными элементами и так как в природе все эти элементы обычно встречаются совместно в разных взаимных сочетаниях. Особенностью собственно редкоземельных элементов (по Гольдшмидту «лантанидов») — от лантана до кассиопея (лютеция) включительно (порядковые числа от 57 до 71)—является то, что на них не распространяется свойственная остальным элементам периодической зависимости свойств от порядковых чисел; в связи с этим все 15 элементов Р. з. занимают в периодич. системе лишь одно общее для всех место в восьмом ряду (III группа). Это кажущееся отклонение от обычной закономерности объясняется особенностями строения их атомов (см. *Периодический закон*).

Физико-химич. свойства редкоземельных элементов (основные свойства их собраны в табл. 1). В элементарном виде получены (путем электролиза расплавленных хлоридов) до сих пор лишь нек-рые из них. Они представляют собой б. или м. парамаг-

Табл. 1. — Редкоземельные элементы (Р.-з. э.).

Элемент	Символ	*1	Ат. в.	Уд. в.	$t_{пл.}^{\circ}$	*2
Скандий . . .	Sc	21	45,10	—	—	—
Иттрий . . .	Y	39	88,92	4,57	1 450—	470
					1 500	
Лантан . . .	La	57	138,90	6,16	8,0	165
Церий . . .	Ce	58	140,32	6,90	623	165
Празеолим . . .	Pr	59	140,92	6,60	940	290
Неолим . . .	Nd	60	144,27	7,05	840	270
Иллиний . . .	Pr	61	(?)	—	—	—
Самарий . . .	Sm	62	150,43	7,7	1 350(?)	—
Европий . . .	Eu	63	152,0	—	—	—
Галлийний . . .	Gd	64	157,3	—	—	—
Тербий . . .	Tb	65	159,2	—	—	—
Диспрозий . . .	Dy	66	162,46	—	—	—
Гольмий . . .	Ho	67	164,5	—	—	—
Эрбий . . .	Er	68	167,31	—	—	—
Тулий . . .	Tu	69	169,1	—	—	—
Иттербий . . .	Yb	70	173,5	—	—	—
Кассиопея (Лютеций) . . .	Lu	71	175,0	—	—	—
Актиний . . .	Ac	89	(227)	—	—	—

\*1 Порядковое число. \*2 Температура воспламенения на воздухе.

нитные (за исключением лантана), относительно мягкие металлы (церий гнется, как свинец) белого или серого цвета. Все они разлагают воду при  $t_{кип.}^{\circ}$ , растворяются в к-тах и непосредственно соединяются с водородом, азотом, углеродом и кислородом, легко окисляются в сыром воздухе и довольно легко воспламеняются, причем нек-рые (напр. церий) горят с ослепительным блеском. В химич. отношении Р. з. представляют собой основания более сильные, чем глинозем, но более слабые, чем щелочные земли (выделяют однако аммиак из аммонийных солей). Наиболее сильным основанием является окись лантана (и иттрия), которая гасится водой, подобно извести; сульфат ее очень трудно разлагается при прокаливании. Дальше основные свойства Р. з. падают в последовательности La, Ce<sup>III</sup>, Pr, Nd, Y, Eu, Gd, Sm, Tb, Dy, Ho, Er, Tu, Yb, Cp, Sc, Ce<sup>IV</sup>. Сходство со щелочными землями проявляется также в том, что карбиды редкоземельных элементов (Р.-з. э.) с водой образуют преимущественно ацетилен, а не метан (как карбид алюминия). Некоторое сходство наблюдается также в отношении растворимости солей, которые Р.-з. э. образуют даже со слабыми к-тами (напр. угольной и сернистой). Все соли их в водных растворах гидролизуются очень слабо. Все Р.-з. э. в их соединениях трехвалентны; но Ce, Pr и Tb бывают и четырехвалентными, а Sm и Eu—и двувалентными. В частности при горении и прокаливании солей летучих к-т или при окислении Ce и Tb образуются окислы R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а празеолима—Fr<sub>4</sub>O<sub>7</sub> или Fr<sub>6</sub>O<sub>11</sub>. В солях бывает четырехвалентен только Ce. Все Р. з. обладают большой склонностью к взаимному образованию твердых растворов или изоморфных смесей, в которых легко маскируются более характерные специфические свойства отдельных Р. з., примером чего является например окраска смесей Р. з., не являющаяся средней арифметической окраской компонентов (обычно она сильнее). На основании наибольшего сходства все Р.-з. э. делят на две группы: цериевую (или церитовую)—La, Ce, Pr, Nd и Sm и иттриевую, охватывающую все остальные Р.-з. э. Последнюю группу делят иногда еще на тербиевую—Eu, Gd, Tb, эрбиевую—Dy, Er, Ho, Tu и иттербиевую—Yb и Cp (Lu); иттрий и скандий не включаются ни в одну из этих групп. Некоторые свойства Р. з. и других соединений Р.-з. э. приведены в табл. 2; другие аналогичные их соединения чрезвычайно сходны между собой.

Гидроксиды Р.-з. э., нерастворимые в избытке реактива, осаждаются из растворов солей едкими щелочами, аммиаком, сернистым аммоцием, органическими основаниями, цианистым калием и т. д. Более основные гидроксиды, напр. La(OH)<sub>3</sub>, притягивают на воздухе углекислоту. Все гидроксиды образуют при прокаливании окислы R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (кроме Ce, Pr и Tb, образующих высшие окислы). Карбонаты Р.-з. э. осаждаются из растворов карбонатами щелочей, но растворяются в избытке крепкого раствора реактива с образованием двойных солей. Хлориды, мало летучие, легко растворимые в воде, спирте и пиридине, кристаллизуются в виде шестиводных RCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O. При прокаливании образуют безводные соли и оксихлориды. Получают их также и сухим путем—обработкой окислов или сульфид-

Табл. 2.—Свойства окислов и солей редкоземельных элементов.

Элемент	Соединения других валентностей, кроме RIII	Окраска солей	Окраска окислов
Скандий . . . . .	—	Бесцветная	Белая
Иттрий . . . . .	—	»	»
Лантан . . . . .	—	»	»
Церий . . . . .	SeO <sub>2</sub> и соли CeX <sub>4</sub>	Закисных: бесцв. до желтов.	Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub> —белая
		Окисных: оранжев. до красн.	CeO <sub>2</sub> —оранж.
Прозеродим . . . . .	PrO <sub>2</sub> , Pr <sub>6</sub> O <sub>11</sub> , Pr <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	Зеленая	Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> —желто- зеленая PrO <sub>2</sub> —черная Фиолетово-синяя
Неодим . . . . .	—	Красн. до фиол.	—
Иллий . . . . .	—	—	—
Самарий . . . . .	SmCl <sub>2</sub>	Бледножелтая	Желтая
Европий . . . . .	EuCl <sub>2</sub>	Бледнорозовая	Розовая
Гадолиний . . . . .	—	Бесцветная	Белая
Тербий . . . . .	TbO <sub>2</sub>	—	Tb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> —белая TbO <sub>2</sub> —бурая (окрашивает редкоземли в желтый цвет)
Диспрозий . . . . .	—	Светлозеленая или желтая	Белая
Гольмий . . . . .	—	Желт. или оранжев.	Светложелтая
Эрбий . . . . .	—	Темпурозовая	Розовая
Тулий . . . . .	—	Голуб.-зелен.	Зеленоватая
Иттербий . . . . .	—	Бесцветная	Белая
Кассиопей . . . . .	—	»	»

дов хлорирующими газами. Из расплавленных безводных хлоридов путем электролиза получают свободные металлы. Нитраты Р.-з. э. все легко растворимы; кристаллизуются с 3—6 молекулами воды; при прокаливании образуют основные соли, частично растворимые в воде (иттриевая группа). Известно много двойных солей, напр. с аммонием, магнием и марганцем (цериевая группа); соответствующие соединения иттриевой группы кристаллизуются очень трудно. Сульфаты Р.-з. э. наиболее изучены; они получают при обработке серной к-той окислов (при высоких  $t^{\circ}$ ), карбонатов, нитратов и других солей; кристаллизуются при обычных условиях с 5, 8 и 9 молекулами воды. Растворимость их растет в направлении ряда La, Gd, Sm, Nd, Y, Ce, Pr, Er, Yb, Sc и падает при повышении  $t^{\circ}$ . Известны также кислые соли R(HSO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>. Двойные соли со щелочами хорошо кристаллизуются, как и соответствующие сульфаты. Сульфиды получают легче всего путем нагревания безводных сульфатов в токе сероводорода; растворяются в кислотах; сухой хлор превращает их в безводные хлориды; вода гидролизует. Оксалаты трудно растворимы в воде, в разбавленных кислотах и в избытке щавелевой к-ты; кристаллизуются с 7, 8, 9, 11 и 15, а чаще всего с 10 молекулами воды; кислые соли неизвестны; церитовые соли слабо растворимы в горячем концентр. растворе щавелевокислого аммония. Ацетаты цериевой группы растворимы в воде, иттриевые растворяются труднее. Формиаты иттриевой группы легче растворимы, чем цериевой. Флюориды (фториды), фосфаты и бораты мало растворимы в воде.

Важнейшие отличительные свойства отдельных Р.-з. э. Лантан образует при дробных кристаллизациях наиболее труднорастворимую фракцию; его окись является самым сильным основанием из всех Р. з. Осажденная аммиаком коллоидная гидроокись La образует с элементарным подом адсорбционное соединение синего цве-

та, напоминающее по свойствам таковое же для крахмала. Церий отличается от всех других Р.-з. э. тем, что он образует на воздухе весьма стабильную желто-оранжевую двуокись CeO<sub>2</sub> и соли Ce<sup>IV</sup>, а с перекисью водорода—бурый гидрат перекиси: соли Ce<sup>IV</sup> на воздухе постоянны, но гидроокись быстро окисляется до CeO<sub>2</sub>. Путем восстановления последней углем получен карбид CeC, превращающийся в токе азота в нитрид CeN<sub>2</sub>. При нагревании CeO<sub>2</sub> с серной кислотой образуется желтый сульфат Ce(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>; при нагревании с HCl выделяется хлор, а церий восстанавливается. Соли Ce<sup>IV</sup> мало постоянны и легко гидролизуются. Сульфат обнаруживает большую склонность к образованию двойных и комплексных солей. Хлорид CeCl<sub>4</sub> и оксихлорид CeOCl<sub>2</sub> образуются с трудом и мало постоянны. Наиболее постоянными являются двойные нитраты со щелочами. Празеродим образует окись PrO<sub>2</sub> черного цвета, а также сложный черно-бурый окисел Pr<sub>6</sub>O<sub>11</sub> или Pr<sub>4</sub>O<sub>7</sub>. Соли Pr<sup>IV</sup> неизвестны. Празеродим является помимо церия и лантана главной составной частью Р. з. из монацитов. Самарий удобнее всего извлекается из монацита самарскита; гольмий и тулий—еще почти совсем не изученные элементы. Скандий (предсказанный Менделеевым экабор) наименее основной из всех Р.-з. э. Его соли обнаруживают большую склонность к образованию очень стабильных комплексов. По свойствам соединения Sc напоминают соединения тория и циркония. Известен термостойкий карбид ScC, плавящийся при 2 900° К.

Определение отдельных Р.-з. э. представляет собой одну из сложных задач аналитической химии. Качественные реакции и методы количественного химич. определения существуют только для Се: оранжево-бурая окраска соединений перекиси церия образуется например при добавлении к раствору перекиси водорода и аммиака; для количественного определения Се раствор соли окисляют персульфатом аммония и титруют перекисью водорода. Для определения суммы Р.-з. э. пользуются методами, применяемыми при извлечении их из руд (см. ниже). Для контроля процесса фракционирования и для определения состава смеси их пользуются методом определения среднего эквивалентного или среднего ат. веса смеси. Для этого определенное количество вещества взвешивают в виде окислов, а затем например в виде сульфатов; из этих двух взвешиваний определяют средний ат. вес. Указанный метод весьма неточен и почти совершенно вытеснен привоимыми ниже физич. методами. Спектральный анализ—одно из важнейших средств для определения отдельных Р.-з. э. Важнейшим из этой группы является метод абсорбционного спектра, основанный на том, что белый свет, прошедший через слой раствора или отраженный от поверхности твердых соединений, окрашенных Р.-з. э. (Pr, Nd, Sm, Eu, Ho, Tu, Dy, Er), обнаруживает характерные для них абсорбционные полосы. Этот метод очень чувствителен и применим даже для целей минералогических работ: при рассмотрении солнечного света, отраженного от скал, в простой карманный спектроскоп можно легко обнаружить содержание окрашенных Р.-з. э. Эмиссионный спектр может применяться для определения не только окрашенных, но и всех вообще земель. Различают пламенный дуговой и искровой спектры, отличающиеся по способу возбуждения эмиссионного спектра: введением исследуемого вещества в пламя бузновской горелки (устаревший способ), вольтовую дугу или в искровой пространство индуктора. В истории открытия Р.-з. э. сыграла важную роль еще натодный и особенно рентгеновский спектры. Для определения Р.-з. э. применяются и магнитометрич. способ, основанный на различной магнитной проницаемости отдельных Р. з.

Распространение их в природе Р.-з. э. не вполне оправдывает их названия. Некоторые из них более распространены, чем многие хорошо известные в обиходе металлы (серебро, ртуть, сурьма). В табл. 3 приводятся цифровые данные о распространении Р.-з. э.

Табл. 3.—Среднее содержание редкоземельных элементов в земной коре.

Элемент	Содержание	Элемент	Содержание	Элемент	Содержание
Sc*	7,5·10 <sup>-7</sup>	Il	(?)	Ho	1,0·10 <sup>-6</sup>
Y	5,5·10 <sup>-6</sup>	Sm	6,0·10 <sup>-6</sup>	Er	5,0·10 <sup>-6</sup>
La	6,0·10 <sup>-6</sup>	Eu	2,0·10 <sup>-7</sup>	Tu	1,0·10 <sup>-6</sup>
Ce	2,7·10 <sup>-5</sup>	Gd	6,0·10 <sup>-6</sup>	Yb	6,0·10 <sup>-6</sup>
Pr	1,0·10 <sup>-6</sup>	Tb	1,0·10 <sup>-6</sup>	Sr	1,4·10 <sup>-6</sup>
Nd	1,7·10 <sup>-6</sup>	Dy	0,6·10 <sup>-6</sup>		

\* По определению Ноддака распространность Sc определяется цифрой 6·10<sup>-6</sup>.

в земной коре (по Бергу). Это распространение характеризуется в первую очередь тем, что в минералах Р.-з. э. всегда встречаются большими группами, причем количественное соотношение отдельных элементов не является постоянным. Исключение составляет Sc, самостоятельно образующий минерал тортивентит. Спутниками Р.-з. э. в минералах являются часто (кроме более распространенных элементов) торий, цирконий, титан, тантал, ниобий, бериллий, а также рений и мазурий. Специфич. минералы Р. з. скопились в весьма немногочисленных областях земного шара, из которых важнейшие: Скандинавия (преобладает иттриевая группа); Кольский полуостров (Хибинские и Ловозерские тундры; преобладает цериевая группа); Урал (Кыштымский округ—монацит); Забайкалье, Бразилия, Индия (Траваншюр); Ю. Африка, Мадагаскар, Австралия, Цейлон, Малайский полу-в и штаты Каролина, Вирджиния, Техас и Колорадо в С. Америке. Первые месторождения приурочены часто к кристаллич. сланцам и магматическим породам, в частности к гнейсам и гранитам (пегматиты), а вторичные—к аллювиальным пескам (монацитовые россыпи в США и Бразилии). Специфич. редкоземельных минералов известно очень много, но большинство из них представляет минералогич. редкости и лишь немногие имеют промышленное значение. Характерно, что состав этих минералов весьма сложен и трудно поддается выражению химич. формулой; благодаря изоморфизму Р.-з. э. весьма легко и в широких пределах замещают друг друга, т. е. каждый минералогич. вид является носителем целой группы элементов и притом в меняющихся соотношениях. Состав минералов весьма сложен и трудно поддается определению. Важнейшие минералы следующие: а) С преобладанием скандия—тортивентит, силикат скандия  $Sc_2O_3 \cdot SiO_2$ ; б) С преобладанием земель цериевой группы—церит, сложный водный силикат, содержащий 60—70% церитовых земель (La, Nd, Pr, Ce), имел промышленное значение (Скандинавия); ортит, или аллантит, сложный водный алюмосиликат кальция, содержащий 15—30% Р. з., а кроме того бериллий и торий; может иметь промышленное значение; монацит  $CePO_4$ —фосфат, содержащий 60% цериевых (Ce, Nd, Pr, La) и 3—4% иттриевых земель, а также до 5% окиси тория,—важнейший промышленный источник Р. з.; энигит, сложный ниобат, содержащий 20—25% Р. з.; паризит  $CaSe_2F_2(CO_3)_2$ , фторокарбонат кальция и Р. з.; кордлит, аналогичный фторокарбонат с Ва взамен Са; бестнезит  $CeFeO_3$ , фторокарбонат Р. з.; найден на Урале, в Швеции, на Мадагаскаре; тантанит  $La_2(CO_3)_3 \cdot 8H_2O$ , водный карбонат Р. з.; ринколит и ловчорит, сложные титаносиликаты из группы монадрита, содержания 15—18% Р. з., найденные впервые в Хибинской тундре. Промышленное значение могут иметь Р. з., содержащиеся в хибинских апатитах (0,5—1,0%), в случае переработки их мокрым путем (при производстве суперфосфата Р. з. остаются в продукте). в) С преобладанием земель иттриевой группы: гадолинит  $2FeO \cdot FeO \cdot Y_2O_3 \cdot 2SiO_2$ , силикат, содержащий 40—50% иттриевых и 5—15% цериевых земель, а также Fe и В; ксенотим  $YbPO_4$ , фосфат, содержащий 60—65% иттриевых земель, а также Th и U; эвксенит, сложный титано-ниобат, содержащий 20—30% иттриевых земель, а также Ta, U, Zr, Th; фергусонит и самарскит, очень редкие минералы аналогичного состава; второй из них содержит также часто W и редкие щелочные металлы Rb, Cs; иттриалит  $Y_2O_3 \cdot 3SiO_2$ , силикат, содержащий 45% Р. з.; иттриотанталит, сложного состава, содержит 18% Р. з. и 45% окиси тантала.

Извлечение Р.-з. э. из минералов и отделение друг от друга. Для извлечения Р. з. из минералов последние разлагают к-тами соляной (некоторые силикаты) или серной (фосфаты) при высоких  $t^\circ$  или же сплавляют их с бисульфатами (ти-

танаты, ниобаты, танталаты). В лабораторной практике пользуются иногда плавниковой кислотой. Из получаемого раствора после удаления тяжелых металлов осаждают Р. з. большим избытком щавелевой кислоты в виде оксалатов, которые легко можно превратить в любые другие соли. Точных методов отделения всех Р. з. друг от друга вследствие их необычайного сходства не имеется. Для разделения солей редкоземельных элементов пользуются различиями в их растворимости или же небольшими различиями в степени щелочности отдельных Р. з.: их многократно подвергают фракционным процессам кристаллизации, осаждения, растворения, разложения путем нагревания и электролиза. В процессах фракционировки Р.-з. э. распределяются обычно (за небольшими исключениями) в последовательности их порядковых чисел; только иттрий располагается между гольмием и эрбием. Пользуясь разницей в растворимости двойных щелочных сульфатов в насыщенном растворе сернистого натрия, можно все Р.-з. э. грубо разделить на три группы: наименее растворимую—цериевую со скандием, среднюю—тербиевую и легко растворимую—все остальные Р. з. Из цериевой группы легко можно выделить церий после окисления его до перехода в  $Ce^{IV}$ . Для дальнейшего разделения путем дробной кристаллизации пользуются самыми разнообразными соединениями, из которых важнейшие: двойные нитраты с аммонием, магнием и таллием, двойные щелочные сульфаты, карбонаты, нитраты, броматы и этилсульфаты. При дробном осаждении аммиаком осаждаются сначала наименее щелочные Р. з.; при осторожном нагревании смеси солей также раньше всего разлагаются—с образованием свободных оксидов или основных солей—соединения наименее основных Р. з. В той же последовательности выделяются при электролизе гидроокиси на катоде. Для получения химически чистых солей приходится комбинировать несколько различных методов.

Применение Р. э. Основным промышленным источником Р. з. является в настоящее время монацит (см.). До войны 1914 г. производство калильных сеток потребляло в год ок. 3 000 т монацита, получая из него около 300 т азотнокислого тория; в качестве отброса оставалось около 2 000 т Р. з., в том числе 800 т окиси церия (остаток окисей La, Nd, Pr, мало Sm, Gd, Y и эрбиевых). Этим объясняется то усердие, с которым искали применения для этого продукта. В производстве газокалильных сеток к азотнокислому торью теперь примешивают ок. 1% Се; эта прибавка имеет целью качественное и количественное повышение светового излучения раскаленной окиси тория. Применяемые в этом случае соединения Се д. б. свободны от окрашенных Р. з. На тех же световых свойствах Се основано применение его фтористой соли в фитилях дуговых углей. Третьим по важности применением Р. з. являются пиррофорные сплавы (см. Пиррофорные металлы). Исходным продуктом для них является смесь церитовых металлов, т. н. м и ш м е т а л л, получаемый электролизом соответствующей смеси хлоридов. Существует кроме этого много патентов и предложений на применение Р. з. вообще и в частности цериевых, но большинство из них не оправдалось на практике, напр. предложено применение Р. з. для окраски стекла и керамики, а также для уменьшения прозрачности стекла в отношении инфракрасных лучей. Благодаря легкой окисляемости всех металлов Р. з., а для церия благодаря легкости перехода  $Ce^{III} \rightarrow Ce^{IV}$ , имелся ряд предложений к применению их в химич. промышленности, напр. окись  $CeO_2$  предлагалась как катализатор при производстве серной кислоты и других окислительных процессах. Благодаря тому что переход  $Ce^{III} \rightarrow Ce^{IV}$  ускоряется на свету, предложено было использовать соответствующие соединения его в фотографии. Небольшое количество соединений Р.-з. э. применяется в сельском х-ве в качестве инсекто-фунгицидов, а также в текстильной промышленности в качестве протравы и в медицине.

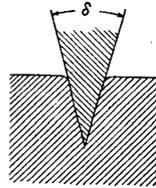
Лит.: Браунер Б., Элементы редких земель, в книге Менделеев Д., Основы химии, 9 изд., т. 2, стр. 315—327, М.—Л., 1928; Урбан Ж., Редкие земли, там же, стр. 631—671; Меншуткин Б. Н., Курс общей (неорганической) химии, М.—Л., 1931; Хевеши Г., Редкие земли с точки зрения строения атома, пер. с нем., Л., 1929; Годовой обзор минеральных ресурсов СССР за 1925/26 г., Л., 1927, стр. 575—580; то же за 1926/27 г., Л., 1928, стр. 900—904; «НИИ», 1927, т. 2, стр. 457—480; Шеллер В. Р. и Поуэли А. Р., Анализ минералов и руд, содержащих редкие элементы, Л., 1928; Мур Р., Химич. анализ редких технич. металлов, пер. с англ., Л., 1931; Бетгер В., Качественный анализ редких элементов, пер. с нем., М.—Л., 1931; Орлов Н. А., Об элементах редких земель, «Ж», 1928, т. 60, вып. 3; Алимарин И. П., Зильберманц В. А., Книпович Ю. Н. и Кузнецова Е. А., Редкоземельные минералы Кыштымской дачи, «Труды Ин-та прикл. минералогии», М., 1930, вып. 44; Зильберманц В. А., Вторичное месторождение церитовых минералов в Кыштымском округе, «МС», 1928, 5, стр. 358; Черник Г. П., Анализ сплюснскою ортита, «ГЖ», 1927, 11, стр. 684—687; Боншэрт Э. М., О новых минералах группы мозандрита из Хибинских тундр, «Изв. Акад. наук», Л., 1926, стр. 1187; Старинкевич-Борнеман И. Д., Содержание редких земель в апатитах, стр. 39—41, Л., 1924; Ферсман А. Е., К вопросу о содержании редких земель в апатитах, там же, стр. 42—45; Матвеев К. К., Борщовочные месторождения монацитов, «Матер. для изучения естеств. производ. сил СССР», 1926, вып. 58; Böhm C., Die Darstellung d. seltenen Erden, Lpz., 1905; Johnstone D. J., The Rare Earth Industry, 2 ed., L., 1918; Böhm C., Die Fabrikation der Glühkörper f. Gasglühlicht, Halle a/S., 1910; Ridišüle A., Nachweis, Bestimmung u. Trennung d. chemischen Elemente, B. 6, Abt. 2, p. 1034—1048, Berlin, 1923; Abegg R., Handbuch d. anorganischen Chemie, B. 3, Abt. 1, p. 129—361, Leipzig, 1906; Neumann B., Ergänzungswerk zu Musprats enzyklopädischen Handbuch d. technischen Chemie, B. 2, Hälfte 2, p. 1102—1130, Braunschweig, 1927; Meyer R. J., Bibliographie der seltenen Erden, Hamburg, 1905; Kellerman H., Die Ceritmetalle u. ihre pyrophoren Legierungen, Monographien über chem.-technische Fabrikationsmethoden, herausgegeben von L. Wohlgemuth, B. 27, Halle a/S., 1912; Meyer R. u. Hauser O., Die Analyse d. seltenen Erden u. der Erdsäuren, Chemische Analyse, hrsg. v. B. Margosches, B. 14—15, Stg., 1912; Panajeff J., Verhalten d. wichtigsten seltenen Erden zu Reagenzien, Halle a/S., 1910; Spencer J. F., The Metals of the Rare Earths, L., 1919; Levy S., The Rare Earths, L., 1924; Böhm C. R., Die Verwendung d. seltenen Erden, Lpz., 1913; Mellor J. W., A Comprehensive Treatise on Inorganic Chemistry, v. 5, p. 494—709, L., 1924; Ullm. Enz., 2 Aufl., B. 4, p. 439—465, B. 3, p. 164—181; Gmelin-Krätzel, Handbuch d. anorganischen Chemie, 7 Aufl., B. 6, Abt. 4, Heidelberg, 1928, p. 334 u. ff., B. 6, Abt. 2, 1928—29; Thorpe E., A Dictionary of Applied Chemistry, v. 2, 139—147, L., 1927; Hopkins S., Chemistry of the Rarer Elements, p. 92—113, N. Y., 1923; Brownling P. E., Introduction to the Rarer Elements, p. 35—82, 4 ed., N. Y., 1917; Noyes A. A. a. Brau W. C., A System of Qualitative Analysis for the Rarer Elements, N. Y., 1927; Truchot P., Les terres rares, P., 1928; Herzfeld J. u. Korn O., Chemie d. seltenen Erden, B., 1901. **Е. Кронман.**

**РЕДУКЦИОННЫЙ КЛАПАН**, сложная деталь, включаемая в находящийся под давлением трубопровод с целью понижения давления и поддержания его на постоянном уровне в трубопроводе на выходной стороне Р. к. вне зависимости от колебаний давления на входной стороне его (см. *Автогенная сварка и Клапаны*).

**РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ**, орудия, применяемые для разделения материала или отделения от него стружек путем *резания* (см.). Рабочей частью всякого Р. и. является клиновидное острие, боковые грани к-рого и производят работу разделения частиц обрабатываемого материала. В соответствии с тремя основными типами резания вся обширная группа Р. и. может быть разбита на следующие три отдела: 1) разрезающего Р. и., 2) срезывающего Р. и. и 3) стружкоснимающего Р. и.

Отличительной чертой разрезающего Р. и. является направление рабочего движения приблизительно по равноделяющей угла  $\delta$  клина острия (фиг. 1), следствием чего явля-

ется б. или м. равномерная нагрузка обеих режущих граней, обуславливающая легкое сохранение Р. и. этого рода раз принятого направления резания. Основным типом такого Р. и. являются ножи, причем они м. б. разделены по форме лезвия в плоскости, перпен-



Фиг. 1.

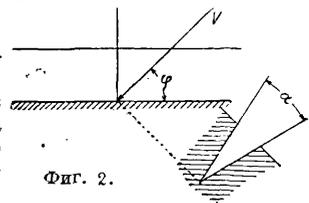
дикулярной к направлению резания на прямые ножи и фасонные; первые при прямолинейном поступательном движении режут по плоскости, вторые вырезают призму с основанием, соответствующим форме лезвия. Прямые ножи применяют как в виде ручных инструментов при бесчисленном ряде работ в домашнем обиходе и в пром-сти, так и в форме механически приводимых в движение ножей для обрезания бумаги, резки табака, разрезания сырого каучука и т. п. Сопротивление резания при разрезании данного материала зависит в сильной степени от угла резания  $\alpha$ , т. е. от угла клина острия в направлении резания, и от состояния режущих граней. Уменьшение угла клина острия, или угла заострения  $\delta$  и гладкости граней влекут за собой уменьшение сопротивления резания; с другой стороны, уменьшение угла  $\delta$  приводит к малой сопротивляемости самого острия, вследствие чего появляются зазубрины и выбоины, которые ведут к повышению работы резания и нарушению гладкости полученной поверхности разреза. Одним из способов уменьшения угла резания  $\alpha$  (фиг. 2) при неизменном угле заострения  $\delta$  является наклонение направления резания  $V$  под нек-рым острым углом  $\varphi$  к острию—т. н. тьян у тый разрез. При этом углы  $\alpha$ ,  $\delta$  и  $\varphi$  связаны следующей зависимостью:

$$\text{tg } \alpha = \text{tg } \delta \cdot \sin \varphi.$$

Из сказанного ясно, что величина угла заострения определяется компромиссом между уменьшением сопротивления резания и увеличением срока службы острия до переточки. Нек-рые выработанные на практике значения угла  $\delta$  для различных ножей приведены ниже:

Бритвы . . . . .	15°	Рубаночные железки для шерхебелей . . . . .	40—45°
Скальпели . . . . .	12—15°	Одиночные железки для дерева:	
Ланцеты . . . . .	10°	Мягкого . . . . .	30—35°
Крупные скальпели и хрящевые ножи . . . . .	20—25°	Твердого . . . . .	35—40°
Перочинные ножи . . . . .	15—20°	Двойные железки для дерева:	
Саложные ножи . . . . .	20—25°	Мягкого . . . . .	20—25°
Стамески для резчиков . . . . .	18—20°	Твердого . . . . .	25—30°
Стамески столярные для дерева:		Двойные шпихтованные железки . . . . .	18—20°
Мягкого . . . . .	30—35°	Топоры . . . . .	35—45°
Твердого . . . . .	40—45°		

Р. и. срезывающего типа отличается наличием непременно двух режущих кромок, двигающихся навстречу в одной общей поверхности, так наз. поверхности среза *A-B* (фиг. 3). В зависимости от формы этой поверхности различают Р. и. с плоской поверхностью среза—*ножницы* (см.) и с фасонной—*вырубные штампы* (см.). Дальнейшее разде-

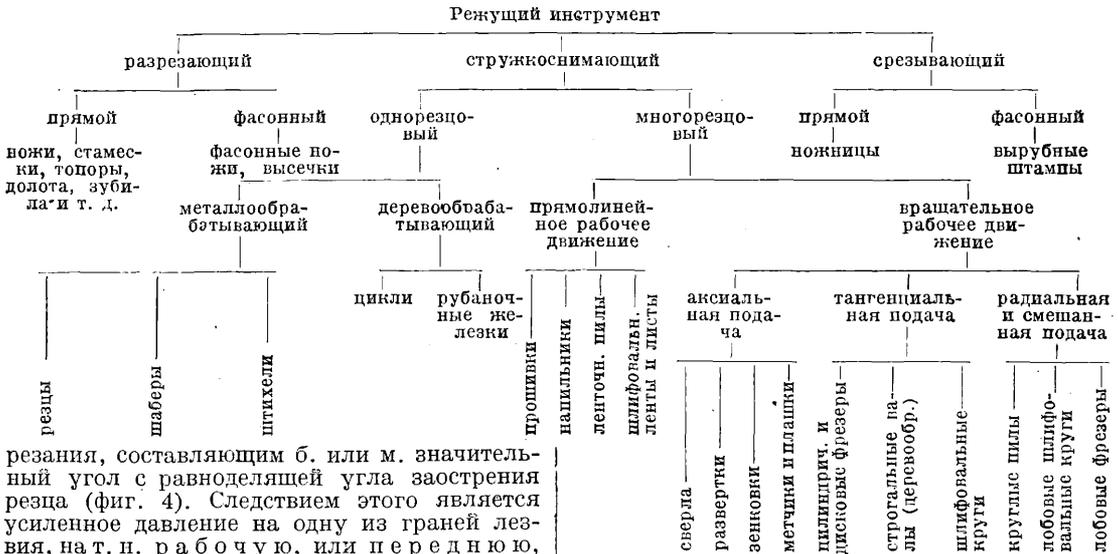


Фиг. 2.

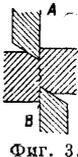
ление этой группы ведется по роду обрабатываемого материала, способу привода и производственным признакам.

Наиболее обширную группу представляют собой стругкоснымающие Р. и.; этот род обработки характеризуется направлением

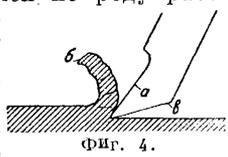
к р у г и (см. Шлифовка); в разряд Р. и. с радиальной или смешанной подачей д. б. отнесены часть фрезеров (гл. обр. лобовые и торцевые) и циркулярные пилы (см. ниже). Т. о. классификация Р. и. может быть представлена в виде следующей схемы.



резания, составляющим б. или м. значительный угол с равноделяющей угла заострения резака (фиг. 4). Следствием этого является усиленное давление на одну из граней лезвия, на т. н. рабочую, или переднюю, грань а, вызывающее отделение и отведение в сторону слоя обрабатываемого материала—стружки б. Задняя, или затылочная, грань в прижимается этим давлением к уже обработанной поверхности, служащей ей так. обр. как бы опорой. По количеству отдельных лезвий, находящихся одновременно или последовательно в работе, Р. и. этого рода разделяется на однорезцовый и многолезцовый. Однорезцовый Р. и. может быть далее разделен по роду обрабатываемого материала на металлообрабатывающий и деревообрабатывающий; к первому роду принадлежат *резцы* (см.) токарные, строгальные и долбежные, *шаберы* и *штихели*; ко второму—рубаночные железки, до некоторой степени стамески и *цикли* (см. *Столярное дело*). Многолезцовый Р. и. может быть разделен по роду рабочего движения на Р. и. с прямолинейным и круговым рабочим движением; к первому относятся пилы (за исключением круглых), *прошивки* (см.), *напильники* (см.) и *шлифовальные ленты* и *листы* (см. *Шлифовка* и *Абразивные материалы*). Многолезцовые Р. и. могут быть далее подразделены по роду движения подачи на Р. и.: 1) с осевой, или аксиальной, подачей, 2) с преимущественно тангенциальной и 3) с радиальной или смешанной радиально-тангенциальной подачей. Первый тип многолезцового вращательного Р. и. объединяет собой гл. обр. инструменты для получения и дальнейшей обработки отверстий—*сверла* (см.), *зенкеры* и *раззенковки* (см.), *развертки* (см.)—и винторезный инструмент: *метчики* (см.) и *плашки* (см.). К Р. и. с преимущественно тангенциальной подачей относятся цилиндрические и дисковые *фрезеры* (см.) и *шлифовальные*



Фиг. 3.



Фиг. 4.

Лит.: Гавриленко А., Технология металлов, т. 4, М., 1925; Левитский С. Н., Васильев Г. В. и Терехов А. А., Производство режущего инструмента, ч. 1, 2 и 3, М.—Л., 1931—32; Гиплер В., Токарное дело, пер. с нем., М.—Л., 1926; Режущий инструмент, Труды О-ва германских инженеров-производственников, пер. с нем., М., 1927; Левин И., Резцы, М., 1926; Киммельман Д. Н. и Черепанов С. И., Инструментальное дело, М.—Л., 1932; Прегер Е., Обработка металлов, ч. 3, М., 1929; Шухарт и Шютте, Справочник металлста, пер. с нем., М.—Л., 1927; Соколов М. А., Инструментальное дело, 2 изд., Л., 1926; Спача А. Г., Инструментальное дело, М., 1928; Халльстрем У., Инструментальное дело, пер. с шведского, ч. 1, М.—Л., 1927; Hippler W., Die Dreherei u. ihre Werkzeuge, 3 Aufl., В., 1923; Hü l l e Fr. W., Die Grundzüge der Werkzeugmaschinen, und der Metallbearbeitung, В. 1, 6 Aufl., В., 1928, В. 2, 4 Aufl., В., 1926; Schuchardt u. Schütte, Technisches Hilfsbuch, 7 Aufl., В., 1928; Simon E., Die Schneidstähle, 3 Aufl., В., 1929; Colvin F. H., Die Stanley F. A., American Machinist's Handbook, N. Y., 1912; De Leeuw A. L., Metal Cutting Tools, N. Y., 1922; Oberg E., Handbook of Small Tools Machinery's Encyclopedia, v. 1—7, N. Y., 1917—25; «Werkstattstechnik», В.; «Werkzeugmaschine», В.; «Maschinenbau», В.; «Machine Moderne», P.; «Machinery», L.—N. Y.; «American Machinist», L.; «Transactions of American Society of Mechanical Engineers», Sect. Shop Practice; «Transactions of American Society of Steel Treating», Cleveland, Ohio, USA; Berichte des Versuchsfeldes f. Werkzeugmaschinen an d. Technischen Hochschule Berlin. В.; Ausgewählte Arbeiten des Lehrstuhles f. Betriebswissenschaften in Dresden. В.; Berichte über betriebswissenschaftliche Arbeiten, hrsg. v. Zeitschrift d. VDI, В.; Werkstattbücher, hrsg. v. E. Simon, В.; Collection des publications mécaniques, P.; Spanabhebende Werkzeuge f. die Metallbearbeitung und ihre Hilfseinrichtungen, Schriften der Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure, herausgegeben von J. Reindl, В. 3, Berlin, 1925.

Л. Павлушков.

**Пилы**, многолезцовый Р. и., с прямолинейным или круговым рабочим движением, с подачей б. или м. перпендикулярной к рабочему движению, прировненный для прорезания узких глубоких пропеллов и применяемый главным образом для отрезания частей или разделения на куски обрабатываемого материала. По роду рабочего движения различают: 1) *циркулярные*, или *круговые*, пилы с вращательным рабочим движением, 2) *рамные*, или *станковые* (лучковые), пилы с переменновозвратным прямолиней-

ным движением и 3) ленточные пилы с постоянным (по направлению) прямолинейным движением резания.

А. Пилы для металла. Пилы для холодной распиловки металла. Процесс снятия стружки зубьями круговой пилы изображен на фиг. 5; он подчиняется тем же законам резания, как и рабочие процессы прочих Р. и., и для возможности правильной и экономичной работы зубья пил д. б. выполнены с основными элементами соответственно частному случаю условий работы данной пилы. Углы острия: передний  $\gamma$  (фиг. 6), затылочный  $\alpha$  и угол заострения  $\beta$  зависят от рода распиливаемого материала; их значения приведены в табл. 1.

Табл. 1.— Величины углов острия пильных зубьев для холодной распиловки металлов (в °).

Обрабатываемый материал	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$
Медь, очень мягкая сталь . . . . .	25—28	7—10	68—63
Сталь крепостью { до 50 . . . . .	18—22	6—8	64—62
{ до 75 . . . . .	15—20	5—7	68—64
{ > 75 . . . . .	10—15	5—7	73—68
Легированные стали . . . . .	10—15	5—6	71—70
Латунь и бронза . . . . .	0—8	5—6	84—77

Т. к. пила принадлежит к числу Р. и. с затрудненным сходом стружки с резца, то размер выемки зуба д. б. достаточным для вмещения всей стружки, образовавшейся за один проход пилы через распиливаемый предмет. В пилах для металла этому условию удовлетворяют зубья с глубиной зуба, равной  $0,3—0,35 t$  ( $t$ —шаг пилы). Шаг подчинен тому условию, чтобы в работе одновременно находилось не менее двух зубьев. Числа зубьев малых круговых пил для металла по нормам герм. пром-сти приведены в табл. 2.

Табл. 2.— Характеристика малых круговых пил для холодной распиловки металлов (размеры в мм).

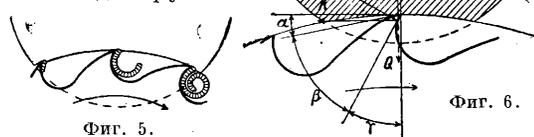
Наружный диам.	Диам. отверстия .	Числа зубьев для толщины								
		1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6
50	13	40	38	36	34	32	30	—	—	—
60	13	41	42	40	38	33	34	—	—	—
80	22	54	52	48	46	44	40	—	—	—
100	22; 27	64	60	57	54	52	48	—	—	—
125	27	—	72	68	61	60	56	—	—	—
150	32	—	84	78	71	68	64	53	—	—
175	32	—	—	88	84	78	72	64	—	—
200	32	—	—	104	96	88	80	72	64	—
225	40	—	—	112	104	96	88	80	72	—
250	40	—	—	124	112	104	96	88	80	—
300	50	—	—	—	136	124	112	104	93	88

В целях уменьшения трения диска или полотна пилы о стенки пропила, пилы обычно делают с утолщенной режущей кромкой

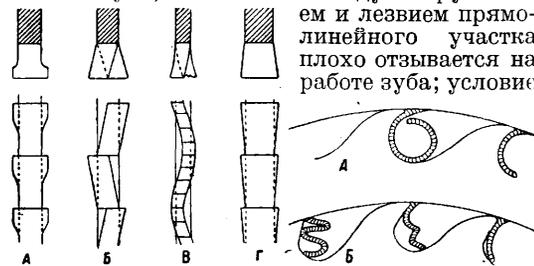
Табл. 3.— Размеры (в мм) круговых пил для холодной распиловки металлов с осаживаемыми зубьями.

Диам. пилы . . . . .	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1 000
Ширина пропила . . . . .	4	4,5	5,25	5,5	6	6,5	7	7	7,5	8	8,5	9	9	10	10,5—11
Толщина листа . . . . .	3	3,5	4	4	4	4,5	5	5	5,5	6	6,5	7	7	7,5	8
Шаг зубьев . . . . .	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	9	10	10	10	12

зубьев. Уширение это образуется осаживанием края зубьев (фиг. 7, А), разводкой зубьев (фиг. 7, Б), волнообразным изгибом рабочего края полотна (фиг. 7, В), сужением полотна (фиг. 7, Г). Кроме указанных мероприятий для облегчения схода стружки



с зуба необходимо, чтобы передняя грань лезвия зуба имела форму, обеспечивающую правильное закругление стружки. На фиг. 8, А изображена правильная, а на фиг. 8, Б неправильная форма передней грани; закругление передней грани должно начинаться от самого лезвия зуба; включение между закруглением и лезвием прямолинейного участка плохо отзывается на работе зуба; условие



это будет удовлетворено, если радиус закругления  $r$  вычислим из ур-ня

$$r = \frac{h}{1 + \cos \beta}$$

где  $h$ —глубина впадины зуба. Размеры круговых пил с осаживаемыми зубьями приведены в табл. 3. Размеры круговых пил с разведенными зубьями приведены в табл. 4.

Табл. 4.— Размеры (в мм) круговых пил для холодной распиловки металлов с разведенными зубьями.

Диам. пилы	Ширина пропила	Толщ. диска	Шаг зубьев	Диам. пилы	Ширина пропила	Толщ. диска	Шаг зубьев
300	4—4,5	3	7	800	10—10,5	6,5	13
350	4,5	3,5	7	850	11—12	7	15
400	5,5	4	8	900	11—12	8	15
450	6—6,5	4	8	950	11—12	8	16
500	6,25—7	5	9	1 000	11—12	8	18
550	6,5—7	5	9	1 100	13—13,5	9	20
600	7,5—8	5,5	10	1 200	13,5—14	9	22
650	7,5—8	6	11	1 300	14—15	10	24
700	8—8,5	6,5	12	1 400	14—15	10	24
750	8,5—9	6,5	12				

Размеры круговых пил с утоненным к центру (сошлифованным) диском см. табл. 5.

Табл. 5.—Размеры круговых пил для холодной распиловки металлов с утонченным диском (в мм).

Диам. пилы	Ширина пропила	Шаг зубьев	Диам. пилы	Ширина пропила	Шаг зубьев
300	3	7	830	6,5	13
350	3,5	7	850	7	15
400	4	8	900	8	15
450	4	8	950	8	16
500	5	9	1 000	8	18
550	5	9	1 100	9	20
600	5,5	10	1 200	9	22
650	6	11	1 300	10	24
700	6,5	12	1 400	10	24
750	6,5	12			

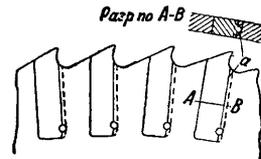
Круговые пилы для холодной резки металла изготовляют из углеродистой стали с небольшой примесью хрома, необходимой вследствие того, что пилы должны закаливаться в масле, т. к. при закалке в воде их слишком сильно ведет. Для ослабления коробления закалку производят, зажимая пилу между двумя железными плитами, так как иначе вследствие сильной поводки правка была бы невозможна или чрезвычайно затруднена. Для увеличения устойчивости лезвия и производительности пилы применяют стали с незначительной присадкой вольфрама. Изготовление дисков диам. > 300 мм всецело из быстрорежущей стали себя не оправдало: брак при калке и последующей шлифовке вследствие освобождения закалочных напряжений весьма велик и кроме того применение их обходится дорого, т. к. потери при выкрашивании отдельного зуба слишком значительны. Вместо цельных дисков больших размеров из быстрорежущей стали применяют диски со вставными зубьями из быстрорежущей стали, чем достигается экономия в дорогом стоящем материале. Как материал для зубьев м. б. применены все сорта быстрорежущих сталей в зависимости от предъявляемых требований производительности. Выгодность применения сверхтвердых сплавов для изготовления дисковых пил еще недостаточно испробована, однако надо полагать, что вследствие ударной нагрузки отдельных зубьев они окажутся слишком хрупкими; кроме того пилы с зубьями из сверхтвердых сплавов обходятся очень дорого. Весьма ответственной операцией является правка и гартовка круговых пил. Операция гартовки состоит в создании наклепа, обеспечивающего достаточную жесткость и упругость диска пилы. Пилы для холодной резки д. б. выправлены совершенно плоско, т. к. при малой скорости вращения их внутренняя упругость является единственным фактором, обеспечивающим прямолинейность пропила и возвращение пилы в первоначальное положение после ее отклонения в сторону. Ширину распила для достижения возможно меньшего расхода силы и потерь материала стараются делать как можно меньше; последнее условие приобретает большое значение при распиловке высокосортных сталей, меди, латуни и т. д.

Круговые пилы со вставными зубьями. Диски пил со вставными зубьями аналогично пилам с сошлифованными боками делают тоньше ширины резания. Во избежание недостаточной стойкости пилы ширину резания приходится определять соотносительно с минимально допустимой толщиной диска. Диски изготовляют из литой стали с времен-

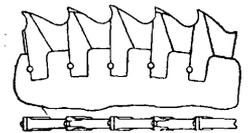
ным сопротивлением на разрыв до 95 кг/мм<sup>2</sup>, чтобы дать наибольшую прочность при незначительной толщине. Термич. обработкой можно повысить прочность материала до 150 кг/мм<sup>2</sup>, что дает возможность делать их еще тоньше. При незначительных прогибах, например когда пилу уводит, диск должен спружинить и вернуться в прежнее положение. Только при сильных изгибах, которые могут произойти исключительно при работе очень затупленными пилами или при недостаточно хорошо закрепленном распиливаемом материале, диски не выправляются сами и м. б. восстановлены только при помощи умелой правки. Для закрепления отдельных зубьев из быстрорежущей стали в дисках из сименс-мартеновской стали существует ряд конструкций, из к-рых здесь приведены наиболее важные.

Одиночные зубья. Для вставки этих зубьев в диск пилы в нем профрезуют гнездо, в к-рое вставляют вполне обработанный и закаленный заранее зуб, имеющий обычно квадратную или прямоугольную форму (фиг. 9а). Он д. б. так закреплен, чтобы его не могло выгнуть в сторону и чтобы он не м. б. вытасен в радиальном направлении при работе, вследствие существующей при больших углах  $\beta$  радиальной составляющей давления резания, направленной от центра пилы. Боковое крепление достигается тем, что в продольном направлении зуб снабжают выступающим ребрышком  $a$ , которое входит в выемку, выфрезерованную в гнезде диска. Для закрепления зуба в радиальном направлении обычно приклепывают зуб к диску шпилькой, наполовину впущенной в тело зуба и в диск и расклепанной. При такой конструкции зуба шаг пилы не всегда можно подобрать по сечению обрабатываемого материала, т. к. остаются между зубьями выступы диска, которые имеют определенную ширину, чтобы оказать достаточное сопротивление давлению резания. Так как этот выступ составляет только часть шага, к к-рой д. б. прибавлена еще и ширина зуба, то изготовить пилу с малым шагом, необходимым для выполнения некоторых работ, не представляется возможным. В противоположность этому в сторону увеличения может быть выбран шаг любой величины, что при резке мягких материалов, как медь и латунь, очень выгодно. При точке выступы диска став-

чиваются одновременно с зубьями. Поэтому



Фиг. 9а.

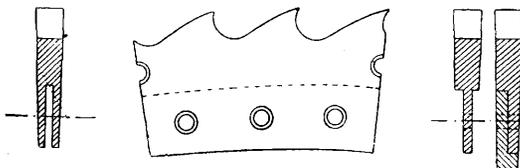


Фиг. 9б.

в дисках после выработки зубьев из быстрорежущей стали д. б. вновь выфрезерованы гнезда для вставки новых зубьев. После нескольких смен диск становится слишком малым и не м. б. более использован. Недостатки одиночных вставных зубьев описанного типа уменьшены в конструкции с угловыми зубьями, изображенной на фиг. 9б. Здесь зубья опираются как на основной диск пилы, так и на лобовую поверхность следующего зуба, так что давление резания распространяется на большее число зубьев. После того как в результате многократных заточек зубья сработаны, их можно заменить новыми, не производя ника-

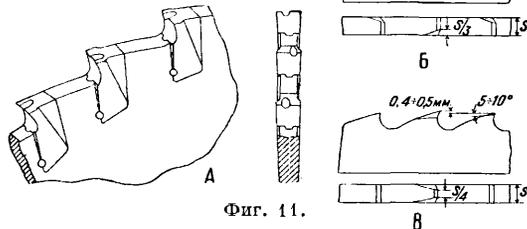
ких работ над диском; кроме того при этом способе шаг может быть уменьшен в целое число раз относительно шага гнезд. Недостатком зубьев этого типа является большой расход быстрорежущей стали и трудность их пригонки, вызывающие значительную стоимость таких пил.

Сегментные зубья. Сегменты изготавливаются трех типов, указанных на фиг. 10. Закрепление сегментов в боковом и радиальном направлениях очень хорошее, так как заклепка может быть значительно толще, чем у единичных зубьев, однако при поломке зуба



Фиг. 10.

необходимо сменить целый сегмент, чем удорожается замена зубьев. При таком исполнении мы имеем дело с совершенно замкнутым венчиком, причем давление резания распределяется на несколько зубьев или сегментов. Шаг м. б. сделан любого размера путем выфрезеровывания большего или меньшего количества зубьев на сегменте. Расход быстрорежущей стали значительно больше, чем у единичных зубьев. После выработки сегментов старые сегменты м. б. удалены и диски вновь использованы. В пилах, как и в других многорезцовых Р. и., необходимо заботиться о разбивании стружки; для этого существует несколько способов, главные из них изображены на фиг. 11: конструкция А при-



Фиг. 11.

меняется гл. обр. у пил со вставными зубьями, тогда как конструкции Б и В применяются как у упомянутых, так и у цельных пил. Размеры пил со вставными зубьями см. табл. 6.

Табл. 6.—Размеры круговых пил для холодной распиловки металлов со вставными зубьями (в мм).

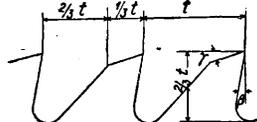
Диам. пилы	Ширина пропилы	Толщина диска	Шаг зубьев для		
			сплош-ных сечений	про-филь. металла	тонко-стенных профилей
300	5	3,5	15	7,5	—
400	5,5	4,0	18	9	6
500	5,5	4,0	21	12	8
600	6	4,5	24	12	8
700	6,5	5,0	28	14	9,3
800	7	5,25	28	14	9,3
900	8	6,0	30	15	—
1 000	8	6,0	30	15	—
1 100	10	7,75	35	17,5	—
1 200	10	7,75	35	17,5	—
1 400	12	9,0	40	—	—
1 500	12	9,0	40	—	—

Употребительные скорости резания при холодной распиловке различных металлов даны в табл. 7.

Табл. 7.—Скорости резания и охлаждающие жидкости при холодной распиловке.

Распиливаемый материал	Скорость резания в м/мин	Охлаждающая жидкость	
Сталь проч- ностью (в кг/мм <sup>2</sup> ) {	40—50 . . .	28—26	Эмульсия Эмульсия или 5%-ный раствор соды То же Всухую или эмульсия То же Всухую
	50—60 . . .	26—22	
	60—70 . . .	22—18	
	70—85 . . .	18—16	
	85 . . .	16—14	
Легированная сталь . . .	14—10		
Чугун мягкий . . . . .	—		
Чугун твердый . . . . .	—		
Латунь . . . . .	—		
Бронза и нейзильбер . . .	—		

Круговые пилы для горячей распиловки металла. Чем мягче материал, тем больше м. б. скорости резания при обработке со снятием стружки. При 900—1 000° крепость стали в зависимости от ее состава составляет всего 3—5 кг/мм<sup>2</sup>, что дает возможность обрабатывать сталь при таких t° с очень высокой скоростью резания. Это обстоятельство используется при горячей распиловке, которая применяется преимущественно на сталелитейных заводах для распиловки болванок, заготовок и сортового железа, выходящих из прокатных станков. Подача, к-рую можно дать салазкам пилы, зависит от производительности отдельных зубьев пилы. Если подача по отношению к врезанию каждого зуба даже очень мала, то все же скорость подачи в минуту будет очень велика, так что резка происходит очень быстро в сравнении с холодной распиловкой. Скорость резания в настоящее время обычно принимают 100—120 м/сек; скорость подачи у больших станков составляет 150—200 мм/сек, причем меньшие подачи применяются при распиловке сплошных, а большие—фасонных профилей. В качестве материала для дисков применяют углеродистую сталь с временным сопротивлением на разрыв в 80—90 кг/мм<sup>2</sup> при 12—14% удлинения с обязательной примесью в 0,8—1% марганца. Эти диски не закаливают, так как независимо от высоких скоростей резания и высокой t°, вызывающих неминуемо отпуск стали, давление резания на отдельные зубья очень незначительно благодаря малой крепости горячего распиливаемого материала. Также и опасность поломки у закаленных дисков значительно больше. Диски изготовляют из твердой стали без каких-либо недостатков, т. к. малейшие загрязнения или раковины при высоких окружных скоростях могут послужить причиной разрыва диска. При работе пилами для горячей распиловки необходимо тщательно следить за появлением трещин, которые в большинстве случаев образуются радиально к выемке зуба, а при обнаружении таковых немедленно снимать пилу. Зубьям придают форму, указанную на фиг. 12. Передний угол β не д. б. слишком велик—около 10°, а затылочный угол γ—10—15°. Т. о. получается режу-



Фиг. 12.

щее лезвие, которое не так быстро тупится, имеет достаточную прочность и требует меньше мощности, чем простые треугольные зубья. Толщина диска д. б. по возможности меньше, но не в ущерб прочности; правильную толщину  $\delta$  в мм дает ф-ла  $\delta = (0,18 \div 0,20) \sqrt{D}$ , где  $D$ —диам. пилы в мм. Шаг д. б. по возможности большим, но при резке фасонных сечений достаточно малым, чтобы одновременно в работе находилось постоянно не менее двух зубьев. Размеры круговых пил для горячей распиловки железа и стали приведены в табл. 8.

Табл. 8.—Размеры (в мм) круговых пил для горячей распиловки.

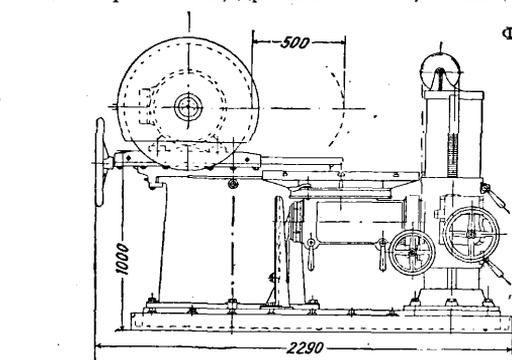
Диам. пилы	Толщ. диска	Шаг зубьев	Число зубьев	Диам. пилы	Толщ. диска	Шаг зубьев	Число зубьев
400	3	9	140	1 000	5,5	18	176
500	3,5	10	156	1 100	5,5	18	192
600	4	12	156	1 200	6	20	188
700	4	14	153	1 400	6	22	200
800	4,5	15	138	1 600	7,5	23	220
900	5	16	176	1 800	8	24	236

Необходимо строго следить за устойчивостью и правильным вращением диска. При правке дисков они д. б. не только выправлены, но им следует придать необходимую упругость путем наклепа правильно распределенными ударами молотка. В противоположность дискам пил для холодной резки, к-рые правятся жестко, пилы горячей распиловки правят мягко, т. е. при умелой правке их можно сгибать от окружности к середине (фиг. 13).

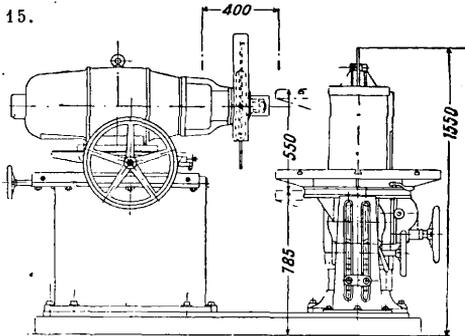


Фиг. 13.

При таком распределении напряжения они лучше всего воспринимают большие центробежн. силы. Неверно выправленные диски, у которых напряжения распределены неправильно, дрожат и бьют; такие ди-



Фиг. 15.



ски неприменимы. Уравновешивание дисков не менее важно, чем правка и закрепление. Неуровновешенность, вызывающая при больших окружных скоростях резкие толчки и сотрясения как в диске пилы, так и во всем станке, со всеми вытекающими отсюда вредными последствиями, может образоваться в диске по самым разнообразным причинам. Неравномерная толщина, неравномерная плотность материала, неправильная пробивка зубьев могут иметь как следствие неуровновешенность. У пил для горячей распиловки, у которых нет пар сил, действующих в разных плоскостях, достаточно произвести статическое уравновешивание.

Кроме пил, работающих резанием, существуют пилы, работающие расплавлением металла—действием трения (фрикционные пилы) или электрического тока (электропилы). Фрикционная пила состоит из быстро вращающегося стального диска с осажненным и снабженным накаткой режущим краем. Окружная скорость составляет  $\sim 120$  м/сек; при прижатии распиливаемого предмета к пиле металл под влиянием развивающегося вследствие трения тепла плавится и выбрасывается пилой из распила. Скорость подачи при этом весьма значительна, и в связи с этим продолжительность распиловки мала, напр. двутавровое железо высотой 450 мм распиливается в 55 сек., уголок  $160 \times 100$ —в 28 сек. и т. д. Расход энергии благодаря быстрой распиловке также невелик, несмотря на требуемые относительно весьма мощные моторы. Способ применим как для распиловки стали и железа, так и чугуна и стального литья, в последнем случае лист по окружности снабжается вырезами (фиг. 14). Преимуществом этого способа являются экономичность, быстрота работы, при опиливании литья—нечувствительность к раковинам и закаленным местам, возможность распила стальных закаленных изделий; недостатками—меньшая гладкость распила, непригодность для мягких цветных металлов, образование заусенцев, трудность распиловки крупных сплошных сечений. Размеры дисков фрикционных пил приведены ниже в табл. 9.



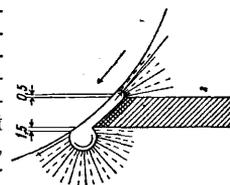
Фиг. 14.

Табл. 9.—Размеры дисков фрикционных пил (в мм).

Диаметр диска . . .	300	500	650	700	900	1 300
Толщина пропила . . .	3,5	4	6	6	7	10
Толщина диска . . .	1,5	2	4	4	5	8
Шаг накатки . . . . .	1	1	2	2	2	2

Общий вид фрикционной пилы изображен на фиг. 15. Принцип работы электропилы

заключается в образовании дуги между диском пилы и распиливаемым предметом (фиг. 16), причем расплавляемый металл выбрасывается вращающейся с окружной скоростью в  $100$ — $120$  м/сек пилой. После распила остаются заусенцы: на входной стороне—высотой  $\sim 0,5$  мм, на выходной— $1,5$  мм. Общий вид электропилы изображен на фиг. 17. Способ этот теоретически сулит значительное уменьшение расхода энергии на распиловку, однако пока не вполне преодолены

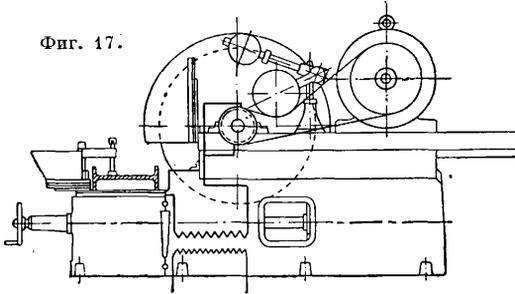


Фиг. 16.

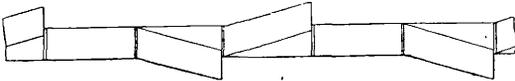
затруднения, связанные с быстрым износом пильных дисков и забиванием впадин зубьев расплавленным металлом.

Пилы - полотна (ножовки) разделяют на полотна для ручных ножовок и для машинной распиловки. У ручных ножовочных поло-

Фиг. 17.



тен закаливаются только зубья, а остальная часть полотна остается мягкой. Это необходимо, чтобы при направлении ножовки рукой пила могла противостоять возникающим напряжениям на изгиб и скручивание. Полотна для машинной распиловки калятся сплошь, чтобы придать им больше устойчивости. Полотна для ножовок для большей возможности их использования часто снабжают зубьями с обеих сторон. Полотна с крупным зубом в большинстве делают с разведенным зубом, при мелком зубе — с волнистым зубчатым краем. Разводка для ножовок производится через один зуб (фиг. 18) в отличие от круговых пил и пил для дерева. Крупный зуб (8—16 зубьев на 1 дм.) применяют для резки быстро-



Фиг. 18.

режущей стали, стального литья, стали и железа в крупных кусках; средний зуб (18—22 зуба на 1 дм.) — для резки толстостенных стальных и чугуных труб и тонких брусков и профилей; оба вида полотен снабжаются разведенными зубьями. Средний зуб (18—22 зуба на 1 дм.), но с волнистым зубчатым краем полотна, применяется для ручной и машинной распиловки медных труб, крупных медных и латунных кусков. Мелкий зуб (28—32 зуба на 1 дм.) с волнистым зубчатым краем применяется для резки тонкостенных труб, проволоки, кабеля и т. д. Производительность резания полотен с мелким зубом очень незначительна, что зависит также и от того, что работа резания происходит только при движении в одном направлении, тогда как обратный ход является холостым. Благодаря незначительной ширине резания расход энергии однако меньше,



Фиг. 19а.

Фиг. 19б.

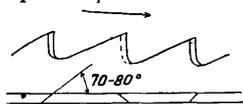
чем у круговых пил для холодной распиловки той же мощности. Для увеличения производительности в настоящее время и у этих пил стали применять теоретически правильные формы зуба (фиг. 19а—старая, 19б—новая формы зубьев). Укрупнение шага, вызванное новой формой зубьев, влечет за собой и увеличение углублений между зубьями, к-рые

могут принять большее количество стружки, образующейся при повышенной производительности этих полотен. Новая форма зуба однако неприменима для ручных ножовок, так как при направлении рукой зуб врезался бы слишком сильно (заедание). Эта форма зуба отличается от старой отличным от нуля передним углом, уменьшенным затылочным углом и выкружкой у основания зуба. Увеличение производительности обусловлено лучшим снятием стружки, более легким сбегаем стружки с острия и зависящей от этого большей толщиной стружки. Вследствие большего шага применяют только зубья с разводкой. Крупный зуб (2—4 зуба на 1 дм.) применяется для распиловки сплошных сечений из мягкого материала; средний зуб (4—7 на 1 дм.) — для сплошных сечений из твердого материала, для чугуна и для профильного материала; мелкий зуб (7—10 на 1 дм.) — для тонкостенных труб и мелких профилей. Для изготовления полотен в зависимости от требуемой производительности применяют углеродистую сталь, низко легированную сталь или быстрорежущую сталь. Точка полотен с зубьями старой формы в большинстве случаев невыгодна, тогда как полотна с теоретически правильной формой зуба м. б. с успехом заточены, когда они затупятся от работы. Следует следить только за тем, чтобы точка пилы производилась своевременно, прежде чем зубья слишком сильно затупятся.

Ленточные пилы имеют перед циркулярными пилами для холодной резки преимущество незначительной ширины распиловки, т. к. могут быть изготовлены значительно тоньше. В результате при меньшей затрате силы на распиловку они дают незначительные потери материала. Вследствие постоянного поступательного движения резания они производят ножовочных полотен. Относительно зубьев остается в силе то же, что и для ножовочных полотен. Шаг делается тем меньше, чем тверже материал и чем меньше сечение обрабатываемого предмета. Зубья в большинстве разведены, а волнистые зубья применяются только при резке очень малых сечений или тонких труб. Как материал применяется только чисто углеродистая сталь или низко легированные стали, так как у лент из быстрорежущей стали встречаются затруднения в направлении их через шкивы пильного станка. Оба конца для получения бесконечной ленты спаиваются твердым припоем, а в последнее время соединяют при помощи точечной сварки. После затупления ленточные пилы можно точить на специальных станках. Кроме того представляется возможным использовать их как пилы для резки плавлением, если точка их более невозможна; при этом их пускают со скоростью 80—100 м/сек. Эти пилы применяют для резки листового материала до 3 мм толщиной. Обыкновенные ленточные пилы широко применяют в литевых для отрезки литников и прибылей, для фасонной резки по кривым и т. п.

Б. Пилы для дерева. У пил для резки дерева просвет между зубьями вследствие большого количества стружки д. б. значительно больше, чем у пил для резки металлов. Чтобы стенки разреза были гладкими, частицы дерева не должны вырываться, а должны разрезаться вдоль этих стенок. Т. к. каждому зубцу не может предшествовать подрезной

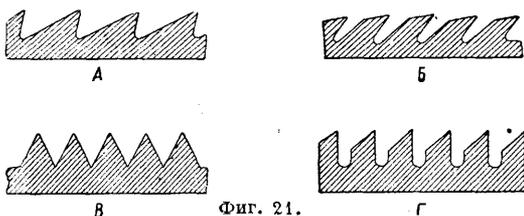
зуб, то каждый зуб должен сам действовать одновременно как подрезной и как режущий. Это достигается наклоном режущего лезвия по отношению к плоскости пропила (фиг. 20), причем режет и боковая часть зуба. Так как



Фиг. 20.

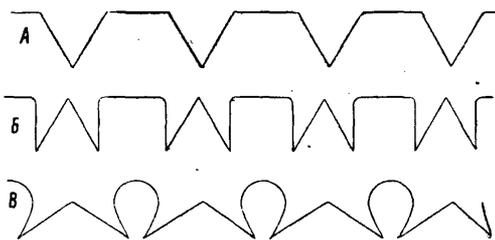
подрезка должна происходить с каждой стороны пилы, необходимо каждому последующему зубу давать наклон в противоположную сторону; угол наклона равен 70—80°. Кроме того зубцы для свободной резки пилы попеременно разводятся на обе стороны. При изготовлении зубцов необходимо различать пилы для продольных и поперечных распилов.

Для циркулярных пил диам. до 400 мм применяют треугольный зуб (фиг. 21, А), для пил большего диаметра — «волчий зуб» (фиг. 21, Б) с большим передним углом и незначительным затылочным углом; зуб при этом уси-



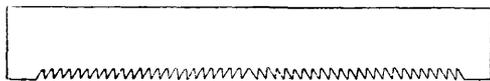
Фиг. 21.

вается, а также одновременно увеличивает объем углубления между зубьями для принятия большего количества стружки. Для поперечной резки применяют зубья с нулевым (фиг. 21, Г) или даже с отрицательным передним углом (фиг. 21, В) для достижения лучшего перерезания поперечных волокон по сторонам пропила и во избежание вырывания их. Для продольной резки бывает часто необходимо, чтобы пилы резали в обоих направле-



Фиг. 22.

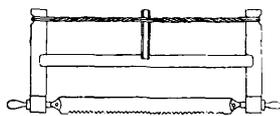
ниях. Это возможно при зубе в форме остроугольного равнобедренного тр-ка (фиг. 22, А). Но т. к. эти зубья вследствие отрицательного переднего угла плохо режут, то лучше расположить зубья попарно, придав им форму буквы М (фиг. 22, Б); если за основу берут волчий зуб, то зубья приобретают форму, изображенную на фиг. 22, В. Рамные пилы делают часто режущими в обоих направлениях, располагая зубья на обеих половинах в противоположных



Фиг. 23.

направлениях (фиг. 23). Обыкновенно прямое полотно пилы слишком тонко и гибко, чтобы им можно было пользоваться непосредственно. В отдельных случаях у ручных пил (но-

жовок) большая толщина и ширина придают им достаточную устойчивость, которая м. б. еще усилена наклепыванием пары полос вдоль спинки пилы. Как правило однако эти пилы, так же как и рамные пилы, растягиваются, т. е. закрепляются (своими концами) в рамнообразном станке, который допускает натяжку пилы при помощи специального приспособления, обычно закрученного пучка бечевки или винтовой стяжки (лучковые пилы, фиг. 24). При натяжке необходимо иметь в виду, что при работе пилы нагреваются и растягиваются. Поэтому необходимо, чтобы приспособление для натяжки можно было регулировать.

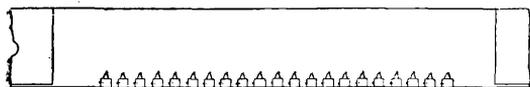


Фиг. 24.

Все полотна пил д. б. прямыми и при правке получить сильную упругость, необходимую им для работы. Крупные круговые пилы уравниваются, что необходимо при большом количестве оборотов. Как материал обычно применяют хорошую, по возможности чистую, углеродистую сталь с содержанием углерода в 0,6—0,9%. Пилы должны быть достаточно твердыми, но при этом очень вязкими, чтобы зубья при разводке или при работе, в особенности при распиловке твердых пород дерева, не выламывались. Для уменьшения опасности выламывания зубьев в просветах между зубьями не д. б. острых углов, на что следует обращать особое внимание при точке. Закалка происходит в масле, в зажимах, при 820—850° в зависимости от содержания углерода. Все пилы для достижения достаточной вязкости отпускаются, причем отпуск как правило производится под давлением между двумя плитами, подогретыми приблизительно на 400°. Пила д. б. так отпущена, чтобы ее легко можно было точить напильником. Точка пил часто производится на станках при помощи напильников, но ее можно производить также и шлифовальными кругами; при этом однако следует обращать внимание на то, чтобы зубья не слишком нагревались и при точке не сгорали. Скорости резания на приведенных выше основаниях и вследствие незначительной крепости дерева м. б. очень высокими: рамные пилы 3—4,5 м/сек, циркулярные пилы для продольного разреза 50—60 м/сек, для поперечного разреза 40—50 м/сек. При неравномерном нагреве пила теряет свою упругость и в таких случаях немедленно д. б. изъята из употребления для повторной правки. Станки для распиловки дерева и дальнейшие подробности о пилах для дерева — см. *Дервообрабатывающие станки.*

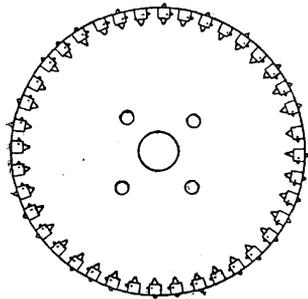
В. Пилы для камня. Глыбы, получаемые на каменоломнях, в большинстве случаев бывают таких больших размеров, что для дальнейшей обработки их необходимо разделить на меньшие куски или распилить на пласты. Это достигается при помощи пил шлифования — стальных лент без зубьев, натянутых на рамке, совершающих переменное-возвратное прямолинейное движение или же при помощи бесконечной ленты или стального троса, перекинутого через ролики и двигающегося в одном направлении. Место разреза посыпают каким-либо абразивным веществом: наждаком, карборундом или т. н. стальной пылью; последняя состоит из раздробленных и просеянных различной величины каленых

стальных шариков или из чугуна особого состава, распыленного в расплавленном состоянии струей пара и закаленного в холодной воде. Стальные ленты, работающие переменновозвратным движением, называются рамными пилами, а другие—ленточными или канатными пилами. Трос для канатных пил берут толщиной в 4—5 мм и возможно большей длины (до 500 м) во избежание быстрого износа, причем разрез получается не совсем гладкий и потеря материала сравнительно велика, так как ширина прореза получается в 10—12 мм. В последнее время процесс распиловки камня стальным тросом применен в США в большом масштабе для выемки громадных масс твердых

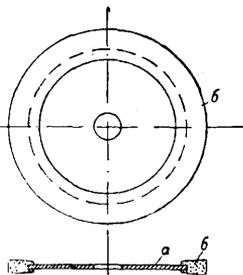


Фиг. 25.

горных пород при строительных работах в гористых местностях. Стальные канаты, натянутые между двумя направляющими роликами и приводимые в быстрое движение мощными моторами, под влиянием натяжения врезаются в горную породу и т. о. отпиливали целые глыбы камня. Для распиловки твердых камней применяют алмазные пилы со вставленными в них алмазами (фиг. 25), причем последние заделываются в особые вставные пластинки и располагаются т. о., что каждый последующий несколько перекрывает канавку, вырезаемую предыдущим. Циркулярные пилы для резки камня при постоянной и относительно высокой производительности имеют преимущества ровной и плавной работы без толчков. Для мягких пород применяют пилы с разведенными зубьями, для твердых пород—стальные диски со вставными осколками алмазов, к-рые делают до 3 м диам. и работают с окружающей скоростью в 40 м/сек (фиг. 26). Для небольшой высоты распиловки при резке



Фиг. 26.



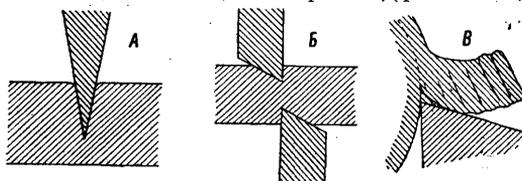
Фиг. 27.

плит можно применять карборундовые пилы (фиг. 27), дающие гладкий и чистый разрез. Они состоят из стального диска *a* с нанесенной шлифующей массой *б*, к-рая всегда м. б. возобновлена; износ их очень значителен.

Лит.: Hollaender H., Das Sägen d. Metalle, Werkstattsbücher, hrsg. v. E. Simon, H. 40, B., 1930; Theobald W., Die Entwicklung d. Kaltsägemaschinen von ihren Anfängen bis in die neueste Zeit, B., 1921; Gillgata J., Holzbearbeitungsmaschinen u. Holzbearbeitung des In- u. Auslandes, B., 1929; Müller E., Eine neue Kaltkreissägemaschine, ibid., B., 1921, Jg. 3, H. 11; Wallichs A. u. Hemscheidt H., Der Schneidvorgang bei d. Zerspanung durch Kaltkreissägen, «Maschinenbau», B., 1928, B. 7, H. 20, 22; Helliich W., Leistungsvorversuche an einer Bügelsäge, в книге Berichte über betriebswissenschaftliche Arbeiten, hrsg. v. Z. d. VDI, B. 2, B.,

1929; Meyer M., Untersuchungen über die den Zerspanungsvorgang mittels Holzkreissägen beeinflussenden Faktoren, в книге Ausgewählte Arbeiten des Lehrstuhles f. Betriebswissenschaften in Dresden, hrsg. v. E. Sachsenberg, B. 3, B., 1926. Г. Голлендер.

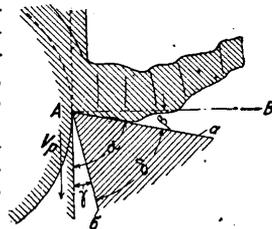
**РЕЗАНИЕ**, процесс отделения б. или м. значительных масс материала посредством инструмента, имеющего в основном форму клина. Следует различать: 1) разрезание (т. е. отрезание значительных кусков) при посредстве ножей, действующих как клин, раздвигающий частицы материала (фиг. 1, А),



Фиг. 1.

2) срезывание, или Р. на ножицах (см.), причем материал перерезается двумя лезвиями ножиц, создающими в плоскости среза напряжения скальвания (фиг. 1, Б), и наконец 3) Р. со снятием стружки, когда режущий инструмент отделяет от обрабатываемого предмета б. или м. крупные куски материала—с т р у ж к и (фиг. 1, В). Различие между этими тремя видами Р. определяется гл. обр. направлением движения режущего инструмента по отношению к его граням: тогда как при разрезании направление Р. проходит внутри клина инструмента, при срезывании оно проходит по одной из его граней, а при снятии стружки—вне лезвия реза. Последний способ Р. получил широкое применение при холодной обработке металлов.

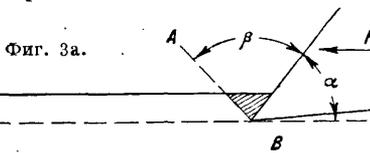
Основной формой всякого режущего инструмента является клиновидное острие, продвигаемое некоторой силой, равной и обратно направленной сопротивлению Р. через данный материал. Назовем мгновенное направление движения обрабатываемого предмета относительно инструмента направлением резания, а мгновенную скорость этого движения скоростью резания  $v_p$ . Грань реза *a* (фиг. 2), воспринимающая давление стружки и совершающая работу ее отделения, называется передней гранью, или грудью, а грань *б*—задней гранью, или затылком реза. Угол *a*, составляемый передней гранью с направлением Р., называется углом Р., угол  $\beta$  между передней гранью и перпендикуляром *АВ* к направлению Р.—передним углом, углу  $\gamma$ —задним, или затылочным, углом, или углом задней заточки, а угол  $\delta$ —углом заострения реза.



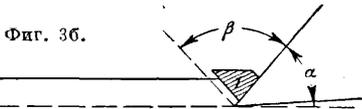
Фиг. 2.

Образование стружки. Существует несколько теорий образования стружки при Р. металлов. Наиболее старой, но и имеющей наибольшее число последователей является теория русского проф. Горного института Тиме, установившего еще в 1870 г. на основании своих опытов над сопротивлением строганию, что стружка возникает как результат большого числа отдельных сдвигов. Согласно этой тео-

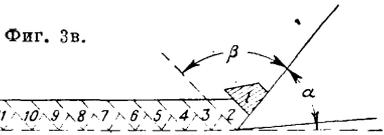
рии, подтвержденной в основном последующими опытами Никольсона, Клопштока, Ишии (Sadamu Ishii) и др., резец, продвигаемый с силой  $F$  в б. или м. вязком материале, вначале осаживает впереди лежащие частицы металла



(фиг. 3а), пока напряжения срезывания, возникающие в плоскости сдвига  $A-B$ , не становятся более временного сопротивления материала и не происходит скалывание небольшого призматич. куска—элемента стружки 1 (фиг. 3б); затем начинается отделение следующего элемента 2, 3 (фиг. 3в) и т. д.



У вязких материалов отдельные элементы не распадаются, а, подвергаясь процессу холодной сварки, вследствие имеющих в месте образования стружки громадных давлений, сходят в форме б. или м. гладкой с нижней и зазубренной с верхней поверхности стружки

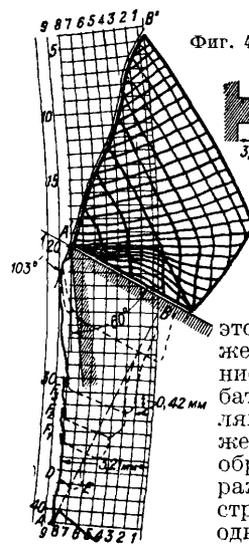


(фиг. 3г и вкл. л., 1). При этом происходит полная перегруппировка частиц снимаемого слоя, ведущая к тому, что полученная стружка значительно короче и толще снятого слоя металла. Это укорочение зависит от рода обрабатываемого материала и угла  $P$ ., но почти не зависит от скорости  $P$ . Эта теория была подтверждена классич. опытами Никольсона. Он упростил вопрос, сведя его к



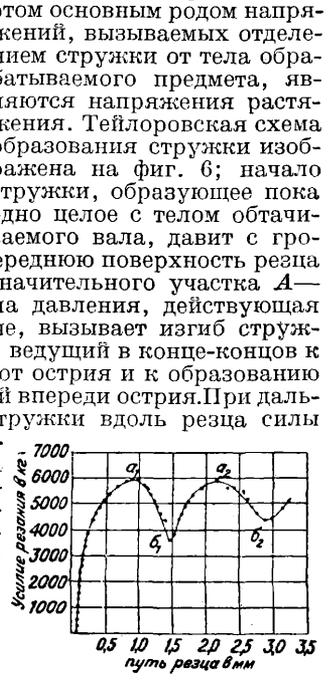
плоской задаче тем, что обтачивал узкую полосу металла с нанесенной по лобовой поверхности мелкой сеткой перекрестных линий. Работая с весьма малыми скоростями  $P$ . (1—5 мм./мин), он наблюдал в микроскоп возникающие явления течения металла. На фиг. 4 изображена форма, принятая элементом стружки в момент скалывания по линии  $A'-B'$ . Для выяснения обстоятельств образования элемента обтачиваемый ободок был скошен под углом  $A-B$ , соответствующим естественному углу сдвига. Ход образования элемента был следующий: на пути от  $A$  до  $D$  резец осаживал металл, к-рый принял форму  $D-E$ ; явление это продолжалось до точки  $F_1$ , где появилась первая трещина, которая однако вскоре заварилась, новые трещины последовательно появлялись у  $F_2$  и  $F_3$ , становясь каждый раз все глубже, пока наконец

в точке  $A'$  весь элемент не скололся. Положение сетки в этот момент изображено на фиг. 4 толстыми линиями. Сила давления на резец

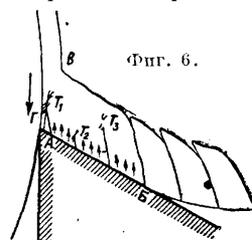


изменялась при этом по диаграмме фиг. 5, на к-рой ясно видны колебания давления, сопровождающие начало скалывания элемента (точки  $a_1$  и  $a_2$ ) и начало образования нового элемента (точки  $b_1$  и  $b_2$ ). Иное объяснение дает процессу стружкообразования Ф.Тейлор. Согласно его воззрениям при

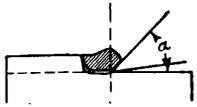
этом основном родом напряжений, вызываемых отделением стружки от тела обрабатываемого предмета, являются напряжения растяжения. Тейлоровская схема образования стружки изображена на фиг. 6; начало стружки, образующее пока одно целое с телом обтачиваемого вала, давит с громадной силой на переднюю поверхность реза вдоль б. или м. значительного участка  $A-B$ . Суммарная сила давления, действующая на некотором плече, вызывает изгиб стружки в сечении  $B-G$ , ведущий в конце-концов к разрыву недалеко от острия и к образованию трещины  $T_1$ , идущей впереди острия. При дальнейшем течении стружки вдоль реза силы давления вызывают явления сдвига отдельных элементов, причем трещина постепенно распространяется до верхней поверхности стружки ( $T_2, T_3$ ). Надлом происходит при этом всегда недалеко от острия, следствием чего являются неровности, выступающие за окружность, очерчиваемую концом реза; последний соскабливает их; мелкие стружки скопляются на конце острия, свариваются и образуют наращенное острие (англ. built-up-edge, нем. Aufbauschneide), которое и предохраняет конец лезвия от дальнейшего изнашивания. Теория Тейлора однако не может нам объяснить наблюдающейся на практике равномерности образования трещин между отдельными элементами стружки, а также и его объяснение способа образования наращенного острия не подтверждается металлографич. исследованиями, обнаружившими неразрывную связь волокон нароста с волокнами стружки (вкл. л., 2), с одной стороны, и полную гомогенность материала нароста и стружки после отжига, с другой стороны (вкл. л., 3).



Образование стружки в хрупких материалах идет несколько иным путем. Уже Тиме

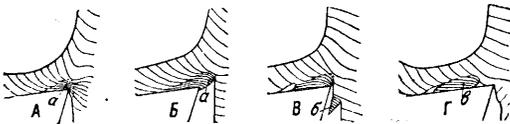


подметил это обстоятельство и объяснил этот процесс как выкрашивание или выламывание отдельных кусочков материала (фиг. 7). Как показали кинематографич. снимки процесса Р., сделанные Ишии (вкл. л., 4), повидимому и в хрупком материале имеет место скалывание элементов вдоль плоскости сдвига с той разницей, что элемент вследствие недостаточной пластичности материала отделяется внезапно и отскакивает от обрабатываемого предмета, что



Фиг. 7.

предупреждает надавливание на него вновь образующегося элемента и холодное сваривание их в непрерывную стружку. Недостатком, общим всем старым исследователям, являлось применение малых скоростей Р. или исследование стружки в месте ее отделения после останова станка, что равносильно тому, что Р. в исследуемом месте совершалось с минимальной скоростью. При Р. в производственных условиях процессы не протекают повидимому с такой схематичностью, и отделение стружки представляет собой сложный комплекс описанных явлений, в к-ром часто лишь доминирует один из типовых процессов. На практике различают стружку с л и в н у ю, сходящую с реза непрерывной лентой, и крошащуюся, стекающую с реза потоком отдельных элементов—с т р у ж к у н а д л о м а или с к а л ы в а н и я. Процесс образования наращенного острья был тщательно изучен Швердтом, к-рый, освещая место съемки при помощи электрич. искр, добился возможности получения отчетливых снимков с 10-кратным увеличением при скоростях Р., доходивших до 600 м/мин. Схематизированное изображение процесса дано на фиг. 8. Сначала образуется

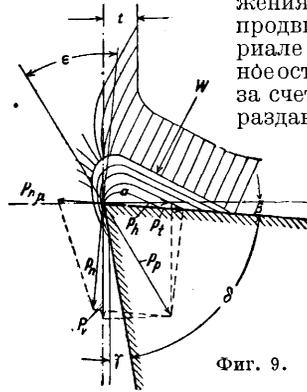


Фиг. 8.

перед острием реза скопление сильно деформированного и поэтому значительно более твердого материала  $a$  (фиг. 8, А), представляющее собой не что иное, как застойную зону, образующуюся при всяком продвижении какого-либо тела через пластичный вязкий материал. Увеличивающееся наращенное острие выступает за ребро реза и обуславливает этим более глубокое Р., чем это определяется траекторией конца острья (фиг. 8, Б). Затем вследствие увеличивающегося навеса наращенного острья наступает такой момент, что часть острья  $b$  отрывается и приваривается к обрабатываемой поверхности (фиг. 8, В и вкл. л., 5); оставшееся острие растет за счет вновь подходящих частиц металла, и картина повторяется сначала. Время от времени наращенное острие в отходит вместе со стружкой (фиг. 8, Г и вкл. л., 6), после чего резец режет некоторое время свободно, пока не начнется снова образование наращенного острья. Этот процесс может завершаться в весьма короткие промежутки времени ( $1/3000$  сек.), чем отчасти и объясняется дрожание при обработке вязкого материала.

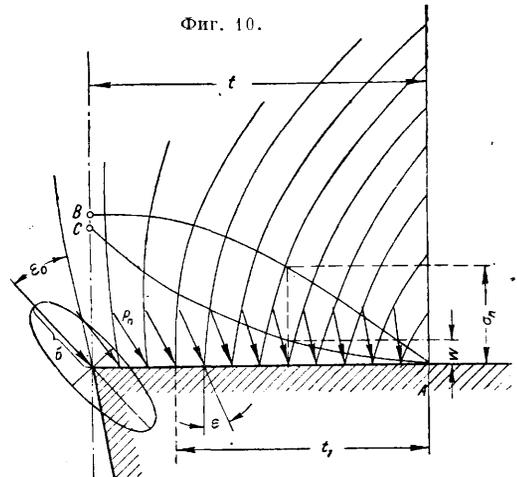
Интересное объяснение образования сливной стружки в пластич. материале дал Ратье попутно при своих исследованиях процесса Р.

песка. По Ратье в пластич. теле под влиянием давления реза образуется застойная зона  $a$  (фиг. 9), ограниченная линией уровня напряжения сжатия. По мере продвижения реза в материале эта зона (наращенное острие) увеличивается за счет подходящих вновь раздавливаемых и сдвигающихся слоями на нее зерен металла (вкл. л., 2). Следствием этого является возрастание горизонтальной составляющей  $P_h$  давления резания  $P_p$ , направленного первоначально почти по направлению Р.



Фиг. 9.

( $P_p$ —вертикальная составляющая  $P_p$ ). Возрастание  $P_h$  влечет за собой вращение результирующего давления резания  $P_p$ , составляющего угол  $\epsilon$  с направлением передней грани реза; угол этот будет увеличиваться лишь до тех пор, пока касательная к передней грани реза, составляющая  $P_t$  давления Р. не уравновесит сопротивления трения  $\mu P_n$  ( $\mu$ —коэф. трения и  $P_n$ —нормальная к груди Р., составляющая усилия Р.) и сопротивления стружки отгибу  $W$ . В этот момент наращенное острие начнет сходить вместе со стружкой, если только еще перед этим не произошло скалывания стружки или отрыва свешивающейся части острья, что уменьшает значительно касательную к передней грани реза, составляющую давления Р. Силовое поле перед передней гранью реза, снимающего стружку глубиной  $t$ , изображено на фиг. 10; направление давления в каждой точке поверхности зависит от соотношения между величиной нормального давления  $P_n$ , вызывающего соответственное напряжение  $\sigma_n$  в материале и изменяющегося повидимому пропорционально некоторой дробной степени глубины, и суммы сопротивлений течению металла вдоль передней грани  $W$  (трение о по-



Фиг. 10.

верхность реза, внутреннее трение, работа сил упругости); последняя величина изменяется вероятно быстрее, чем возрастает глубина. Приняв распределение этих напряжений вдоль грани реза по кривым  $AB$  для  $\sigma_n$  и  $AC$  для  $W$ ,



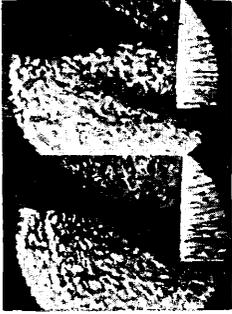
1



2



3



4



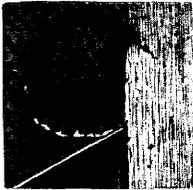
5



6



7

 $l=0,1 \text{ мм}$  $l=0,2 \text{ мм}$  $l=0,4 \text{ мм}$  $l=0,8 \text{ мм}$ 

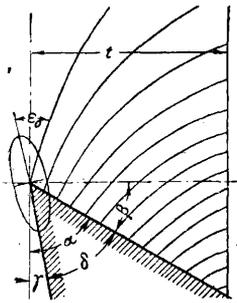
8

 $\alpha=80^\circ$  $\alpha=75^\circ$  $\alpha=70^\circ$  $\alpha=65^\circ$ 

9

1. Стружка скалывания при обточке мягкой стали;  $v=91 \text{ м/мин}$ ;  $s=1,2 \text{ мм}$ ;  $\times 5$ . 2. Микроструктура стружки и нарощенного острья, не подвергавшихся термической обработке;  $\times 60$ . 3. Микроструктура нарощенного острья *a* (обведено пунктиром) и стружки *b* после отжига (латунь). 4. Кинематографич. снимок двух последовательных моментов образования стружки скалывания в хрупком материале. 5. Часть нарощенного острья *b*, отходящая вместе с обрабатываемым предметом;  $v=8 \text{ м/мин}$ ;  $\times 5$ . 6. Нарощенное острие *b*, отходящее вместе со стружкой (мягкая сталь  $K_2=41 \text{ кг/мм}^2$ );  $v=8 \text{ м/мин}$ ;  $s=3 \text{ мм}$ ;  $\beta=30^\circ$ ;  $\times 5$ . 7. Сливная стружка в пластичном материале. 8. Влияние глубины резания на вид стружки при постоянных:  $v=200 \text{ м/мин}$ ;  $s=3 \text{ мм}$ ;  $\beta=30^\circ$ ;  $\times 5$ . 9. Влияние угла резания на вид стружки при постоянных:  $v=35 \text{ м/мин}$ ;  $l=0,085 \text{ мм}$ ;  $b=4 \text{ мм}$ ;  $\times 10$ .

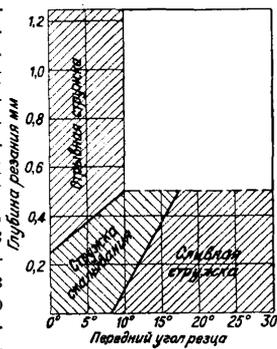
получим линии течения металла, изображенные на фиг. 10 тонкими сплошными линиями. Если глубина стружки такова (напр.  $t_1$ ), что линия течения выходит на поверхность недалеко от точки  $A$  входа острия в металл, то последний будет течь б. или м. свободно, и мы получим сливную текучую стружку (вкл. л. 7); если же глубина эта настолько значительна, что линии течения, расположенные у самого острия, б. или м. параллельны поверхности или направляются вглубь материала, то возникающие у острия напряжения, обусловленные затрудненным течением металла, становятся настолько значительными, что вызывают отрыв стружки в этом месте от основной массы и образование наблюдаемых Тейлором трещин



Фиг. 11.

(вкл. л., 8); получаемая при этом стружка носит название стружки отрыва. Значительное влияние на способ образования стружки оказывает угол  $P$ , как это и должно иметь место по теории течения; на фиг. 11 изображено направление линий течения металла при той же глубине  $P$  и при том же законе распределения  $\sigma_n$  и  $W$ , что и на фиг. 10, но с уменьшен-

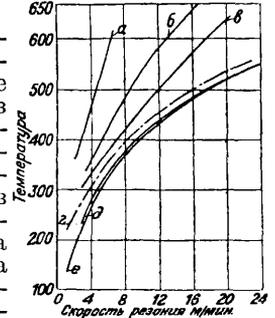
ным углом резания  $\alpha$ ; очевидно, что в этом случае мы получим сливную стружку. Выводы этой теории относительно влияния на род стружки глубины и угла  $P$  были блестяще подтверждены на практике Швердтом. На вкл. л., 8 ясно видно, как при увеличивающейся глубине  $P$  при всех прочих равных условиях стружка превращается из сливной в чистую стружку скалывания. На вкл. л., 9 показано превращение стружки скалывания в сливную при уменьшении угла  $P$ . Графически зависимость рода стружки от глубины стружки  $t$  угла  $P$  представлена диаграммой фиг. 12. Род образующейся стружки весьма сильно влияет на состояние обработанной поверхности. Наиболее чистая и гладкая поверхность при минимальном изменении структурных элементов материала имеет место при сливной стружке, снятой при высокой скорости  $P$ , а следовательно без образования напущенного острия; затем в порядке постепенного ухудшения качества поверхности как в смысле гладкости, так и в отношении неизменности структуры материала идут элементная стружка, стружка с напущенным острием, стружка разрыва и наконец стружка скалывания. Мероприятиями, улучшающими состояние обработанной поверхности, являются: 1) уменьшение глубины  $P$ , ведущее за собой превращение элементной стружки и стружки скалывания в сливную, 2) уменьшение угла  $P$ , имеющее то же влияние, и 3) увеличение скорости  $P$ , препятствующее образованию напущенного острия. По опытам Швердта, напр. для мягкой стали (временное



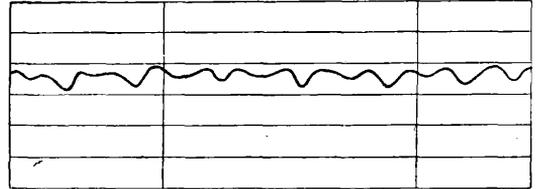
Фиг. 12.

сопротивление на разрыв  $41 \text{ кг/мм}^2$ , твердость по Бринеллю  $114 \text{ кг/мм}^2$ ) при  $\alpha=75^\circ$  высшим пределом, при котором наблюдалось образование напущенного острия, была скорость в  $75 \text{ м/мин}$ ; при больших скоростях включительно до  $715 \text{ м/мин}$  напущенного острия никогда не образовывалось. Заметим кстати, что напущенное острие образуется даже при самых тонких стружках (до  $0,01 \text{ мм}$ ), т. е. уничтожение его вредного влияния путем уменьшения глубины  $P$  не рационально.

Немаловажное значение имеет вопрос о распределении  $t^\circ$  в месте стружкообразования в виду того влияния, которое повышение  $t^\circ$  лезвия оказывает на затупление и приведение в негодность реза. Опыты Герберта и Готвейна установили, что температура острия возрастает пропорционально скорости, но медленнее, чем последняя (фиг. 13); кривые относятся: а—к хромоникелевой стали с временным сопротивлением на разрыв  $K_2=70\div 85 \text{ кг/мм}^2$ ; б—к сименс-мартеновской стали ( $K_2=70 \text{ кг/мм}^2$ ), в—то же, но  $K_2=50\div 60 \text{ кг/мм}^2$ , г—то же, но  $K_2=47 \text{ кг/мм}^2$ , д—то же, но  $K_2=40 \text{ кг/мм}^2$ , е—к чугуну (кривые а, б, в и е по данным Готвейна, г и д—по Герберту).

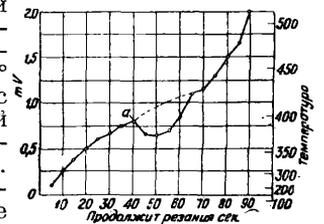


Фиг. 13.



Фиг. 14.

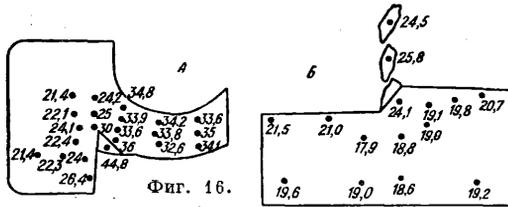
Колебания  $t^\circ$  во времени (фиг. 14) соответствуют колебаниям давления и объясняются очень просто согласно теории Тиме. Весьма интересное явление наблюдалось Гербертом при изучении возрастания  $t^\circ$  в ф-ии продолжительности работы (при отточке легкой стружкой торцевых поверхностей валов из сименс-мартеновской стали); в определенный момент времени при  $t^\circ$  ок.  $400^\circ$  шедшее до этого с б. или м. постоянной скоростью повышение  $t^\circ$  лезвия (фиг. 15, точка а) приостанавливалось и даже наблюдалось быстрое охлаждение его;



Фиг. 15.

при дальнейшей отточке  $t^\circ$  снова быстро возрастала и через несколько секунд снова догоняла начальную кривую. При этом в промежуток времени, соответствующий указанному понижению  $t^\circ$ , стружка, шедшая раньше отдельными короткими кусочками, начала идти сплошной тонкой лентой, сопротивление  $P$  падало, и обрабатываемая поверхность становилась очень гладкой и блестящей, что по окончании обработки становилось весьма заметным в форме

блестящего кольца, названного в честь первого наблюдавшего это явление к о л ь ц о м В и т е к е р а (Whitaker). Герберт объясняет это явление понижением при известных  $t^0$  способности материала принимать «механическую закалку», т. е. увеличивать свою твердость при деформациях. Практик. применение скоростей, дающих такой эффект, сильно развивается в последнее время в связи с применением алмаза и сверхтвердых сплавов в качестве *резцов* (см.) при высоких скоростях и малых сечениях стружки. Явления механ. закалки в стружке также исследовались Гербертом, который нашел значительное повышение твердости во всех участках, подвергшихся сильным деформациям, в особенности же в нарастшем острие. На фиг. 16, А изображено



Фиг. 16.

распределение твердости в части стального вала с куском стружки и нарастшим острием, на фиг. 16, Б—то же при стружке скалывания в латуни; на рисунках места, в которых испытывалась твердость, указаны черными точками, а твердость, определенная маятником Герберта, обозначена стоящей рядом цифрой. В менее деформированном материале латунного вала возрастание твердости много меньше, чем в материале стального вала, подвергнутого весьма значительным деформациям.

**Сопротивление Р.** В процессе снятия стружки участвуют три основных компонента—обрабатываемый предмет, инструмент и станок. Для достижения максимальной эффективности и наибольшей экономичности обработки Р. необходимо полностью использовать заключенные в каждом из этих компонентов возможности. С точки зрения обработки Р. обрабатываемый предмет и инструмент характеризуются формой, размерами и механич. свойствами материала; для станка характерными величинами являются мощность, максимальное значение нагрузок, выдерживаемых без вибраций и недопустимых деформаций отдельных частей, скорости, к-рые можно придавать главному и вспомогательным движениям Р. Увеличение экономичности обработки Р. (при обдирке и черновой обточке, т. е. пока не играет роли состояние поверхности обработанного предмета) достигается гл. обр. за счет сокращения рабочего времени  $T_p$  в мин.; последнее при заданном количестве  $G$  в г подлежащего снятию материала (плотностью  $\Delta$ ) определяется скоростью резания  $v$  в м/мин и сечением снимаемой стружки  $f_c$  в мм<sup>2</sup> по ф-ле:

$$T_p = \frac{G}{\Delta v f_c} \quad (1)$$

Из этой ф-лы видно, что для уменьшения  $T_p$  необходимо возможно увеличить  $v$  и  $f_c$ ; однако такому увеличению кладет предел сопротивляемость реза, обрабатываемого предмета и станка возникающим при Р. усилиям, к чему у инструмента присоединяется еще затупление, связанное с необходимостью точки и следовательно с потерей нек-рого количества

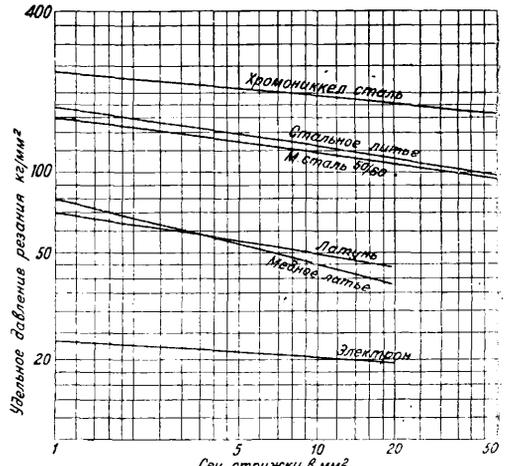
времени. Отсюда понятна необходимость определения на практике усилий, возникающих при Р., и максимальных допустимых скоростей резания.

На величину сопротивления Р. оказывают главное влияние: площадь снимаемой стружки  $f_c$  в мм<sup>2</sup>; форма стружки, зависящая в основном от соотношения между глубиной Р.  $t$  в мм и подачей  $s$  в мм на 1 стружку; механич. свойства материала, выражаемые его временным сопротивлением разрыву  $K_p$  в кг/мм<sup>2</sup> или числом твердости по Бринелю  $H_B$  или по Шору (склероскоп)  $H_S$ ; форма острия реза, гл. обр. угол Р.  $\alpha$  и затупочный угол  $\gamma$ ; применяемая смазка и т. д. Скорость Р. на величину усилия Р. не оказывает никакого влияния или оказывает настолько незначительное, что оно не принимается во внимание.

Рассмотрим влияние каждого фактора от отдельности. Усилие резания в кг

$$P'_r = k_p \cdot f_c \quad (2)$$

где  $k_p$ —удельное давление Р., выраженное в кг/мм<sup>2</sup>. При этом однако необходимо отметить, что величина  $k_p$  зависит от многих параметров, в том числе и от величины сечения стружки, т. ч. для данного материала и формы реза  $k_p$  отнюдь не является постоянной величиной. Зависимость  $k_p$  от площади сечения стружки при прочих равных условиях выражается в логарифмич. диаграмме прямой, наклоненной под тупым углом к положитель-



Фиг. 17.

ному направлению оси  $x$ -ов, т. е. величина уд. давления Р. уменьшается при увеличении сечения стружки (фиг. 17). Аналитически эта зависимость м. б. выражена ур-нем

$$k_p = \frac{C'_p}{\epsilon_1 \sqrt{f_c}} \quad (3)$$

где постоянная Р. для данного материала  $C'_p$  и показатель корня  $\epsilon_1$  при прочих равных условиях зависят от материала и определяются опытом; величины этих постоянных для различных материалов приведены в табл. 1.

Выражение величины  $C'_p$  в зависимости от какого-либо показателя механич. свойств материала (напр. временного сопротивления на разрыв или числа твердости по Бринелю) пока не м. б. найдено в форме ур-ня, пригодного для всех типов материалов. Для отдель-

Табл. 1.—Значения коэффициентов  $C'_p$  и  $\epsilon_1$ .

Материал	$C'_p$	$\epsilon_1$	Материал	$C'_p$	$\epsilon_1$
Мягкая сталь (45 кг/мм <sup>2</sup> )*	200	5,1	Хромоникелевая сталь	370	5,05
Мягкая сталь (50—55 кг/мм <sup>2</sup> )*	220	5,1	Сварочное вязкое железо	230	7,2
Средняя сталь (55—65 кг/мм <sup>2</sup> )*	250	5,1	Медь	210	5,7
Твердая сталь (65—75 кг/мм <sup>2</sup> )*	280	5,1	Латунь	70	7,6
Твердая сталь (75—85 кг/мм <sup>2</sup> )*	315	5,1	Электрон	22	17,6
			Чугун мягкий	123	5,4
			» средний	230	4,3
			» твердый	250	3,7

\* Цифры в скобках означают временное сопротивление на разрыв.

ных родов материала эта зависимость выражается так же параболич. ф-ией с дробным показателем типа:

$$C'_p = C_p \epsilon_2 \sqrt{\frac{a}{H_B}} \quad (4)$$

Клошток, исследуя зависимость между давлением на шарик  $P_B$  при пробе Бринеля в ф-ии площади отпечатка шарика  $f_B$  и усилия  $P$ . в ф-ии сечения стружки, открыл очень интересный факт, что обе ф-ии, выражаемые в логарифмич. диаграмме прямыми, пересекаются в точке, лежащей для всех материалов на одной из двух прямых—напрямой I (фиг. 18) для всех металлов, дающих сливную стружку, и на прямой II— для металлов, дающих стружку скалывания.

Все эти линии для однородных металлов почти строго параллельны, что дает возможность, зная направление их для какого-нибудь типа материалов: а) направление линии, характеризующей твердость, т. е.  $P_B = \varphi(f_B)$ , б) направление линии усилий  $P$ . в ф-ии сечения стружки, т. е.  $P_p = \varphi(f_c)$ , в) линии точек пересечения  $a$  и  $b$ , г) направление линий уд. давления  $P$ .  $k_p$  в ф-ии  $f_c$ , а также твердость по Бринелю данного материала, провести соответствующие прямые и определить абсолютное значение  $C'_p$ , а отсюда и значения  $k_p$  для любой величины  $f_c$ .

Третьим параметром, определяющим величину уд. давления  $P$ , является форма реза, в частности угол  $P$ . а как наиболее влияющий на сопротивление  $P$ . Принимая за единичный угол в 60° и выражая  $a$  в градусах, получим зависимость следующего вида

$$C'_p = C_p \cdot \sqrt{\frac{\epsilon_3}{60} \cdot a} \quad (5)$$

где  $C_p$  и  $\epsilon_3$ —постоянные, характеризующие

материал. Сводя воедино ф-лы (3), (4) и (5), получим окончательное аналитич. выражение

Табл. 2.—Значения постоянных материала в уравнении P.

Материал	$C_p$	$\epsilon_1$	$\frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_1}$	$\epsilon_2$	$\epsilon_3$
Сварочное железо и мягкая сталь	19,8	7,25	0,852	2,2	1,36
Средняя сталь	25,9	5,07	0,803	2,2	1,58
Хромоникелев. сталь	26,0	5,07	0,802	2,2	1,56
Чугун	9,6	7,4	0,865	2,5	1,51
Медь	26,3	5,7	0,824	2,4	0,81

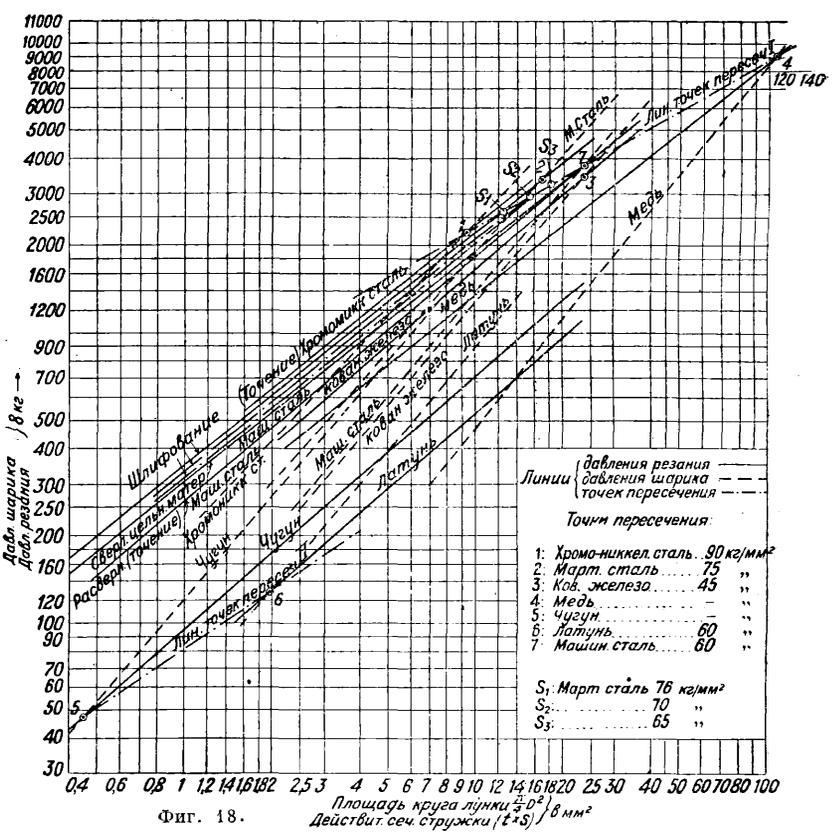
зависимости уд. давления  $P$ . от сечения стружки, механич. свойств обрабатываемого материала и угла  $P$ . реза

$$k_p = \frac{C_p \epsilon_2 \sqrt{\frac{a}{H_B}} \cdot \sqrt{\frac{\epsilon_3}{60}}}{\epsilon_1 \sqrt{f_c}} \quad (6)$$

откуда сопротивление  $P$ .

$$P_p = C_p f_c \frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_1} \sqrt{\frac{\epsilon_3}{H_B}} \cdot \sqrt{\frac{a}{60}} \quad (7)$$

Значения постоянных величин, входящих в уравнение (7), приведены выше в табл. 2. Для стали уравнение (7) может быть обобщено и



Фиг. 18.

упрощено за счет небольшой потери в точности; тогда оно имеет следующий вид:

$$P_p = (2,5 \div 3,0) f^{(0,83 \div 0,8)} \sqrt{H_B} \cdot a \cong (4,2 \div 4,9) f^{(0,83 \div 0,8)} \sqrt{K_2 \cdot a} \quad (8)$$

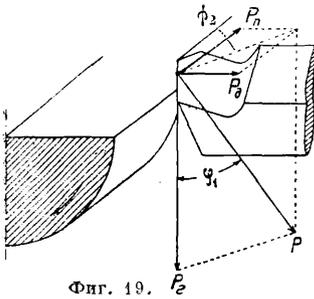
где  $K_2$ —временное сопротивление материала

на разрыв в кг/мм<sup>2</sup>. Первые значения постоянных в ур-ии (8) берут для сварочного железа и мягкой стали, вторые—для средней, твердой и хромоникелевой стали. Все указанные выше ф-лы не учитывают влияния смазки и выведены для Р. всухую. Смазка несколько понижает величину сопротивления Р., но абсолютное значение этого понижения не поддается математическому учету. В табл. 3 приведены нек-рые данные, полученные при опытах проф. Н. Н. Саввина, иллюстрирующие влияние смазки на сопротивление Р. при обточке мягкой стали.

Табл. 3.—Значения удельного давления Р. в кг/мм<sup>2</sup> при охлаждении водой и различными смазочными веществами.

Название испытуемой охлаждающей жидкости	Величина $k_p$ при охлаждении		Изменение $k_p$ при охлаждении испытуемой жидкости в %
	водой	испытуемой жидкостью	
5%-ный раствор соды	158	166	+ 5
10%-ный раствор «Эмульсоля»	184	184	0
10%-ный раствор «Акваля»	173	165	- 4,5
Машинное минеральное масло	160	141	- 12
Гарное масло (смесь растительного и минерального)	158	123	- 22
Льбяное масло	160	111	- 29

Направление усилия Р. составляет, вообще говоря, некоторый угол как с направлением Р., так и с направлением подачи. Обозначим для простейшего случая (движение подачи перпендикулярно направлению Р.) углы, образованные усилием Р. с направлением Р., через  $\varphi_1$ , а с направлением подачи— через  $\varphi_2$  (фиг. 19) и разложим усилие резания Р на три составляющие, ориентированные: по направлению Р.—г л а в н а я составляющая усилия резания Р., по направлению подачи—у с и л и е подачи Р<sub>n</sub> и по направлению, перпендикулярному к обоим предыдущим,—д а в л е н и е н а р е з е ц Р<sub>0</sub>, тогда



Фиг. 19.

$$\left. \begin{aligned} P_t &= P \cos \varphi_1, P_n = P \cos \varphi_2 \\ P_0 &= P \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_1 - \cos^2 \varphi_2} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Направление усилия Р. и соотношения между величинами отдельных составляющих меняются гл. обр. в зависимости от формы и состояния режущей грани инструмента. Для плоской задачи, т. е. когда направление подачи перпендикулярно режущей кромке резца и совпадает с направлением давления на резец, Кроненбергом выведена зависимость между углом Р.  $\alpha$  и  $\operatorname{tg} \varphi_1$ , выражаемая в общем виде ф-ией вида:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = C_y \left( \frac{\alpha}{90} \right)^{\varepsilon_4} \quad (10)$$

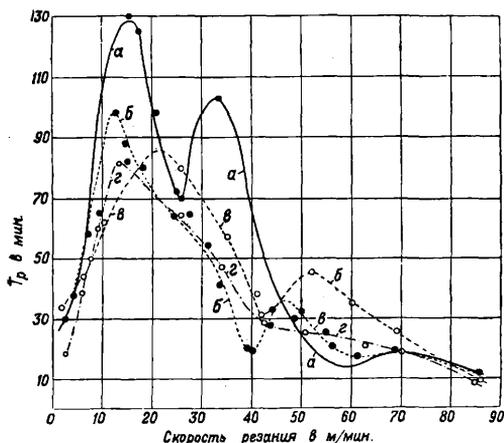
Значения постоянных материала  $C_y$  и  $\varepsilon_4$  приведены ниже; следует отметить однако, что эти постоянные основываются на весьма незначительном опытном материале и не могут никоим образом претендовать на большую точность и всеобщность.

Обрабатываемый материал	$C_y$	$\varepsilon_4$
Сварочное железо и мягкая сталь	19,8	1,36
Чугун	9,6	1,51

Приближенно можно считать, что  $P_t = (0,8 \div 1,0) P$ ,  $P_0 = (0,15 \div 0,22) P$ ,  $P_n = (0,3 \div 0,45) P$ . Указанные выше соотношения справедливы лишь при остром резце; затупление последнего сказывается не на величине главной составляющей усилия Р., к-рая остается приблизительно постоянной, а на усилиях подачи и давления на резец, к-рые быстро растут при затуплении резца и могут достигать величины главной составляющей. Это обстоятельство заставит при расчетах прочности станков считаться с возможностью работы затупленным резцом (станок не остановится, т. к. Р<sub>t</sub> почти не возросло) и считать  $P_0 = P_t \approx (0,8 \div 1) P$ . Этот же факт—т. н. к р и т е р и й Ш л е з и н г е р а—используется в настоящее время для объективного определения момента затупления резца.

**Выбор экономической скорости Р.** Мощность, затрачиваемая на Р., как было уже сказано выше, определяется двумя величинами: давлением Р. и скоростью Р. Первая величина оказывает влияние гл. обр. на прочность инструмента и частей станка, чем и определяется ее максимально допустимая величина. Вторая величина оказывает очень сильное влияние на экономичность всего процесса, т. к. от ее выбора зависит продолжительность работы инструмента до его переточки. Главным параметром, определяющим быстроту затупления инструмента, является отношение его твердости к твердости обрабатываемого предмета. Это отношение однако не остается в течение процесса Р. постоянным и равным отношению напр. твердостей материалов резца и обрабатываемого предмета, измеренных в нормальных условиях. Во-первых, твердость обрабатываемого материала увеличивается вследствие его деформирования в месте стружкообразования, а, во-вторых, на первый план выступают  $t^\circ$ -ные явления. Затрачиваемая на Р. работа почти нацело обращается в теплоту, к-рая отводится от места Р. частью в обрабатываемый предмет, частью в стружку и резец. Твердость металлов, как известно, сильно меняется с  $t^\circ$ , притом форма кривой изменения твердости в ф-ии  $t^\circ$  весьма различна для различных металлов. Этим объясняется, почему часто резец лучше работает при большей скорости, т. е. при высшей  $t^\circ$ , т. к. в этих условиях соотношение между твердостью резца и обрабатываемого материала изменилось в выгодную сторону. Это явление резко выступает на диаграмме (фиг. 20), изображающей зависимость продолжительности  $T_p$  работы резца до новой заточки от скорости Р. Данные диаграммы относятся к обточке сименс-мартеновской стали средней твердости при глубине резания 1,6 мм и подаче 0,033 мм/об.; кривые относятся: а—к резцу, закаленному при 1 300° и не отпущенному; б—к резцу, закаленному при 1 300° и отпущенному при 575°; в—к резцу, закаленному при 1 300° и отпущенному при 450°; г—к резцу, закаленному при 1 300° и отпущенному последовательно до 450 и 575°. Большин-

ство кривых имеет по два максимума, особенно резко выраженных у одной из них. Тейлор занимался очень много вопросом о наивыгоднейшей скорости  $P$ ., причем он на основании своего производственного опыта пришел к тому



Фиг. 20.

заключению, что область экономически выгодных скоростей лежит в пределах значений отношения  $v = \frac{T_p}{T_s}$  от 7 до 35 ( $T_s$ —время, необходимое для снятия, заточки и обратной постановки на место резца); сам Тейлор придерживается отношения, лежащего ближе к нижней границе, а именно по нему  $v = 10$ ; по новейшим герм. данным выгодно для принятых в Европе резцов с прямолинейным острием, требующих менее времени для своей заточки, брать  $v = 15 \div 25$ ; практически оба эти условия почти равнозначны: Тейлор принимает за наивыгоднейшую продолжительность работы резца до переточки 90 мин., а европ. ученые—60 мин. Для резцов Тейлора с закругленным острием (см. *Резцы*) зависимость наивыгоднейшей скорости  $v_s$  в м/мин от подачи  $s$  в мм/об., глубины  $P$ .  $t$  в мм, радиуса  $r$  закругления режущей кромки резца выражается следующей ф-лой (для  $T_p = 90$  мин.):

$$v_s = \frac{C_p \left(1 - \frac{0,72}{r^2}\right)}{(0,0394s)^{0,4 + \frac{2,12}{s + 1,25r}} \cdot \left(\frac{1,5t}{r}\right)^{(0,13 + 0,0675\sqrt{r})} \frac{7,35r + 1,88t}{r}}, \quad (11)$$

где  $C_p$ —коэф., зависящий от материалов изделия и резца. На основании новейших опытов, произведенных Шлезингером по поручению об-ва герм. инженеров, выяснилось однако, что  $v_s$  в м/мин с достаточной для практич. целей точностью м. б. выражено ф-лой вида:

$$v_s = \frac{C_p}{\epsilon_p \sqrt{f_c}}, \quad (12)$$

где  $C_p$  и  $\epsilon_p$ —постоянные, зависящие при данной форме острия—первая от материалов изделия и резца, а вторая только от материала изделия. Значения постоянных  $C_p$  и  $\epsilon_p$  приведены в табл. 4.

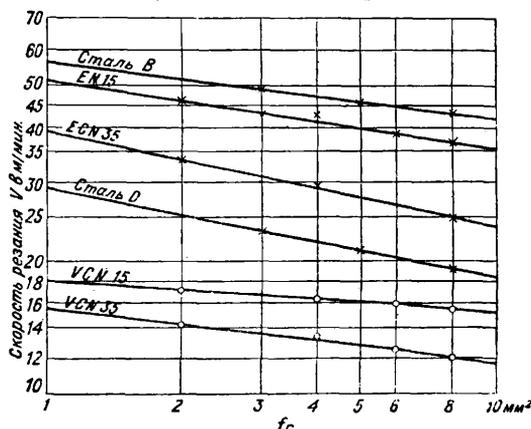
Графически зависимость между  $v_s$  (для  $T_p = 60$  мин.) и  $f_c$  изображена для автомобильных конструкционных сталей на фиг. 21. Кривые относятся: сталь В—сименс-мартеновская углеродистая сталь прочностью 40 кг/мм<sup>2</sup>, сталь D—то же, но прочностью 60 кг/мм<sup>2</sup>,

Табл. 4.—Значения постоянных  $C_p$  и  $\epsilon_p$  для различных материалов с указанием соответственных углов  $\delta$  резца (по Кроненбергу).

Материал обрабатываемого предмета	Угол заострения, $\delta^\circ$	$\epsilon_p$	$C_p$ для резцов из:				
			углеродистой стали	быстро-жесткой стали с 16—18% W	сверх-твердых сплавов	жесткой стали с 16—18% W	сверх-твердых сплавов
Электрон . . . . .	46	1,2	—	430	—	—	—
Латунь . . . . .	64	1,65	58	112	224	224	224
Красное литье . . . . .	61	2,23	40	80	180	180	180
Стальные литье . . . . .	67	2,75	14,4	28,7	57,4	57,4	57,4
Сим.-март. сталь *1 . . . . .	65	2,44	25	50	100	100	100
» » » *2 . . . . .	65	2,44	17,5	35	70	70	70
» » » *3 . . . . .	65	2,44	10	20	40	40	40
Хромоникелевая сталь . . . . .	68	1,75	14,5	29	58	58	58
Мягкий чугун . . . . .	65	3,6	21	42	84	84	84
Среднетвердый чугун . . . . .	65	3,6	13	26	52	52	52
Твердый чугун . . . . .	65	3,6	7,5	15	30	30	30

\*1 Временное сопротивление на разрыв 30—50 кг/мм<sup>2</sup>. \*2 50—60 кг/мм<sup>2</sup>. \*3 60—80 кг/мм<sup>2</sup>.

EN 15—сталь для цементации с 0,15 С прочностью 40 кг/мм<sup>2</sup>, ECN 35—хромоникелевая



Фиг. 21.

сталь для цементации прочностью 51 кг/мм<sup>2</sup>, VCN 15—хромоникелевая сталь для термиче-

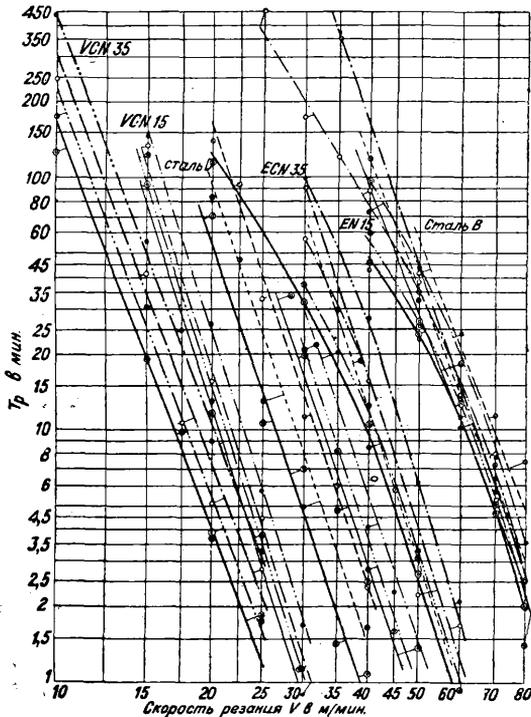
ского облагораживания прочностью 72 кг/мм<sup>2</sup>, VCN 35—то же, но прочностью 86 кг/мм<sup>2</sup>. Продолжительность работы резца очень быстро уменьшается с увеличением скорости  $P$ . Для большинства исследованных Шлезингером сталей кривые, выражающие зависимость между  $T_p$  и  $v$  в двойной логарифмич. сетке, изображаются прямыми (фиг. 22; обозначения сталей те же, что на фиг. 21; для одного и того же материала кривые, относящиеся к различным значениям  $f_c$ , вычерчены разными пунктирами), что дает возможность выразить аналитически эту зависимость ф-лой:

$$T_p = \frac{C_T}{v^{\epsilon_T}}, \quad (13)$$

где  $\epsilon_T$  и  $C_T$  зависят от материала резца и обрабатываемого предмета (для стали  $\epsilon_T = 5,5 \div 6,5$ ). Из этих кривых видно, что сравнительно незначительное уменьшение  $v$  влечет за собой

очень большое увеличение продолжительности работы реза, напр. для улучшенной хромоникелевой стали прочностью 86 кг/мм<sup>2</sup> уменьшение скорости с 14,2 до 10 м/мин увеличивает продолжительность работы реза в 7½ раз (с 60 до 450 мин.). В обычном производстве нет смысла гнаться за таким увеличением срока службы реза в ущерб использованию станка, но в тех случаях, когда частая смена резцов затруднительна, кропотлива или нежелательна (револьверные станки, автоматы), необходимо принимать этот факт во внимание. Шлезингером же проведен ряд опытов для выяснения влияния охлаждения на  $T_p$  и на  $v_3$ . Из этих опытов следует, что наиболее выгодным количеством охлаждающей жидкости является подача 10—20 л/мин; меньшие количества не оказывают достаточно энергичного действия, большие же почти не вызывают дальнейшего улучшения условий Р. Применением соответственной охлаждающей жидкости (см. табл. 7) срок службы реза может быть увеличен в среднем в 5—10 раз или же, при неизменной продолжительности работы до переточки, скорость Р. м. б. повышена на 40—45%.

**Мощность Р. и максимальное использование станка.** Мощность, затрачиваемая на основ-



Фиг. 22.

ную работу резания, не считая работы подачи и потерь, выражается в HP следующей общей формулой:

$$N = \frac{P \cdot v}{75 \cdot 60}$$

Подставляя вместо  $P$  и  $v$  значения усилия резания и экономич. скорости, выраженные

в ф-ии  $f_c$ , получим после преобразований

$$N = C_N \sqrt{\epsilon_N} f_c \tag{14}$$

откуда

$$f_c = \left( \frac{N}{C_N} \right)^{\epsilon_N} \tag{15}$$

причем

$$C_N = \frac{C_v C_p'}{4500} \text{ и } \epsilon_N = \frac{\epsilon_p \cdot \epsilon_1}{\epsilon_p \epsilon_1 - (\epsilon_v + \epsilon_1)}$$

Т. о., пользуясь значениями  $C_N$  и  $\epsilon_N$ , приведенными в табл. 5, можно для каждого мате-

Табл. 5.— Значения  $C_N$  и  $\epsilon_N$  для различных материалов при указанных значениях угла  $\delta$  заострения реза.

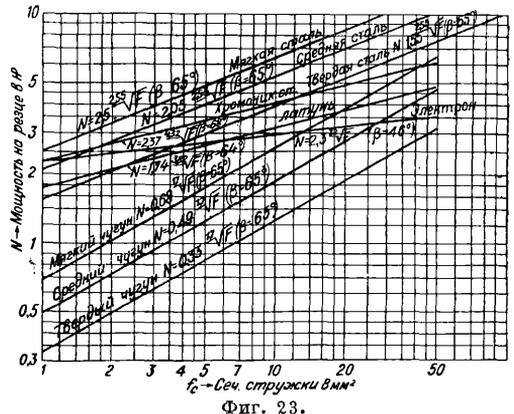
Наименование обрабатываемого материала	$\delta^\circ$	НВ	$\epsilon_N$	$C_N$ —для резцов из		
				*1	*2	*3
Электрон . . . . .	45	55	9,2	—	2,27	—
Латунь . . . . .	64	100	3,82	0,87	1,74	3,5
Сим.-март. сталь 30—50 кг/мм <sup>2</sup>	65	—	2,55	1,25	2,5	5,0
» » » 50—60 кг/мм <sup>2</sup>	65	—	2,55	1,05	2,1	4,2
» » » 60—80 кг/мм <sup>2</sup>	65	—	2,55	0,78	1,55	3,1
Хромоникелевая сталь . . . . .	68	220	1,32	1,19	2,37	4,75
Чугун мягкий . . . . .	65	100	1,7	0,34	0,63	1,35
» среднетвердый . . . . .	65	150	1,7	0,5	0,5	1,0
» твердый . . . . .	65	200	1,7	0,16	0,33	0,65

\*1 Углеродистой стали. \*2 Быстрорежущей стали 16—18% W. \*3 Сверхтвердых сплавов.

риала найти мощность, соответствующую данному материалу и сечению стружки, а также наибольшее сечение стружки, к-рая м. б. снята с данного материала при данной мощности; все величины—при наибольшей скорости Р., допускаемой резцом, т. е. при  $v$ , равной  $v_3$ . Графически зависимость мощности на резце, расходуемой на Р, от площади сечения стружки представлена на фиг. 23. При обдирочных работах основной величиной, определяющей экономичность процесса Р., является объем стружки в см<sup>3</sup>, снятый в 1 мин.— $V_c$ . По предыдущему  $V_c = f_c \cdot v$ . Приравняв  $v = v_3$  и выражая  $f_c$  и  $v_3$  в ф-ии  $N$ , располагаемой на станке эффективной мощности Р., получаем:

$$V_c = C_v \left( \frac{N}{C_N} \right)^{\epsilon_N} \left( 1 - \frac{1}{\epsilon_v} \right) \tag{16}$$

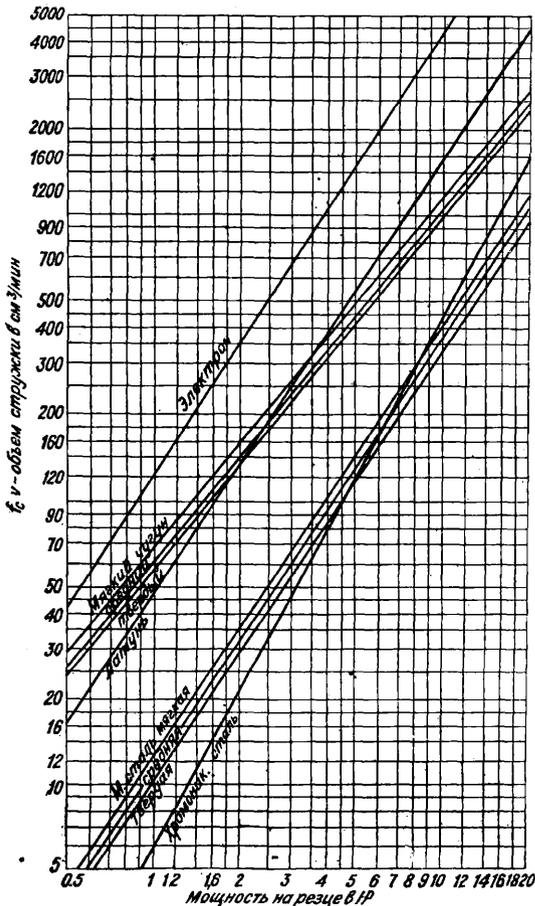
Это ур-е дает нам возможность определить наибольший объем стружки, к-рый м. б. снят на станке заданной мощности при наибольшей



Фиг. 23.

допустимой для данного реза скорости и при наименьшем следовательно сечении стружки. Графически это ур-е представлено на фиг. 24. Из этого графика видно, что уменьшение объе-

ма снимаемой в 1 мин. стружки, а следовательно и увеличение машинного времени обработки, при повышении твердости обрабатываемого материала сравнительно весьма невелики и во всяком случае ниже, чем величины, обычно принимаемые на практике при предва-



Фиг. 24.

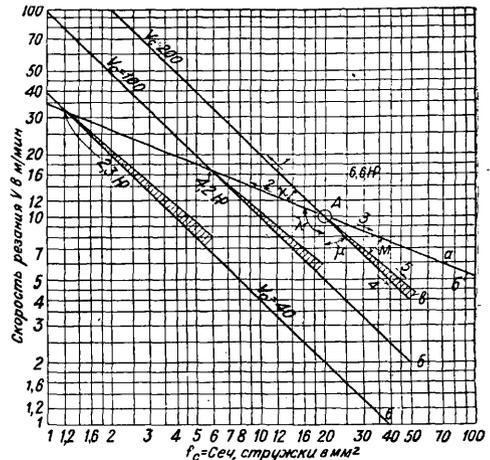
рительной калькуляции. Для стали и чугуна эти значения приведены в табл. 6.

Табл. 6.—Увеличение в % машинного времени для обработки твердых материалов сравнительно с мягкими.

Твердость материала	Сталь	Чугун
Среднетвердый . . . . .	11,3	10,4
Твердый . . . . .	23,3	17,3

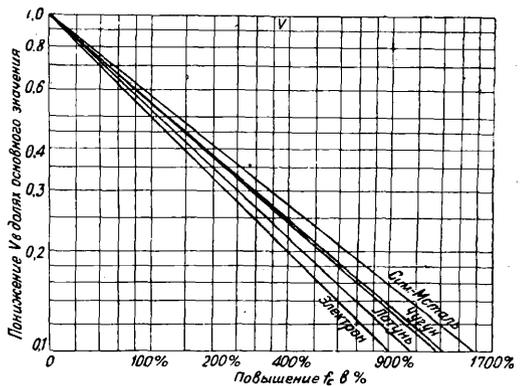
Для исследования влияния изменения отдельных элементов процесса Р. на его экономичность воспользуемся диаграммой  $f_c = \varphi(v)$ , вычерченной в двойной логарифмич. сетке (фиг. 25). Для заданных материалов реза и обрабатываемого предмета зависимость  $v_s = \varphi(f_c)$  выразится прямой линией (на фиг. 25, а для сименс-мартеновской стали средней твердости и реза из быстрорежущей стали). Линии равных объемов  $V_c$  будут представлены рядом прямых, наклоненных к осям координат под  $45^\circ$ . Определим затем для заданной мощности (на фиг. 25 для  $N = 6,6 \text{ л.с.}$ ) по урию соответствующее  $V_c$  и проведем через определенную так. обр. точку А линию  $V_c = \text{Const}$

(фиг. 25, б). Эта диаграмма дает возможность проследить явления, происходящие при изменении  $f_c$  и  $v$ . Оставим производительность станка постоянной и попробуем менять одновременно  $f_c$  и  $v$ , двигаясь по линии  $V_c = 200$  вверх (стрелка 1 на фиг. 25); мы видим, что это невозможно при данном резце, т. к. скорости получаются больше допустимых для последнего; следовательно площадь угла  $\lambda$  является площадью перегрузки реза и уменьшения производительности. Идя влево по линии  $v_s = \varphi(f_c)$  по стрелке 2 на фиг. 25, получаем при полном использовании реза умень-



Фиг. 25.

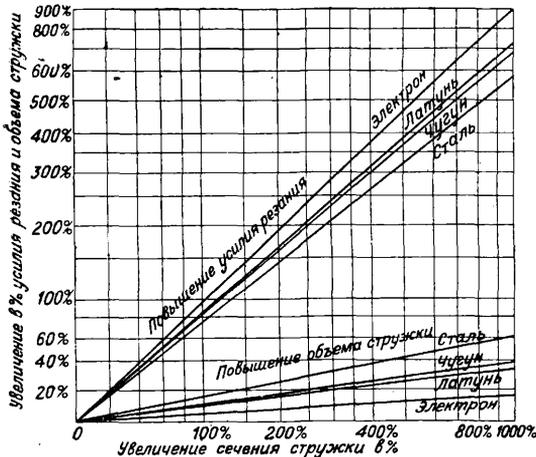
шение производительности, а следовательно и недогрузку станка, как видно из того, что  $V_c$  падает до 100 и 40  $\text{см}^3/\text{мин}$  при  $f_c$ , равных 6 и 1,2 мм, причем мощность также падает с 6,6 л.с. до 4,2 и 2,3 л.с. соответственно. Т. о. область угла  $\lambda$  является областью недогрузки станка и частично инструмента. Идя вправо по линии  $v_s = \varphi(f_c)$  по стрелке 3 на фиг. 25, получаем перегрузку мощности станка при полном использовании реза; т. о. площадь угла  $\mu$  является площадью перегрузки мощности станка при незначительной недогрузке реза. Наконец, идя по линии  $V_c = \text{Const}$  вниз (стрелка 4 на фиг. 25), имеем полное ис-



Фиг. 26.

пользование производительности станка при недогрузке реза, но при возрастающих усилиях на резец. При этом следует отметить, что в виду уменьшения уд. давления Р. при уве-

личении площади сечения стружки линия  $N = \text{Const}$  не совпадает с линией  $V_c = \text{Const}$ , а слегка наклонена к ней (фиг. 25, в); идя по этой линии вниз по стрелке 5, получаем полное использование мощности станка при повышении производительности и недогрузке реза. Казалось бы этот путь является наиболее выгодным, т. к. дает увеличенную производительность на единицу израсходованной энергии при возможности пользоваться резами



Фиг. 27.

худшего качества или при увеличении производительности работы до заточки резов нормального качества. Однако сопровождающее такое изменение  $f_c$  и  $v$  явление увеличения усилия резания кладет предел дальнейшему движению в этом направлении. Вообще для уменьшения износа станка и увеличения точности обрабатываемых поверхностей необходимо стремиться к возможному уменьшению давления резания; это приводит к тому, что в настоящее время предпочитают работать с возможно большими скоростями  $P$ . При наибольшем допустимом материалом реза сечении стружки, хотя бы за счет незначительного уменьшения экономичности процесса  $P$ ., выражаемой в объеме стружки, снятой на 1 HP-час. Аналитически зависимость между скоростью  $v_0$ , определяемой из уравнения  $v f_c = \text{Const}$  в наивыгоднейшей точке  $A$  (см. фиг. 25), и скоростью  $v_m$ , соответствующей постоянной мощности станка при изменении  $f_c$  сравнительно с  $f_{c0}$  в наивыгоднейшей точке, выражается следующим уравнением:

$$v_m = v_0 \left( \frac{f_c}{f_{c0}} \right)^{\frac{1}{\epsilon_1}} - 1 \quad (17)$$

Графически эта зависимость представлена на фиг. 26. Увеличение усилия резания  $P_p$  при скорости  $v_m$  и измененном сечении  $f_c$  сравнительно с усилием  $P_0$  в наивыгоднейшей точке

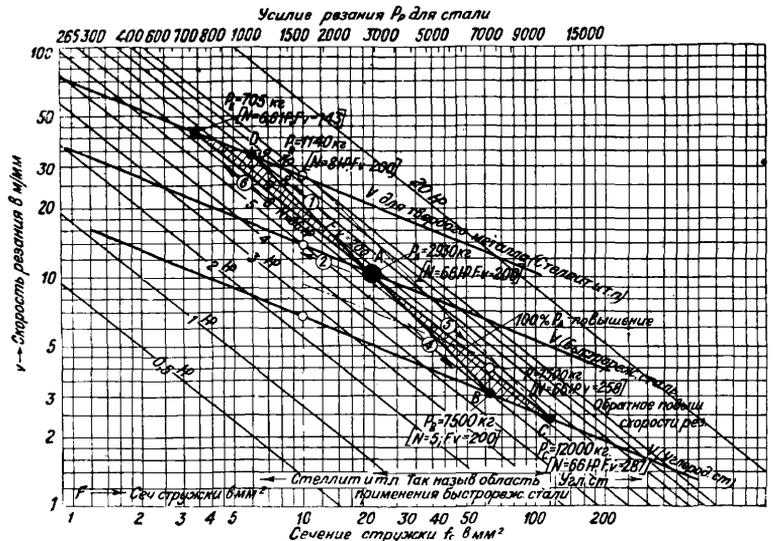
$A$  может быть выражено следующим ур-нем:

$$P_p = P_0 \left( \frac{f_c}{f_{c0}} \right)^1 - \frac{1}{\epsilon_1} \quad (18)$$

Увеличение объема стружки  $V_c$ , снимаемой с той же мощностью, при увеличенной площади сечения стружки к объему в наивыгоднейшей точке  $V_0$  выражается ур-нем:

$$\frac{V_c}{V_0} = \sqrt{\frac{\epsilon_1}{f_{c0}}} \quad (19)$$

Графически обе зависимости представлены на фиг. 27. Полная диаграмма  $P$  согласно схеме фиг. 25 для сименс-мартеновской стали прочностью 50—60 кг/мм<sup>2</sup> при угле заострения  $\delta = 65^\circ$  изображена на фиг. 28. На этой диаграмме нанесены: линии постоянной мощности  $P$ , 0,5—20 HP, линии максимальных скоростей для резов из углеродистой стали, из быстрорежущей стали и из сверхтвердых сплавов типа стеллита, кроме того линия постоянной мощности данного станка  $N = 6,6$  HP, пересекающая эти прямые в наивыгоднейших точках  $A$  и  $C$ , и линия равного объема стружки  $DB$  (200 см<sup>3</sup>/мин), проходящая через точку  $A$ . Эта диаграмма позволяет для заданной мощности станка определить наивыгоднейшее распределение составных элементов процесса резания для данного материала в каждом частном случае. Все приведенные выше скорости относятся гл. обр. к обточке на токарных станках; они м. б. применены без больших ошибок и к строгальным станкам; принимая во внимание однако, что у последних обычно скорости  $P$ ., допускаемые конструкцией станка, бывают весьма незначительными, приходится обычно спускаться в пределы больших сечений, а следовательно и резов из углеродистой



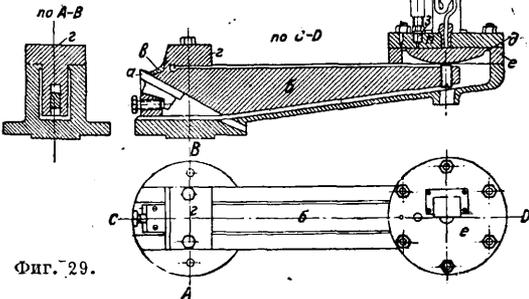
Фиг. 28.

или, в лучшем случае, быстрорежущей стали. Скорости  $P$  и величины допустимых подач при работе различными инструментами указываются в соответственных статьях (см. Сверла, Шлифовальные круги, Развертки и т. д.).

Род смазки, применяемой при механич. обработке металлов, приведен в табл. 7.

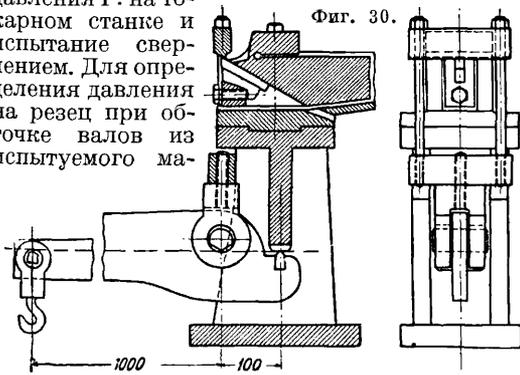
**Методика исследования обрабатываемости материалов.** Обрабатываемость материала обозначают способностью его б. или м. легко подвергаться механической обработке режущими

инструментами. Численное выражение обрабатываемости весьма затруднительно, т. к., как мы видели, на легкость обработки  $P$ . влияет как твердость материала, так и специфич. качества, определяющие большую или меньшую стойкость инструмента при обработке.



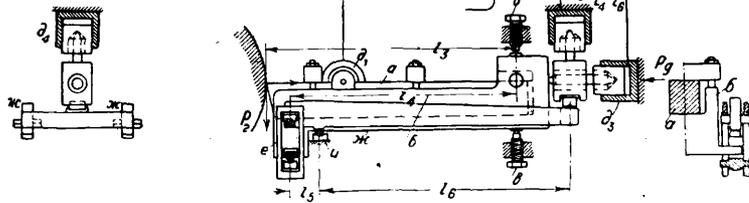
Фиг. 29.

Было предложено много способов для определения обрабатываемости, но из них заслуживают внимания пока только два: определение давления  $P$ . на токарном станке и испытание сверлением. Для определения давления на резец при обточке валов из испытываемого ма-

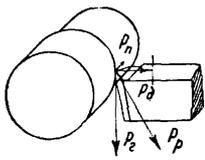


Фиг. 30.

териала на токарном станке пользуются особым устройством резцовыми динамометрами. На фиг. 29 изображен резцовый динамометр сист. Усацева, отличающийся простотой своей конструкции. Резец  $a$  зажимается в державке  $b$ , подве-

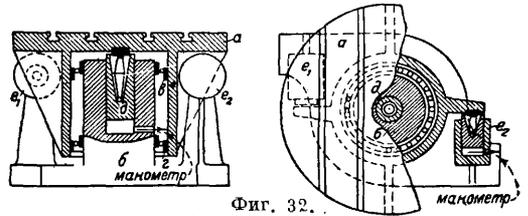


Фиг. 31.



шенной на тонком пружинящем перешейке  $b$  к опертю на супорт плите  $г$ . Другой конец державки опирается на упругую мембрану  $d$  измерительной коробки  $e$ . Да-

вление на резец (измеряется одна лишь вертикальная составляющая) передается уменьшенным в отношении плеч рычага державки на мембрану, прогиб к-рой измеряется высотой поднятия столба ртути в капилляре  $жк$ . Плунжер  $з$ , приводимый в движение винтом, служит для установки на нуль столба ртути перед началом опыта. Для тарировки динамометра служат рычажные весы, показанные на фиг. 30; действие их понятно. Более совершенный тип динамометрического супорта (проф. Шлезингера), позволяющий измерять одновременно все три составляющие усилия  $P$ ., изображен на фиг. 31. Резец  $a$  зажат в коробке  $b$ , опирающейся в вертикальном направлении на установительные винты  $в, в$ , а в горизонтальном на  $г, г$ ; установительные винты зажимают лишь настолько, чтобы коробка



Фиг. 32.

имела возможность свободно перемещаться в направлении оси резца. Т. о. передний конец коробки может двигаться в ограниченных пределах по всем трем осям, движению этому препятствуют воспринимающие соответствующую часть общего усилия на резец измерительные коробки  $d_1, d_2, d_3$  и  $d_4$ . Первая и вторая из них,  $d_1$  и  $d_2$ , воспринимают и передают дальше на регистрирующие и указывающие инструменты усилия подачи, увеличенное в отношении плеч рычага  $l_1 : l_2$ . Третья коробка  $d_3$  воспринимает и измеряет давление на резец; четвертая— $d_4$  через серьги  $е, е$  и двуплечие рычаги  $жк, жк$ , опертые в точке  $и$ ,—главную составляющую усилия  $P$ ., уменьшенную в отношении плеч рычагов  $\frac{l_3}{l_4} \cdot \frac{l_5}{l_6}$ . Устройство динамометрического стола для измерения усилия подачи и рабочего момента при сверлении изображено схематически на фиг. 32. Стол  $a$ , на котором зажимают обрабатываемый предмет, свободно насажен на колонну  $б$ , укрепленную на станине сверлильного станка. Свободное вращение стола обеспечивается двумя шарикоподшипниками  $в$  и  $г$ ; последние не затрудняют свободу осевого перемещения стола, т. к. рабочие поверхности их колец сделаны гладкими. Давление подачи воспринимается плунжером  $д$ ; а вращающий момент—двумя измерительными коробками  $е_1$  и  $е_2$ . Давление передается маслом измерительным и самопишущим манометрам. Динамометрич. стол для измерения горизонтальной составляющей усилия  $P$ . при фрезеровании изображен на фиг. 33. Люлька  $a$ , в к-рой зажимается обрабатываемый предмет, оперта подвижно в продольном направлении при помощи качающихся стоек  $б$  и  $в$ ,

имела возможность свободно перемещаться в направлении оси резца. Т. о. передний конец коробки может двигаться в ограниченных пределах по всем трем осям, движению этому препятствуют воспринимающие соответствующую часть общего усилия на резец измерительные коробки  $d_1, d_2, d_3$  и  $d_4$ . Первая и вторая из них,  $d_1$  и  $d_2$ , воспринимают и передают дальше на регистрирующие и указывающие инструменты усилия подачи, увеличенное в отношении плеч рычага  $l_1 : l_2$ . Третья коробка  $d_3$  воспринимает и измеряет давление на резец; четвертая— $d_4$  через серьги  $е, е$  и двуплечие рычаги  $жк, жк$ , опертые в точке  $и$ ,—главную составляющую усилия  $P$ ., уменьшенную в отношении плеч рычагов  $\frac{l_3}{l_4} \cdot \frac{l_5}{l_6}$ . Устройство динамометрического стола для измерения усилия подачи и рабочего момента при сверлении изображено схематически на фиг. 32. Стол  $a$ , на котором зажимают обрабатываемый предмет, свободно насажен на колонну  $б$ , укрепленную на станине сверлильного станка. Свободное вращение стола обеспечивается двумя шарикоподшипниками  $в$  и  $г$ ; последние не затрудняют свободу осевого перемещения стола, т. к. рабочие поверхности их колец сделаны гладкими. Давление подачи воспринимается плунжером  $д$ ; а вращающий момент—двумя измерительными коробками  $е_1$  и  $е_2$ . Давление передается маслом измерительным и самопишущим манометрам. Динамометрич. стол для измерения горизонтальной составляющей усилия  $P$ . при фрезеровании изображен на фиг. 33. Люлька  $a$ , в к-рой зажимается обрабатываемый предмет, оперта подвижно в продольном направлении при помощи качающихся стоек  $б$  и  $в$ ,

Табл. 7.—Род смазки инструмента, применяемый при различ

Способ обработки	Мягкая сталь, железо	Инструмент-сталь	Легиров. сталь	Стальное литье, ковкий чугун	Чугун	Латунь, томпак	Бронза	Медь	Свинец
Обточка грубая	Эм.*2	Эм.	Эм.	Эм.	Эм.	Эм. воздух	Эм. воздух	Эм.	—
Обточка чистовая	Эм. для тонк. раб., керосин	Сурепн. м., керосин	Сурепн. или лядровое м.*3	Всухую	Всухую, при закал. литье—керосин	Всухую	Всухую	Всухую	—
Нарезание резьбы	Эм., сурепн. м., литопон+сурепн. м.	Сурепн. или лядровое м., вареное свиное сало	Бензол, скипид.+ керос. (5:1), лядровое м.	Эм., литопон + сурепн. м.	Литопон+ сурепн. м., керосин, всухую	Всухую, при работе на автоматах—сурепн. м.	Всухую или сурепн. м.	Всухую, сурепн. м., ланолин	—
Сверление	Эм.	Сурепн. м. или эм.	Сурепн. м., эм., бензол	Эм.	Всухую или эм.; при закал. литье—керосин	Всухую или эм.	Всухую или эм.	Эм. или сурепн. м.	Сурепн. м. (заменитель)
Развертывание	Сурепн. м., говяжье сало	Сурепн. м. (заменитель)	Сурепн. м. (заменитель)	Ковкий чугун—всухую; стальн. литье—сурепн. м.	Всухую, суреп. или маш. м.	Всухую или сурепн. м.	Сурепн. м.	Эм.	—
Прошивка	Сурепн. м.	Сурепн. м. (заменитель)	Сурепн. м. (заменитель)	—	Всухую, суреп. или маш. м.	Всухую или сурепн. м.	Сурепн. м.	Эм.	—
Фрезеров. грубое	Эм.	Эм.	Эм.	Эм.	Возд. охл., 5% соды	Эм.	Эм.	Эм.	Сурепн. м.
Фрезеров. чистовое	Эм. для резьбы—сурепн. м.	Эмульсия для тонких работ—сурепное масло			Всухую	Эм.	Всухую	Эм.	Сурепн. м.
Распиловка	Эмульсия или сурепное м.			Эм.	Всухую, возд. охл. или эм.	Всухую или эм.	Всухую	Эм.	Всухую
Строгание	Всухую, для чистовой обраб.—эм. или сурепн. м., при глубокой стружке—бор-ойль (м. для эмульсии)				Всухую, при закал. литье—керосин	Всухую	Всухую	Всухую	Всухую
Долбление	Сурепн. м., скип.	Сурепн. м., скип.	Сурепн. м., эм.	Сурепн. м., эм.	Всухую, при закал. литье—керосин	Всухую	Всухую или сурепн. м.	Всухую или маш. масло	—
Шлифование	5%-ный водный раствор соды с прибавлением 2% машин. масла или 15% эм.; также прозрачная эм.								
Вытяжка на прессах	Эм. или сурепн. м.	Сурепн. м. или эм.	—	—	—	Эм. или мыльная вода из зеленого мыла		Эм.	Говяжье сало, спец. жир
Волочение на станах	Трубы—эм.; прутки—спец. жир	—	—	—	—	Трубы—эм.; прутки—спец. жир + эм.	Трубы—эм.; прутки—спец. жир + эм., сурепн. м.	Ланолин	—
Прокатка горячая	Охлаждение вальцов водой	—	—	—	—	Всухую	Всухую	При толст. листах—сало, жир, при тонк.—всухую	Всухую
Прокатка холодная	Мин. м., керосин, спец. жир	—	—	—	—	Всухую	Всухую	Всухую, керосин + машинное м.	5 ч. свин. сала+3 ч. мыла+ +2 ч. параф. или всухую

\*1 При обработке электрона ни в коем случае не применять воды в качестве охлаждающего вещества.

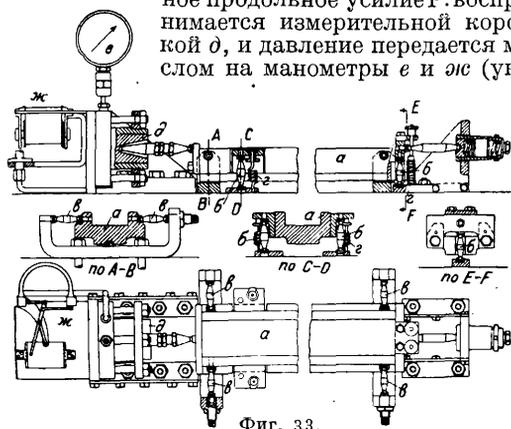
ных методах обработки металлов (по Готтвейну и АWF).

Нинель	Нейзльбер	Цинк	Олово	Алюминий	Дуралюмин	Электрон *1	Силумин	Примечания
Всухую	Эм.	Эм.	—	Эм.	Всухую	4% NaF	Эм.	—
Всухую	Всухую	Всухую	—	Всухую или керосин	Керосин	Всухую	Машинное м.	—
Эм.	Всухую или эм.	Эм.	Сурепн. м.	Керосин, всухую или эм.	Сурепн. м.	Всухую или 4% NaF	Керосин + сурепн. м.	При грубой нарезке метчиком — говяжье сало
Эм.	Всухую или эм.	—	Сурепн. м. (заменитель)	Когда материал моет—эм., иначе всухую	Керосин + сурепн. м. или эм.		Эм.	—
Эм.	Всухую или эм.	—	—	Скипидар + керосин (4 : 5)	Сурепн. м.	Всухую или 4%-ный водный раствор NaF	Скипидар или керосин	—
Эм.	Всухую или эм.	—	—	Скипидар + керосин (4 : 5)	Сурепн. м.		Скипидар или керосин	—
Эм.	Эм.	—	Сурепн. м.	Эм.	Сурепн. м.	4% NaF	Эм.	—
Эм.	Эм.	—	Сурепн. м.	Всухую	Сурепн. м.	Всухую	Эм.	—
Всухую	Эм.	—	Всухую	Керосин, маш. м., всухую	Сурепн. м.		Маш. м.	—
Всухую	Всухую	—	Всухую	Керосин, эм., всухую	Всухую, керосин	Всухую или 4%-ный водный раствор NaF	Керосин или эм.	При твердой стали ( $K_p > 70 \text{ кг/мм}^2$ ) и толстой стружке 5%-ный раствор соды
Всухую или эм.	Всухую	—	Всухую	Керосин, эм., всухую	—		Эм.	—
Всухую	—	—	—	Шпидельн. м. + керосин (1 : 1)	Сурепн. м.	4% NaF, иногда всухую	—	—
Эм., спец. жир	При мелких деталях—эм., спец. жир	Говяжье сало, спец. жир с мелн. графитом	Говяжье сало, спец. жир	Для мелких деталей маш. масло, спец. жир	Спец. м. для вытяжки	Говяжье сало, спец. жир	—	При глубокой вытяжке смешивать напор. м. с мелким графитом
Спец. жир	Эм.	—	—	Керосин	Ланолип	Всухую или жир	—	—
Вода	Всухую	Всухую	Всухую	Парафин + говяжье сало + шпидельное м.; керосин	Керосин	—	—	—
Мин. м.	Спец. жир для вытяжки	Всухую	Сода+мыло+св. сало + вода + спирт или всухую	Керос., при предварительной прокатке спец. масло для прокатки	Керосин	—	—	—

\*2 Эм.—сверлильная эмульсия с годой.

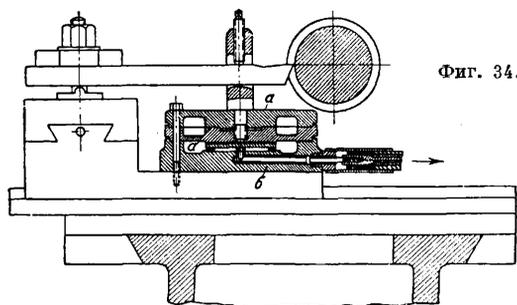
\*3 м.—всюду обозначает масло.

воспринимающих вертикальные и поперечные горизонтальные усилия. Пружины *г, г* предохраняют люльку от подъема. Горизонтальное продольное усилие *Р* воспринимается измерительной коробкой *д*, и давление передается маслом на манометры *е* и *жс* (ука-



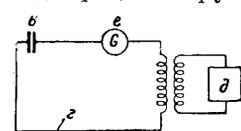
Фиг. 33.

зывающий и регистрирующий). Все описанные выше аппараты, вполне пригодные для изучения средних величин усилий *Р*, непригодны однако в виду их значительной массы для за-



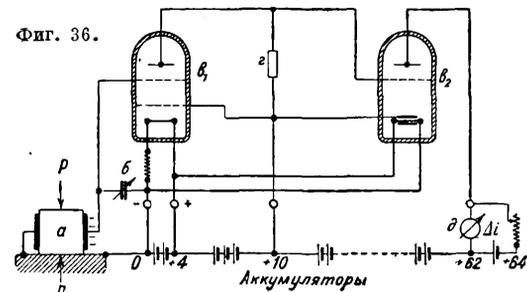
Фиг. 34.

писи быстро колеблющихся значений усилия *Р*, как это было бы желательным для изучения хода процесса стружкообразования. В последнее время разработано несколько типов резцовых динамометров с электрич. передачей, обладающих весьма малой массой воспринимающих давление частей и почти нулевой массой передающего элемента (электричество).



Фиг. 35.

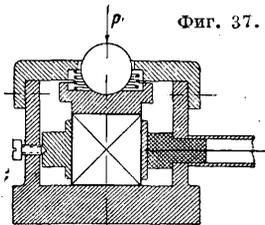
Динамометр, построенный на принципе радио-микрометра, изображен на фиг. 34. Вер-



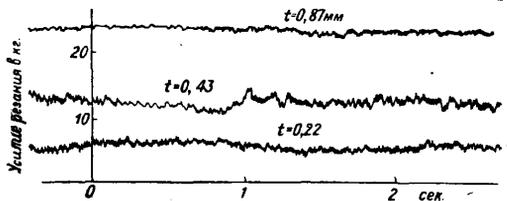
Фиг. 36.

тикальная составляющая усилия *Р* передается на двойную мембрану *а*, являющуюся одной из пластин электрич. конденсатора, вторая пластина *б* которого неподвижно закреплена на суппорте станка; образованный обеими

пластинами конденсатор *в* включен в колебательную цепь *г* (фиг. 35), в к-рой осциллятор *д* возбуждает токи высокой постоянной частоты; изменение расстояния между пластинами конденсатора изменяет настройку колебательного контура *г*, а следовательно и силу тока, индуцируемого в нем осциллятором. Колебания силы тока, которые связаны путем тарировки с прогибами мембраны динамометра, а следовательно и с усилиями *Р*, регистрируются осциллографом или регистрирующим струнным гальванометром *е*. Для той же цели применяют пьезокарц в соединении с ламповым вольтметром. Под действием давления в пьезокарце возникает, как известно, разность потенциалов на его боковых гранях, которая при посредстве лампового вольтметра

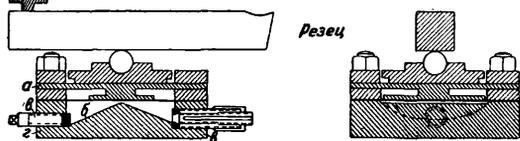


Фиг. 37.



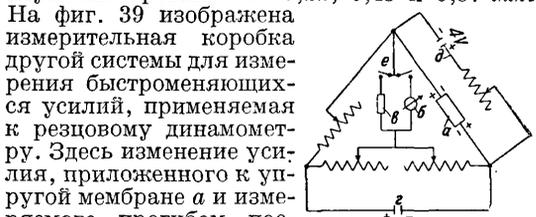
Фиг. 38.

преобразовывается в соответственные колебания тока в анодной цепи последней лампы; последние в свою очередь записываются осциллографом. Схема включения изображена на фиг. 36, где *а*—пьезокарц, *б*—переменный конденсатор, *в*<sub>1</sub> и *в*<sub>2</sub>—катодные лампы, *г*—сопротивление в анодной цепи первой лампы,



Фиг. 39.

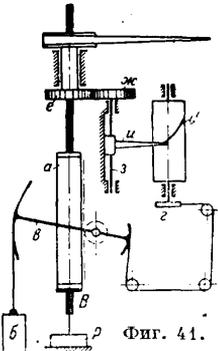
*д*—осциллограф, записывающий колебания тока  $\Delta i$ . Конструктивное выполнение измерительной коробки с пьезокарцем изображено на фиг. 37, а на фиг. 38 приведены диаграммы усилия *Р* в кг при обточке вала из сименс-мартеновской стали с постоянной подачей  $S=0,2$  мм/об. и с тремя различными глубинами резания  $t=0,22, 0,43$  и  $0,87$  мм.



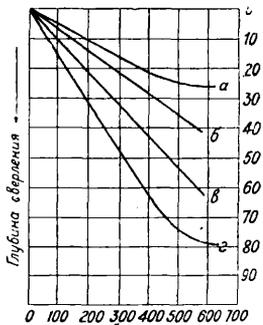
Фиг. 40.

На фиг. 39 изображена измерительная коробка другой системы для измерения быстроменяющихся усилий, применяемая к резцовому динамометру. Здесь изменение усилия, приложенного к упругой мембране *а* и измеряемого прогибом последней, связано с изменением сечения проводящего столба жидкости над порогом *б*, а следовательно и с изменением сопротивления всего столба прохождению электрич. тока. Жидкостью служит раствор азотнокислого свинца. Электрич. ток подводится к свинцовым электродам через

вырезы *в, в* в стенках корпуса коробки *г*, сделанного из пертинакса. Схема включения коробки в измерительный мостик Витстона изображена на фиг. 40, где *а*—измерительная коробка, *б*—миллиамперметр, *в*—струнный гальванометр или осциллограф, *г* и *д*—аккумуляторы на 4V, *е*—переключка. Опытами при значительной частоте (до 200 герц) не было обнаружено влияния на показания прибора инерции его частей. Простым способом, хотя и дающим лишь относительные значения обрабатываемости сравнительно с каким-либо известным образцом, является испытание сверлением. Схема сверлильного станка, приспособленного для производства такого испытания, изображена на фиг. 41: шпиндель *а* нормального сверлильного станка подается с постоянным усилием под действием груза *б*, действующего на рычаг *в*, связанный с шестеренкой подачи; другой конец этого рычага связан струной со шкивом *г* барабана *д* регистрирующего прибора. Т. о. угловые перемещения этого барабана пропорциональны



Фиг. 41.



Фиг. 42.

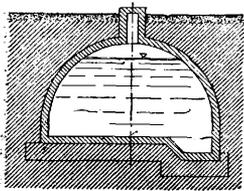
глубине сверления. Со шпинделем связана шестеренка *е*, приводящая в движение через шестеренку *ж* винт *з*, по которому ходит перо *и*; перемещения этого пера пропорциональны числам оборотов, сделанных шпинделем. Т. о. наклон получающейся на барабане кривой характеризует глубину подачи за 1 об. при постоянном усилии подачи; чем круче наклон, тем мягче обрабатываемый предмет (*б, г* на фиг. 41), чем он положе, тем материал тверже (*а, б* на фиг. 41). Явление затупления сверла сказывается во внезапном изменении уклона линии, напр. на линиях *а* и *г* фиг. 42. Для объективного определения момента затупления реза при испытаниях обрабатываемости на токарном станке проф. Шлезингером предложен способ, основанный на том, что в момент затупления начинают очень сильно возрастать усилие подачи и давление на резец. Моментом затупления считают тот момент, когда обе эти величины возрастут на 10% выше их нормальных величин.

Лит.: Т и м е И., Сопровитвление материалов и дерева резанию, СПб, 1870; е г о ж е, Мемуар о строгании металлов, СПб, 1877; Т е й л о р Ф., Искусство резать металлы, пер. с англ., 2 изд., Берлин, 1922; К р о н е н б е р г М., Основы теории резания, пер. с нем., 3 изд., М.—Л., 1931; М и г а й В., Теория резания металлов, М.—Л., 1932; Г о т т в е й н К., Охлаждение и смазка при обработке металлов, пер. с нем., М.—Л., 1930; У с а ч е в, Явления, происходящие при резании металлов, «Известия Петроградского политехнич. ин-та», II, 1915; К n a b e W., Fraiser u. deren Rolle, Charlow, 1893; Т h i e m e J., Mémoire sur le rabotage des métaux, St-Petersbourg, 1877; N i c o l s o n Y. T., Lathe Design, L., 1908; V o i g t A., Über die Druckverteilung im Eisen vor einer eindringenden Schneide, Dissert. d. Techn. Hochschule Karlsruhe, Karlsruhe, 1907; К р о н е н б е р г М., Grundzüge d. Zerspanungs-

lehre, B., 1927; C o r d o n C., Expériences sur le travail des machines-outils pour les métaux, v. 2, P., 1906; T a y l o r F. W. u. W a l l i c h s A., Über Dreharbeit u. Werkzeugstähle, 4 Aufl., B., 1920; N a d a i A., Der bildsame Zustand d. Werkstoffe, B., 1927; W y s s Th., Die Kraftfelder in festen elastischen Körpern u. ihre praktischen Anwendungen, B., 1926; S c h ö p k e H., Beitrag zum Bau von Drehbank-Messportnen mit Hochdruckmessdosen, Dissert. d. Techn. Hochschule Aachen, Aachen, 1931; H a u s s n e r, Das Hobeln d. Metalle, «Mitteilungen des technologischen Gewerbemuseums», p. 124, W., 1892; T a y l o r F. W., The Action of Cutting Tools, «American Machinist», N. Y., 1902, p. 1705; H a u s s n e r, Über den Kraftverbrauch beim Hobeln, «Dinglers Polytechn. Journal», B., 1891, B. 281, p. 292, 1893, B. 288, p. 240; B o s t o n O. W., Methods of Tests for Determining the Machinability of Metals, «Transactions of the American Society for Steel Treating», Cleveland, 1929, v. 16, 6; B o s t o n O. W., The Machinability of Metals, ibid., 1928, v. 13, 2; O x f o r d C., «Transactions of the American Society of Mechanical Engineers», N. Y., 1921, v. 43, p. 549; K e s s n e r A., Die Prüfung d. Bearbeitbarkeit d. Metalle u. Legierungen unter besonderer Berücksichtigung des Bohrverfahrens, «Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens», B., 1918, H. 208; H e r b e r t E. G., The Cutting Properties of Tool Steels, «Journal of the Iron & Steel Institute», L., 1910, v. 87, part 1, p. 206; S c h w a r t z H. A. u. F l a g l e W. W., Significance of Tool Temperature as a Function of the Cutting Resistance of Metals, «Proceedings of the American Society for Testing Materials», Philadelphia, 1923, v. 23, part 2, p. 27; H e r b e r t E. G., Influence of Temperature on Work-Hardening of Metals, «Engineer», L., 1924, p. 356; S m i t h D. a. H e y J., Hardness a. Cutting Trials of Tool Steel, ibid., L., 1924, p. 363; K e s s n e r A., Testing Machinability by Drilling, «Testing», New York, 1924, April; B e k k e t t C. A., Foreign Progress in Cutting Metals, «Mechanical Engineering», New York, 1924, October; B o l t o n J. W., Factors Influencing the Machinability of Cast Iron, «Machinery», N. Y., p. 1925, March, p. 533; S m i t h D. a. L e i g h A., Experiments with Lathe Tools on Fine Cuts, «Engineering», L., 1925, p. 364; Hardness Number a. Their Relation to Machinability, «Mechanical Engineering», N. Y., 1925, November, p. 919; K l o p s t o c k H., Contribution to the Cutting a. Turning of Metals, «Chemical a. Metallurgical Engineering», N. Y., 1926, v. 1, 2, 3, 4; H e r b e r t E. G., Work Hardening Properties of Metals, «Transactions of the American Society of Mechanical Engineers», N. Y., 1926, p. 705; B o s t o n O. W., A Research in the Elements of Metal Cutting, ibid., 1926, p. 749; P r i e s t e r G. C. a. C u r r a n P. J., Mechanical a. Machining Properties of an Annealed Cast Iron, «Transactions of the American Society for Steel Treating», Cleveland, 1927, v. 11, 5; G o t t w e i n K., Die Messung d. Schneidentemperatur beim Abdrehen von Flusseisen, «Maschinenbau», B., 1925, B. 4, H. 24; G o t t w e i n K., Die Schneidentemperatur beim Drehen in Abhängigkeit von d. Form des Spannerschnittes, ibid., B., 1926, B. 5, H. 11; K u r r e i n M., Aufbau d. Schnelldrehspäne, «Österreich. Wochenschrift f. öffentlichen Baudienst», W., 1905, H. 1; R o s e n h a i n A. S t u r n e y, Report on Flow a. Rupture of Metals During Cutting, «Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers», L., 1925, v. 1, p. 141; Sonderheft, Zerspanung, «Maschinenbau», B., 1926; S t a u t i n a. H y d e, An Experimental Study of the Forces Exerted on the Surface of a Cutting Tool, «Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers», L., 1925, v. 1, p. 175; B l u h m, Die Anwendung d. Versuchsergebnisse Taylors, «Werkstattstechnik», B., 1921, Jg. 15, p. 477; K l o p s t o c k H., Untersuchung d. Dreharbeit, «Berichte d. Versuchfeldes d. Techn. Hochschule Berlin», B., 1926, H. 8; F r i e d r i c h, Über die Wärmvorgänge beim Spanschneiden u. die vorteilhafte Schnittgeschwindigkeit, «Z. d. VDI», B., 1914, B. 58, p. 379; E n g e l, Über die wirtschaftliche Schnittgeschwindigkeit beim Drehen, «Maschinenbau», B., 1925, B. 4, p. 1124; P r a d t l L., Über die Eindringungsfestigkeit plastischer Baustoffe u. die Festigkeit von Schneiden, «Ztschr. f. angewandte Mathematik u. Mechanik», B., 1921, B. 1, H. 1; S c h w e r d t F., Neue Untersuchungen zur Schnitttheorie u. Bearbeitbarkeit, «St. u. E.», 1931, Jg. 51, II. 16, p. 481; R a t h j e J., Der Schnittvorgang im Sande, «Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens», B., 1931, H. 350; P a t k a y St., Bearbeitbarkeit, Bohrarbeit u. Spiralbohrer, «Werkstattstechnik», B., 1928, Jg. 22, H. 24; 1929, Jg. 23, H. 1, 2; S c h l e s i n g e r G., Die Verwendung von Hartmetallen in Deutschland, «Werkstattstechnik», B., 1929, Jg. 23, H. 13; V a n i k J. S. a. W i c k e n d e n T. H., Smooth Finish Machining of Low-Carbon Plain a. Alloy Steels, «Transactions of American Society for Steel Treating», Cleveland, 1927, v. 12, 5; K l o p s t o c k H., Die Temperaturmessungen an d. Stahlschneide gegenüber d. Kraftmessung beim Zerspanen von Metallen, «Werkstattstechnik», B., 1926, Jg. 20, H. 22, p. 663; H e r b e r t E. G., «American Machinist», L., 1926; G o t t w e i n K., Temperaturen d. Meißelschneide beim Schuppen von Me-

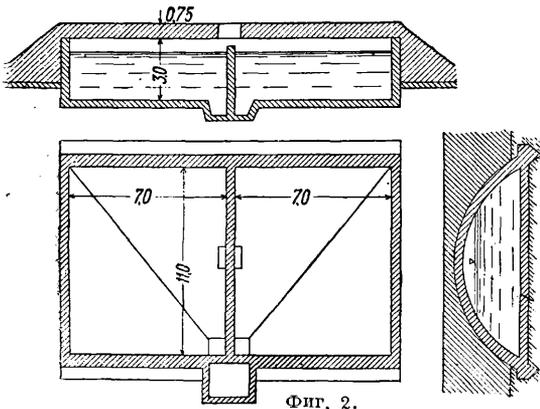
fallen, «Maschinenbau», B., 1926. B. 5, Sonderheft, «Zer-spanung»; L i c h O., Variable Faktoren in d. Zerspansungspraxis an Werkzeugmaschinen, «Werkzeugmaschinen», B., 1930, Jg. 34, H. 23; S c h l e s i n g e r G., Wechselwirkung zwisch. Werkstoff u. Werkzeug, «Werkstattstechnik», B., 1927, Jg. 21, H. 21; K u r r e i n M., Die Bearbeitbarkeit d. Metalle in Zusammenhang mit d. Festigkeitsprüfung, ibid., B., 1927, Jg. 21, H. 21; V o g e l s a n g P., Werkzeuge u. Vorrichtungen f. die zerspandende Bearbeitung d. Leichtmetalle, ibid., B., 1927, Jg. 21; K r o n b e r g M., Über neue Zerspandungsuntersuchungen, «Maschinenbau», B., 1928, B. 7, H. 13; S c h l e s i n g e r G., Die Bearbeitbarkeit d. Konstruktionstähle im Automobilbau, «St. u. E.», 1928, Jg. 48, H. 10, 11; W a l l i c h s A., Das Gesetz d. Schnittgeschwindigkeit, «Maschinenbau», B., 1927, B. 6, p. 998; R a p a t z u. K r e k e b e r, Die Untersuchung d. Bearbeitbarkeit, «St. u. E.», 1928, Jg. 48, H. 9; O k o c h i M. a. O k o c h i M., New Method for Measuring the Cutting Force of Tool a. some Experimental Results, «Scientific Papers of the Institute of Physical a. Chemical Research», Hongo, Tokyo, 1927, v. 5, 84; S c h l e s i n g e r G., Scientific Machine Tool Research, «American Machinist», L., 1930, v. 73, 15, p. 575; Support for Machine Tool Research, ibid., L., 1930, v. 72, p. 462; O l k e n H., Radio Ultra Micrometers in the Machine Shop., ibid., L., 1932, v. 76, 10, p. 331; K e i n a t h G., Schnittdruckmessung an Werkzeugmaschinen, «Archiv für Technisches Messen», B., 1931, v. 4, Juli; K l u g e J. u. L i n k h H. E., Piezoelektrische Messungen mechanischer Grössen, «Forschung auf d. Gebiete des Ingenieurwesens», B., 1931, B. 2, 5, p. 153; K l u g e J. u. L i n k h H. E., Piezoelektrische Messungen von Druck- u. Beschleunigungskräften, «Z. d. VDI», 1929, B. 73, 37, p. 1311; T h o m a H., Aufzeichnung schneller Schwingungen, ibid., 1929, B. 73, 19, p. 639; W a l l i c h s A. u. S c h ö p k e H., Messportale zur Feststellung d. Schnittkräfte beim Drehvorgang, «Zeitschrift f. wirtschaftliche Fertigung», 1931, p. 65; W a l l i c h s A. u. O p i t z H., Messen schnellwechselnder mechanischer Kräfte, «Z. d. VDI», 1932, B. 76, 10, p. 240; T o u s s a i n t E., Werkzeugmaschinen f. spanabehende Metallbearbeitung, Taschenbuch f. den Maschinenbau, hrsg. v. H. Dubbel, B. 2, B., 1929; H i p p l e r W., Wirtschaftliches Zerspandn, spanabehende Werkzeuge f. die Metallbearbeitung, «Schriften d. Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure», hrsg. v. J. Reindl, B. 3, B., 1925. Л. Павлушков.

**РЕЗЕРВУАРЫ**, сооружения для хранения запасов жидкости. В отношении материала



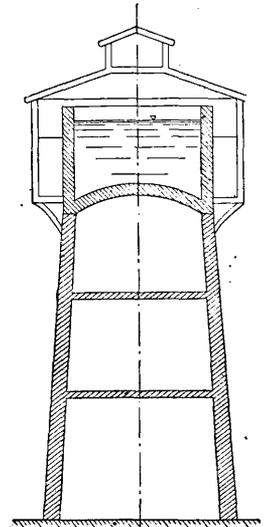
Фиг. 1.

(Фиг. 1), на поверхности земли (фиг. 2) или на возвышенной опоре (фиг. 3). Резервуары на поверхности земли в случае необходи-



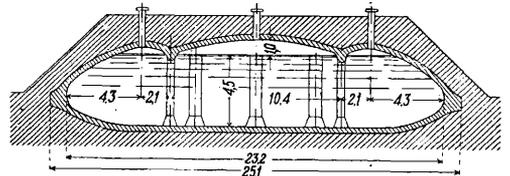
Фиг. 2.

мых опорах, прибегают к другим способам отопления. В качестве возвышенных опор служат сквозные каркасы или башни. Необычные Р. иногда делают без перекрытия. Выбор расположения Р. и материала

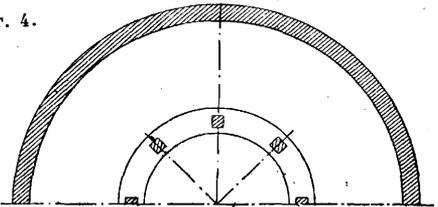


Фиг. 3.

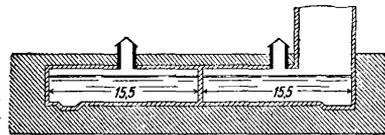
для постройки зависит от назначения Р. и от местных условий. По своей форме в плане Р. делают круглыми (фиг. 4) или прямоугольными (фиг. 5). Круглые в плане Р., выгодные в статич. отношении, могут оказаться невыгодными в отношении технич. выполнения. Каменные и железобетонные Р., расположенные в земле или на поверхности ее, могут иметь плоское или сводчатое перекрытие и дно в виде сплошной плиты или обратного свода. На фиг. 2 представлен двухкамерный Р., у которого продольные стены и перекрытие сливаются в один общий цилиндр. свод. На фиг. 4 изображен круглый Р. со сводчатым перекрытием, поддерживаемым внутри концентрич. опорным



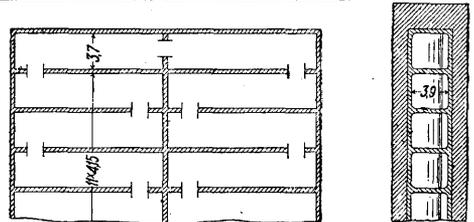
Фиг. 4.



кольцом, покоящимся на столбах; дно в кольцевой опорной стенке приподнятое. На фиг. 5 показан прямоугольный Р. с плоским пере-



Фиг. 5.

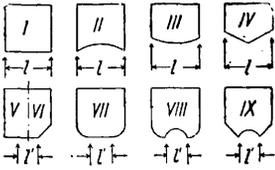


крытием, опирающимся на перегородки, разделяющие Р. на многочисленные отделения. В экономич. отношении существенную роль

мости обсыпают землей для предохранения от промерзания или чрезмерного нагревания жидкости. Для Р., расположенных на воз-

играет отношение высоты  $P$  к площади дна. При равных объемах высота  $P$  обратно пропорциональна площади дна. Равнодействующая сил бокового давления жидкости на стенку  $P$  изменяется пропорционально квадрату высоты  $h$  жидкости в  $P$ ; давление же на дно пропорционально  $h$ .

Конструкции железобетонных и стальных  $P$ . на возвышенных опорах тесно связаны с

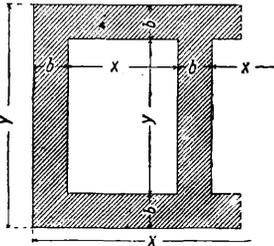


Фиг. 6.

конструкцией последних. Круглая в плане форма преобладает. На фиг. 6 показаны схемы часто применяемых круглых  $P$ . На схемах  $V$ — $IX$  диаметр опорного кольца

уменьшен до размера  $V$ . Висячие днища  $III$  и  $IV$  из-за возникающих в них растягивающих напряжений весьма целесообразны для стальных  $P$ ., но мало пригодны для железобетонных. Для последних более рациональны формы  $I$  и  $II$  с плоским и сводчатообразным дном. Для уменьшения диаметра опорного кольца располагают  $P$ . на последнем с напуском по форме  $V$  или сужают нижнюю часть стенок  $P$ ., придавая ей форму  $VI$  и  $IX$  (в виде усеченного кругового конуса) или форму  $VII$  и  $VIII$  (в виде шарового пояса). Уменьшенное дно делается при этом или плоским (формы  $VI$  и  $VII$ ) или же сводчатообразным (формы  $VIII$  и  $IX$ ).

При открыто расположенных каменных или железобетонных  $P$ . необходимо обратить внимание на их архитектурную обработку; это относится и к возвышенным каменным или железобетонным опорам башенного типа. Возвышенные опоры бывают каменные, железобетонные и стальные.



Фиг. 7.

**I. Каменные  $P$ .**

1. Экономические размеры  $P$ . а) Прямоугольный  $P$ . с полезным объемом  $V_b$  и глубиной воды  $h$  имеет полезную площадь (фиг. 7)

$$F = \frac{V_b}{h} = nx(Y - 2b), \tag{1}$$

где  $n$ —число отделений и  $b$ —средняя толщина всех стен. Площадь сечения всех стен выразится ф-лой

$$S_m = (n + 1) bY + 2nbx. \tag{2}$$

Подставив значение  $Y$  из ур-ия (1), получим

$$S_m = \frac{b(n+1)F}{nx} + 2nbx + 2b^2(n + 1). \tag{3}$$

Для получения минимального значения  $S_m$  приравняем нулю первую производную от  $S_m$  по  $x$ :

$$\frac{dS_m}{dx} = -\frac{b(n+1)F}{n} x^{-2} + 2bn = 0,$$

откуда

$$x = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n+1}{2}} \cdot \sqrt{F} = a \sqrt{F}. \tag{4}$$

Подставляя найденное значение  $x$  в ур-ие (1), получим

$$Y = \sqrt{\frac{2}{n+1}} \cdot \sqrt{F} + 2b,$$

а следовательно

$$y = \sqrt{\frac{2}{n+1}} \cdot \sqrt{F} = \beta \sqrt{F}. \tag{5}$$

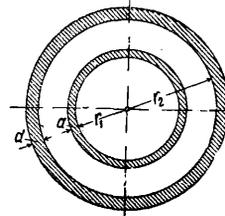
Отношение  $y$  к  $x$  выразится ур-нем

$$\frac{y}{x} = \frac{2n}{n+1} = \gamma. \tag{6}$$

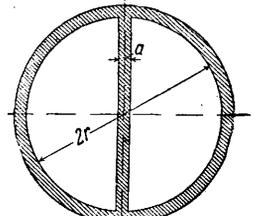
Давая  $n$  различные значения, можно определить соответствующие значения  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ .

$n=1$	$\alpha=1,0000$	$\beta=1,0000$	$\gamma=1,00$
$n=2$	$\alpha=0,8121$	$\beta=0,8161$	$\gamma=1,33$
$n=3$	$\alpha=0,1711$	$\beta=0,7771$	$\gamma=1,50$
$n=4$	$\alpha=0,3953$	$\beta=0,6325$	$\gamma=1,50$

б) Круглый  $P$ ., разделенный concentричной стенкой на две камеры—круглую и



Фиг. 8.



Фиг. 9.

кольцевую—в отношении  $1 : m$ ; даны  $V_b$  и  $h$  (фиг. 8). Полезная площадь

$$F = \frac{V_b}{h}.$$

Из фиг. 8 имеем

$$\frac{\pi[r_2^2 - (r_1 + a)^2]}{\pi r_1^2} = m$$

и

$$\pi[r_2^2 - (r_1 + a)^2] + \pi r_1^2 = F,$$

откуда

$$r_1 = \sqrt{\frac{F}{(m+1)\pi}} \tag{7}$$

и

$$r_2 = \sqrt{\frac{F}{\pi} + 2a\sqrt{\frac{1}{m+1}} \cdot \sqrt{\frac{F}{\pi}} + a^2}. \tag{8}$$

При отсутствии внутренней разделительной стены ( $a=0$ ) радиус круглого однокамерного  $P$ . выразится велич

$$r = \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 0,564\sqrt{F}. \tag{9}$$

в) Круглый  $P$ ., разделенный диаметральной стенкой на две равновеликие камеры (фиг. 9). Площадь сечения средней стены

$$f = a \cdot 2r.$$

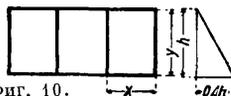
Прибавляя эту площадь к полезной площади  $F = \frac{V_b}{h}$ , получим

$$\pi r^2 = \frac{V_b}{h} + 2ar,$$

откуда

$$r = \frac{a \pm \sqrt{a^2 + \frac{\pi V_b}{h}}}{\pi}. \tag{10}$$

2. Определение наивыгоднейшей глубины  $h$  воды в  $P$ . а) Прямоугольный  $P$ . с числом камер  $n$  (см.



Фиг. 10.

фиг. 10). Отношение  $\frac{y}{x}$

можно определить из приведенной формулы (6). Общая стоимость  $K$  сооружения складывается из следующих величин:

1) Стоимости стен:

$$[2nx + (n + 1)y] \cdot 0,4 \cdot h^2 \cdot U = 1,6 \pi x h^2 U,$$

где  $U$ —стоимость 1 м<sup>3</sup> кладки стен;

2) стоимости дна:

$$\pi x y s S = \frac{2n^2}{n+1} \cdot x^2 s S,$$

где  $s$ —толщина дна  $P$ ,  $S$ —стоимость 1 м<sup>3</sup> кладки дна;

3) стоимости перекрытия:

$$\frac{2n^2}{n+1} \cdot x^2 e E,$$

где  $e$ —средняя толщина перекрытия,  $E$ —стоимость 1 м<sup>3</sup> перекрытия;

4) стоимости земляных работ:

$$\frac{2n^2}{n+1} \cdot x^2 f A,$$

где  $f$ —глубина выемки, равная 2—3 м,  $A$ —стоимость 1 м<sup>3</sup> вынута земли. Отсюда следует, что

$$K = 1,6 \pi x h^2 U + \frac{2n^2}{n+1} \cdot x^2 (sS + eE + fA).$$

Подставляя в это ур-е значение  $x$  из ур-ия (4) и затем значение  $F$  из ур-ия (1), получим

$$K = 1,6 U \sqrt{\frac{n+1}{2}} \cdot V_b \cdot h^{\frac{3}{2}} + V_b (sS + eE + fA) h^{-1}. \quad (11)$$

Приравняв нулю первую производную величины  $K$  по  $h$  и определяя  $h$ , найдем

$$h = \sqrt[5]{\frac{V_b (sS + eE + fA)^2}{2,88(n+1)U^2}}. \quad (12)$$

Очень часто величину  $f$  принимают равной  $h$ . По Вигре (Vigreux)

$$h = \sqrt[5]{\frac{V_b (s + e)^2}{4}}. \quad (12')$$

Наличия столбов в  $P$ . (для поддержания перекрытия) Вигре не учитывает, считая, что они очень мало влияют на величину  $h$ .

б) Круглый  $P$ . Для круглого  $P$ . имеем, подобно предыдущему: для круглого однокамерного  $P$ .

$$K = 0,71 U \sqrt{V_b} \cdot h^{\frac{3}{2}} + V_b (sS + eE + fA) h^{-1} \quad (13)$$

и при условии наименьших расходов

$$h = \sqrt[5]{\frac{V_b (sS + eE + fA)^2}{1,13 U^2}}; \quad (14)$$

для кольцевого  $P$ . с двумя равновеликими камерами

$$K = 1,21 U \sqrt{V_b} \cdot h^{\frac{3}{2}} + V_b (sS + eE + fA) h^{-1} \quad (15)$$

и при условии наименьших расходов

$$h = \sqrt[5]{\frac{V_b (sS + eE + fA)^2}{3,31 U^2}}; \quad (16)$$

для круглого  $P$ . с одной средней диаметральной стеной

$$K = 0,94 U \sqrt{V_b} \cdot h^{\frac{3}{2}} + V_b (sS + eE + fA) h^{-1} \quad (17)$$

и при условии наименьших расходов

$$h = \sqrt[5]{\frac{V_b (sS + eE + fA)^2}{1,99 U^2}}. \quad (18)$$

Если сооружение  $P$ . сопряжено с расходами по приобретению или отводу земельного участка, то в сумму  $(sS + eE + fA)$  ф-л (12), (14), (16) и (18) надлежит включить еще одно слагаемое  $Gq$ , где  $G$ —стоимость 1 м<sup>2</sup>, отведенного под постройку земельного участка, а  $q$ —отношение площади участка к площади  $xy$   $P$ .

в) Учет стоимости подъема воды (фиг. 11). Если  $H$ —манометрич. высота подачи в пустой  $P$ . в м,  $\frac{h}{2}$ —средняя высота воды в  $P$ . в м и  $Q$ —годовая подача воды в кг, то годовая работа насоса равна

$$Q \left( H + \frac{h}{2} \right).$$

Общий расход

$$K' = k T Q \left( H + \frac{h}{2} \right), \quad (19)$$

где  $k$ —стоимость 1 кгм выполненной работы, а  $T$ —предположительный срок службы  $P$ . в годах. Указанные уравнением (19) расходы надлежит включить в общие расходы, определенные формулами (11), (13), (15) и (17) для учета подъема воды. Формула (11) в этом случае примет вид:

$$K = A \cdot h^{\frac{3}{2}} + B \cdot h^{-1} + C \cdot h.$$

Дифференцируя по  $h$ , получим для определения экономичной высоты ур-ие

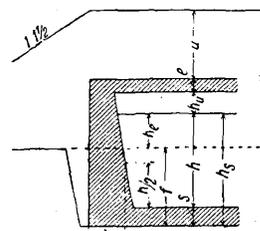
$$\frac{3}{2} A h^{\frac{1}{2}} - B h^{-2} + C = 0. \quad (20)$$

Т. о. при учете стоимости подъема воды экономичная высота  $h$  воды в  $P$ . получится меньшей, чем в том случае, когда такой учет не производится. Следует заметить, что при накачивании воды в  $P$ . надлежит выпуск ее производить на уровне воды в  $P$ ., чего можно достигнуть напр. устройством подвижного, регулируемого. поплавком колена; этим устраняется излишняя затрата по подаче воды выше требуемой высоты.



Фиг. 11.

3. Условия расположения  $P$ . в земле на горизонтальном участке. Расположение  $P$ . в земле будет наимыгоднейшим, если объем выемки земли будет равен объему засыпки  $P$ . землей сверху и с боков. Однако  $P$ . нередко располагают так, чтобы расчетный уровень воды в нем совпадал с поверхностью земли. Дальнейший подсчет определяет условия наиболее экономичного расположения  $P$ . в земле. а) Прямоугольный  $P$ .



Фиг. 12.

располагают так, чтобы объем выемки земли покрывал потребность земли для засыпки  $P$ . сверху и с боков. Тогда с обозначениями на фиг. 7 и 12 найдем, что объем выемки

$$V_u = XY (h_s - h_e),$$

объем  $P$ . поверх уровня земли

$$V_o = XY (h_e + h_u + e)$$

и объем тела, ограниченного уровнем земли и поверхностью насыпи,

$$V = V_u + V_o = XY (h_s + h_u + e);$$

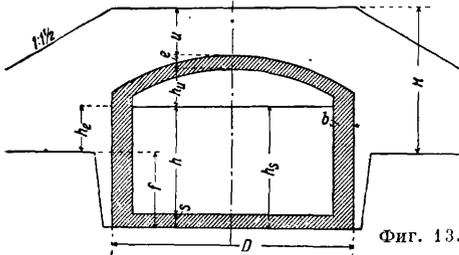
с другой стороны,

$$V = XYH + 1,5(X + Y)H^2 + 0,75 \pi H^3.$$

Приравнивая правые части последних двух равенств, получим ур-ие

$$0,75\pi H^3 + 1,5(X + Y)H^2 + X Y H - X Y (h_s + h_u + e) = 0, \quad (21)$$

из которого и определится величина  $H$ . Тогда вы-



Фиг. 13.

сота уровня воды в резервуаре над поверхностью земли определится из формулы:

$$h_e = H - (h_u + e + u) \quad (22)$$

и глубина выемки из формулы:

$$f = h_s - h_e. \quad (23)$$

б) Круглый Р. Расчет производится аналогично предыдущему. Пользуясь обозначениями на фиг. 13, получим

$$3H^3 + 3DH^2 + D^2H - D^2(h_s + h_u + e) = 0, \quad (21')$$

$$h_e = H - (h_u + e + u), \quad (22')$$

$$f = h_s - h_e. \quad (23')$$

Для  $h_u, e, u$  берут средние их значения.

4. Статический расчет каменных Р. подчиняется правилам строительной механики. На наружные стены действуют следующие силы (фиг. 14): собственный вес  $P$ , давление  $S$ , передаваемое сводом, давление земли  $E$  и давление воды  $W$ . Расчет делают как для наполненного, так и для порожнего Р. Чтобы стена не испытывала растягивающих напряжений, равнодействующая всех перечисленных сил должна пересекать основание стены в средней его трети. Средние стены испытывают: давление от собственного веса, давление, передаваемое сводами, и давление от воды. Расчет ведется на одностороннее давление воды с каждой стороны стены, т. е. при попеременном заполнении водою одной из смежных камер. Равнодействующая указанных сил в обоих случаях должна проходить в средней трети стены. Своды несут на себе нагрузку от собственного веса и веса засыпки. Для того чтобы в своде не было растягивающих напряжений, линия давления на всем протяжении должна проходить внутри ядра, т. е. в средней трети свода. Если дно Р. должно противодействовать давлению воды снизу лишь своей тяжестью, то толщина такого дна определяется из ф-лы

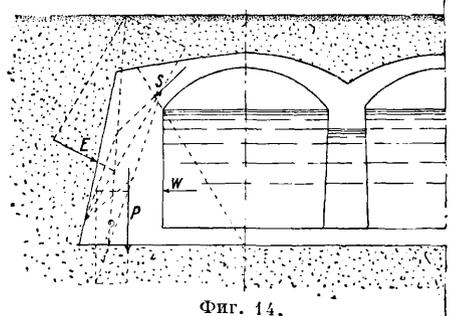
$$s = \frac{A}{\gamma}, \quad (24)$$

где  $s$ —толщина дна в м.  $A$ —давление воды в  $т/м^2$  и  $\gamma$ —уд. в. в материале дна в  $т/м^3$ . Дно,

имеющее толщину  $s$ , не испытывает изгибающих моментов и м. б. сделано из трамбованного бетона. Уменьшая же определенную по ур-ию (24) толщину бетонного дна, сделав его напр. толщиной  $d$  (в м), мы должны часть  $A'$  усилия, а именно

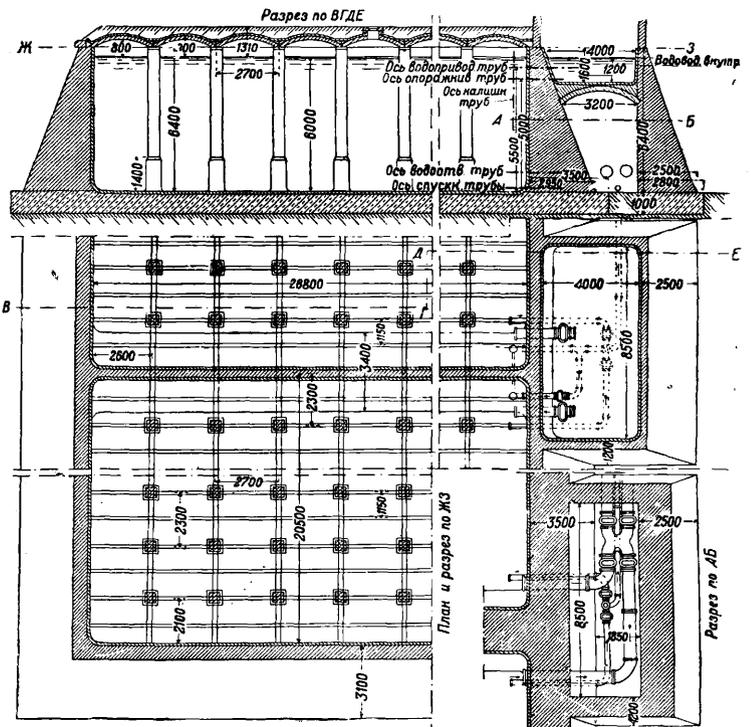
$$A' = A - \gamma \cdot d, \quad (25)$$

вызывающего изгибающие моменты, передать арматуре, соорудив дно из железобетона (см. Железобетонные конструкции).



Фиг. 14.

5. Каменные Р. в связи с их конструкцией. На фиг. 15 изображен прямоугольный Р., состоящий из двух отделений, каждое из которых вмещает  $3\ 000\ м^3$  воды при глубине ее в 6 м. Конструкция ясна из чертежа. Вода из источника водоводом направляется прежде всего в приемный бассейн, а затем двумя отдельными трубами—в каждое из отделений Р.; трубы эти снабжены задвижками, позволяющими по желанию прекращать доступ воды к тому или иному отделению Р. Приемный бассейн помещен в небольшой при-

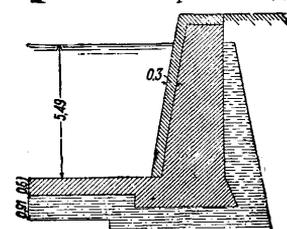


Фиг. 15.

стройке. Внутренние размеры бассейна: длина 8,5 м, ширина 4 м. Дно бассейна располо-

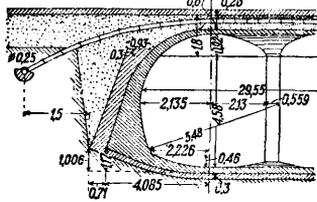
жено на 1,60 м ниже верха стены и поддерживается сводом толщиной 0,20 м при пролете 3,20 м и подъеме 0,60 м. Трубы с кранами при них расположены в особом помещении под приемным бассейном. От каждого отделения Р. отходит по одной отводящей воду трубе, по одной переливной и одной опораживающей трубе. Подающие и опораживающие трубы снабжены соответствующими вентилями.

Дно Р. конструируют соответственно грунту, на котором оно сооружается. Наиболее благоприятным грунтом в данном отношении является сплошная скала, дающая возможность ограничиться наименьшей толщиной дна. При плотном скалистом, но водонепроницаемом грунте дну придают б. ч. толщину в 20—25 см. При гравелистом грунте доводят толщину до 35—50 см. Как правило дно Р. делают в виде



Фиг. 16.

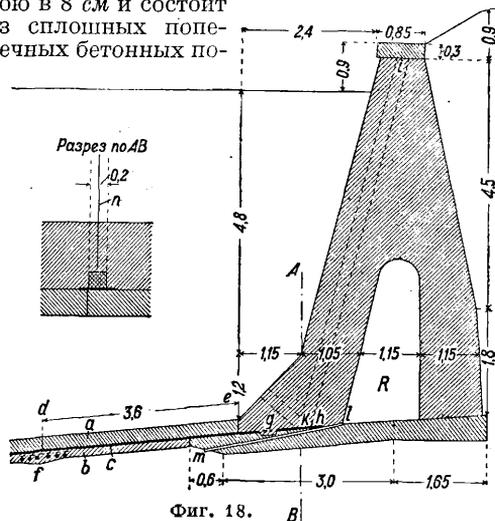
сплошной плиты под всем сооружением и лишь затем, после соответствующего затвердения этой плиты, возводят стены и внутренние столбы, поддерживающие перекрытие. Материалом для сооружения два каменного Р. служит обычно бетон, но в известных случаях применяют железобетон (напр. при ненадежном грунте, а также в местностях, подверженных землетрясениям). Особое внимание следует уделить водонепроницаемости дна Р. С этой целью Р. в Париже сделаны с двойным дном и с промежуточными, доступными для проезда каналами, соединенными между собой дренажем; в этих каналах проложен и трубопровод. В местностях, подверженных землетрясению, надлежит принимать особые меры к устранению опасности разрушения Р. В этом отношении хорошие результаты дало мероприятие, примененное при постройке резервуара в Йокагаме (фиг. 16). Дно основывалось на слое промерзшей глины, смешанной с щебнем и тщательно утрамбованной. Такая же глина, но смешанная с водой и промятая забивалась и утрамбовывалась тонкими слоями между возводимыми бетонными стенами Р. и отрывым для него котлованом. Подобное устройство было применено и при постройке в 1901 г. Р. для чистой воды в Филадельфии (фиг. 17); на чертеже изображено также сводчатое перекрытие этого Р., покрытое дренажным слоем глины и слоем бетона).



Фиг. 17.

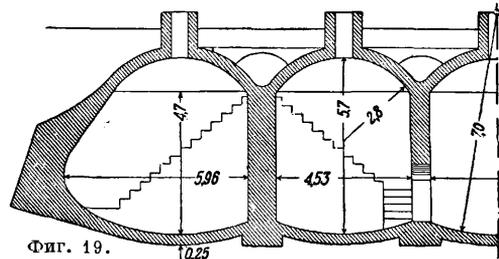
Особенную заботу следует проявить в отношении устройства дренажа в грунте, в котором могут произойти оползни. В этом случае дренаж устраивается и под дном Р., а с верхней стороны и с боков. Р. доводят заполненные камнем дрена до глубины ниже плоскостей скольжения. Характерным примером в отношении изоляции дна и стен может служить открытый Р.-водоем в Рочестере (Rochester) емкостью 550 000 м<sup>3</sup> (фиг. 18). Размеры эллиптического в плане Р.: длина 457,5 м, ширина 183,0 м, наибольшая глубина 7,52 м. Дно Р.

состоит из двух бетонных слоев *a* и *b*, отделенных друг от друга прослойкой *c* из просмоленного войлока. Нижний слой *b* сделан толщиной в 8 см и состоит из сплошных поперечных бетонных по-



Фиг. 18.

лос, шириною 4,2 м, средний промежуточный прослойк (в несколько слоев) имеет толщину 15 мм. Верхний слой *a* (толщиною 30 см) состоит из квадратных бетонных плит *de*, отделенных друг от друга залитыми смолой швами (напр. *d*), под к-рыми нижний бетонный слой *f* утолщен до 15 см и усилен перекрестной железной арматурой. Фундамент и покоящаяся на нем стена сооружались отдельно: первый—участками длиной 3,05 м, вторая—участками длиной 6,10 м. Водонепроницаемый прослойк *c* продлен по поверхности фундамента вглубь стены на 0,61 м, а над фундаментными швами (через каждые 3,05 м) еще на длину *gh* = 0,76 м. С боков в стальных бетонных блоках (объемом каждый в 80 м<sup>3</sup>) имеются борозды, соединяющиеся—по смычке блоков—в один общий канал *ik*, имеющий ширину 20 см. Этот канал



Фиг. 19.

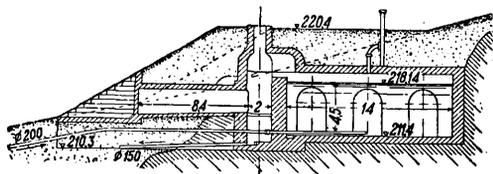
заполнен утрамбованной смесью глины с песком, смыкающейся у *k* с изоляционным прослойком *gh*. Швы между стенными блоками (напр. *n*) заполнены глиной. В нижней части стены (вокруг всего Р.) сделан ревизионный ход *R*. Через каждые 7,1 м проложены в фундаменте трубы *lm*, отводящие скопляющуюся в ревизионном ходе воду в песчано-гравелистую подпочву. Дно Р. надлежит сооружать на материковом грунте, заделывая все неровности и неплотности утрамбованным бетоном; игнорирование этого требования приводило не раз к печальным результатам. При расположении Р. на крутых склонах дно делают уступами. Нормально же дно имеет уклон в 3—4% и снабжено иногда канальцами для лучшего стока жидкости во время чистки Р.

В нек-рых случаях дну придают форму обратных сводов, как это например сделано у Р. в Висбадене (фиг. 19).

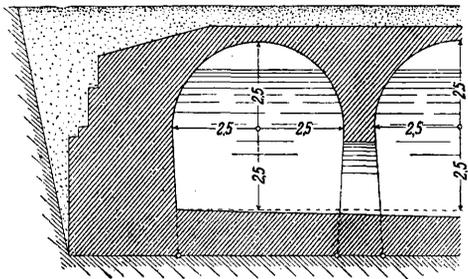
Стены Р., смотря по обстоятельствам, проектируют самой разнообразной формы: отвесными, наклонными, сводчатобразными и комбинированными. Наиболее выгодно устройство Р. в плотной скале по туннельному способу (см. *Туннели*). Так, в Неаполе Р. выделан в скале, а для того чтобы его сделать водонепроницаемым, оказалось достаточным гладко затереть его изнутри цементной штукатуркой толщиной 5—13 м. При сооружении Р. в плотном скалистом грунте, допускающем отвесные стенки и свободно воспринимающем передаваемые наружные стенками Р. горизонтальные давления жидкости, на опору действуют лишь вертикальные силы. Пример такого Р. представляет собой Р. емкостью 800 м<sup>3</sup> в г. Лаар (фиг. 20). Этот Р. как бы выделан в скалу из пестрого песчаника, послужившего материалом для постройки самого Р., отвесные стены которого имеют толщину в 1 м. При указанных условиях требуется плотное прилегание наружных плоскостей стен Р. к скале. В противном случае приходится придавать наружным стенам значительно большие размеры (фиг. 21). При сводчатом перекрытии шевковые стены м. б. сделаны меньшей толщины сравнительно с опорными стенами. В Р., в к-рых устройство шевковых стен нецелесообразно, все наружные стены служат опорами для перекрывающих Р. сводов (фиг. 22); своды сходятся в углах наподобие крестовых сводов и перекрещиваются с цилиндрическими сводами, перекрывающими средние отделения. При постройке Р. в обыкновенных грунтах давление крайних сводов передается целиком на наружные опорные стены, проектируемые по типу стен, показанных на фиг. 19, 23 и 24. Последний тип требует больше материалов, чем остальные. Весьма экономичен в отношении расхода материала Р. типа, приведенного на фиг. 19 (с дном в виде обратных сводов). Иногда Р. сооружали каналообразного сечения, перекрывая их одним сводом и заменяя вертикальные опоры опорными подушками; получались своды с потерянными опорами. Примером такого Р. может служить каменный Р. в Мюльгейме (фиг. 25). На фиг. 26 и 27 изображены бетонные Р., сооруженные для поражения водоснабжения нескольких поселений. Перекрытие каменных Р. делается обыкновенно сводчатое. По гигиеническим соображениям надлежит Р., предназначенные для хранения питьевой воды, перекрывать сводами или плоскими потолками с покрытием их цементной штукатуркой и поверх ее—смолистыми препаратами. Для предохранения воды от изменения  $t^{\circ}$  воздуха перекрытия и стены Р. покрывают земляной засыпкой, слой к-рой на перекрытии достигает 1—2,5 м. При достаточной толщине насыпи делают посадку зеленых насаждений. Р. без боковой обсыпки (фиг. 15) встречаются реже, т. к. в них наружные стены получают более толстыми, требуют внешней отделки и ненадежно защищают воду от изменений  $t^{\circ}$ . Но, с другой стороны, открытые стены позволяют лучше наблюдать за их исправным состоянием. Все Р. (как хранилища жидкостей) требуют тщательной и з о л а щ и и изнутри от утечки и снаружи—от проникания атмосферных и почвенных вод в Р. Наружная изоляция

дополняется дренажем, укладываемым поверх перекрытия (по преимуществу в пазухах сводов), с боков, а иногда и под дном Р., чтобы просачивающаяся сквозь земляную засыпку атмосферная вода не могла нигде застояться.

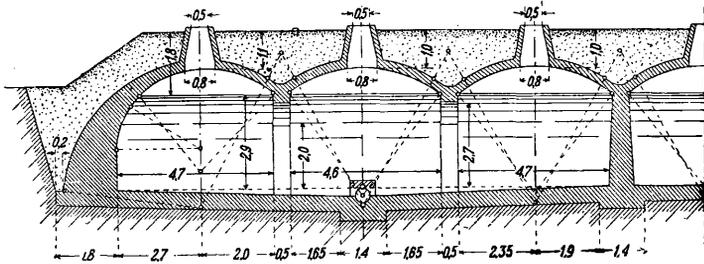
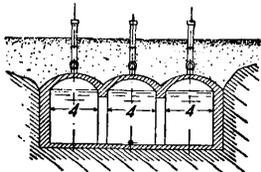
**II. Железобетонные Р.** 1. Общие указания и я. При расположении железобетонных Р. в земле руководствуются правилами, приведенными для каменных Р. Железобетонные Р. применяются преимущественно там, где вполне надежен грунт. В остальных случаях выбор того или другого материала зависит от стоимости сооружения. Наиболее целесообразной формой железобетонного Р. является круглая, в виде кругового кольца, испытываемого при сравнительно тонких стенках лишь растягивающие напряжения. Растягивающие усилия воспринимаются кольцевой арматурой, причем толщину бетонной стенки делают с таким расчетом, чтобы растягивающие напряжения в бетоне не превосходили допускаемых (ок. 10 кг/см<sup>2</sup>). Площадь сечения горизонтальных железных колец, приходящаяся на единицу высоты стены, должна увеличиваться с глубиной воды. Кроме того закладывается равномерно вертикальная распределительная арматура, толщина которой по высоте не меняется. Места примыкания стен ко дну подвергаются изгибу, поэтому д. б. соответственным образом армированы. Наиболее часто круглые Р. находят применение в водонапорных башнях. Прямоугольные Р. применяются там, где по местным обстоятельствам предназначенная для их размещения площадь д. б. полностью использована. Прямоугольная форма допускает лучшее деление Р. на отделения; кроме того опалубка для бетона при прямоугольном Р. полчается более простая и дешевая. Но, с другой стороны, условия для работы упругих сил в стенках прямоугольных Р. менее выгодны, т. к. помимо растягивающих усилий на стенки действуют еще изгибающие моменты; кроме того углы легко становятся водонепроницаемыми. При значительной глубине воды стенки прямоугольных железобетонных Р. требуют усиления ребрами. В общем глубина воды в Р. не должна превышать 5 м. Малые Р., устанавливаемые в земле, наиболее целесообразно проектировать в виде полушара (фиг. 27) или цилиндрической формы с плоским дном и сводчатым перекрытием. Малые Р., устанавливаемые в особых помещениях, обыкновенно конструируют с самостоятельным дном и располагают независимо от находящихся под ними междуэтажных перекрытий, отделяя их толевой или иной подходящей прокладкой (фиг. 28). Жесткое соединение дна Р. с его опорой допустимо лишь в случае вполне надежного грунта, исключающего всякую возможность какой-либо осадки; в противном случае Р. надлежит сооружать независимо от его опоры. Р. в земле надлежит во всяком случае располагать вне зависимости от других зданий и снабжать вентиляционными трубами. При значительных размерах в плане открыто стоящих железобетонных Р. (напр. бассейнов для плаванья или иных целей) лишь один их конец закрепляется жестко в грунте, все же остальные опоры конструируются подвижными, в виде качающихся или легко деформирующихся тонких стоек, наподобие изображенных на фиг. 29, или



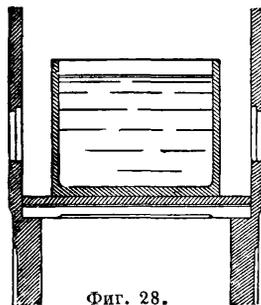
Фиг. 20.



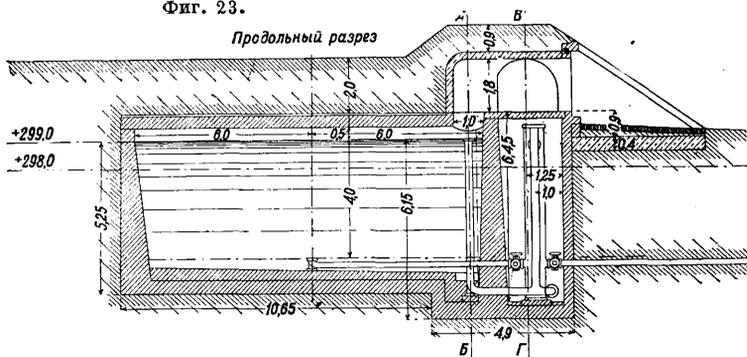
Фиг. 21.



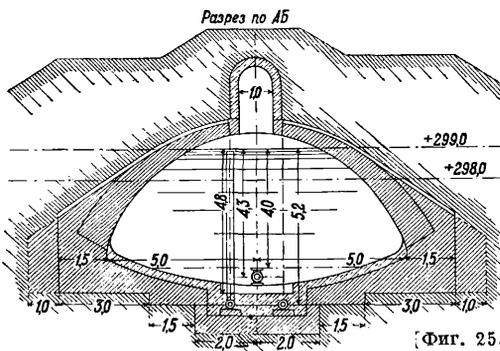
Фиг. 23.



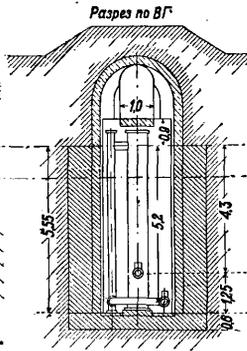
Фиг. 28.



Продольный разрез

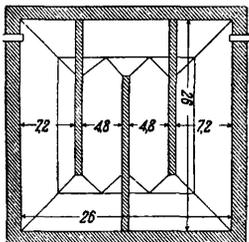


Разрез по АБ

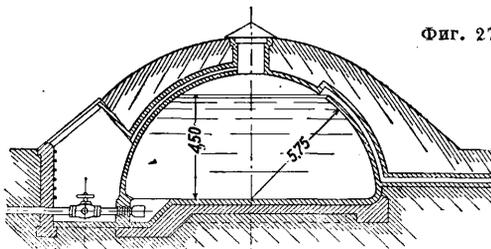


Разрез по ВГ

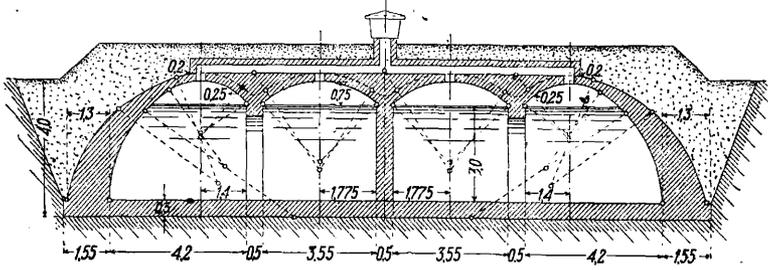
Фиг. 25.



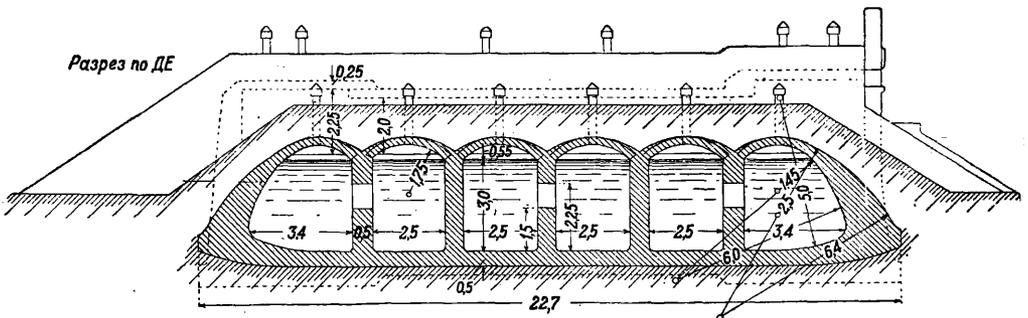
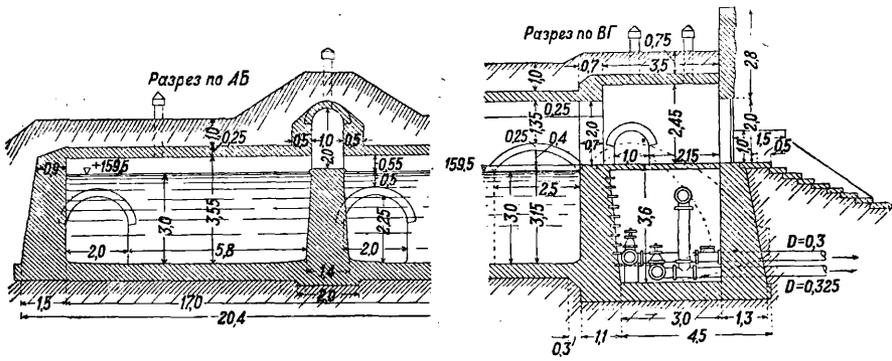
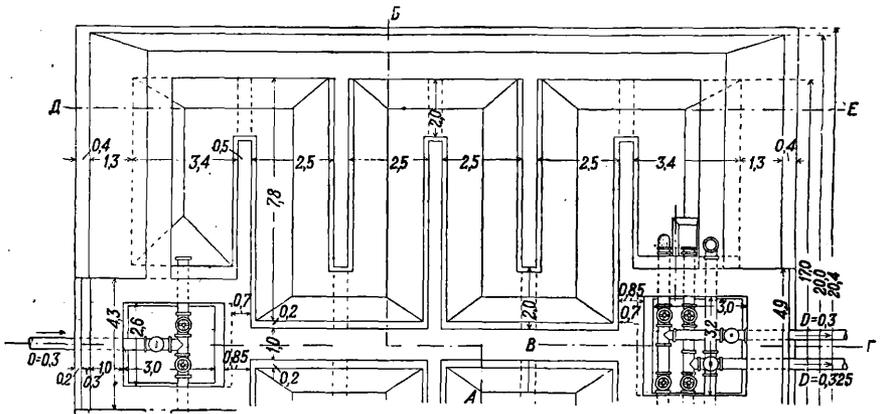
Фиг. 22.



Фиг. 27.



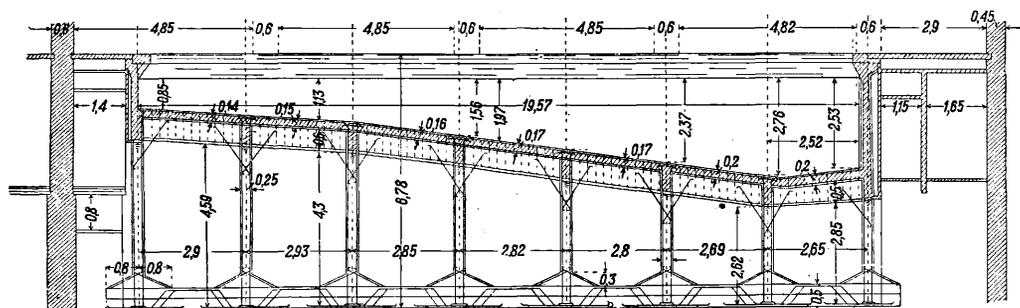
Фиг. 24.



Фиг. 26.

скользящими. При очень больших размерах в плане требуется устройство швов расширения. В местах горных разработок Р. обькпно

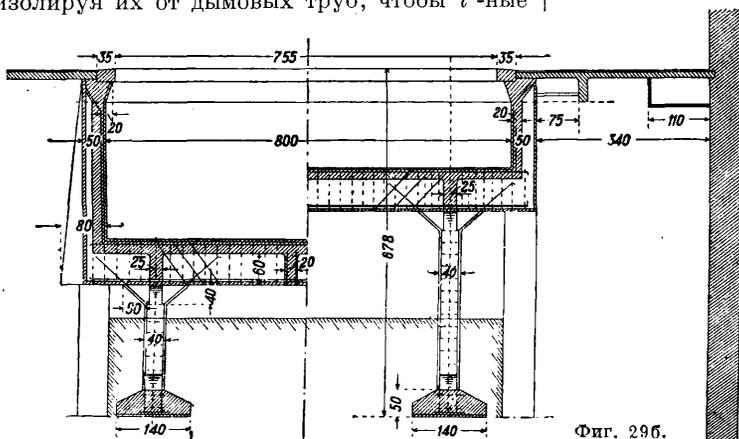
ние воды из Р. в грунт; при отсутствии надлежащего отвода может получиться размывание грунта под Р. и неравномерная осадка его со



Фиг. 29а.

венно опирают в трех точках. Для водоснабжения фабрик и заводов за границей часто используют фабричные дымовые трубы для прикрепления к ним трубчатых Р. (фиг. 30), изолируя их от дымовых труб, чтобы  $t^{\circ}$ -ные

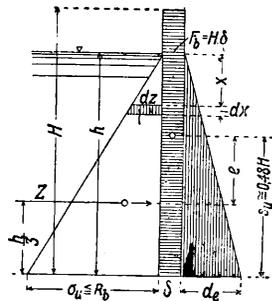
всеми ее последствиями. Стенки и дно железобетонных Р. должны быть достаточно плотными, чтобы жидкость не могла профильтровываться сквозь них, вымывая раствор из бетона и подвергая ржавлению арматуру. Толщина покрытия последней бетоном доводится поэтому до 3—5 см. Мероприятиями для предотвращения проникания жидкости сквозь стенки и дно Р. могут служить:



Фиг. 29б.

изменения в стенках последних не передавались трубчатым Р. Во всех случаях, независимо от наличия или отсутствия почвенных вод, грунт под дном Р. и с его боков дренируют

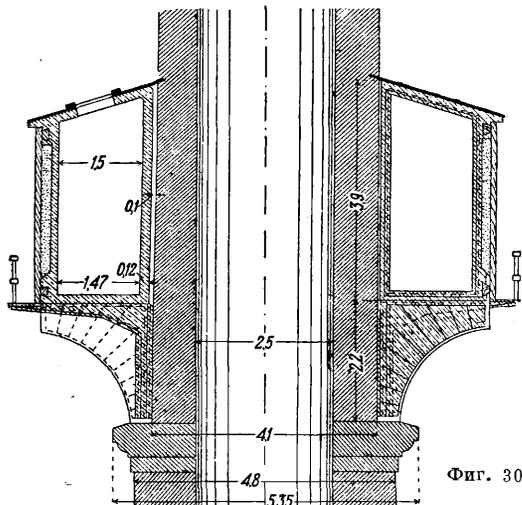
непроницаем, чем трамбованный; б) цементная штукатурка толщиной 10—20 мм, наносимая различными способами (железнение, торкретирование по способу Гофмана, Мозера и др.); в) покрытие разными составами (цезезитом, инертлом, антаквидом, айронитом, маргалитом, нигритом, преолитом и др.); г) внутренняя отделка стеклянными плитами (особенно пригодными при хранении в Р. к-т, вина и т. п.), шиферными плитами, керамикой, металлич. листами и др. Круглые железобетонные Р. построены емкостью в 10 000 м<sup>3</sup> и более при глубине воды до 12 м. Благодаря усовершенствованию методов расчета



Фиг. 31.

удалось построить также прямоугольные железобетонные резервуары большой емкости.

2. Статический расчет стенок круглых железобетонных Р. (фиг. 31) производится на основании следующих соображений. Для упрощения расчета не принимают во внимание толщину  $\delta$  стенки. Проходящую от этого ошибку исправляют путем



Фиг. 30.

для отвода атмосферных и в соответствующих случаях почвенных вод. Дренаж особенно ценен тогда, когда появляется просачива-

увеличения напряжения на 10% у внутреннего края стенки и уменьшением этого напряжения на те же 10% у внешнего края. Давление воды на стенку на глубине  $x$  от поверхности воды равно

$$p = \gamma x. \quad (26)$$

Кольцевое растягивающее усилие в стенке  $P$  на глубине  $x$  будет

$$N_x = pr = \gamma x r. \quad (27)$$

В этих ф-лах  $\gamma$ —вес единицы объема жидкости и  $r$ —радиус  $P$ . Относительное удлинение

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{2\pi w_x}{2\pi r} = \frac{\sigma_x}{E} = \frac{N_x}{1 \cdot \delta \cdot E},$$

откуда

$$w_x = \frac{N_x \cdot r}{\delta \cdot E} = \frac{\gamma x r^2}{\delta E}, \quad (28)$$

где  $w_x$ —радиальное приращение,  $\delta$ —толщина стенки  $P$  и  $E$ —модуль упругости. Кольцевое растягивающее усилие, возникающее в высотном отрезке  $dx$ , будет равно

$$dZ = N_x dx. \quad (29)$$

Полное кольцевое растягивающее усилие по всей высоте стенки  $P$  выразится величиной

$$Z = \int_0^h N_x dx = \int_0^h \gamma x r dx = \frac{\gamma h^2}{2} \cdot \frac{D}{2} = \frac{1}{4} \gamma h^2 D. \quad (30)$$

Если кольцевое растягивающее усилие, возникающее в стенке  $P$ , должно быть воспринято арматурой, то сечение ее

$$F_e = \frac{\gamma h^2 D}{4 R_e}, \quad (31)$$

где  $R_e$ —допускаемое напряжение для стали\*. Принимая  $R_e = 1 \text{ т/см}^2$  и выражая  $\gamma$  в  $\text{т/м}^3$ ,  $h$  и  $D$  в  $\text{м}$ , получим

$$F_e \geq \frac{\gamma h^2 D}{4} \text{ см}^2. \quad (32)$$

Количество арматуры в каждой из  $n$  равных частей, на к-рое разделена высота  $h$ , в сотых долях от всего сечения арматуры (по Лезеру) определяется числами, приведенными в табл. 1.

Табл. 1.—Количество арматуры по высоте (по Лезеру).

$n$ . . . . .	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-й участок.	0,25	0,11	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01
2-й »	0,75	0,33	0,19	0,12	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03
3-й »	—	0,56	0,31	0,20	0,14	0,10	0,08	0,06	0,05
4-й »	—	—	0,41	0,28	0,19	0,15	0,11	0,09	0,07
5-й »	—	—	—	0,36	0,25	0,18	0,14	0,11	0,09
6-й »	—	—	—	—	0,31	0,22	0,17	0,14	0,11
7-й »	—	—	—	—	—	0,27	0,20	0,16	0,13
8-й »	—	—	—	—	—	—	0,23	0,18	0,15
9-й »	—	—	—	—	—	—	—	0,21	0,17
10-й »	—	—	—	—	—	—	—	—	0,19

Толщина  $\delta$  стенки может книзу увеличиваться или в пределах каждого высотного отрезка быть взята одинаковой толщиной. В первом случае потребная толщина  $\delta_x$  стенки на глубине  $x$  от поверхности воды (при условии, что и бетон будет работать на растяжение) определяется из равенства

$$R_b = \frac{N_x}{F_b + n F_e} = \frac{\gamma x r}{1 \cdot \delta_x + n \cdot \frac{\gamma x r}{R_e}},$$

где  $R_b$ —допускаемое напряжение для бетона на растяжение и  $n$ —отношение модуля упругости железа к модулю упругости бетона. Из

\* Термин «сталь» относится в статье к малоуглеродистому материалу (торговое название—«железо»).

последнего уравнения получаем

$$\delta_x = \gamma x r \left( \frac{1}{R_b} - \frac{n}{R_e} \right). \quad (33)$$

При одинаковой толщине стенки ее расчет сведется к следующему. Бетону передаются растягивающие усилия с тем, чтобы они нигде не превосходили допускаемого напряжения, обуславливающего отсутствие в железобетоне трещин. Общее растягивающее усилие  $Z$ , возникающее в вертикальной полосе стенки  $P$ , м. б. разложено на 2 усилия  $Z_b$  и  $Z_e$ , к-рые д. б. восприняты: первое—бетоном, второе—стальной арматурой. Если нулевая линия диаграммы напряжений совпадает с поверхностью  $P$ , то при принятых обозначениях имеют место следующие выражения:

$$F_b = H \delta; \quad n F_e = \frac{h d_e}{2} \quad \text{или} \quad d_e = \frac{2n F_e}{h}. \quad (34)$$

На глубине  $x$  растягивающее напряжение в бетоне получится равным

$$\sigma_u = \frac{\sigma_u \cdot x}{h}, \quad (35)$$

где  $\sigma_u$ —напряжение у нижнего края стенки, причем  $\sigma_u \leq R_b$ . Величину  $Z_e$  находим следующим вычислением:

$$dZ_e = \frac{\sigma_u \cdot x}{h} \cdot \frac{d_e \cdot x}{h} \cdot dx = \frac{2n \cdot F_e \cdot \sigma_u \cdot x^2 \cdot dx}{h^3},$$

$$Z_e = \int_0^h \frac{2n \cdot F_e \cdot \sigma_u \cdot x^2 \cdot dx}{h^3} = \frac{2n F_e \sigma_u}{3}. \quad (36)$$

На долю бетона падает т. о. усилие

$$Z_b = Z - Z_e. \quad (37)$$

При  $n = E_e : E_b = 15$ ,  $\sigma_u = R_b = 10 \text{ кг/см}^2$  и  $F_e$  в  $\text{см}^2$  значения  $Z_e$  и  $Z_b$  (в  $\text{т}$ ) будут:

$$Z_e = 0,1 F_e \quad (36')$$

и

$$Z_b = Z - 0,1 F_e. \quad (37')$$

Расстояние ц. т. сечения стенки от нижнего ее края  $\cong 0,48H$ . Тогда изгибающий момент

$$M = Z_b \cdot e = Z_b \left( 0,48H - \frac{h}{3} \right)$$

и момент сопротивления

$$W = \frac{0,25 \cdot 2\delta \cdot H^3}{3 \cdot 0,48H} \cong 0,17\delta \cdot H^2;$$

следовательно

$$\sigma_u = R_b = \frac{Z_b}{\delta H} + \frac{Z_b \left( 0,48H - \frac{h}{3} \right)}{0,17\delta H^2}, \quad (38)$$

откуда приближенно получаем

$$\delta = \frac{Z_b (H - 0,5h)}{0,27 H^2 R_b}. \quad (39)$$

При  $R_b = 10 \text{ кг/см}^2$ ,  $H$ ,  $h$  и  $\delta$  в  $\text{м}$  и  $Z_b$  в  $\text{т}$  толщина стенки

$$\delta = \frac{Z_b (H - 0,5h)}{27 H^2}. \quad (39')$$

По формуле (39) и (39') определяют толщину стенки как закрытых, так и открытых  $P$ . Для проверки полученных результатов имеются измерения выраженные в  $\text{см}$ , площади  $F_i$  и  $F_e$ — в  $\text{см}^2$ , статич. момент  $S_u$  и момент сопротивления  $W_u$ — в  $\text{см}^3$ , момент инерции  $I_u$ — в  $\text{см}^4$ , а величина  $Z$ — в  $\text{кг}$ . Приведенная площадь поперечного сечения железобетонной стенки

$$F_i = \delta H^3 + 15 F_e.$$

Статич. момент относительно нижнего края сечения

$$S_u = \delta H \cdot \frac{H}{2} + 15 F_e \cdot \frac{h}{3}.$$

Момент инерции относительно нижнего края сечения

$$I_u = \frac{1}{2} \delta H^2 \cdot \frac{2}{3} H + 15 F_e \cdot \frac{h}{3} \cdot \frac{h}{2};$$

отсюда

$$s_u = \frac{S_u}{F_i}; \quad W_u = \frac{I_u}{s_u} - S_u; \quad e = s_u - \frac{h}{3}. \quad (40)$$

Нижнее краевое напряжение (в кг/см<sup>2</sup>)

$$\sigma_u = \frac{Z}{F_i} + \frac{Z_e}{W_u}.$$

Общий вес кольцевой арматуры в кг м. б. принят равным

$$G_e = \pi r^2 H^2, \quad (41)$$

где  $r$  и  $H$  выражены в м. Благодаря жесткому закреплению кольцевой стенки в днище и перекрытии (если оно имеется) в рассматриваемых отдельных вертикальных полосах стенки  $P$  возникают изгибающие моменты, имеющие (по Майеру) для стенок одинаковой толщины  $\delta$  следующие значения: верхний момент заделки

$$M_o = -\gamma \cdot \sqrt{\frac{\delta^3 \cdot D^3}{156,3}}; \quad (42)$$

нижний момент заделки

$$M_u = -\left(\gamma \cdot \frac{\delta \cdot D \cdot H}{6,928} + M_o\right); \quad (43)$$

$D$ —диаметр и  $H$ —высота  $P$ , в м,  $\gamma$ —плотность жидкости в  $m/m^3$ ,  $M_o$  и  $M_u$ —моменты в  $тм$ , отнесенные к вертикальной полосе стенки шириной 1 м.

Вертикальную арматуру определяют по моменту  $M_o$ . Примерное распределение арматуры изображено на фиг. 32. Если  $P$  проектируют открытым (без перекрытия), то момент  $M_o$  как таковой отсутствует, тем не менее его вычисляют для подстановки в ф-лу (43) и для подсчета вертикальной арматуры кольцевой стенки резервуара. Кунце рекомендует определять максимальную толщину кольцевой стенки открытого  $P$  при

$$x = \frac{2}{3} H, \quad (44)$$

а вес кольцевой арматуры стенки исчислять по формуле

$$G_e = \frac{2}{3} \pi r^2 H^2, \quad (45)$$

где  $r$  и  $H$ —в м. Поперечное сечение  $f_e$  стальных стержней кольцевой арматуры или их расстояние  $t$  друг от друга он исчисляет до глубины  $x = \frac{2}{3} H$  по ф-ле

$$f_e R_e = \gamma x r t, \quad (46)$$

а для глубин  $x = \left(\frac{2}{3} \div 1,0\right) H$  величину  $x$  в ф-ле (46) заменяют величиной  $x' = 2(H - x)$ , причем в формуле (46)  $f_e$  выражено в  $см^2$ ,  $R_e$ —в  $т/см^2$ ,  $\gamma$ —в  $т/м^3$ ,  $x$ ,  $r$  и  $t$ —в м.

Промежуточные стенки  $P$  обычно закрепляют в днище и перекрытии и получают в

этом случае вертикальную арматуру. При одинаковой толщине промежуточной стенки (фиг. 33) верхний  $M_o$  и нижний  $M_u$  опорные моменты получаются следующими, принимая для расчета одностороннее давление на стенку:

$$M_o = -\frac{4O - 2U}{H} \quad (47)$$

и

$$M_u = -\frac{4U - 2O}{H}, \quad (48)$$

где  $U$  и  $O$ —опорные реакции эпюры изгибающих моментов, площадь к-рой принимается за фиктивную нагрузку. Опорные реакции эти при  $H = a + b$  выражаются следующими ф-лами:

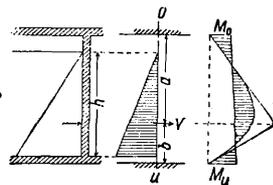
$$O = \frac{Wb}{\delta H} \left( H^2 - b^2 - h^2 \cdot \frac{45b + 2h}{270b} \right) \quad (49)$$

и

$$U = \frac{Wa}{\delta H} \left( H^2 - a^2 - h^2 \cdot \frac{45a - 2h}{270a} \right). \quad (50)$$

По опорным моментам строят моментную площадь. Рабочая высота  $h'$  поперечного сечения (фиг. 34) промежуточной стенки  $P$  при симметричной двойной арматуре ( $F_e = F'_e$ ) может быть определена, пользуясь табл. 2 (по Лезеру), в к-рой расстояние  $a'$  арматуры от края стенки

взято равным  $0,12 h'$ , момент  $M$  выражен в  $тсм$ , длины—в  $см$  и  $F_e$ —в  $см^2$ .



Фиг. 33.

Табл. 2.—Величины коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$  для определения  $h'$  и  $F_e$ .

$R_e = 1,0 \text{ т/см}^2$				$R_e = 1,2 \text{ т/см}^2$			
$x : h'$	$R_b$	$\alpha$	$\beta$	$x : h'$	$R_b$	$\alpha$	$\beta$
0,375	0,0400	9,45	78,93	0,333	0,0100	10,80	122,4
0,330	0,0328	12,05	123,70	0,300	0,0343	12,2	173,3
0,300	0,0283	14,15	173,30	0,270	0,0298	15,25	238,3
0,270	0,0246	16,70	238,60	0,240	0,0252	18,12	383,3

$R_b$  даны в  $т/см^2$ .  $h'$  и  $F_e$  вычисляются по ф-лам  $h' = a\sqrt{M} : B$  и  $F_e = Bh' : \beta$ .

При расчете диаметральной поперечной стенки круглого  $P$ . Леше помимо концевых моментов заделки учитывает также поперечное усилие

$$Q = 6,7 x r \cdot \frac{I_2}{F_2 r^2}, \quad (51)$$

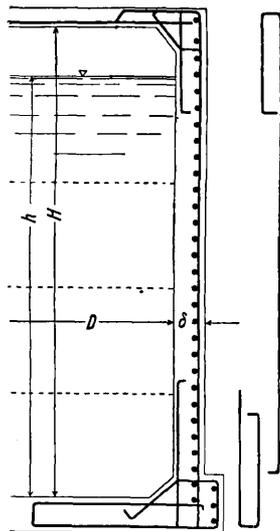
где  $r$  и  $x$  выражены в м, момент инерции  $I_2$  кольцевой стенки—в  $см^4$ , поперечное сечение  $F_2$  последней—в  $м^2$ . Угловой момент рассчитывается по ф-ле

$$M_e = 4,3 x \cdot \frac{I_2}{F_2}, \quad (52)$$

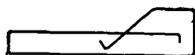
а тангенциальное усилие  $N_x$ —по ф-ле (27), причем на прямую стенку действует растягивающее усилие  $N_x : 2$ . Когда железобетонный  $P$  не предохранен в полной мере от влияния  $t^o$ -ных изменений извне земляной засыпкой, необходимо при расчете учесть также тепловой момент, равный (для круглых  $P$ )

$$M_t = -\frac{\epsilon E(t_i - t_a)I}{\delta}, \quad (53)$$

где  $\epsilon E = \frac{2100000}{10} \text{ т/м}^2 = 21 \text{ т/м}^2$ ,  $t_i$  и  $t_a$ —темперы



Фиг. 32.



Фиг. 34.

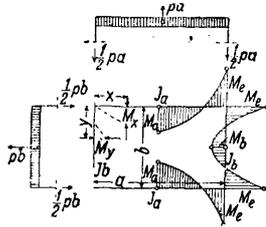
стенки внутри и снаружи,  $I = \frac{1}{12} \delta^3 dx$ ,  $\delta$ —толщина стенки,  $dx$ —высота рассматриваемой полосы стенки. Если выразить  $I$  в  $\text{дм}^4$  и  $\delta$  в  $\text{м}$ , то  $M_t$  выразится в  $\text{тм}$  и будет равен

$$M_t = -\frac{I(t_i - t_a)}{176\delta} \quad (54)$$

$M_t$  равнозначен для всех кольцевых сечений и вызывает в наружных частях стенок растягивающие напряжения при  $t_i - t_a$  положительном и сжимающие напряжения при  $t_i - t_a$  отрицательном.

Если снаружи к стенкам присыпана земля, то при круглых железобетонных Р. не требуется проверки стенок на внешнее давление земли при опорожненном Р., т. к. стенки, выдерживающие кольцевые растягивающие напряжения от внутреннего давления жидкости, могут выдержать также и сжимающие напряжения от внешнего давления земли. Проверка на относительное внешнее давление почвенных вод отпадает по той же причине. Однако не следует при расчете уменьшать внутреннее давление жидкости на величину давления земли или воды извне в виду проблематичности подсчета давления земли и неуверенности в постоянстве высокого уровня почвенных вод.

3. Статический расчет стенок прямоугольных железобетонных Р. (фиг. 35). Если рассматривать произвольную горизонтальную полосу вдоль всего периметра прямоугольного железобетонного Р., то такая полоса достаточно точно м. б. рас-



Фиг. 35.

считана по Клапейрону (Слареугон) как неразрезная балка, причем угловые моменты будут соответствовать опорным моментам. Обозначим через  $a$  и  $b$  большую и меньшую стороны Р., а через  $p$ —внутреннее давление. Очевидно, что во всех местах горизонтального сечения это давление будет одинаковой величины, и при постоянной толщине стенки и жестком соединении углов будет иметь место ур-ие:

$$M_e \cdot a + 2M_e(a + b) + M_e \cdot b = -\frac{1}{4} p(a^3 + b^3),$$

откуда может быть определен угловой момент  $M_e$ :

$$M_e = -\frac{1}{12} p \cdot \frac{a^3 + b^3}{a + b} = -\frac{1}{12} p \cdot (a^2 + ab + b^2). \quad (55)$$

Аналогичный результат получается и при расчете с помощью ур-ия работы. Если учесть различие моментов инерции в стенках Р. и обозначить через  $I_a$  момент инерции всех поперечных сечений стороны  $a$  стенки, а через  $I_b$ —момент инерции всех поперечных сечений стороны  $b$  стенки резервуара, то, сохраняя остальные обозначения фиг. 35, найдем для

работы упругих сил следующее выражение:

$$A = 2 \cdot \frac{1}{2} \int \frac{M_x^2 dx}{EI_a} + 2 \cdot \frac{1}{2} \int \frac{M_y^2 dy}{EI_b}.$$

Так как

$$\frac{\partial A}{\partial M_e} = 0 = \frac{1}{EI_a} \int 2M_x \frac{\partial M_x}{\partial M_e} dx + \frac{1}{EI_b} \int 2M_y \frac{\partial M_y}{\partial M_e} dy,$$

то при

$$M_x = M_e + \frac{p \cdot x(a-x)}{2} \text{ и } M_y = M_e + \frac{p \cdot y(b-y)}{2}$$

получим

$$M_e = -\frac{1}{12} p \cdot \frac{I_b \cdot a^3 + I_a \cdot b^3}{I_b \cdot a + I_a \cdot b}. \quad (56)$$

При  $I_a = I_b$  получается формула (55).

Наибольшие пролетные моменты будут

$$M_a = \frac{pa^2}{8} + M_e \quad (57)$$

и

$$M_b = \frac{pb^2}{8} + M_e. \quad (58)$$

Необходимо при этом иметь в виду, что при расчете короткой стенки Р. пролетный момент д. б. принят равным не менее  $\frac{1}{21} pa^2$ .

При  $a = b$  и  $I_a = I_b$  ф-лы (55), (56), (57) и (58) преобразуются в следующие:

$$M_e = -\frac{1}{12} pa^2 \quad (59)$$

и

$$M_a = M_b = \frac{pa^2}{8} - \frac{pa^2}{12} = \frac{pa^2}{24}. \quad (60)$$

Если  $\delta_a$ —толщина стенки длиной  $a$ , а  $\delta_b$ —толщина стенки длиной  $b$ , то угловые моменты

$$M_e = \frac{1}{12} p \cdot \frac{\delta_b^3 \cdot a^3 + \delta_a^3 \cdot b^3}{\delta_b^3 \cdot a + \delta_a^3 \cdot b}. \quad (61)$$

При  $\frac{I_a}{I_b} = \frac{a}{b}$  получим

$$M_e = -\frac{1}{24} p \cdot (a^2 + b^2). \quad (62)$$

Т. к. толщину стен прямоугольного Р. (при  $a \geq b$ ) надлежит согласовать с получаемыми моментами, то последней ф-ле следует отдать предпочтение, т. к. она наиболее отвечает действительным условиям проектирования. Ф-лы для  $M_e$ ,  $M_a$  и  $M_b$  м. б. приведены к такому виду:

$$M_e = \alpha \cdot pa^2; M_a = \beta \cdot pa^2; M_b = \gamma \cdot pb^2. \quad (63)$$

Значения коэф-тов  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  в ф-лах (63) приведены в табл. 3, 4 и 5. При  $I_a = I_b$  коэф-ты  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  по Кунце получают значения, указанные в табл. 3.  $M_b$  может получиться отрицательным, однако и в этом случае необходимо предусмотреть арматуру для восприятия определенного положительного момента (примерно

$M_b = + p \cdot \frac{b^2}{24}$ ). Если толщину  $\delta_a$  и  $\delta_b$  стенок

Р. соразмерить соответственно наибольшим пролетным моментам, то коэф-ты  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  по Палену м. б. взяты из табл. 4 ( $I_a$  и  $I_b$  различны по величине). При несоответствии малой расчетной толщине  $\delta_a$  стенки берут  $\delta_a = \delta_b$ , и расчет производится при помощи табл. 3. Для

Табл. 3.—Значение коэффициентов  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  при  $I_a = I_b$ .

$b : a$	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
$\alpha$	-0,0625	-0,0627	-0,0333	-0,0341	-0,0658	-0,0677	-0,0700	-0,0727	-0,0766	-0,0794	-0,0833
$\beta$	+0,0825	+0,0823	+0,0617	+0,0606	+0,0592	+0,0573	+0,0550	+0,0523	+0,0490	+0,0456	+0,0417
$\gamma$	-0,1250	-0,0823	-0,0508	-0,0270	-0,0093	-0,0016	+0,0156	+0,0214	+0,0312	+0,0371	+0,0417

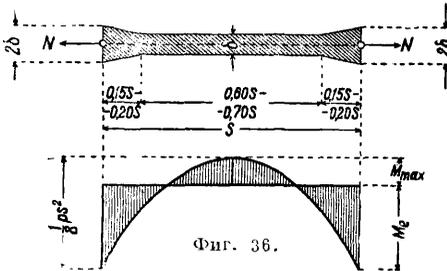
Табл. 4.—Значение коэффициентов  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  при  $I_a \leq I_b$ .

$b : a$	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
$\alpha$	-0,0234	-0,0283	-0,0336	-0,0394	-0,0455	-0,0521	-0,0589	0,0356	-0,0724	0,0775	0,0834
$\beta$	+0,1016	+0,0867	+0,0814	+0,0856	+0,0795	+0,0729	+0,0661	+0,0594	+0,0526	+0,0475	+0,0416
$\gamma$	+0,0314	+0,0314	+0,0317	+0,0317	+0,0321	+0,0324	+0,0330	+0,0342	+0,0356	+0,0391	+0,0416
$\delta_a : \delta_b$	0,555	0,570	0,589	0,609	0,635	0,667	0,697	0,759	0,823	0,907	1,000

Табл. 5.—Значение коэффициентов  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  при  $I_a \leq I_b$  и усиленных углах.

$b : a$	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
$\alpha$	-0,0263	-0,0318	-0,0378	-0,0444	-0,0515	-0,0590	-0,0671	-0,0755	-0,0844	-0,0921	-0,0985
$\beta$	+0,0987	+0,0932	+0,0872	+0,0803	+0,0735	+0,0660	+0,0579	+0,0495	+0,0403	+0,0329	+0,0265
$\gamma$	+0,0197	+0,0199	+0,0199	+0,0199	+0,0199	+0,0210	+0,0202	+0,0205	+0,0203	+0,0230	+0,0235
$\delta_a : \delta_b$	0,447	0,462	0,478	0,497	0,520	0,552	0,591	0,644	0,713	0,835	1,000

стенок, усиленных в углах согласно фиг. 36, коэф-ты  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  по Палену приведены в табл. 5 ( $I_a$  и  $I_b$  различны по величине). При сравнении табл. 4 и 5 видно, что усиление стенок в углах влечет за собой увеличение угловых моментов и уменьшение пролетных.



Фиг. 36.

Помимо указанных выше изгибающих моментов в стенках прямоугольного железобетонного Р. возникает продольное растягивающее усилие, равные в стенке длинной стороны Р.

$$N_a' = \frac{pb}{2}, \quad (64)$$

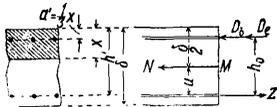
в стенке короткой стороны Р.

$$N_b = \frac{pa}{2}. \quad (65)$$

Тепловой момент в прямоугольном Р.

$$M_t = -\frac{t_i - t_a}{175} \cdot \frac{\frac{a}{I_a} + \frac{b_i}{I_b}}{\frac{a}{I_a} + \frac{b}{I_b}}. \quad (66)$$

Для Р., представляющих собой в плане правильный многоугольник (треугольник, квадрат и т. п.) и имеющих равной толщины стенки, тепловой момент определяется по Ф-ле (54). Стенки Р. работают одновременно на изгиб и растяжение. Как и в круглом Р., в данном случае наружные стенки проектируются с одиночной арматурой, а внутренние—с двойной. Если арматура сжатой зоны стенки (фиг. 37) имеет сечение  $F_e'$  и отстоит от своего края на величину  $a' = \frac{1}{3}x$ , продольное,



Фиг. 37.

растягивающее усилие действует по средней линии стенки и толщина стенки  $\delta = h' + 0,1h' = 1,1h'$ , то для поперечного сечения с двойной арматурой

имеют место следующие соотношения: расстояние и усилия от середины арматуры растянутой зоны

$$u = \frac{1}{2} \cdot 1,1h' - 0,1h' = 0,45h'; \quad (67)$$

напряжение в сжатой арматуре

$$\sigma_e = 15 \sigma_b \cdot \frac{2}{3} = 10 \sigma_b; \quad (68)$$

продольное сжимающее усилие в сжатой зоне бетона

$$D_b = \frac{1}{2} x \cdot \sigma_b \cdot B; \quad (69)$$

продольное сжимающее усилие в сжатой арматуре

$$D_e = F_e' \cdot 10 \cdot \sigma_b = F_e \cdot 10 \cdot \sigma_b; \quad (70)$$

продольное растягивающее усилие в растянутой арматуре

$$Z = F_e \cdot \sigma_e. \quad (71)$$

Между внутренними силами  $D_b$ ,  $D_e$ ,  $Z$  и внешними усилиями  $N$  и  $M$  существует равновесие, если их значения удовлетворяют уравнениям:

$$\left. \begin{aligned} D_b + D_e - Z + N &= 0 \\ (D_b + D_e) \cdot h_0 + Nu &= M \end{aligned} \right\}. \quad (72)$$

Для поперечного сечения с одиночной арматурой  $D_e = 0$ , а потому уравнения равновесия принимают вид:

$$\left. \begin{aligned} D_b - Z + N &= 0 \\ D_b \cdot h_0 + Nu &= M \end{aligned} \right\}. \quad (73)$$

Задавшись крайними напряжениями  $\sigma_b \leq R_b$  и  $\sigma_e \leq R_e$ , можно по Ф-лам (72) и (73) определить искомые рабочую высоту  $h'$  и сечение  $F_e$  железа. В обобщенном виде величины  $h'$  и  $F_e$  можно выразить следующими равенствами:

$$h' = \kappa N \left[ -1 + \sqrt{1 + \lambda \cdot \frac{M}{N^2}} \right], \quad (74)$$

$$F_e = \frac{h'}{\mu} + \frac{N}{\nu}, \quad (75)$$

коэф-ты  $\kappa$ ,  $\lambda$ ,  $\mu$ ,  $\nu$  при одиночной и двойной арматуре по Лезеру принимают значения, указанные в табл. 6.

Проверку подобранного по табл. 6 поперечного сечения можно произвести по уравнениям (72) и (73), к-рые должны превратиться в тождество, при этом

$$h_0 = h' - \frac{1}{3}x; \quad x = h' \cdot \frac{15 R_b}{15 R_b + R_e}.$$

Для общей проверки полученных результатов могут служить следующие ф-лы, в к-рых величины линейных измерений д. б. выражены в

Табл. 6.—Коэффициенты  $\alpha$ ,  $\lambda$ ,  $\mu$ ,  $\nu$  в формулах (74) и (75).

Допускаемые напряжения в т/см <sup>2</sup>		Одиночная арматура $F'_e = 0$				Двойная арматура $F'_e = F_e$			
$R_0$	$R_b$	$\alpha$	$\lambda$	$\mu$	$\nu$	$\alpha$	$\lambda$	$\mu$	$\nu$
1,200	0,050	0,2377	16,59	1,25	1,200	0,3723	5,065	0,729	0,700
1,200	0,040	0,3802	11,63	1,80	1,200	0,5039	4,137	1,200	0,800
1,200	0,030	0,6052	7,31	2,93	1,200	0,7587	3,493	2,197	0,900
1,500	0,060	0,2290	19,33	1,33	1,500	0,3163	6,117	0,798	0,900
1,500	0,050	0,3010	14,63	1,80	1,500	0,4025	5,554	1,200	1,000
1,500	0,040	0,4340	10,23	2,32	1,500	0,5514	4,655	1,861	1,100

см, площадь  $F'_e$ —в см<sup>2</sup>, статич. момент  $S_0$ —в см<sup>3</sup>, моменты инерции  $I_0$  и  $I_s$ —в см<sup>4</sup>, сила  $N$ —в кг и момент  $M$ —в кг/см. Приведенная площадь рассматриваемого поперечного сечения железобетонной стенки Р.

$$F_i = 100x + 15F'_e + 15F_e. \quad (76)$$

Статич. момент относительно верхнего края сечения

$$S_0 = 100x \cdot \frac{1}{2}x + 15F'_e \cdot a' + 15F_e \cdot h'. \quad (76^1)$$

Момент инерции относительно верхнего края сечения

$$I_0 = \frac{1}{2} \cdot 100x^2 \cdot \frac{2}{3}x + 15F'_e \cdot a' \cdot a' + 15F_e \cdot h' \cdot h'. \quad (76^{11})$$

Расстояние от верхнего края до ц. т.

$$s_0 = \frac{S_0}{F_i}. \quad (76^{111})$$

Главный момент инерции относительно оси, проходящей через ц. т.,

$$I_s = I_0 - F_i \cdot s_0^2 = I_0 - S_0 \cdot s_0. \quad (76^{1V})$$

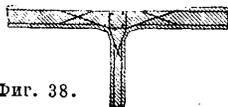
Верхнее краевое напряжение (в кг/см<sup>2</sup>)

$$\sigma_{b,i} = -\frac{Ms_0}{I_s} + \frac{N}{F_i}. \quad (76^V)$$

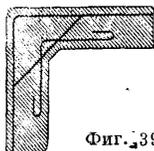
Нижнее краевое напряжение (в кг/см<sup>2</sup>)

$$\sigma_e = 15 \left[ \frac{M(h' - s_0)}{I_s} + \frac{N}{F_i} \right]. \quad (76^{VI})$$

Найденные напряжения в стенках Р. нигде не должны превосходить допускаемых. При одиночной арматуре величина  $F'_e$  в ф-лах (76) должна быть приравнена нулю. Проверку найденных размеров стенки железобетонно. о Р. производит для сечения, в к-рых получаются наибольшие моменты. Для обеспечения достаточной водонепроницаемости Р. допускаемые напряжения понижаются по нормам НКПС 1926 г.: на растяжение основной арматуры до 700 кг/см<sup>2</sup>; на растяжение хомутов и скальвальные арматуры до 500 кг/см<sup>2</sup>. При сопряжении продольных стенок Р. с поперечными следует прочно



Фиг. 38.



Фиг. 39.

скреплять эти места арматурой (фиг. 38 и 39). Наличие внешнего давления земли или воды во всяком случае д. б. учтено при расчете прямоугольных Р., расположенных в земле. При сравнительно больших размерах дна Р. по отношению к высоте его стенок последние надо рассматривать, как консольные балки, заделанные в дно Р. Во всяком случае моменты заделки в дно Р. и в перекрытие (если таковое имеется) д. б. приняты в расчет.

4. Дно и перекрытие железобетонных Р. При расположении железобетонных Р. на твердом основании (железобетонное перекрытие, скалистый грунт, бетонная плита) наружные краевые точки дна, представляющего железобетонную плиту, м. б. рассматриваемы как точки вращения. Дно в общем выгибается кверху, отчего вызываемые нагрузкой стен угловые моменты уменьшаются. Если железобетонный Р. расположен на мягком основании

(глинистая почва, прокладка из торфолеума и т. д.), то края дна сильно прижаты стенками, а середина его лишь слегка прилегает к основанию и при недостаточном прочном основании имеет стремление выпираться вверх на нек-ром протяжении  $al$  (фиг. 40). Приближенно (по Кунце)

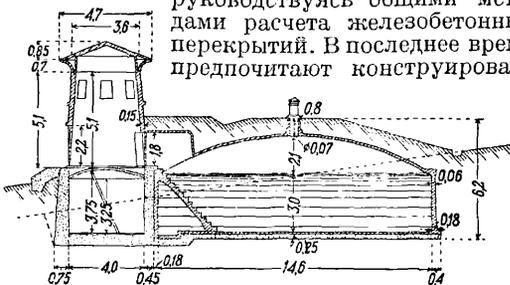
$$\sigma_{max} \cdot D \cdot \frac{1-a}{2} \cdot \frac{1}{2} = (\gamma h + \delta \gamma_b) \cdot D \cdot \frac{1}{2},$$

где  $\sigma$ —давление на грунт и  $\delta$ —толщина дна, откуда

$$\sigma_{max} = 2 \cdot \frac{\gamma h + \delta \gamma_b}{1-a}. \quad (77)$$

Действие нагрузки и противодействие грунта изображены графически загрузочными площадями  $e'cg$  и  $hdj'$ —у концов дна и  $ighk$ —в середине. При расположении Р. в земле принимают во внимание внешнее воздействие почвенных вод и делают расчет для случая самой невыгодной нагрузки. Для погашения моментов заделки стенок в дна Р. надлежит места сопряжений стенок с дном особенно усиливать. Для распределения давления на большую площадь в соответствующих случаях упирают подошвы стен и колонн, чтобы нигде не были превзойдены допускаемые давления на грунт. Особенно целесообразны железобетонные дна Р. (в виде сплошных фундаментных плит) при слабом грунте. При надежном грунте (скалистом, плотно песчаном и т. п.) достаточно сделать дно бетонным (ориентировочная толщина 25—40 см).

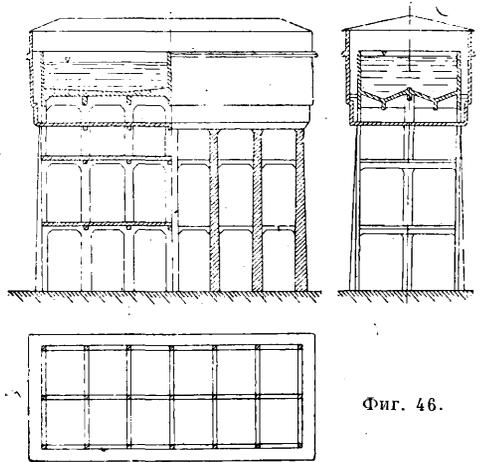
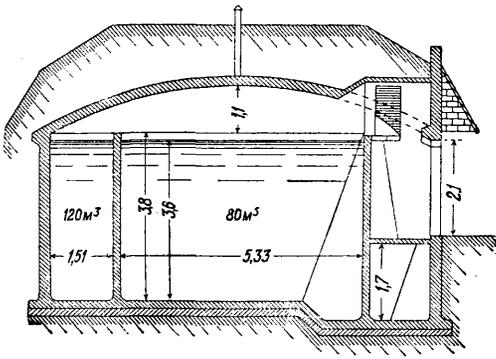
Перекрытие рассчитывают соответственно его конструкции как сводчатое или плоское, руководствуясь общими методами расчета железобетонных перекрытий. В последнее время предпочитают конструировать



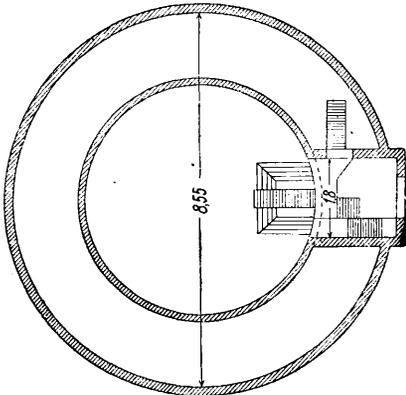
Фиг. 41.

плоские железобетонные перекрытия. При балочном перекрытии пролеты уменьшают установкой столбов.

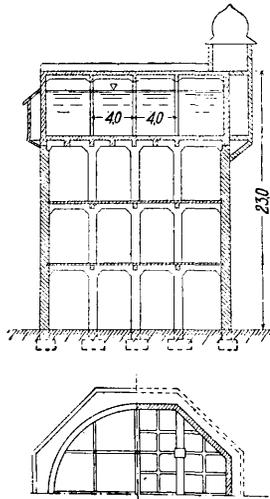
5. Железобетонные Р. в связи с их конструкцией (примеры). На фиг. 41



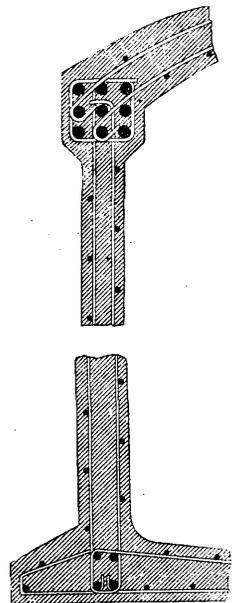
Фиг. 46.



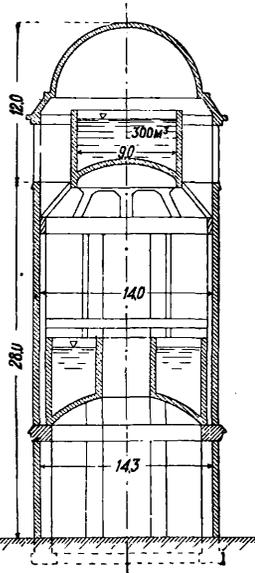
Фиг. 42.



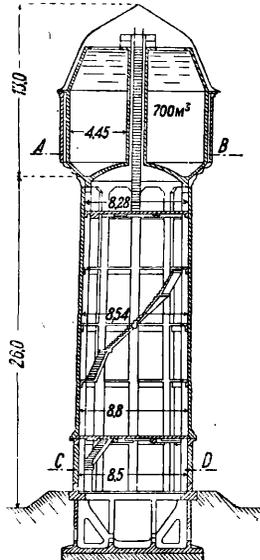
Фиг. 43.



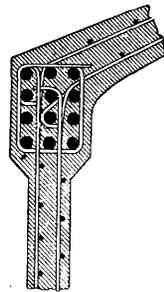
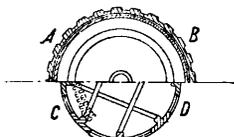
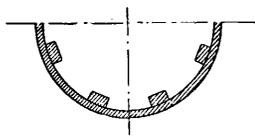
Фиг. 47.



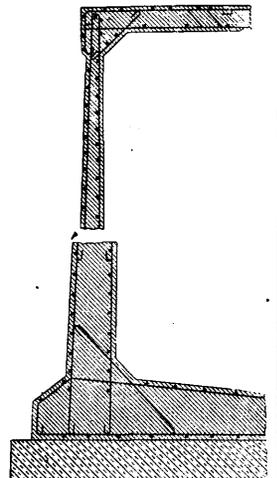
Фиг. 44.



Фиг. 45.

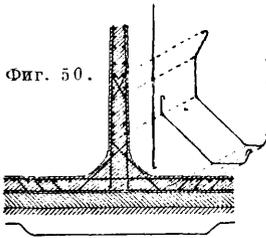


Фиг. 48.

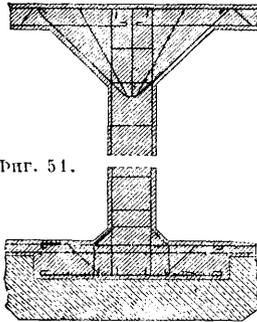


Фиг. 49.

изображен в поперечном разрезе круглый железобетонный Р. емкостью 50 м<sup>3</sup>. Арматура этого однокамерного Р. состоит из круглой стали, образующей сетку, в которой горизонтальные кольца работают на растяжение. Толщина стенок таких малых Р. при высоте воды 5 м м. б. принята (ориентировочно) наверху в 5—7 см, а внизу 12—18 см. На фиг. 42 представлен круглый железобетонный Р., сооруженный на возвышенности, обеспечивающей потребный напор. Внутренней концентрич. кольцевой стенкой Р. разделен на две камеры. Башенные установки железобетонных Р. строятся различных типов: на фиг. 43—круглый Р., покоящийся на плоской плите, перекрывающей башенную опору и служащей в то же время дном Р.; на фиг. 44—два круглых Р. с сводчатообразными днами, поддерживаемыми опорными кольцами; на фиг. 45—круглый Р. с дном по системе Интце; на фиг. 46—прямоугольный Р. Несколько де-



Фиг. 50.



Фиг. 51.

талей сопряжений арматуры в узлах показано на фиг. 47—49 для наружных стенок железобетонных Р. с дном и перекрытием, на фиг. 50 для внутренней стенки с дном и на фиг. 51 для колонны с дном и перекрытием.

**III. Стальные Р.** Наиболее простою формою Р. является цилиндр с плоским дном, устанавливаемый на стальных балках. Толщина вертикальных стенок такого Р. принимается соответственно гидростатич. давлению и вычисляется по ф-ле:

$$\delta = \delta_1 + \gamma \cdot \frac{hr}{R_2} \quad (78)$$

где  $\delta$ —толщина стенки Р. в мм;  $\delta_1$ —практич. величина в пределах 2,5—5 мм, добавляемая на изнашивание от ржавчины, ослабление заклепками и т. п.;  $\gamma$ —объемный вес жидкости;  $h$ —высота от поверхности жидкости до середины рассчитываемого пояса стенки Р. в м;  $r$ —радиус Р. в м и  $R_2$ —допускаемое напряжение на разрыв материала Р. в кг/мм<sup>2</sup>. Ф-ла (78) выводится при учете усилия, разрывающего Р. давлением жидкости. Вместо того, чтобы вводить в ф-лу практич. величину  $\delta_1$ , м. б. введен коэф.  $\eta$ , равный отношению сопротивления заклепочного шва к сопротивлению цельного листа; при одном ряде заклепок можно принять  $\eta=0,6$ . Тогда ф-ла (78) примет вид:

$$\delta = \frac{\gamma hr}{\eta R_2} \quad (79)$$

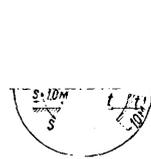
В виду износа от ржавления не следует брать толщину стали менее 6 мм. При проектировании водонапорного Р. по данному его объему  $Q$  следует стремиться получить необходимую емкость при наименьшей поверхности, иначе говоря, с наименьшей затратой стали; это условие выполняется для цилиндра, ког-

да  $h = \frac{D}{2}$ , где  $h$ —высота Р. и  $D$ —диаметр Р. В этом случае

$$D = \sqrt[3]{\frac{8Q}{\pi}} = 1,316 \sqrt[3]{Q} \quad (80)$$

Р. с плоскими днами, обладающие крупными недостатками (плоские листы работают невыгодно, испытывая большие напряжения, и требуют поэтому особых подпор; недоступность дна для осмотра и ремонта и т. д.), в настоящее время почти не применяются в водопроводном деле (за исключением малых Р.—баков второстепенного назначения) и вытеснены Р. с конич. и сферич. днами. Последние бывают в выпуклые и вогнутые; у первых материал дна подвержен растяжению, у вторых—сжатию. Опорная часть этих Р. представляет кольцо (являющееся продолжением боковых стенок Р.), укрепленное внизу накладками и угольниками. Преимущества сферич. дна—возможность придать ему меньшую толщину и полная доступность всего дна для осмотра и ремонта.

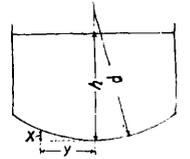
В сферич. и конич. днах, образованных поверхностью вращения, различают два направления напряжений (фиг. 52): 1) меридиональное напряжение  $s$ , направленное по образующей поверхности дна и отнесенное



Фиг. 52.



Фиг. 53.



Фиг. 54.

к 1 м длины параллельного круга (горизонтального сечения), и 2) кольцевое напряжение  $t$ , направленное горизонтально и отнесенное к 1 м длины по образующей.

а) Для выпуклого полушарового дна (тип Баркгаузена, фиг. 53)

$$\left. \begin{aligned} s &= \frac{\gamma r}{2} \left( h - \frac{y}{3} \cdot \frac{3r-2y}{2r-y} \right) \\ t &= \frac{\gamma r}{2} \left( h - \frac{y}{3} \cdot \frac{9r-4y}{2r-y} \right) \end{aligned} \right\} \quad (81)$$

где  $\gamma$ —вес 1 м<sup>3</sup> жидкости. При  $y=0$  (и  $x=0$ ) вторые члены (отрицательные) отпадают и

$$s_{max} = t_{max} = \frac{\gamma rh}{2}$$

Обратно,  $s_{min}$  и  $t_{min}$  получаются, когда отрицательные вторые члены обеих формул достигают максимума, что получится при  $y=r$ :

$$s_{min} = \frac{\gamma r}{2} \left( h - \frac{r}{3} \right) \text{ и } t_{min} = \frac{\gamma r}{2} \left( h - \frac{5r}{3} \right)$$

Для того чтобы в днах не возникало напряжений сжатия,  $s_{min}$  и  $t_{min}$  д. б. положительными. Следовательно д. б.

$$H \geq \frac{5r}{3} \text{ и } h \geq \frac{2r}{3}$$

Тогда объем Р.

$$V = \frac{2}{3} \pi r^3 + \pi r^2 h = \frac{2}{3} \pi r^3 + \frac{2}{3} \pi r^3 + \frac{4}{3} \pi r^3$$

т. е. объемы цилиндрич. и полушаровой частей д. б. равны.

б) Для выпуклого сферич. дна (фиг. 54)

$$s = \frac{\gamma \rho}{2} \left( h - \frac{x}{2} \right)$$

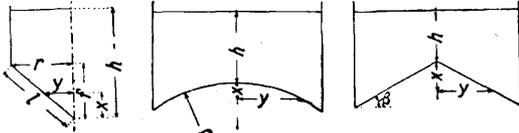
и

$$t = \gamma \rho (h - x) - s = \frac{\gamma \rho}{2} \left( h - \frac{3x}{2} \right) \quad (82)$$

в) Для выпуклого конич. днища (фиг. 55)

$$s = \gamma \frac{ly}{2f} \left( h - \frac{2}{3} x \right) \text{ и } t = \gamma \frac{ly}{f} (h - x). \quad (83)$$

В вогнутых днищах получаются сжимающие усилия. Поэтому им придают жесткость



Фиг. 55. Фиг. 56. Фиг. 57.

при помощи профильной стали во избежание изгибания от сжатия.

г) Для вогнутого сферич. днища (фиг. 56)

$$s = \frac{\gamma^2}{2} \left( h + \frac{x}{2} \right)$$

и

$$t_1 = \gamma \varrho (h + x) - s = \frac{\gamma^2}{2} \left( h + \frac{3}{2} x \right). \quad (84)$$

д) Для вогнутого конич. днища (фиг. 57)

$$s = \gamma y \cdot \frac{h + \frac{2}{3} x}{2 \sin \beta} \text{ и } t = \gamma y \cdot \frac{h + x}{\sin \beta}. \quad (85)$$

Толщину днища определяют по наибольшему из двух напряжений по ф-ле

$$\delta = \frac{s}{1000 \eta R_2} \text{ мм или } \delta = \frac{t}{1000 \eta R_2} \text{ мм}, \quad (86)$$

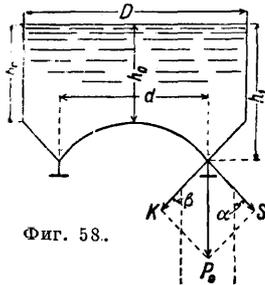
где  $R_2$  — прочное сопротивление на разрыв в кг/см<sup>2</sup>, а коэф. 1000 введен в виду того, что значения  $s$  и  $t$  отнесены к 1 м длины. Толщина сферич. днища уменьшается с уменьшением радиуса кривизны. Обычно стрела кривизны днища не превосходит  $\frac{D}{8}$ , при к-рой

$$\varrho^2 = \left( \frac{D}{2} \right)^2 + \left( \varrho - \frac{D}{8} \right)^2 \text{ или } \varrho = 1,0625 D. \quad (87)$$

Наименьший предел для  $\varrho$  независимо от практических соображений — уменьшения толщины днища с уменьшением радиуса кривизны — является

$$\varrho = \frac{D}{2}.$$

Далее этого предела при обыкновенной выпуклой или вогнутой форме днища уменьшить  $\varrho$  невозможно.



Фиг. 58.

Днища Р. системы Интце (фиг. 58) допускают уменьшение  $\varrho$  ниже указанного ранее предела; кроме того при некотором соотношении размеров отдельных частей днища возможно получить вертикальное давление на опоры. Давление на опоры  $P_0$  (равнодействующая давлений  $S$  от сферич. части днища и  $K$  от конической) вертикально, когда  $S = K$  и  $\alpha = \beta$ . Т. к. силы  $K$  и  $S$  выражаются ф-лами:

$$K = \frac{\left( \frac{h_0 + h_1}{2} \right) \gamma \cdot \pi \left( \frac{D^2 - d^2}{4} \right)}{\pi d \cos \beta}$$

и

$$S = \frac{\left( \frac{h_0 + h_1}{2} \right) \cdot \gamma \cdot \left( \frac{\pi d^2}{4} \right)}{\pi d \cos \alpha},$$

то при  $S = K$  и  $\alpha = \beta$  получим

$$d = \frac{D}{\sqrt{2}}. \quad (88)$$

При обозначениях согласно фиг. 59 для определения размеров частей днища в Р. сист. Интце имеют место следующие ф-лы: 1) для конической части днища сжимающее напряжение в направлении образующей конуса (на единицу длины окружности)

$$K = \frac{G}{2y \pi \cos \alpha} - \frac{\gamma y \left( H - \frac{2}{3} x \right)}{2 \cos \alpha}, \quad (89)$$

где  $G$  — вес жидкости объема  $ABCEF$  и растягивающее кольцевое напряжение (перпендикулярное к образующей конуса) на единицу длины

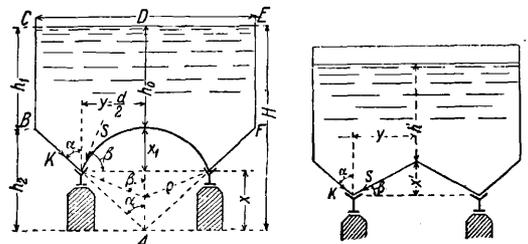
$$T = \gamma \cdot \frac{H - x}{\cos \alpha} \cdot y. \quad (90)$$

2) Для сферической части днища сжимающее напряжение

$$S = \gamma \left( h_0 + \frac{x_1}{2} \right) \cdot \frac{\varrho}{2}; \quad (91)$$

$$U = \gamma (h_0 + x_1) \varrho - S = \gamma \left( h_0 + \frac{3}{2} x_1 \right) \cdot \frac{\varrho}{2}. \quad (92)$$

3) Если сферическая вогнутая часть днища будет заменена обратным конусом



Фиг. 59.

Фиг. 60.

(в больших Р. сист. Интце), то имеют место ф-лы (фиг. 60):

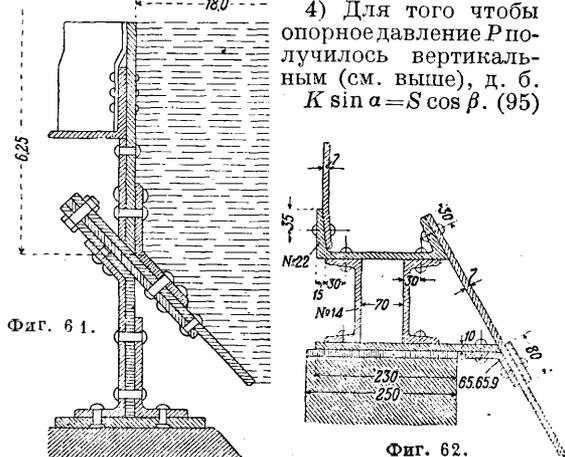
$$S' = \gamma \cdot \frac{h' + \frac{2}{3} x'}{2 \sin \beta} \cdot y \quad (93)$$

и

$$U' = \gamma \cdot \frac{h' + x'}{\sin \beta} \cdot y. \quad (94)$$

В данном случае величина  $U'$  вдвое больше величины  $S'$  и поэтому  $U'$  служит для определения толщины днища.

4) Для того чтобы опорное давление  $P$  получилось вертикальным (см. выше), д. б.  $K \sin \alpha = S \cos \beta$ . (95)

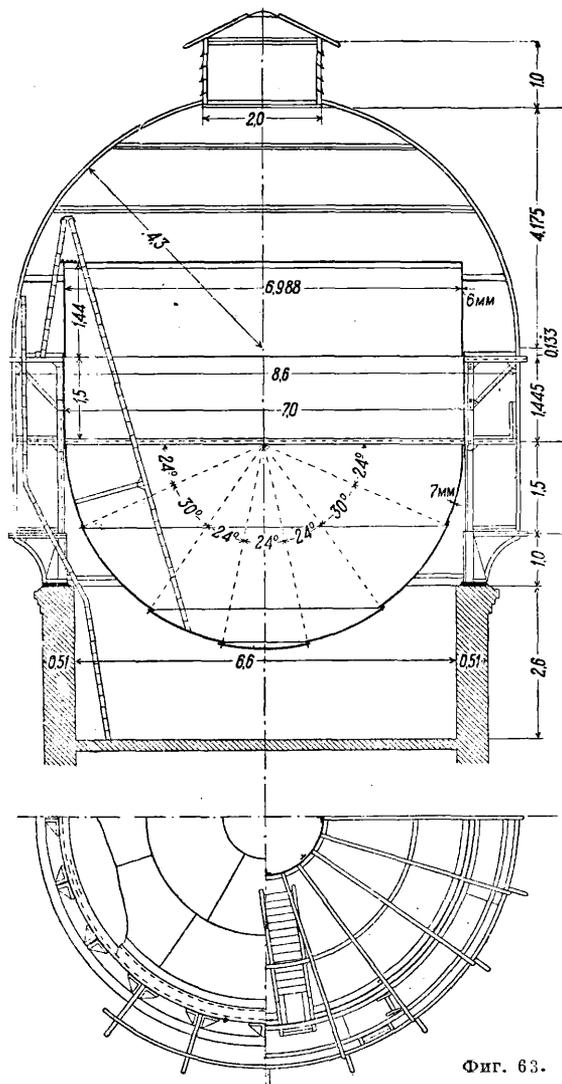


Фиг. 61.

Фиг. 62.

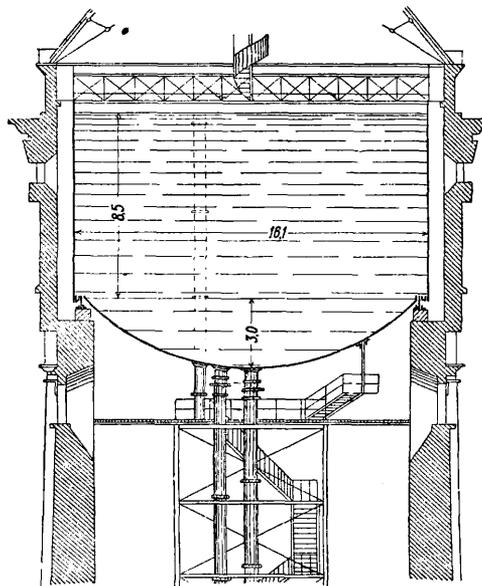
При этом условии опорное кольцо и опоры воспринимают лишь вертикальные силы.

Склепку Р. производят внахлестку без накладок, исключая стык вертикальной стенки с наклонной и этой последней с сферич. частью, где применяются накладки, выгнутые из котельной стали. Крепление труб, входящих в Р., делают так, чтобы деформации, получающиеся в днищах от изменения  $t^\circ$  или нагрузки, не влекли за собою расстройств стыков труб. Для этого трубы прикрепляют фланцами на болтах и помещают на самых трубах особые компенсаторы в виде медных расширений или же крепят трубы при помощи особых компенсационных сальников. На фиг. 61—66 показано несколько конструкций стальных Р.



и их деталей: на фиг. 61, 62—опорные части Р.; на фиг. 63—Р. с полушаровым днищем (Баркгаузена) емкостью 200 м<sup>3</sup>; на фиг. 64—Р. емкостью 2 000 м<sup>3</sup>; днище его состоит из средней сферической выпуклой части и наружной конической части; на фиг. 65—опорная часть этого Р.; на фиг. 66—Р. с днищем Интце и с конич. верхней частью. Последняя конструкция не имеет особых преимуществ кроме небольшой экономии материала. Новейшей конструкцией является шаровой Р. сист. Кленне (фиг. 67).

Он состоит из полого шара с приклепанным к нему опорным кольцом. Конструкция эта соединяет в себе все преимущества резервуаров Интце и Баркгаузена. Если конструкции этих последних Р. представляют много затруд-



Фиг. 64.

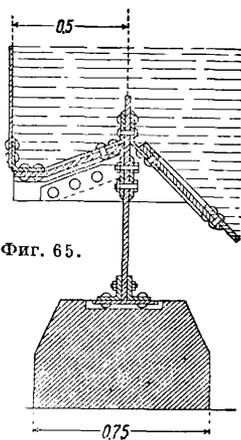
нений в смысле их выполнения, то последний образец резервуара Кленне превосходит в этом отношении все предыдущие. На фиг. 68 изображена комбинация шарового Р. с дном по сист. Интце.

О Р. для хранения газов см. Газгольдер, а для хранения нефти—Нефтьсранилища.

Кроме клепаных резервуаров применяют также стальные Р., изготовляемые путем сварки (см.). Сварные конструкции более выгодны, чем клепаные, как в отношении затраты материала, так и расхода рабочей силы; но структура металла в месте сварки ухудшается, возникают дополнительные напряжения в материале от неравномерного нагрева, и определение качества выполнения сварки затруднительно. Понижение вязкости металла и предела усталости учитывается снижением допускаемых напряжений или увеличением расчетных сил. Если на привариваемую часть действуют осевые силы без изгиба и кручения, то сварные швы рассчитываются или на нормальные или на срезающие напряжения, полагая равномерное распределение усилия по сечению шва, т. е. по ф-ле:

$$\sigma = \frac{P}{a l}, \quad (96)$$

где  $\sigma$ —расчетное напряжение,  $P$ —передаваемое на шов усилие,  $a$ —наименьшая толщина шва (размер  $a$  определяется по теоретич. се-



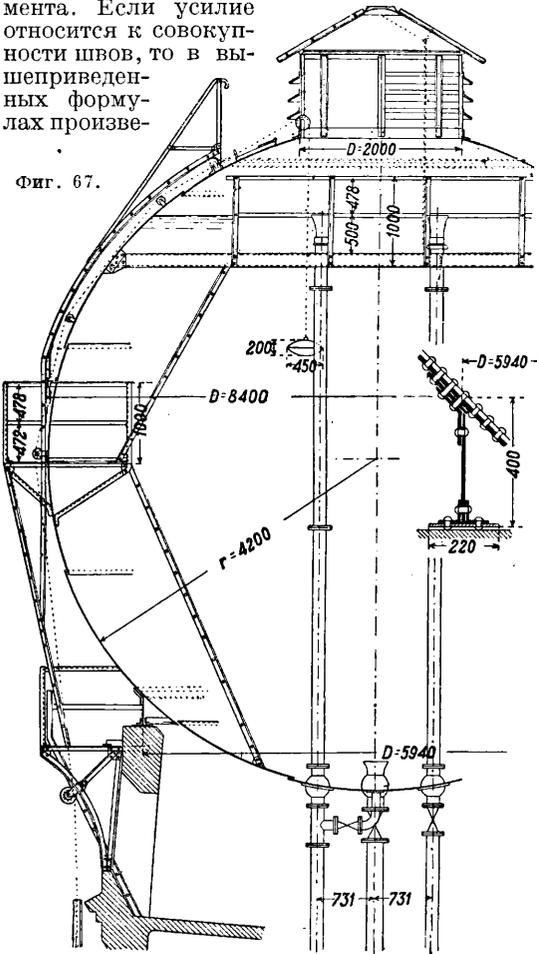
чению шва без учета выпуклостей, утолщающих шов),  $l$ —длина шва без учета концевых закругленных наплывов. При одновременном действии на торцевую шов нормального и срезающего напряжений расчетное напряжение определяется по ф-ле (96) с заменой в ней величины  $P$  величиной  $Q_{max}$ , означающей максимальную поперечную силу, или величиной  $R$ , представляющей собой

равнодействующую нормальной и поперечной сил; расчет ведется по наибольшей из этих двух величин. Если на шов кроме осевых сил действует еще изгибающий или крутящий момент, то краевое напряжение, нормальное или срезающее, определяется по ф-ле:

$$\sigma_c = \frac{P}{al} + \frac{M}{W}, \quad (97)$$

где  $W$ —момент сопротивления изгибу или кручению в зависимости от действующего момента. Если усилие относится к совокупности швов, то в вышеприведенных формулах произведе-

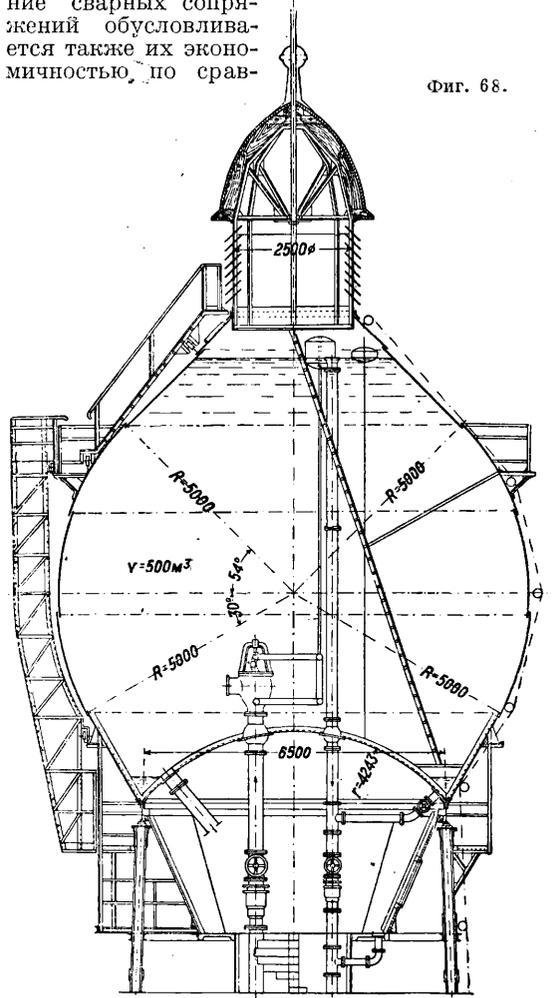
Фиг. 66.



ление  $al$  заменяется суммой произведений, т. е. величиной  $\sum al$ . Расчет сварных сопряжений производится на основании установленных

норм допускаемых напряжений, причем сваркой разрешается пользоваться лишь при наличии опытного кадра сварщиков и производства предварительных испытаний образцов сварки, изготовленных тем же лицом, к-рому поручается сварка на месте работ. Применение сварных сопряжений обусловливается также их экономичностью, по срав-

Фиг. 68.



нению с клепаными сопряжениями. Сварка производится при помощи кислородно-ацетиленового пламени (и др. газов) или вольтовой дуги. Пользование кузнечной сваркой не допускается. Ниже изложен метод расчета цилиндрического  $P$ . со стенкой из пяти кольцевых слоев и с всюду подпертым плоским дном.

Расчет стенки цилиндрического  $P$ . Примем следующие обозначения:  $\delta$ —толщина стенки в  $r$ -ом кольцевом слое;  $R$ —средний радиус  $P$ .;  $\gamma$ —уд. в. хранимой в резервуаре жидкости;  $h$ —высота цилиндрической части  $P$ .;  $F$ —площадь,  $W$ —модуль сопротивления и  $I$ —момент инерции поперечного сечения стенки на каждый  $cm$  периметра стенки;  $x$ —расстояние по высоте произвольного поперечного сечения стенки от верхнего ее края;  $\xi$ —расстояние по высоте произвольного поперечного сечения стенки от верхнего края соответствующего кольцевого слоя;  $y$ —путь деформации в радиальном направлении;  $M$ —момент и  $Q$ —поперечная сила, действующие в поперечном сечении стенки на каждый  $cm$

периметра стенки;  $\sigma_t$ —среднее напряжение в тангенциальном направлении;  $\sigma_x$ —переменное напряжение от изгиба стенки в направлении оси цилиндрич. части Р.;  $\tau$ —переменное напряжение сдвига вследствие изгиба;  $E$ —модуль упругости материала стенки, а также сварных швов. Вспомогательные величины:

$$n = \sqrt{\frac{4I r^2}{F}}, \quad (98)$$

$$E' = \frac{m^2}{m^2 - 1} E, \quad (99)$$

где  $m$ —коэф. Пуассона, равный в данном случае  $\frac{10}{3}$ . Между указанными величинами существуют следующие зависимости:

$$M = E' I \frac{d^2 y}{dx^2}, \quad (100)$$

$$Q = E' I \frac{d^3 y}{dx^3}, \quad (101)$$

$$\sigma_t = \frac{E' y}{r}, \quad (102)$$

$$\sigma_x = \frac{M}{W}, \quad (103)$$

$$\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q}{F}. \quad (104)$$

Упр-е упругой линии вертикальной полосы стенки имеет вид:

$$y = \frac{r k^2}{\delta E} x + c_1 e^{n x} \cos \frac{x}{n} + c_2 e^{-n x} \sin \frac{x}{n} + c_3 e^{n x} \cos \frac{x}{n} + c_4 e^{-n x} \sin \frac{x}{n}, \quad (105)$$

где  $c_1, c_2, c_3, c_4$ —постоянные величины в пределах ственных отрезков равной толщины. Верхний край стенки рассматривается шарнирно закрепленным; здесь имеются следующие условия:

$$y = 0; \quad \frac{d^2 y}{dx^2} = 0. \quad (106)$$

У перехода между слоями  $r-1$  (нижний край предыдущего слоя с индексом  $r-1, u$ ) и  $r$  (верхний край последующего слоя с индексом  $r, o$ ) будет иметь место следующие условия:

$$y_{r-1, u} = y_{r, o} \quad (107)$$

вследствие неподвижности свариваемых концов слоев;

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{r-1, u} = \left(\frac{dy}{dx}\right)_{r, o}, \quad (108)$$

т. к. принадлежащие слоям  $r-1$  и  $r$  ветви упругой линии должны постоянно переходить одна в другую;

$$\left(\frac{d^2 y}{dx^2}\right)_{r-1, u} = \left(\frac{d^2 y}{dx^2}\right)_{r, o} \quad (109)$$

вследствие постоянства моментов;

$$\left(\frac{d^3 y}{dx^3}\right)_{r-1, u} = \left(\frac{d^3 y}{dx^3}\right)_{r, o} \quad (110)$$

вследствие постоянства поперечной силы в переходном поперечном сечении. Для нижнего края стенки существуют условия:

$$y = 0; \quad \frac{dy}{dx} = 0 \quad (111)$$

при жестком закреплении и

$$y = 0; \quad \frac{d^2 y}{dx^2} = 0 \quad (112)$$

при шарнирном соединении стенки Р. с его дном; в обоих случаях при  $y=0$  расширение листов дна не учтено.

Вертикальные швы стенки цилиндрического Р. Полезная высота торцевых швов определяется толщиной стенки.

Т. к. допускаемое напряжение швов на растяжение меньше допускаемого напряжения на растяжение самой стенки, то приходится швы усиливать накладками. Вертикальные швы и их накладки испытывают наибольшее напряжение от растягивающих усилий, действующих на части стенок Р. Помимо этих сил на вертикальные швы действуют изгибающие моменты и поперечные силы. Те и другие имеют значение лишь для непокрытых швов (напр. в верхнем кольцевом слое, где по малости растягивающих усилий накладки могут оказаться излишними). На швы, усиленные накладками, изгибающие моменты и поперечные силы оказывают малое влияние за исключением нижних кольцевых слоев, где изгибающие моменты достигают больших величин; но, с другой стороны, здесь уменьшаются почти до нуля тангенциальные напряжения в свариваемых листах стенок, а следовательно и горизонтальные растягивающие напряжения в вертикальных швах. Всем усилиям, действующим на вертикальные швы, хорошо противодействуют двусторонние накладки. При определении размеров этих накладок и их крепежных швов не следует учитывать сопротивляемость торцевых швов, имея в виду, что оба рассматриваемые рода швов имеют различные коэффициенты расширения и что торцевой шов не доступен позднейшим наблюдениям. Рассматривая вертикальные швы, следует упомянуть еще об усадочных напряжениях, имея в виду, что в вертикальных швах как-раз можно ожидать местное непосредственное и совместное действие основных напряжений с наибольшими усадочными напряжениями. В торцевых швах те усадочные напряжения, к-рые действуют перпендикулярно к направлению этих швов, могут достигнуть больших величин, причем в зависимости от способа выполнения швов эти напряжения м. б. местами или растягивающими или сжимающими. Кроме этих нормальных усадочных напряжений возникают в торцевых швах также изгибающие усадочные напряжения, причем по преимуществу перпендикулярно к направлению швов; происхождение этих изгибающих усадочных напряжений объясняется V-образной формой торцевых швов. Наибольшее значение имеют растягивающие усадочные напряжения, действующие перпендикулярно к вертикальным швам. Усадочные напряжения не поддаются учету. Чтобы избежать чрезмерных усадочных напряжений, необходимо выполнять резервуарные швы с особенной тщательностью.

Кольцевые швы стенки цилиндрического Р. Кольцевые швы, расположенные между отдельными свариваемыми кольцами стенок Р., мало подвержены изгибу перпендикулярно к направлению швов и в особенности сдвигу; но эти швы испытывают большие напряжения на растяжение, будучи жестко связаны с подержанными растяжению металлич. листами стенок Р. Так как коэф-ты упругости для металлич. листов и сварочного материала почти равны, то эти добавочные растягивающие напряжения, возникающие в кольцевых швах, д. б. приближенно равны тангенциальным напряжениям в прилегающих частях металлич. листов. С внешней стороны Р. кольцевые швы перекрываются накладками, привариваемыми к металлич. листам. Расположением накладок достигается: а) усиление стенок Р. в пределах швов, что влечет за

собой уменьшение тангенциальных напряжений в металлич. листах Р. и добавочных растягивающих напряжений в кольцевых швах (однако одновременно увеличиваются изгибающие моменты); б) увеличение сопротивляемости кольцевых швов силам, перпендикулярным к швам; в) устранение раскрытия шва и дальнейшего распространения трещин в случае появления таковых. К недостаткам накладок следует отнести: а) увеличение стоимости сварных Р.; б) увеличение усадочных напряжений; в) появление добавочных растягивающих напряжений, равных по величине тангенциальным напряжениям в примыкающих металлич. листах стенок Р. Взамен кольцевых накладок для защиты кольцевых швов м. б. применены бандажи, к-рые обходятся дешевле накладок. Уменьшение тангенциальных напряжений в кольцевых швах зависит от сравнительного количества затраченных материалов на накладки или бандажи. Но всякое уменьшение добавочных напряжений влечет за собой увеличение изгибающих напряжений. В общем вблизи незащищенных кольцевых швов линия прогиба полосы стенки Р. меняет свое направление на обратную сторону; следовательно изгибающие напряжения в кольцевом шве остаются небольшими по величине. В защищенных накладками или бандажами швах линия прогиба, в отличие от предыдущего случая, падает в сторону кольцевых швов, причем в пределах последних упругая линия имеет более резкую кривизну; следовательно в данном случае изгибающие моменты имеют большую величину. Обычно верхние кольцевые швы оставляют незащищенными накладками или бандажами, в то время как нижние снабжают таковыми. При расчетах влияние швов, прикрепляющих бандажи, и трение между стенками Р. и бандажами не учитывают. Принимается, что соприкосновение между бандажами и стенкой Р. происходит только вдоль внешней окружности места перехода от одного поперечного сечения к другому. Такое предположение влечет за собой преувеличение определенных изгибающих моментов в указанном поперечном сечении, совпадающем с кольцевым швом; указанное обстоятельство учитывается закруглением линии моментов в пределах высоты бандажа. Для расчета переходных поперечных сечений, перекрытых бандажами, остаются в силе ур-ния (103), (104) и (105), представляющие собой переходные условия незащищенных швов. Четвертое же переходное условие вследствие непостоянства поперечной силы примет следующий вид:

$$E'I_r \left( \frac{d^2 y}{dx^2} \right)_{r,0} = - \frac{Euf_{r-1, r}}{R^2} + E'I_{r-1} \left( \frac{d^2 y}{dx^2} \right)_{r-1, u} \quad (113)$$

Накладки и бандажи мало влияют на улучшение условий работы кольцевых швов и на уменьшение опасности их разрыва, поскольку вопрос касается влияния давления жидкости.

Соединение стенки Р. с дном (фиг. 69). Мысленно вырезаем из дна Р. полосу АВ (принимая длину АВ малою по сравнению с радиусом Р.) и рассматриваем ее приближенно как балку. Пренебрегая моментом  $M_B$  (моментом относительно точки В) вследствие его малости, заменяем длину АВ и угол вращения  $\tau_0$  подножия стенки Р. моментом  $M_0$  (моментом относительно подножия стенки) и равномерно распределенной нагрузкой  $p$  (считая на единицу длины). Если угол вращения

$\tau_B$  у точки В равен нулю, то:

$$E'I_0 \tau_B = \frac{p l^3}{24} = \frac{M_0 l^2}{6} = 0, \quad (114)$$

а следовательно:

$$\lambda = 2 \sqrt{\frac{M_0}{p}}. \quad (115)$$

Угол вращения  $\tau_0$  у А определится из выражения:

$$E'I_0 \tau_0 = \frac{p l^3}{24} - \frac{M_0 l^2}{3} = - \frac{M_0 l^2}{6} = - \frac{1}{3} \sqrt{\frac{M_0^3}{p}}, \quad (116)$$

откуда

$$\tau_0 = - \frac{1}{3E'I_0} \sqrt{\frac{M_0^3}{p}}. \quad (117)$$

Краевые условия для нижнего конца стенки (пренебрегая расширением дна) выразятся:

$$y = 0; \quad \frac{dy}{dx} = + \tau_0 = - \frac{1}{3E'I_0} \sqrt{\frac{M_0^3}{p}}, \quad (118)$$

причем (для пятого, нижнего, кольцевого слоя)

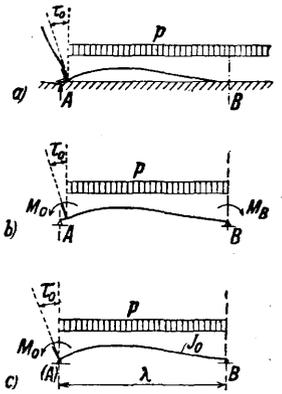
$$M_0 = E'I_5 \frac{d^2 y}{dx^2}. \quad (119)$$

Момент  $M_0$  при условии упругой заделки стенки Р. значительно меньше момента при условии жесткой заделки нижнего конца стенки, почему представляется возможным приварить стенку ко дну двумя швами, причем эти швы будут в состоянии безопасно воспринять как момент  $M_0$ , так и малую поперечную силу  $Q_0$ . Подобное крепление стенки ко дну однако конструктивно невыгодно; поэтому к подножию стенки Р. с внешней его стороны прикрепляют обыкновенно кольцо из угловой стали.

Плоское подпертое дно цилиндрического Р. Наибольший изгибающий момент, действующий на неусиленные металлич. листы дна у соединения его со стенкой Р., много меньше момента заделки стенки. Помимо изгибающих моментов, действующих на металлич. листы дна и на соединяющие их швы, в металлич. листах возникают нормальные напряжения, вызываемые поперечной силой, действующей в соединении дна со стенкой. Эта поперечная радиально направленная сила, будучи равномерно распределена по всему периметру дна (в данном случае по окружности), вызывает в последнем равномерное напряжение, если не считать трения между дном и его опорами. В любом элементе образующего дна диска действуют нормальные напряжения постоянной величины

$$\sigma = \frac{Q_0}{\delta_0}, \quad (120)$$

где  $\delta_0$  — толщина дна, в то время как напряжение сдвига для любого направления сечения исчезает. Из стальных поперечных сил возникают поэтому в сварных швах дна Р. растягивающие напряжения, действующие в перпендикулярном к швам направлении, и добавочные продольные напряжения равной величины. Расчет плоского дна производят, поль-



Фиг. 69.

зуюсь теорией плит или *пластин* (см.) и имея в виду, что стенки Р. передают на дно радиально направленные растягивающие усилия и радиальные изгибающие моменты, как те, так и другие равномерно распределенные вдоль края дна резервуара.

**Лит.:** Брилинг С. Р., Расчет железных водонапорных резервуаров, М.—Л., 1926; Вигрß J., Проект снабжения водой промышленного города, пер. с франц., СПб., 1902; Forchheimer Ph., Die Berechnung ebener und gekrümmter Behälterböden, 2 Aufl., Lpz., 1909; Fö l z e r E. u. Schupp H., Wassertürme, 3 Aufl., Strelitz, 1923; B a c k h a u s e n G., Neuere Formen für Flüssigkeitsbehälter, «Z. d. VDI», 1900, Band 44; Fö r s t e r M. u. Schupp H., Die Eisenkonstruktionen der Ingenieurbauhöhen, 4 Aufl., Lpz., 1909; Handbuch für Eisenbetonbau, hrsg. v. F. Emperger, B. 5, 3 Aufl., B., 1923; P a s t e r n a k P., Die praktische Berechnung der Biegebeanspruchung in kreisrunden Behältern mit gewölbten Böden und Decken und linear veränderlichen Wandstärken, «Schweizerische Bauzeitung», Zürich, 1927, B. 90; P ö s c h l Ph., Berechnung von Behältern nach neuen analytischen u. graphischen Methoden, 2 Auflage, B., 1926; H a r t m a n n F., Die statisch-unbestimmten Systeme des Eisen- u. Eisenbetonbaues, 2 Auflage, B., 1922; H a v a s E., Ein Wasserbehälter in Eisenbeton, «B. u. E.», 1920, B. 19; M a y e r M., Die lotrechte Bewehrung der zylindrischen Behälterwand, *ibid.*, 1910, B. 9; R e i c h E., Beitrag zur Berechnung zylindrischer Reservoirs, *ibid.*, 1907, B. 6; B o r t s c h R., Die Biegebeanspruchungen in der Schle von freistehenden Behältern mit rechteckigem Grundriss, *ibid.*, 1911, B. 10; B o r t s c h R., Beitrag zur Berechnung der Wände quadratischer und rechteckiger Behälter mit oberem Rahmen, *ibid.*, 1919, B. 18; P r e i n f l a c k E., Berechnung eines elliptischen Behälters, *ibid.*, 1921, B. 20; F e d e r h o f e r K., Graphisches Verfahren für die Ermittlung der Spannungsverteilung in zylindrischen Behälterwänden, *ibid.*, 1909, B. 8; L u e g e r O., W e y r a u c h R., Wasserversorgung der Städte, 2 Auflage, Lpz., 1914—16; S m r e k e r O., Die Wasserversorgung der Städte, Handb. Ing., T. 3, B. 3, 5 Auflage, 1914; E s s e l b o r n K., Lehrbuch des Tiefbaues, 8 Aufl., B. 1—2, B., 1923—25; W e d e r R., Leitfaden des Eisenbetonbaues, 2 Aufl., Leipzig, 1914; L ö s e r B., Bemessungsverfahren, Zahlentafeln u. Zahlenbeispiele zu der Bestimmungen d. deutschen Ausschusses f. Eisenbeton, v. September 1925, 2 Aufl., B., 1925; R u n g e C., Ueber die Formänderung eines zylindrischen Wasserbehälters durch Wasserdruck, «Z. f. Math. u. Physik», Leipzig, 1904; W u n d r a m O., Eine bemerkenswerte Grossbehälterschweißung, «Die Schmelzschweißung», Hamburg, 1930, H. 5; «Der Bauingenieur», B., 1931, Jg. 12; «Die Bautechnik», B.

**С. Брилинг.**

**РЕЗИНОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО**, производство резиновых изделий, в которых основным сырьем является *каучук* (см.), придающий им особые свойства. Резиновые изделия делятся на изделия из мягкой резины и на изделия из твердой (роговой) резины, или *эбонита* (см.). По назначению их можно разделить на шины (см. *Автомобиль*, *Велосипед*), технич. изделия для промышленных целей (см. *Ремни* прорезиненные, *Рукава* и др.) и для широкого массового потребления—галантерею (см. *Галоши*, *Гребни*). По методам работы классификация резиновых изделий производится или по способам формования изделий (до вулканизации, закрепляющей приданную изделию форму) или по способам вулканизации. В первом случае можно различить неформовые изделия (ручной клейки), напр. перчатки, футбольные камеры; сплошные формовые изделия, напр. вентиляльные шары, набойки для каблучков; полые формовые изделия, например мячи, игрушки резиновые, спринцовки, изделия без шва (см. *Макетальные изделия*); шприцованные изделия, напр. шпурь, лабораторные трубки; сюда же можно отнести изделия, вырубаемые или вырезаемые из предварительно вулканизованных пластин резины, например прокладки для различных приборов, заплатки для ремонта шин. Резиновые изделия, имеющие тканевые прокладки, обычно формируются на формах-колодках (галоши) или дорнах (рукава); к этому часто прибегают и для изделий,

не имеющих тканевых прокладок. Изделия из непромокаемых тканей обычно формируются (шьются) из предварительно вулканизованного материала на заводах швейной промышленности.

По своему влиянию на свойства резины при-меси (ингредиенты резиновых смесей) можно разбить на: вулканизующие агенты, ускорители вулканизации, активные (усиливающие) наполнители, неактивные наполнители и красители, мягчители, антиокислители и некоторые специальные вещества. Строгого разграничения между отдельными классами примесей провести нельзя; часто одно и то же вещество применяется в различных сортах резины с различной целью.

**Вулканизующие агенты.** Для горячей *вулканизации* (см.) к резине применяются с е р у в количестве 3—12 вес. ч. на 100 вес. ч. каучука для мягкой резины, 12—20 вес. ч. для полутвердой и 20—50 вес. ч. для эбонита. Применение сильных ускорителей вулканизации дает возможность уменьшать количество серы до 2—2,5 вес. ч. Для дешевых малоответственных сортов резины обычно применяется молотая сера. Для вышних сортов резины берется серный цвет; применение его обязательно для резины, идущей на изготовление клеев, вследствие его малой растворимости в бензине и отсутствия поэтому выкристаллизовывания серы при испарении бензина из клея. В сортах резины, в которых не допускается попадание посторонних включений, применяется осажденная сера, однако она часто выцветает—выступает на поверхность (см. *Выцветание серы*), затрудняя некоторые производственные операции. Аналог серы, с е л е н, также изредка применяется в качестве вулканизующего агента; вследствие его высокой  $t_{пл}$  он применяется сплавленным с серою. При этом после вулканизации получается плотная резина, хорошо сопротивляющаяся истиранию. Х л о р и с т а я с е р а  $S_2Cl_2$  применяется для холодной вулканизации. Она вводится в резину в момент вулканизации путем погружения резиновых изделий в раствор хлористой серы в сероуглероде или помещения их в атмосферу паров  $S_2Cl_2$ .

**Ускорители вулканизации** делятся на минеральные и органические.

Минеральные ускорители вулканизации, известные с первых дней резиновой промышленности, в настоящее время отходят на задний план вследствие большей эффективности и лучшего усиливающего действия органических ускорителей. Ускоряющее действие на вулканизацию производят окиси и гидраты окисей щелочноземельных металлов, щелочи и окись свинца. Окись свинца (глет)  $PbO$ , применяемая обычно в пределах 12,5—30% (считая на каучук), имела до последнего времени большое значение для вулканизации в воздушной среде, предупреждая окисление резины горячим воздухом; за последнее время глет успешно начинают заменять органическими веществами часто совместно с *антиокислителями* (см.)—веществами, задерживающими разложение каучукового вещества. Ускоряющее действие глета основано на его реакции с веществами кислого характера в смолах каучука; во избежание колебаний в вулканизации от недостатка кислотности каучука обычно вместе с глетом вводят в резину канифоль или другие вещества кислотного характера. Глет

является также хорошим антиоксидантом, почему его прежде вводили в резину, предназначенную для изделий, работающих при повышенной  $t^{\circ}$  (напр. паровые рукава). Во время вулканизации глет реагирует с серой, придавая изделиям темносерый, почти черный цвет. Окись магния  $MgO$  применяется (не более 2,5 вес. ч. на 100 вес. ч. каучука) для ускорения вулканизации в открытом пару или под прессом. Гашеная известь, изготовляемая на самих резиновых заводах превращением негашеной извести в пушонку, вследствие присутствия песчинок применяется в резиновых изделиях, не требующих высокой механич. прочности. Ее приба-

вляют в пределах не более 4—5 вес. ч. на 100 вес. ч. каучука. Во время вулканизации она задерживает образование пор в резине от присутствующей влаги. Она также обладает подсушивающим влиянием на резину. В случае перевулканизации резиновых изделий гашеная известь вызывает их быстрое старение. Окись цинка (цинковые белила)  $ZnO$  оказывает небольшое ускоряющее действие при вулканизации в открытом пару. Едкое кали и едкое кали, смешиваемые в количестве 1—1,5%, при перевулканизации могут вызывать быстрое старение резиновых изделий. Обычно предпочитают применять их соли: соду, поташ, тиокарбонат и т. п.

Табл. 1.— Характеристика наиболее распространенных органических ускорителей вулканизации.

№	Торговое название	Химическое название	Уд. вес	Физич. состояние	Запах	Ядовитость	Ускоряющее действие	Повышение разрывного усилия	Повышение твердости	Задержка в старении	Лучшая вулканизация
1	A-5-10 *1	Формальдегиданилин	1,11	паста	нет	нет	средн.	малое	малое	малое	выше 135°
2	Альдегид-аммиак *2	Альдегид-аммиак	0,90	порошок	аммиачн.	»	»	средн.	средн.	»	выше 142°
3	B-B *3	Продукт уплотнения маслянокислого альдегида с <i>n</i> -аминодиметиламинолом	1,02	масляная жидкость	резкий	»	»	»	»	высок.	135—152°
4	808 *1	Альдегидамин	0,94	»	слабый	»	»	высок.	высок.	»	130—140°
5	Hexa *5	Гексаметилен-тетрамин	1,02	порошок	нет	сильн.	»	»	»	средн.	выше 145°
6	Tensitac-41 *6	Альдегидамин	1,15	смолист. жидкость	»	нет	высок.	»	»	высок.	выше 142°
7	Vulcanol *7	Альдегидамин	1,06	»	слабый	»	»	»	»	»	120—143°
8	Pip-Pip *8	Пиперидин-пиперидил-дитиокарбамат	—	порошок	нет	»	очень высок.	»	»	нет	110°
9	Sapex *9	Динитрофениловый эфир диметилдитиокарбаминовой <i>n</i> -ты	1,57	»	»	»	высок.	»	»	средн.	115—145°
10	Super Sulphur №1 *10	Цинковая соль диметилдигокарбаминовой <i>n</i> -ты, осажденная на каолине	—	»	»	»	»	»	средн.	»	99°
11	Super Sulphur №2 *11	То же, что предыдущий, но вместо цинковой соли—свинцовая	—	»	»	»	»	»	высок.	высок.	125—135°
12	Monex *12 (Thionex)	Тетраметилтиурам-моносульфид	1,40	»	»	»	очень высок.	»	»	»	121—148°
13	Tuads *13	Тетраметилтиурамдисульфид	—	»	»	»	»	»	»	»	115—142°
14	Captax *14	Меркаптобензотиазол	1,42	»	»	»	»	»	»	»	125—152°
15	Thio *15	Тиокарбанилд	1,30	кристаллич. порошок	»	слабая	»	выск.	низк.	низк.	125—152°
16	DOTG *16	Ди- <i>o</i> -толилгуанидин	1,10	порошок	»	нет	»	высок.	высок.	нет	138—160°
17	DPG *16	Дифенилгуанидин	1,13	»	»	»	»	»	»	»	138—160°
18	TPG *16	Трифенилгуанидин	1,10	»	»	»	средн.	»	»	»	142—160°
19	POTG *16	Фенил- <i>o</i> -толилгуанидин	1,10	»	»	»	высок.	»	»	низк.	138—163°
20	Trimene *17	Триэтил-триметилен-триамин со стеариновой кислотой	0,90	паста	аммиачн.	»	»	»	средн.	высок.	125—152°

\*1 Для темных смесей. Прибавлять 1/2—1 1/2% стеариновой *n*-ты и ок. 5%  $ZnO$ . \*2 Не требует активатора. \*3 Для эбонита. \*4 Активность увеличивается с повышением  $t^{\circ}$ . \*5 Не вызывает «пригорания». \*6 Для быстрых марок. \*7 Неактивен ниже 110°, защищает от перевулканизации. \*8 Для починочных клеев, вызывает самозулканизацию. \*9 Обязательное прибавление  $ZnO$ . \*10 Вулканизует в кипящей воде. \*11 В качестве активатора применять  $PbO$ . \*12 Для вулканизации в воздухе и в кипящей воде. \*13 Прибавлять стеариновую *n*-ту. Во избежание «пригорания» прибавлять  $PbO$ . \*14 Прибавлять  $ZnO$  и стеариновую *n*-ту. \*15 Легко вызывает «пригорание». \*16 Активны, в присутствии регенерата не темнят органич. красителей. \*17 Общеприменим.

Органические ускорители вулканизации, вошедшие в практику резиновой промышленности последних лет, представляют собою сложные органические вещества, содержащие обычно азот или серу. Применение их вызвано не только тем, что в силу более быстрой вулканизации удешевляется процесс вулканизации и увеличивается пропускная способность вулканизационных котлов, форм, колодок и т. д.; многие органич. ускорители вулканизации повышают механич. свойства резиновых изделий, задерживают их старение, предупреждают выцветание серы и дают возможность выполнять такие производственные операции, к-рые были невозможны до применения органических ускорителей в резиновой промышленности. Точной классификации органич. ускорителей, число которых насчитывается сотнями, до сего времени нет; наиболее распространенные ускорители вулканизации указаны в табл. 1. См. также *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 307. Рекомендуются следующие органич. ускорители.

Резиновые изделия	Ускорители (№ по пор. см. табл. 1)
Приводные ремни . . . . .	4, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 17
Резиновый клей горничей вулканизации . . . . .	все ускорители
Резиновый клей самовулканизуемый . . . . .	8, 10
Непромокаемые ткани ярких цветов . . . . .	12, 14
Непромокаемые ткани темных цветов . . . . .	6, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19
Формовые хирургические изделия . . . . .	4, 5, 6, 12, 13, 14, 16, 17
Хирургические изделия, вулканизуемые в открытом пару . . . . .	2, 4, 6, 7, 12, 13, 14, 16, 17
Прорезиненные ткани (для производства) . . . . .	2, 10, 12, 13, 14, 16
Галоши . . . . .	1, 4, 11, 12, 13, 11, 15, 16, 17
Эбонитовые изделия . . . . .	3, 16, 18
Накаблучники . . . . .	4, 6, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17
Резиновые рукава . . . . .	4, 5, 6, 7, 9, 14, 15, 17, 18, 19
Кабельная резина . . . . .	4, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17
Консервные кольца . . . . .	4, 6, 14, 16, 17, 20
Резиновые маты . . . . .	4, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18
Прокладки и пластины . . . . .	4, 6, 7, 9, 14, 15, 16, 17
Обкладка валов . . . . .	20
Формовая подошва . . . . .	4, 6, 9, 12, 13, 14, 16, 17, 18
Штемпельная резина . . . . .	6, 11, 16, 17
Резиновые нити . . . . .	2, 4, 6, 7, 12, 13, 14, 16, 17
Покрывшки . . . . .	1, 4, 5, 9, 11, 13, 14, 16, 17, 18
Камеры . . . . .	4, 6, 9, 12, 13, 14
Грузошины . . . . .	4, 6, 14, 16, 17

Для активации большинства органич. ускорителей требуется введение в смесь окиси цинка в количестве 2—5 вес. ч. на 100 вес. ч. каучука; иногда для активации берутся MgO или PbO. Все эти вещества активируют только в том случае, если кислотность каучука достаточная. В зависимости от активности органич. ускорители вводятся в резину в количестве 0,2—3 вес. ч., а содержание серы для мягкой резины понижается до 2—5 вес. ч. на 100 вес. ч. каучука. В силу большой активности органич. ускорителей они часто вызывают преждевременную вулканизацию (пригорание) резины на различных этапах производства; нек-рые ускорители, удобные в других отношениях, не дают достаточного улучшения механич. свойств; при ускоряющем действии в узких интервалах  $t^\circ$  легко получить неправильную вулканизацию резиновых изделий; некоторые ускорители вулканизации обладают свойством уже при небольшой перевулканизации резко ухудшать механич. свойства и плохо противостоять старению резиновых изделий. Все указанные выше обстоятельства привели к распространению применения ком-

бинаций нескольких (обычно двух) ускорителей. Для производства галош применяются комбинации: Monex и 808, Trimene и DPG, Monex и DPG (1 : 3), Tuads и Captax (1 : 10); чрезвычайной активностью обладает смесь Captax с DPG. Для резиновых изделий промышленной техники и шин применяют комбинации: Captax и Tuads (5 : 1), Tuads и DPG (1 : 3), Tuads и Hexa (1 : 3), 808 и Tuads (5 : 1), Sarex и DPG (1 : 1). Для резины, идущей на промазку тканей, применяют: Monex и DOTG (1 : 3), Monex и Vulcanol (1 : 5).

Активными наполнителями (усилителями). Чтобы примеси могли повышать механич. свойства (прочность на разрыв, истирание и т. д.) резиновых изделий, они должны обладать следующими свойствами: 1) размеры частиц их д. б. возможно меньшими, т. к. этим увеличивается общая поверхность сцепления с каучуком, 2) поверхность частиц должна хорошо смачиваться каучуком, 3) частицы должны хорошо распределяться в массе каучука, не вызывая образования сгустков, и 4) частицы должны обладать сильно развитой поверхностью. Наилучшим усилителем в настоящее время является газовая сажа, дающая максимальную крепость резиновым изделиям при введении 30—50 вес. ч. на 100 вес. ч. каучука (в зависимости от сорта сажи и других примесей). Колоссальное значение газовая сажа имеет в изделиях из синтетического каучука (бутадиен-натриевого и др.), где она оказывает усиливающее действие при введении ее в количестве 60% и более по отношению к каучуку. Газовая сажа придает резине жесткость, большое сопротивление разрыву и истиранию. Качество газовой сажи ежегодно улучшается в связи с улучшением методов ее производства. Наиболее известные торговые марки газовой сажи—«Микронекс» и «Argow Black». Разновидностью газовой сажи является терматомический углерод (Thermax), применяемый к резине в количестве 20—30% на каучук; в противоположность газовой саже он не придает резине жесткости. Более дешевыми, но не менее ценными примесями являются различные каолины, повышающие сопротивление истиранию. Каолины придают резине жесткость. Из иностранных торговых марок каолинов наибольшей известностью пользуются «Dixie clay», «Aluminum Flake» и «Catalpo clay»; из каолинов СССР следует отметить турбовский и глуховский. Количество вводимого каолина зависит от его качества. До введения в практику газовой сажи наилучшим усилителем считалась ZnO, не утратившая своего значения и до настоящего времени. Она сообщает резине сопротивляемость разрыву, не делая ее жесткой. Лучшей торговой маркой ZnO считается «Kadox». Наибольшее усиление получается при введении 30—60 вес. ч. на 100 вес. ч. каучука (в зависимости от сорта окиси цинка). Легкая углекислая магнезия (белая магнезия) также придает жесткость резине и повышает прочность на разрыв, причем наилучшим соотношением является 15—25 вес. ч. ее на 100 вес. ч. каучука. Углекислая магнезия увеличивает остаточное удлинение резины. Столярный клей применялся до введения газовой сажи как усилитель, усиливая сопротивление истиранию. В наст. время применяется как вещество, не дающее комковаться жестким примесям во время их смешивания с каучуком.

Красители и неактивные наполнители. Для защиты резиновых изделий от разрушающего действия света резину обычно окрашивают в различные цвета. В зависимости от требований покупателей галантерейным изделиям обычно присваивается определенный цвет, хотя он и не может служить указанием на качество изделия. Черный цвет придается резине введением сажи (лучше ламповой) или же глета. Белыми красителями являются: сернистый цинк, окись цинка, литопон; за границей в большом ходу титановые белила. Для хорошей кроющей способности белых красителей важно, чтобы их коэф. преломления возможно сильнее отличался от коэф.-та преломления каучука:

Каучук . . . . .	~ 1,52	Гипс . . . . .	1,52
Магнезия углекисл. . . . .	1,50	Литопон . . . . .	2,35
Окись цинка . . . . .	1,90	Титановые белила . . . . .	2,71
Каолин . . . . .	1,53		

К красным красителям относятся: киноварь, трех- и пятисернистая сурьма, мумия. Следует отметить, что пятисернистая сурьма, содержа свободную серу (не связанную с сурьмой), может отчасти служить вулканизирующим агентом; кроме того она не дает выступать сере на поверхность резиновых изделий и хорошо предохраняет их от старения; недостатком является «отравление» ею некоторых органич. ускорителей. Синий цвет получается от действия ультрамарина или берлинской лазури, зеленый — от окиси хрома или хромовой зелени. Из желтых красителей нужно указать на сернистый кадмий и цинковый крон. За последнее время начинают распространяться органич. красители, способные выдерживать горячую или холодную вулканизацию; они имеют применение гл. обр. для производства цветных прозрачных резиновых изделий (купальные чепцы, халаты и т. д.). Количество органич. красителей, пригодных для холодной вулканизации, значительно больше, например метиленовый синий, родамин, понсо. Неактивные наполнители не улучшают механич. свойств резиновых изделий. Среди них различают удешевители и специальные наполнители. К удешевителям можно отнести мел, барит (тяжелый шпат) и тальк; мел, в особенности плавленный, не ухудшает заметно механич. свойств резиновых изделий (до 60—80% на каучук), значительно удешевляет их и облегчает многие производственные процессы (каландрирование, крашение, клейку). Барит, ухудшая механич. свойства резиновых изделий, придает им большой уд. в. и мягкость вследствие несмачиваемости каучуком. Тальк, вызывая жесткость резины, при применении плантационных сортов каучука потерял свое прежнее значение и сохранился только в кабельном производстве, где требуется жесткость невулканизированной резины. К специальным наполнителям относятся: мягкие сорта каолина, придающие резине кислотоупорность, пемза в порошке для карандашной стирательной резины, наждак и молотое стекло для чернильной стирательной резины, инфузоровая земля для электротехнич. эбонита, свинец в порошке для рентгенографической резины и т. д.

Группа мягчителей очень обширна. Мягчители различаются по цели применения: для придания большей мягкости готовым резиновым изделиям, для большей пластичности невулканизированной резины с целью об-

легчения крашения, каландрирования, шприцевания и т. д., для стабилизации вулканизации, для избежания комкования жестких примесей на вальцах, в качестве наполнителей резины с одновременным приданием ей легкости и мягкости, для придания клейкости резине и т. д. О влиянии мягчителей на свойства каучуковых смесей см. Стр. ТЭ, т. III, стр. 306. Керосин, пиронафт и бензол применяются иногда для облегчения вальцовывания примесей в сильно наполненные сорта резины; неудобством их является частые вспышки от искр статич. электричества, возникающего на вальцах при крашении резины. Нефтяной гудрон, называемый иногда ж и д к и м к а у ч у к о м, применяется в дешевых формовых изделиях, промазках и других дешевых сортах резины для мягчения и придания клейкости; он пригоден только для темных сортов резины и применяется в количестве 8% на каучук. Олеиновая и стеариновая к-ты применяются для диспергирования жестких примесей, стабилизации вулканизации и активирования некоторых органич. ускорителей; предпочтительнее употреблять стеариновую к-ту (в количестве 0,5—2,5% на каучук), не так сильно размягчающую резину, как олеиновая. Стеариновая к-та предохраняет кроме того от выцветания в смесях серы. Для понижения  $t^\circ$  крашения и каландрирования, для гладкости пропускания через шприц-машину и т. д. применяются масла: льняное, сурепное, касторовое, сои, вазелиновое, а также вазелин, парафин, церезин и ланолин. Выступая в резиновых изделиях на поверхность, они образуют блестящий слой, предохраняющий резину от действия кислорода воздуха, и усиливают водо- и газонепроницаемость резиновых изделий. Пчелиный воск применяется для смягчения полирующей роговой резины. Если помимо мягкости требуется клейкость резины, то применяется канифольное масло. В виду его дороговизны предпочитают иногда пользоваться смесью минерального масла и гарпиуса; гарпиус придает клейкость только теплой резине; каменноугольная смола, придавая резине мягкость и клейкость, одновременно улучшает сопротивление резины на истирание. За последнее время за границей применяют основную смолу в качестве мягчителя для придания резине мягкости, клейкости и небольшого ускорения вулканизации. М и н е р а л ь н ы й к а у ч у к (минерал-руббер, рубберакс), приготовляемый окисдированием смеси нефтяного гудрона с асфальтом, обычно встречается в продаже с различными  $t^\circ$  размягчения и применяется для следующих целей: увеличения пластичности невулканизированной резины, увеличения водо- и газонепроницаемости, увеличения кислотоупорности резины, предохранения от старения изделий, небольшого увеличения разрывного усилия и в качестве каучука как удешевитель. Мягкие сорта минерального каучука применяются для промазок, галосной передовой резины и для тонких калибров каландрированной резины. Твердые сорта применяются во всех изделиях, требующих хорошего сопротивления истиранию, — протектор покрышек, грузошины, складка транспортерных ремней, подошвы и т. д. Минеральный каучук прибавляется в количестве 3—15 объемов на 100 объемов каучука. Для мягчения каучука, придания бархатистой гладкой поверхности резине, для придания

водоупорности и для суррогатирования резины применяются темные и светлые *фактисы* (см.), получаемые вулканизацией растительных масел (гл. обр. сурепного, льняного и сои). Фактисы довольно грубо распределяются в резине. Темные фактисы предохраняют резину от быстрого старения; для хороших сортов стирательной резины обязательно большое количество фактиса, особенно светлого. Необходимо иметь в виду, что нек-рые органич. ускорители «отравляются» фактисами, особенно светлыми. *Регенерат* (см.), т. е. регенерированная старая резина, применяется гл. обр. как суррогат каучука; лучшие его сорта служат мягчителем; будучи введен в небольших количествах, он может улучшить сопротивление на истирание и немного повысить разрывное усилие. Обычно регенерат применяется в тех же изделиях, из к-рых он готовится. В

дешевых сортах резины применяют каучук лишь сколько его требуется в резине для связи, остальной же каучук суррогатруется регенератом. Как регенерат, так и фактис требуют некоторого увеличения серы в рецепте резины, иначе вулканизация резиновых изделий замедляется.

**Антиокислители, или антиоксиданты** (см.), смешиваемые в резину для предохранения ее от быстрого старения, стали входить в практику резиновой промышленности лишь в 20-х гг. этого века. Их свойства см. табл. 2. Применение их только отодвигает начало разрушения резиновых изделий. Механизм их действия пока еще неясен.

**Специальные вещества.** Ограничимся здесь только рассмотрением веществ, образующих поры во время вулканизации при изготовлении резины для губок; из нее выраба-

Табл. 2.—Свойства и применение антиокислителей.

№	Торговое название	Химическое название	Уд. в.	t° размягчения, °C	Цвет	Влияние на пластичность	Потемнение светлых сортов резины на солнце	Ускоряющее влияние	Примечания
1	Age-Rite (порошок)	Фенил-β-нафтил-амин	1,19	108	белый	нет	заметн.	нет	Замедляет образование трещин на протекторах
2	Age-Rite (смолистый)	Альдоль-α-нафтил-амин	1,16	—	буро-красный	слабый мягчитель	»	»	Хорошее диспергирующее вещество для газовой сажи
3	Age-Rite белый (порошок)	Симм. ди-β-нафтил-ди-фенилендиамин	1,20	170	белый	нет	»	»	Для горячей и холодной вулканизации; пригоден для нитей
4	Albasap (в хлопьях или гранулах)	Смесь органич. оснований и β-нафтола	1,17	75—100	кремовый	»	очень слабое	заметн.	Для непромокаемой одежды, цветных галosh и ботинок, хирургич. изделий и т. д.
5	Antox (нелетучая жидкость)	Производное анилина и масляного альдегида	1,01	—	янтарный	слабый мягчитель	слабое	»	Для автокамер, паровых рукавов и других резиновых изделий, подвергающихся нагреванию
6	B-L-E (нелетучая жидкость)	Производное аминов	1,087	—	янтарный	слабый мягчитель	заметн.	нет	Для сортов резины с высоким содержанием каучука
7	Neozone Standard (порошок)	Фенил-α-нафтил-амин со стеариновой к-той и м-толилендиамином	1,16	—	желтовато-коричневый	увеличивает жесткость	»	слабое	Замедляет разрушение резины от «усталости»
8	Neozone A (воскообразный)	Фенил-α-нафтил-амин	1,17	50	кремовый	слабый мягчитель	»	нет	То же, что и предыдущий
9	Neozone C (порошок)	Фенил-α-нафтил-амин с м-толилендиамином	1,19	—	желтовато-коричневый	слабый мягчитель	»	слабое	Замедляет разрушение резины от поворотного сгибания, скисления, образования трещин; замедляет истирание
10	Neozone D (порошок)	Фенил-β-нафтил-амин	1,18	105	белый	нет	»	нет	Замедляет образование трещин
11	Oxupone (порошок)	Несимм. диаминодифениламин	1,29	125	светло-коричневый	увеличивает жесткость	»	заметн.	Для темных сортов резины
12	Parazone (порошок)	—	1,20	161	белый	нет	нет	нет	Для всех светлых и белых сортов резины, освещаемых солнечным светом
13	Resistok (воскообразный)	Альдоль-анилин	1,12	—	светло-оранж.	»	заметн.	заметн.	Гл. обр. для резины с регенератом
14	Stabilite (порошок)	Дифенил-этилендиамин	1,15	140	кремовый	сильный мягч.	слабое	нет	Замедляет разрушение резины от «усталости»; стабилизирует ускоритель в сажных смесях
15	Stabilite alba (порошок)	Ди-о-толил-этилендиамин	1,12	60	красно-коричневый	слабый мягчитель	очень слабое	слабое	Для светлых сортов резины
16	VGB (измельченная смола)	Ацетальдегид-этилендиамин	1,15	60—80	светло-коричневый	слабый мягчитель	очень слабое	слабое	Для вулканизации в горячем воздухе, промазок, прорезиненных тканей, автошин, кабелей, консервных колец, технич. формовых изделий

тывают не только резиновые губки, но и различные игрушки, купальные туфли, сидения для кресел, диванов, автомобилей и т. п. Обычно вздувающим веществом является углекислый аммоний, вводимый в количестве 10—12% на каучук. Углекислый аммоний удобен всего вводить в резину в виде кашицы с  $\frac{1}{3}$  по весу веретенного масла. Кроме того применяют смесь бикарбоната с олеиновой к-той (4—5% бикарбоната и 8% олеиновой к-ты). Иногда пользуются нитритом аммония.

Составление рецептов резиновых смесей зависит от требований, предъявляемых к соответствующим готовым резиновым изделиям, и от методов обработки резины. В первую очередь обычно добиваются получения определенной упругости резины, далее других механических качеств ее и затем уже ее специальных свойств. Этим самым определяется % каучука в смеси, его качество, допустимые количества регенерата, фактиса и т. д., количество примесей и их характер. Количество серы, ускорителей и мягчителей сначала берется на-глаз на основании опыта; после проведения пробной вулканизации и механич. испытаний вводятся коррективы, причем принимаются во внимание и требования к резине, предъявляемые отдельными операциями производства соответствующих резиновых изделий. В прежнее время рецепты сортов резины строго держали в тайне отдельные резиновые з-ды; в настоящее время в связи с широким опубликованием работ по изучению поведения отдельных примесей в резине, появлением на рынке специальных марок различных химич. веществ для нужд резиновой пром-сти и созданием целого ряда научно-технич. обществ и ин-тов в резиновой пром-сти рецепты уже не являются столь секретными, как прежде. Прилагаемые табл. 3 и 4 дают возможность каждому, знакомому со свойствами примесей, составить достаточно гра-

мотный рецепт резины. Необходимо отметить, что для СССР особо важным является составление рецептов с наименьшим количеством каучука, являющегося до настоящего времени импортным материалом, и введение в рецепты примесей отечественного происхождения. При составлении рецептов следует по возможности ограничиваться минимальным числом примесей, так как загромождение рецептов лишними примесями усложняет работу и является источником различных производственных неполадок.

Подготовка материалов. Прежде чем пустить прибывающие на з-д материалы в работу, их необходимо надлежащим образом подготовить: каучук д. б. сухим и свободным от грязи, примеси д. б. достаточно высушены и измельчены, ткани д. б. подобраны по ширинам и оттенкам, освобождены от шлихты и просушены. Подготовка каучука, промывка, слагается из следующих операций: замочка в теплой воде, резка крупных кусков на части, промывка на зубчатых и гладких вальцах, сушка. В связи с преимущественным применением плантационного каучука достаточно чистого, в настоящее время многие з-ды обходятся совершенно без промывных мастерских; в этом случае вся подготовка каучука сводится к освобождению кип от тары и разрыванию их на отдельные листы. На крупных з-дах освобождение от тары (фанерных ящиков) производят путем раздавливания их под гидравлич. прессом и обметания кип каучука от щепок. Каучук, прибывающий в цыновках, опалают на паяльных горелках и освобождают металл. щетками от обуглившихся частей. Взамен разрывания кип на отдельные листы, что связано с затратой большого количества ручного труда, на крупных з-дах применяют гильотинные ножи (фиг. 1), разрезающие кипу на несколько кусков толщиной в 3—5 см. Подготовленный каучук отвешивают по ре-

Табл. 3.—Классификация сортов резины.

Уд. в. и состав резины	Механическое качество резины и степень жесткости					Содержание (в %) органич. веществ каучука, фактиса, мягчителей и т. д.
	очень высокое	хорошее	среднее	ниже среднего	низкое	
Ниже 1,00	Очень мягкая (1)	—	—	—	—	95—98
1,00	Мягкая (2)	Очень мягкая (6)	—	—	—	90—95
1,15	Средней жесткости (3)	Мягкая (7)	Очень мягкая (11)	—	—	} 60—80
1,35	Жесткая (4)	Средней жесткости (8)	Мягкая (12)	Очень мягкая (16)	—	
1,50	Оч. жесткая (5)	Жесткая (9)	Средней жесткости (13)	Мягкая (17)	Очень мягкая (20)	50—60
1,75	» » »	Оч. жестк. (10)	Жесткая (14)	Средней жесткости (18)	Мягкая (21)	30—40
2,00	—	» » »	Очень жесткая (15)	Жесткая (19)	Средней жесткости (22)	} Менше 25
2,20	—	—	—	—	Жесткая (23)	
Сорта примененного каучука	Высшие	Высшие и хорошие	Хорошие и средние	Средние	Низшие и смолистые	—
Количество регенерата и фактиса (на каучук)	0%	0—10%	10—50%	50—100%	100% и более	—
Минеральные примеси *	Активные	$\frac{2}{3}$ активных, $\frac{1}{3}$ неактивных	$\frac{1}{3}$ активных, $\frac{2}{3}$ неактивных	Неактивные	—	—

\* Минеральные вещества (зола) из регенерата также принимаются в расчет.

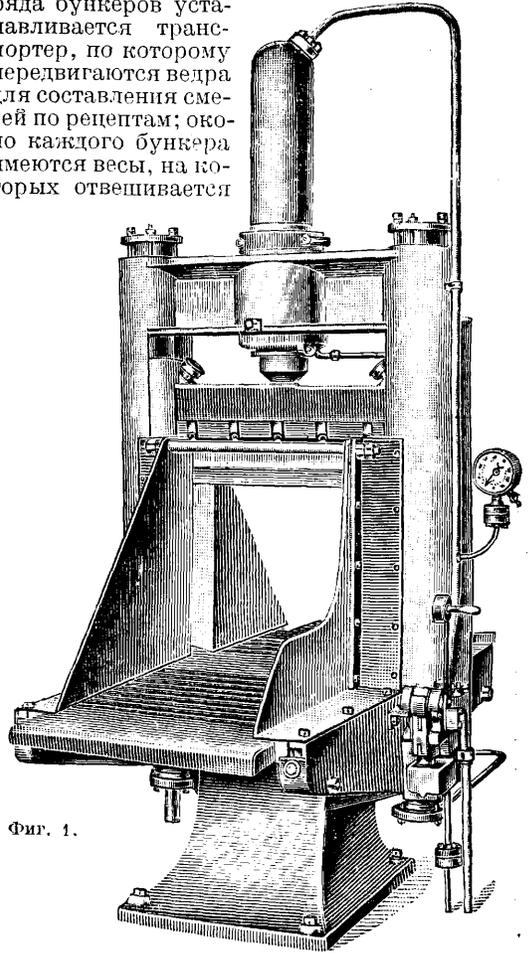
Табл. 4. — Разбивка сортов резины по назначению.

Производство	Изделия	Степень жесткости (№ по табл. 3)
Автошины	Камеры . . . . .	3, 8, 12
	Протектор . . . . .	3, 4, 5
	Каркас . . . . .	2, 3, 7, 8
	Камеры . . . . .	2, 7, 12
Велошины	Беговая поверхность . . . . .	3, 4, 7, 8, 12, 13, 17, 18
	Каркас . . . . .	2, 7, 12
Сплошные шины	Грузовины . . . . .	5, 10
	Эки-шины . . . . .	5, 9, 14
	Шины для детских колесок и вагонеток . . . . .	13, 14, 18, 22
Галоши	Перед . . . . .	9, 13, 17
	Подошвы . . . . .	14, 18, 19
Стирательная резина		20, 21
Клей	Для производства . . . . .	Первые №№ столов этой табл.
		7, 12, 16, 17, 18
Хирургич. изделия	Спринцовки . . . . .	12, 13, 17, 18
	Грелки, подкладные круги . . . . .	1, 2, 6
Нити		1, 2, 6, 7, 11, 12
	Изделия из «натуральной» резины	13, 18, 19, 22
Мячи и игрушки		22, 23
	Маты	
Непромокаемые ткани		3, 8, 13, 18
		2, 6, 11
Рукава	Кислотоупорные	12, 17, 20
	Садовые . . . . .	12, 13, 17, 18
	Для вина и пива	5, 9, 14, 15
	Паровые и тепловые	18, 19, 22, 23
	Трубки Бергмана . . . . .	8, 13, 17, 18
	Ремни . . . . .	9, 13, 17, 18
Техника	Подошвы и накатывальники . . . . .	1, 5, 9, 11, 19
	Буфера . . . . .	2, 6, 7, 11
	Клапаны легкие	4, 8, 9, 13, 14, 18
	» тяжелые . . . . .	15, 19, 22, 23
	Велосипедные педали . . . . .	

цептам на чашечных весах на отдельные порции—б э ч и. Подготовка примеси заключается в просушке, просеивании и развеске по рецептам; примеси, прибывающие в кусках, предварительно подвергаются размолу. Аппаратура в этих мастерских (м е л о в ы х) обычно крайне несложная. Заграничная пром-сть, применяющая специальные стандартные материалы, часто пускает их в работу без всякой обработки; резинового пром-сть СССР также стремится к получению стандартных материалов, что должно привести к большому сокращению работы меловых. Степень просушки, требуемой от различных примесей, зависит от состава резины и производственных операций. При небольшом количестве примесей влажность их легко может вызвать комкование примесей на вальцах; при крашении в миксере типа Бэнбери (см. ниже) можно допускать большую влажность; при вулканизации в горячем воздухе при обычном атмосферном давлении влажность вызывает образование пор в резине; в среднем допускается влажность примесей 0,1—0,2%. Главной задачей просеивания примесей помимо отделения случайно попавших предметов (щепок, веревок и т. д.) является разбивка комьев слежавшегося материала; тонко измельченные материалы, каковыми является большинство примесей резины, имеют тенденцию к

слеживанию в комья, не растирающиеся при втирании их в каучук. Чем мельче измельчены примеси, тем они обычно труднее просеиваются благодаря легкости сцепления частиц между собою и прилипания их к проволокам сита (засаливание сита). Чем ответственнее сорт резины, тем мельче берется сито.

На заграничных э-дах меловые устраивают в два этажа. В верхнем этаже происходит просеивание материалов; после этого материал загружают в соответственные бункеры, проходящие в нижний этаж; там вдоль ряда бункеров устанавливается транспортер, по которому передвигаются ведра для составления смесей по рецептам; около каждого бункера имеются весы, на которых отвешивается

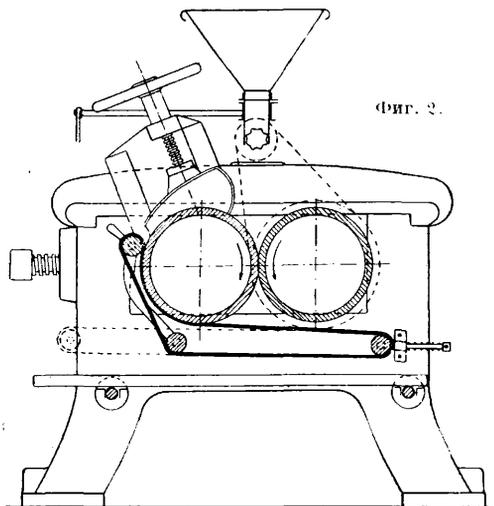


Фиг. 1.

требуемая порция примеси и засыпается в проходящее по транспортеру ведро. При применении миксеров Бэнбери, обладающих большой производительностью и поглощающих одновременно большие порции примесей, развеска обычно децентрализуется и сосредоточивается около каждого миксера. Подготовка тканей зависит от характера резиновых изделий. Для галошного производства ткани обычно подбирают по ширине и оттенкам и просушивают на обычных сушильных барабанах или каландрах. Для технич. изделий ткани моют для освобождения от шлихты и просушивают. Для изготовления непромокаемых тканей перед промазкой ткани развешивают в сушильных камерах. Для лучшей пропитки резиной ткани направляют в промазку в подогретом до 70° состоянии; т. о. ткань после сушки не поглощает влаги. Чтобы избежать вытягивания резиновых ремней

во время их работы, ткань, идущую на их изготовление—*бельтинг* (см.), замачивают и вытягивают во влажном состоянии на 10—11% в сушильных камерах; на заграничных заводах вытягивания обычно не производят.

Изготовление резиновой смеси. Перед смешиванием с примесями каучук подвергается пластикации (вальцеванию, масти-



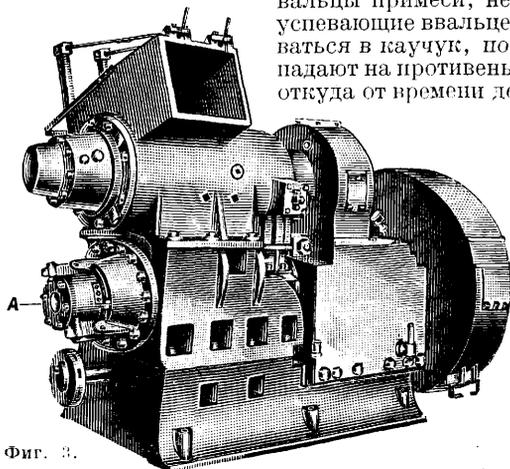
Фиг. 2.

кации); иначе жесткие примеси при втирании в него могут образовать комки; кроме того дальнейшие операции также зависят от достаточной пластичности резины. Пластикация производится на гладких вальцах (фиг. 2), рабочей частью к-рых являются два гладких валка, расположенных в горизонтальной плоскости. Валки, изготовленные из чугуна и закаленные с поверхности,—пустотелые и могут либо нагреваться паром либо охлаждаться водой. Производительность валцов зависит от: 1) длины валков (0,80—2,13 м); 2) диаметра валков (0,30—0,60 м; в позднейших конструкциях передний валок делается большего диаметра); 3) окружной скорости валков (5—40 м/мин для переднего валка); 4) ф р и к ц и и (отношения скорости переднего валка к заднему от 1:1,10 до 1:1,80). Для пластикации каучука вальцы берутся обычно с фрикцией в 1:1,5 до 1:1,8 и с большой окружной скоростью валков. Во время пластикации каучук находится на переднем валке. Продолжительность пластикации 7—90 мин. в зависимости от сорта каучука и назначения резины. Пластикация действует разрушающим образом на н е р в каучука; продолжительная пластикация может его окончательно убить; поэтому продолжительность пластикации д. б. минимальной. Различают два типа пластикации: холодную ( $t^\circ$  валков 40—45°) и горячую ( $t^\circ$  валков 80—90°). Для получения достаточно мягкой резины, удобной для различных производственных операций, применяют холодную пластикацию; для изделий, вулканизующихся в формах и требующих сохранения максимальной прочности, применяют горячую. После пластикации каучук не сразу пускают в дальнейшую обработку и дают ему «отдохнуть» в течение 12—14 час., т. е. до его полного охлаждения. Стремление к организации непрерывного хода производства привело к появлению непрерывнодействующих машин типа «гордон», представляющих собою боль-

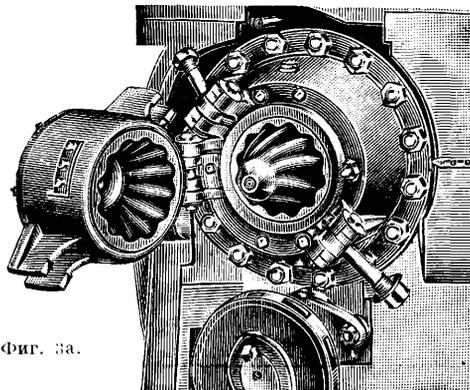
шую спаренную шприц-машину (фиг. 3). Куски каучука заправляются сверху; переминаются червячным валом, проталкиваются в нижнюю часть, переминаются вторым червяком и выходят из «гордона» А (отдельно на фиг. 3а) в виде бесконечной трубки. Длина гордона вместе с редуктором и мотором в 500 HP составляет около 4,5 м, производительности 25 т/ч; т. к. для обычных целей каучук выходит недопластикованным, то его пускают через гордон дважды, понижая т. о. производительность до 1,25 т/ч. После выхода из гордона каучук разрезается на куски определенной длины и идет на склад в ящике в течение 12—14 час.

Для втирания примесей в каучук (крашения, смешения) служат также вальцы. Чем меньше примесей в резине, тем меньше д. б. окружная скорость валков и фрикция, потому что иначе примеси не успеют равномерно смешаться с каучуком или же будут комковаться. Методы смешения зависят от количества и характера примесей: если примесей мало, то их втирают рукою в каучук, вращающийся вместе с передним валком; при большом количестве примесей их просеивают над вальцами во избежание комкования; при большом количестве примесей их целиком высыпают на вальцы. Проваливающиеся сквозь

вальцы примеси, не успевающие вальцеваться в каучук, попадают на противень, откуда от времени до



Фиг. 3.

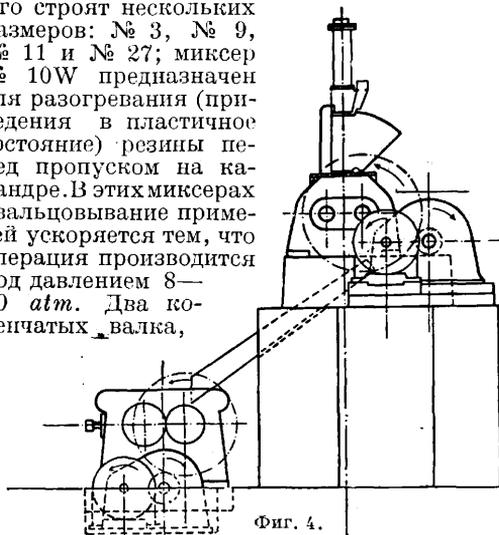


Фиг. 3а.

времени сгребаются в совок и вновь переносятся на вальцы. Порядок вальцовывания примесей имеет большое значение для получения однородной резины. В первую очередь вальцовываются регенерат и фактис. Мягчители вальцовываются в зависимости от их назначения как до порошкообразных при-

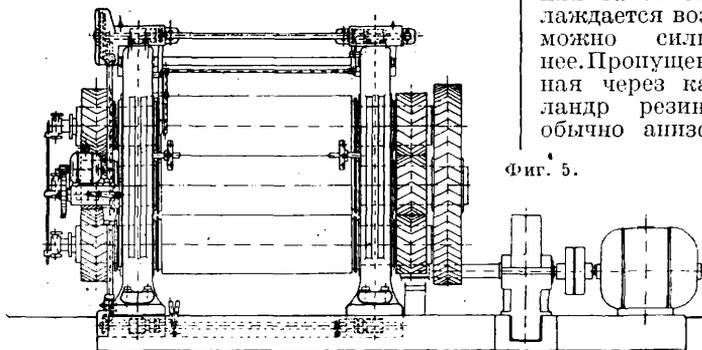
месей, так и совместно с ними и после них. Сера часто вводится отдельно в конце смешения. Органич. ускорители вводятся непосредственно перед пропуском резины на каландре или шприц-машине.

В последнее время очень привилось применение для смешения резины закрытых миксеров (смесителей). Наиболее удачным оказался миксер Бэнбери, изображенный на фиг. 4. Его строят нескольких размеров: № 3, № 9, № 11 и № 27; миксер № 10W предназначен для разогревания (приведения в пластичное состояние) резины перед пропуском на каландре. В этих миксерах вальцовывание примесей ускоряется тем, что операция производится под давлением 8—10 atm. Два коллегчатых вальца,



Фиг. 4.

вращаясь, захватывают и разминают каучук; примеси, попадая в миксер, вдавливаются в разогретый усиленным переминанием до 100—110° каучук и быстро распределяются по его массе. Успешно красить в миксере можно только сорта резины, содержащие не более 50—60% каучука, т. к. иначе происходит комкование примесей. Смешение занимает 7—8 мин. Миксеры обычно устанавливаются совместно с двумя большими вальцами. На первых вальцах происходит разогревание каучука. Разогретый каучук подается в миксер; окрашенная резина, выходящая из миксера в виде бесформенных кусков, подается на вторые вальцы, где происходит ее

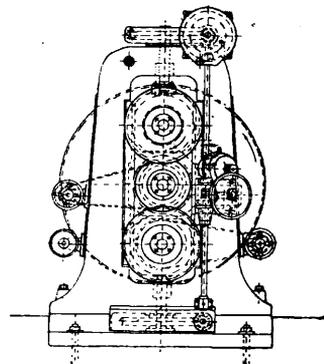


Фиг. 5.

перемешивание и вытягивание в листы толщиной 1,5—3 см; на этих же вальцах происходит вальцовывание серы, т. к. высокая  $t^\circ$  резины в миксере может вызвать частичную вулканизацию (пригорание) резины. Вес загрузки в миксеры пропорционален уд. весу резины. Для чистого каучука можно принимать следующие загрузки: № 3—30 кг, № 9—90 кг, № 11—110 кг и № 27—270 кг.

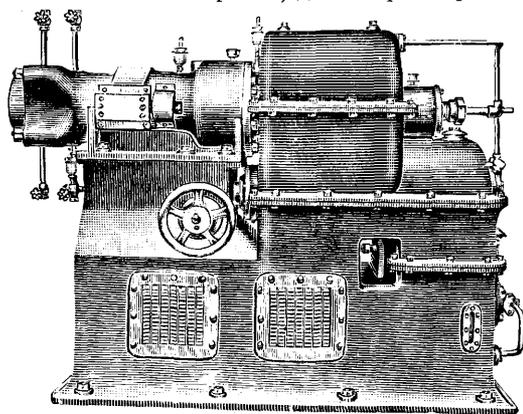
Производительность миксеров составляет: для № 3—400 кг/ч, для № 9—1 200 кг/ч и для № 27—3 500 кг/ч для среднего уд. в. резины. Применением миксеров работа смешения ускоряется, удешевляется и делается более безопасной. Для работы на миксерах не требуется никакой квалификации, так как режим работы задается особыми часами-циферблатом, на которых техником отмечается время, потребное на каждую отдельную операцию. Достигается значительная экономия энергии: для миксера № 9 требуется мотор в 150—180 HP; для одиночных же валцов с длиной валков в 2,13 м при таком же моторе производительность составляет всего 45—50% производительности Бэнбери. Можно считать, что применение миксеров дает экономию в 60% энергии, 75% рабочей силы и 75% площади помещения; недостатком является необходимость наличия большого количества холодной воды.

Придание резине профиля. Большинство резиновых изделий собирают (клеят) из гладких плоских кусков резины, для чего резину пропускают на каландре (фиг. 5), рабочей частью к-рого являются валки числом 2—5. Чем глаже д. б. резина, тем большее число валков должен иметь каландр и тем тише д. б. его ход. Окружная скорость валков каландра лежит в пределах 4—40 м/мин. На каландре выпускаются наиболее гладкими сорта резины, содержащие 40—70% каучука. Сорта с большим содержанием каучука менее гладки, и их поверхность остается слегка узловатой. При работе каландра очень важно правильное нагревание валков; обычно  $t^\circ$  валков возрастает, и последний валок является наиболее нагретым. Чем больше каучука содержит резина, тем горячее ход каландра. Режим каландра также зависит от последующих производственных операций, напр. резина для изготовления мячей должна равномерно растягиваться во все стороны, для чего последний валок каландра д. б. нагрет особенно сильно; резина, идущая для изготовления некоторых сортов кабелей и рукавов, должна, наоборот, иметь достаточную жесткость в продольном направлении, для чего последний валок охлаждается возможно сильнее. Пропущенная через каландр резина обычно анизо-



тропна вдоль направления каландрирования отличается большей жесткостью, чем в поперечном направлении (волоконность, или «каландровый эффект»). Объясняется это явление двумя причинами: исчезающая при нагревании листов резины до 35—40° волоконность обуславливается двухфазной структурой каучука; исчезающая волоконность обуславливается примесями, имеющими ча-

стицы удлиненной формы и при проходе через зазоры валков располагающимися своими длинными осями вдоль направления каландрования. Гладкость выпускаемой резины зависит также от ее толщины: наименьшая толщина 0,25—0,30 мм в зависимости от состояния каландра; хорошие сорта резины, т. е. содержащие свыше 60—70% каучука, толще 0,6—0,7 мм, выходят корявыми и с большим количеством воздушных пузырьков; поэтому для получения более толстой резины прибегают к дублировке вручную или на каландре. Последний способ заключается в том, что выпущенный на каландре лист резины, имеющий вдвое меньшую толщину, прикатывают резиновым дублировочным валиком к другому такому же листу, выходящему из каландра. По выходе из каландра листы резины или закатываются в подкладочную ткань (обычно domestik) во избежание слипания или же пропудриваются тальком, мелом и т. п., причем если в дальнейшем на пропудренную часть резины наклеивается другой слой резины, то пропудривают мелом, проникающим во время вулканизации вглубь резины и тем самым дающим лучшее соединение отдельных частей. Если одной поверхности листа требуется придать рельефный узор, то последний валок каландра гравировуют и устраивают съемным—для легкой смены узора; такие каландры имеют большое применение в галошном производстве, где с их помощью получают подошвенную резину, лыжную пластину, рельефную передовую резину для ботинок и сапожков и т. д. Если рельеф д. б. достаточно глубоким и резина с первого зазора каландра должна намечать свой будущий профиль, то все валки (обычно за исключением первого) делают рельефными;



Фиг. 6.

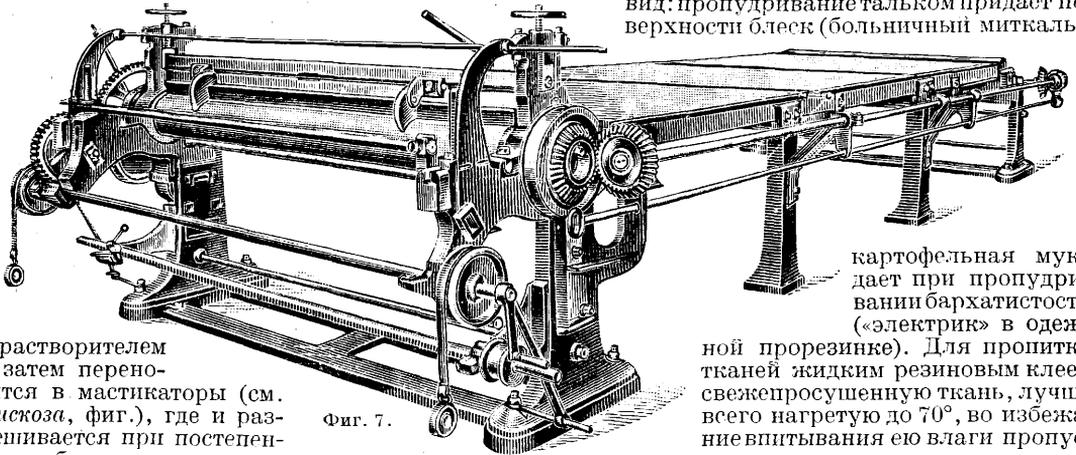
для удобства смены валков их выносят за станцию, меняя местами с передаточными шестеренками. Такой тип каландров (в у л ь с т к а л а н д р ы) имеет применение в шинном производстве, где на них выпускают протекторную резину, вулсты и т. д. Для выпуска резины, имеющей определенный профиль поперечного сечения, служат шприц-машины (фиг. 6), в к-рых резина при помощи червячного вала продавливается через мундштук, имеющий отверстие; если отверстие круглое, то получается нить или шнур; если в середину отверстия поместить сердечник, то вместо шнура получается трубка или рукав. На шприц-машине изготовляют трубки, шнуры,

заготовки для велосипедных педалей, для рукавов, автокамеры, велокамеры, эки-шины и др. Существенной деталью в шприц-машине является червячный вал: при малом шаге червяка выпуск резины медленный, при большом шаге—быстрый, но неточный; при малом шаге и большом отверстии получается точный, но медленный выпуск резины; при малом шаге и малом отверстии скорость выпуска увеличивается; при большом шаге и большом отверстии скорость выхода повышается, но выпуск делается неровным; при большом шаге и малом отверстии выход резины замедляется. Чтобы выпускаемая резина на шприц-машине была достаточно гладкой, она д. б. более мягкой и пластичной, чем для выпуска на каландре. Для всех указанных операций необходимо перевести резину в пластичное состояние. Обрезки резины, образующиеся в процессе клейки изделий, д. б. равномерно перемешаны с новыми кусками резины, для чего куски резины и обрезки перед пуском на каландре или шприц-машине предварительно перемешивают на зубчатках (рифленных вальцах), имеющих на заднем, более быстром валке продольное рифление. В виду больших нагрузок зубчатые вальцы обычно делают небольшой длины (400—600 мм), но с большой фрикцией (1:2 до 1:3). Смешанная резина, ставшая пластичной, переносится на гладкие разогревательные вальцы с длиной валков, соответствующей длине валков каландра и их окружной скорости; фрикция берется незначительная (от 1:1,1 до 1:1,25). На разогревательных вальцах резина доводится до требуемой степени пластичности и  $t^{\circ}$ ; при заправке в каландр резина должна быть на 5—10° горячее первого вала.

Изготовление клея и промазка тканей. Резиновый клей применяют как в самой резиновой промышленности (для склеивания частей изделий при ремонте резиновых изделий, для производства изделий без шва, для прорезинивания тканей), так и в других, напр. в обувной промышленности для склеивания частей кожаной и парусиновой обуви. В качестве растворителей применяют бензин и бензол; за границей в последнее время входят в практику и другие растворители, напр. четыреххлористый углерод. Требования, предъявляемые к растворителям: 1) достаточная хим. устойчивость по отношению к каучуку, влаге, хлористой сере, 2) ограниченные пределы  $t^{\circ}$  кип., 3) отсутствие резкого запаха и вредного физиологич. действия и 4) возможно меньшая стоимость и огнеопасность. Для быстро высыхающих клеев, например в обувном производстве, растворителем берут бензол; для клеев с большой клейкостью в СССР применяют краснодарский бензин, содержащий 2—3% бензола, в остальных случаях берут бензин, специально приспособленный к нуждам резиновой промышленности и носящий в СССР название «калоша». Основными свойствами резиновых клеев являются: 1) концентрация растворителя и 2) вязкость клея. Пластикация и смешение резины, предназначенной для выработки клея, сильно влияют на свойства клея: сильно развальцованная резина растворяется быстро, мало набухает и при малом потреблении растворителя дает жидкий клей, представляющий при намазке тонкую, липкую (но мало клейкую) пленку; мало вальцованная резина растворяется медленно,

сильно набухает, потребляет много растворителя и по его испарении дает толстую пленку резины. В зависимости от назначения клей применяется тот или иной способ изготовления резины, например для намазки по коже, края впитывает растворитель из клея, берут мало вальцованную резину. Простейшим способом изготовления клея является набухание и растворение каучука в закрытом сосуде (обычно цинковом) с растворителем; недостатком этого способа является его чрезвычайная медленность. В настоящее время применяется следующий метод работы: резина в виде листов толщиной 3—5 мм разогрывается на вальцах до пластичного состояния, погружается для набухания на несколько часов в бак

служит шпрединг-машина (фиг. 7). Пропуская ткань под нож, задерживающий излишек клея, и испаряя растворитель при прохождении над обогреваемой плитой, получают тонкий слой резины на ткани; чтобы слой резины был достаточной толщины, пропуск ткани на машине производят 12—20 раз (в зависимости от требуемой толщины). Скорость прохождения ткани 8—20 м/мин. После нанесения слоя резины ткань проходит через двухвальтовый гладильный каландр, придающий плотность и гладкость резине (а иногда и рельефный узор). Пропудривание промазанной стороны имеет целью не только предупредить приклеивание прорезиненных поверхностей между собою и к изнанке, но и придать изделию лучший вид: пропудривание тальком придает поверхности блеск (большинный миткаль):



Фиг. 7.

с растворителем и затем переносится в мастикаторы (см. Вискоза, фиг.), где и размешивается при постепенном добавлении растворителя до нужной консистенции (если сразу залить всю порцию растворителя, то клей получается с наличием комков и сгустков). Для получения особо жидких клеев (напр. «скипидара» для галашного производства) полученную в мастикаторе массу переносят в вертикальные цилиндры, мешалки, вращающаяся ось к-рых снабжена лопастями; при добавлении растворителя он смешивается с основной массой клея. Различные типы резиновых клеев указаны в табл. 5.

Табл. 5.—Типы резиновых клеев.

Назначение клея	Концентрация растворителя *	Состав резины
Для производства перфорационных тканей	0,4—3,8	Весьма разнообразный. Цвет резины подбирается по цвету ткани или же дается отличающимся от ткани (цвет подкладки)
Для клейки резиновых изделий	Различная	Смесь, применяемая при изготовлении резиновых изделий. Часто для прочности соединения каучук заменяется пара-каучуком
Для изделий без шва	10—16	Б. ч. чистый каучук, реже с примесью красителей или небольшого количества фактиса
Для обувных ф-к	7—8	Пара-каучук

\* Принимая вес резины за единицу.

Для получения прорезиненных тканей с гладкой ровной поверхностью прорезинки

картофельная мука дает при пропудривании бархатистость («электрик» в одежной прорезинке). Для пропитки тканей жидким резиновым клеем свежесушенную ткань, лучше всего нагретую до 70°, во избежание впитывания ею влаги пропускают через ящик с клеем, затем

отжимают излишек клея между двумя валами и просушивают над горячей плитой. При прорезинивании тканей испаряется большое количество растворителя; помимо огнеопасности в целях удешевления производства за последнее время рекуперировать бензин, закрывая подогревательные плиты кожухами и пропуская отсасываемый из них воздух через поглотители. Наиболее известными поглотителями являются активированный уголь, силикагель, тетралин, с помощью к-рых удаётся поглотить до 70% испаряющегося растворителя. За последние годы заграничная резиновая пром-сть частично заменила дорогой огнеопасный резиновый клей каучуковым млечным соком (латексом). Современные методы консервирования и концентрирования латекса позволяют надежно и недорого привозить его с плантаций в потребляющие страны. Благодаря высокому содержанию каучука в латексе, лучшему впитыванию его в ткани в сравнении с резиновым клеем его применили в первую очередь при пропитке и промазке тканей; особенно важным является его применение для пропитки кордовой ткани для шин. Водные дисперсии каучука также находят пока очень ограниченное промышленное применение. Если промазываемой ткани не требуется иметь гладкую ровную поверхность (напр. в качестве полуфабриката для выработки ремней, рукавов), предпочитают промазывать ткань мягкими, пластичными сортами резины на шпредер-каландре, представляющем собою трехвальтовый каландр, средний валок к-рого вращается в 2—3 раза быстрее крайних. Ткань, пропускаемая между нижним и средним вальками, проходит со скоро-

стью нижнего валка; резина, облегающая средний валок, втирается благодаря быстрой вращению среднего валка в проходящую ткань. Со шпредер-каландром связываются приспособления для скатывания ткани, ширилки для ее расправления и накаточное приспособление для промазанной ткани. Резина, применяемая для промазки, д. б. очень мягкой (сильно вальцованной и содержащей достаточно мягчителей) и не слишком быстро вулканизирующейся, иначе вследствие горячего режима шпредер-каландра при промазке может произойти перевулканизация (пригорание) резины. Концентрированный латекс (например Revertex) также м. б. применен для промазки тканей на шпредер-каландре, но в этом случае за ним ставят сушильный барабан для испарения воды из промазанной ткани. Взамен получения толстого слоя промазки на шпрединг-машине предпочитают обкладывать резиною промазанную ткань на обкладочных каландрах, представляющих собою обыкновенные четырехвалковые каландры (реже трехвалковые), через последний зазор к-рых пропускается обкладываемая ткань. Теплая резина хорошо прилипает к пропускаемой промазанной ткани. Конечно обкладочные каландры должны иметь приспособления для раскатки и накатки ткани.

Склеивание (конфекцию) резиновых изделий производят путем склеивания отдельных частей, вырезаемых или вырубяемых из листов резины, прорезиненных тканей и заготовок шприц-машин. Наиболее простым является склеивание формовых изделий, так как здесь приходится заботиться только о том, чтобы приблизительно придать очертания резиновым изделиям; будучи спрессовано в форме, резиновое изделие во время вулканизации принимает требуемый вид. Более сложно склеивание изделий на колодках. Здесь необходимо уже дать точную форму резиновым изделиям. Скрепление отдельных деталей при работе на колодках производят внахлестку, т. е. налагая кромку одной детали на другую. Наиболее трудной и требующей хорошей квалификации операцией является склеивание резиновых изделий, вулканизирующихся в открытом пару. Склеивание деталей происходит обычно встык: заготовленные с некоторым излишком детали прикладывают друг к другу, излишек срезают ножницами; повертываемой одной детали на 180° на месте среза достигается скрепление, к-рое часто упрочняется наложением резиновой ленточки; при этом необходимо соблюдение следующих правил: 1) склеиваемые места д. б. свежими, т. е. предварительно смазаны резиновым клеем; 2) перед клейкой необходимо убедиться, что бензин со смазанных клеем мест испарился; 3) смазка должна производиться тонким слоем; 4) к смазанным местам нельзя прикасаться потными пальцами, класть их на пыльный стол и т. д. При конструировании резиновых изделий, подлежащих вулканизации в открытом пару, необходимо учитывать следующее: 1) форма изделия д. б. плоской; 2) нельзя допускать швов в местах, растягивающихся во время работы; 3) толщина изделий д. б. равномерной, т. к. резкие изменения в толщине затрудняют правильность вулканизации; 4) переходы от одной толщины к другой, сопровождаемые швами, не должны производиться в местах, подвергающихся растяжению, т. к. в

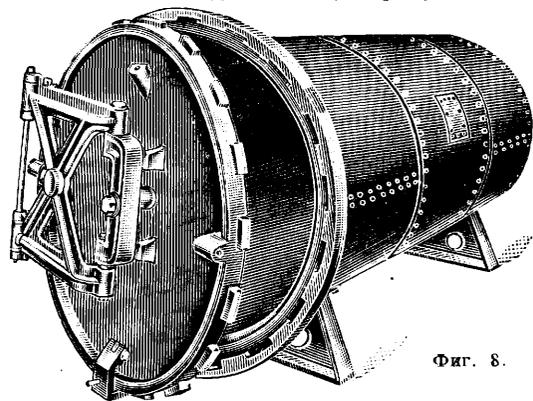
этом случае место перехода явится наиболее слабым местом конструкции. В виду большого разнообразия методов клейки перечислить их здесь затруднительно, однако следует отметить, что в настоящее время имеется стремление изготовлять резиновые изделия формовым путем, и многие изделия, клеившиеся прежде вручную, теперь переведены на формовый способ производства, напр. камеры, перчатки, грелки, соски и т. д.

Вулканизацией закрепляются форма и другие свойства изделий. Способы вулканизации указаны в табл. 6.

Табл. 6.—Характеристика вулканизации резиновых изделий.

Система вулканизации	Способ вулканизации	Примечания
Горячая	В котлах острым паром	Свободная в тальке—футбольные намеры. С обмоткой холстом—обкладка валков. В формах—спринцовки. В котлах с двойными стеклами—губки. В воде—грелки. В формах—формовые изделия. Без форм—ремни
	В автоклавах в горячем воздухе	В формах—шины Печи } галоши Котлы }
Холодная	Впуск пар в вулканизуемое изделие	Пеньковые рукава, обкладка цистерн
	В растворе $S_2Cl_2$	Тонкостенные клееные изделия и изделия без шва Дублированные ткани
	В паре $S_2Cl_2$ При помощи ультракоротких волн при комнатной $t^\circ$	

Выбор способа вулканизации зависит от типа, конструкции и окончательной отделки изделий и их назначения. Основными способами вулканизации являются: вулканизация в котлах и в прессах (фиг. 8 и 9). При установке



Фиг. 8.

режима вулканизации определяются: 1) наилучшая  $t^\circ$  вулканизации и 2) наилучшее время вулканизации.

В табл. 7 указаны наиболее типичные режимы вулканизации, применяемые в настоящее время америк. резиновой промышленностью.

При вулканизации в формах под прессом температура вулканизуемых изделий всегда доводится сразу до требуемой температуры; при большом количестве вулканизационных прессов пар может подводиться в прессовую

Табл. 7.—Режимы вулканизации, применяемые в американской резиновой промышленности.

Изделие	способ вулканизации	Продолжит. вулканизации (в мин.)	
		т° вулканизации	т° вулканизации
Мячи и игрушки . . . . .	Формовой . . . . .	20	153
Купальные чепцы . . . . .	» . . . . .	10	145
Ремни . . . . .	Прессовой . . . . .	22	138
Тормозные прокладки	» . . . . .	30	149
Изделия без шва . . . . .	В воде . . . . .	20	138
Стиральная резина . . . . .	Прессовой . . . . .	15	145
Накаблучники . . . . .	Формовой . . . . .	15	160
Тормозные рукава . . . . .	Откр. паром . . . . .	25	135
Садовые » . . . . .	» . . . . .	30	135
Паровые » . . . . .	» . . . . .	30	135
Всасывающие » . . . . .	» . . . . .	40	142
Пневматич. камеры . . . . .	Формовой . . . . .	5	149
Консервные кольца . . . . .	Откр. паром . . . . .	20	134
Маты и дорожки . . . . .	Прессовой . . . . .	12	142
Формовые изделия . . . . .	» . . . . .	15	160
Прорезиненные ткани	Откр. паром . . . . .	105	127
	В горяч. воздухе . . . . .	60	132
Подолшва . . . . .	Формовой . . . . .	24	153
Грелки . . . . .	» . . . . .	7,5	164

под определенным давлением, что облегчает надзор за вулканизацией. При вулканизации толстых изделий в формах (например автопокрышки) приходится уделять некоторое время на прогрев форм; при вулканизации в горячем воздухе или в пару всегда дают такой напуск. Продолжительность и  $t^\circ$  напуска колеблются в зависимости от толщины слоя резины, ее теплопроводности, природы ускорителей и т. д.; в толстых изделиях для получения однородной вулканизации приходится средний слой делать из более быстро вулканизирующей резины. В табл. 8 указаны напуски, применяемые в америк. практике.

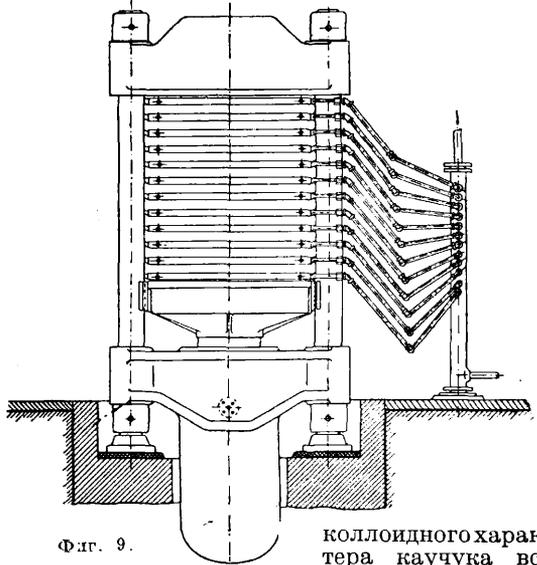
Табл. 8.—Напуски вулканизации из американской практики.

Изделие	Способ вулканизации	Продолжит. напуска (в мин.)	Вулканизация	
			продолж. в мин.	$t^\circ$
Галоши . . . . .	В горячем воздухе . . . . .	60	90	127
Пневм. камеры . . . . .	Откр. паром . . . . .	3	16	149
Валы для гауч-прессов	» . . . . .	60—100	300—600	132
Автопокрышки . . . . .	Прессовой . . . . .	15	40	149
Грузошины . . . . .	» . . . . .	15	25	135*
Резиновые нити . . . . .	В воде . . . . .	15	140	142

\* Напуск производится до  $138^\circ$ , затем  $t^\circ$  понижается до  $135^\circ$ .

В настоящее время стремятся вулканизацию проводить при возможно низкой  $t^\circ$  ( $115—135^\circ$ ); этого достигают применением соответственных сильных органич. ускорителей или для предупреждения «пригорания» резины в процессе производства, комбинированием двух и более ускорителей. Применение их не только понижает  $t^\circ$  и сокращает время вулканизации, но и дает резиновые изделия с лучшими механич. свойствами. Вулканизация в горячем воздухе, являющемся плохим проводником тепла, заставляет применять очень сильные ускорители.

Хранение резиновых изделий. Долговечность и пригодность к работе резиновых изделий зависит не только от правильности конструкции, тщательности в работе и хорошей вулканизации, но и от способов хранения до пуска их в работу. Вследствие



Фиг. 9.

коллоидного характера каучука все резиновые изделия

раньше или позже претерпевают изменение, носящее название старения и заключающееся в ослаблении упругих свойств и механической прочности резины. В силу этого резиновые предприятия обычно гарантируют качество изделий горячей вулканизации не свыше 1 г. со дня изготовления и холодной вулканизации—не свыше  $1/2$  г. Основными причинами, вызывающими порчу изделий, являются: высокая  $t^\circ$ , кислород воздуха и солнечный свет. Резиновые изделия, подвергающиеся действию повышенной  $t^\circ$ , как бы дополнительно вулканизируются; чем выше  $t^\circ$  хранения, тем скорее изделия переходят optimum вулканизации и показывают характерные признаки перевулканизации. Кислород воздуха окисляет резину, вызывая хрупкость и ломкость; при этом изделие сначала покрывается сетью мелких трещин, постепенно углубляющихся и разрушающих резину. Уже одно пребывание изделий во влажном воздухе замедляет старение в сравнении с хранением в сухом месте; идеальным способом хранения являются запаянные жестянки с инертным газом. Свет, особенно прямой солнечный, действуя на поверхность резиновых изделий, вызывает осмоление и как следствие быстрое окисление кислородом воздуха. Для долговечности изделий следует соблюдать следующие правила: 1) не следует складывать и перегибать изделие, так как на складках и перегибах образуются трещины; хранить следует в том положении, в каком оно вулканизовалось; 2) нельзя хранить в теплом помещении, около радиаторов, печей и других источников тепла; 3) не следует выставлять резиновые изделия на солнечный свет; хранение производится в темном помещении; 4) изделия, не содержащие тканей, хранить в слегка влажных помещениях; 5) нельзя допускать попадания на резиновые изделия смазки, масел и жиров;

6) изделия, содержащие ткани, после употребления д. б. хорошо просушены при комнатной  $t^{\circ}$  во избежание гниения ткани; 7) при необходимости стерилизации резины кипячением необходимо это проделывать в минимальный промежуток времени; 8) при мытье резины мылом или щелочью нужно тщательно удалять все следы мыла прополаскиванием чистой водой.

Р е м о н т изделий из мягкой резины производится при помощи резинового клея и заплаток из вулканизированной резины. При ремонте следует поврежденное место обмыть бензином, протереть наждачной бумагой для освобождения поверхности от выступившей на ней серы и шероховатости и затем вновь протереть бензином. Очищенное место смазывают резиновым клеем; то же делают с заплаткой; после подсыхания клея кромки разрыва прижимают друг к другу и покрывают резиновой заплаткой. Край заплатки следует хорошо прижать к резине, иначе заплатка уже при небольшом растяжении отремонтированного места может отскокочить. Лучше заделывать поврежденные места двумя заплатками — наружной и внутренней. Т. к. при применении обычного резинового клея, не содержащего серы, скрепление получается недостаточное прочным при небольшом повышении  $t^{\circ}$ , то в последние годы стали практиковать ремонт резиновых изделий при помощи самовулканизирующихся клеев. Для этой цели поврежденное место смазывают клеем, содержащим серу, а заплатку покрывают клеем с сильным органич. ускорителем. При наложении заплатки на поврежденное место происходит миграция серы и ускорителя и в короткий промежуток времени слой клея вулканизуется при обычной температуре. Не следует завулканизовывать отремонтированное место при помощи раствора хлористой серы, т. к. резина при этом перевулканизовывается и быстро разрушается.

Лит.: К и р х г о ф Ф., Новейшие достижения в технологии каучука, пер. с нем., М.—Л., 1932; В у ш т у е в А. В., Курс общей технологии резины, М.—Л., 1932; Х а у з е р Е., Коллоидная химия каучука, Москва, 1932; Б ы з о в В., Природный каучук, Л., 1932; Ингредиенты резиновых смесей, «Иностранную технику на службу социал. строительству», сборн., М., 1932; Каландры для резиновой промышленности, «Иностран. технику на службу социал. строительству», сборн., М., 1931; Смесение, пластикация и каландрирование, «Иностран. технику на службу социал. строительству», сборн., М., 1932; К о м а р о в В., Автомобильные шины, М.—Л., 1932; Ф о н р о б е р т Э., Методы исследования в области естественного каучука, М.—Л., 1932; Л е ф ф В., Химия каучука, пер. с англ., Л., 1930; Г и р В., В мире резины, пер. с англ., Л., 1929; Б ы з о в В., «ЖР», 1921, т. 53, стр. 1—180; В о л ф Ч а д е в К., Каучук, пер. с нем., Л., 1926; Г л а з у н о в Г., Каучук и резиновое производство, М., 1927; е г о же, Технология каучука, ч. 1, Москва, 1930; «За овладение техникой», серия «Резиновая промышленность», с 1931; «Опыт рабочего резинщика», с 1931; «Синтез каучука», с 1932; M e m l e r K., Handbuch d. Kautschukwissenschaft. Lpz., 1930; Encyclopédie du caoutchouc, P., 1929; «Kautschuk», Berlin; «Gummi-Zeitung», В.; «India-Rubber World», N. Y.; «Rubber Chemistry a. Technology», Easton, Pa.; «Transactions of India-Rubber Industry», L.; «India-Rubber Journal», L.; «Rubber Age», L.; «Caoutchouc et gutta-percha», P.; «Z. ang. Ch.», 1923, V. 36, p. 391. А. Буштуев.

Химический анализ резиновых изделий. Вулканизованный каучук. До взятия пробы необходимо из исследуемого материала удалить вещества как попавшие туда случайно (загрязнения), так и прибавленные в него для упрочнения или укрепления и сохранения изделия (лак, краска, металл, и тканевые оплетки, ленточные обмотки, металл, прокладки и др.). У труб, пластин с матерчатыми прокладками толстые слои резины отделяют от материи. Из собранного т. о. материала берут средние пробы. Мягкую резину размельчают при помощи ножиц т. о., чтобы материал

проходил без остатка через решето в 40 петель на 1 см<sup>2</sup>. Пластинки расщепляют по возможности мелко рукой, резиновые материя разрезают ножицами на кусочки размерами ~ 1,5 мм<sup>2</sup>. Эбонит обрабатывается грубой пилой. После размельчения пробу хорошо перемешивают. Влагу определяют высущиванием 1—2 г размельченного материала в эксикаторе над конц. серной к-той при комнатной  $t^{\circ}$  до постоянного веса. Пособный материал не содержит веществ, улетучивающихся от нагревания, можно высущивать и в сушильном шкафу при 80°. Все далее описанные анализы производят с материалом невысушенным<sup>1</sup> и полученные данные пересчитывают на сухое вещество. Общее содержание и е с е р у определяют нагреванием 1 г пробы в колбе с 30—40 см<sup>3</sup> азотной к-ты (уд. в. 1,48) и 1 г окиси магния в течение 1—2 час. на песочной бане до кипения; затем в пламени бунзеновской горелки выпаривают досуха и остаток нагревают, пока не прекратится выделение коричневых паров. Содержимое колбы собирают при помощи соляной к-ты, нерастворимый остаток отфильтровывают и из фильтрата серную к-ту осаждают при помощи хлористого бария. В резиновых смесях, нерастворимых в к-тах, сера м. б. определена путем сплавления с калий-натриевым карбонатом. Общее содержание х л о р а в смесях холодной вулканизации и содержащих белый фактис м. б. определена след. обр.: 1 г материала растворяют путем сплавления со смесью соды и селитры. Свободный от угля плав собирается водой. После фильтрования, подщелачивания азотной к-той и кипячения раствор обрабатывают 25 см<sup>3</sup> 1/10 N азотнокислого серебра. Избыток серебра оттитровывают затем 1/10 N раствором роданистого аммония.

Э к с т р а г и р о в а н и е а ц е т о н о м (5 г материала) производят напр. в аппарате Сокслета. Продолжительность экстрагирования для мягкой резины 8—10 час., для твердой—до 48 час. Ацетоновый экстракт оставляют по возможности стоять на ночь, т. к. по выкристаллизовавшимся отложениям можно судить иногда о присутствии органич. ускорителей и др. Затем ацетон отгоняют на водяной бане и остаток высущивают при  $t^{\circ}$  до 70° до постоянного веса. Экстрагированный каучук подлежит немедленной дальнейшей обработке, т. к. он легко окисляется. При помощи ацетона из каучуковых смесей выделяют: свободную (химически несвязанную) серу, каучуковые и другие смолы, смоляные масла, минеральные масла, парафин, воски, ланолин, целлюлозу, эфиры (простые и сложные), ускорители вулканизации, мыгчители, вещества, предохраняющие от старения, и некие органич. красящие вещества. Отчасти ацетоном растворяются из каучуковых смесей жирные масла, окисленные жирные масла и фактис, а также деготь и асфальт. С в о б о д н у ю с е р у определяют при помощи полного окисления ацетонового экстракта смесью брома и азотной к-ты (90 г HNO<sub>3</sub> уд. в. 1,48 встряхивают с 10 г брома) в присутствии окиси магния при  $t^{\circ}$  кип., затем следует выпаривание к-ты, обработка остатка соляной к-той и осаждение образовавшейся серной кислоты хлористым барием. При наличии органич. соединений серы (фактис) ацетоновый экстракт окисляют таким же образом, как при определении общего содержания серы. Отделение омыляемых от неомыляемых производят кипячением в течение 2 часов с 25 см<sup>3</sup> 1/2 N спиртового раствора едкого кали с обратным охлаждением. После охлаждения разбавляют равным объемом воды и неомыляемое вещество встряхивают с бензином в делительной воронке. После промывания водой бензиновые вытяжки выпаривают и высущивают в сушильном шкафу при 100°. Для выделения омыляемых щелочной раствор подкисляют серной к-той и встряхивают с эфиром. Эфирные вытяжки промывают водой до исчезновения кислой реакции, выпаривают и высущивают в сушильном шкафу при 70°. Если кислый водный раствор, из которого были удалены омыляемые вещества, очень мутный, то его нейтрализуют аммиаком и выпаривают почти досуха. После прибавления 10 см<sup>3</sup> раствора окиси меди в аммиаке оставляют стоять в течение 12 час. в покрытом стеклянном сосуде при частом встряхивании и затем фильтруют через стеклянную вату. Из фильтра после прибавления соляной к-ты выпадает целлюлоза с разбавленной серной к-той; ее отфильтровывают, высущивают и взвешивают. Среди неомыляемых веществ могут находиться: растворимые в ацетоне побочные составные части каучука, минеральные масла, парафины, составные части дегтя и асфальта, а также спирты (входящие в состав восков). Материал извлекается нацело горячим абсолютным спиртом; нерастворимыми остаются деготь и составные части асфальта (также разложившиеся каучуковые вещества). Спиртовой раствор доводит до объема 50 см<sup>3</sup> и затем в течение 1 ч. охлаждают до 3°. Осадившиеся вещества отфильтровывают и промывают 90%-ным спиртом (в объемных %), охлажденным до 5° (~ 100 см<sup>3</sup>). Содержимое фильтра растворяют в хлороформе, раствор выпаривают и остаток высущивают при 100°; он содержит твердые парафины и в нек-рых случаях восковые спирты. Дальнейшее разделение этих веществ можно произвести при помощи ацетиляции или след. обр.: см-сь нагревают до 150—180°, прибавляют несколько капель конц. серной к-ты и перемешивают с едкой известью и свежес-

накаленным животным углем. Затем массу экстрагируют бензином, напр. в аппарате Сокслета. Экстракт содежит твердые парафины. Спиртовой фильтрат твердых парафинов и спиртов (всика) выпаривают и остаток с 25 см<sup>3</sup> четыреххлористого углерода переводят в делительную воронку, затем вбалтывают с 15 см<sup>3</sup> конц. серной к-ты до тех пор, пока больше не получится изменения в окраске к-ты. После разбавления раствором 100 см<sup>3</sup> эфира его промывают водой до исчезновения кислой реакции, выпаривают досуха и остаток высушивают при 100°. Он содержит минеральные масла, к-ты были прибавлены к резиновой смеси или образовались из твердых парафинов, асфальтов и некоторых сортов фактиса. Омыляемые части ацетонового экстракта могут состоять из жирных и смоляных к-т и выделяются например при помощи солей серебра. Смесь растворяют в 20 см<sup>3</sup> 95%-ного спирта и к ней прибавляют одного натра (1 ч. NaOH на 3 ч. H<sub>2</sub>O) до тех пор, пока раствор не даст слабый щелочной реакции (на фенолфталеин). После нагревания в течение нескольких минут раствор охлаждают, смещивают с эфиром и помещают в мерную колбу вместимостью в 100 см<sup>3</sup>, после прибавления 2 г порошкообразного азотнокислого серебра сильно встряхивают. После осаждения нерастворимых солей серебра 50 см<sup>3</sup> раствора встряхивают в мерной колбе с 20 см<sup>3</sup> разбавленной соляной к-ты. После сливания светлого раствора эфира жидкость снова два раза встряхивают с эфиром и соединенные вместе эфирные экстракты промывают водой до исчезновения кислой реакции. После выпаривания эфира выделенные смоляные к-ты высушивают при 110—115°.

Органические ускорители вулканизации и определяют в резиновых смесях при помощи перегонки с водяным паром. Т. к. многие ускорители содержат азот (12—15%) и растворимы в ацетоне, то их количество может быть установлено в ацетоновом экстракте при помощи микрометода определения азота, напр. по Гернгроссу и Шеферу. О присутствии ускорителя (или содержащего азот вещества, предохраняющего от старения) можно заключить в том случае, если содержание азота в ацетоновом экстракте значительно превышает 0,06%.

Экстрагирование хлороформом. Материал, экстрагированный ацетоном, обрабатывают в течение 4 ч. в экстракционном аппарате с хлороформом. После отгонки растворителя остаток высушивают при 100°. Если раствор хлороформа дает флуоресценцию или окраску темнее соломенно-желтой, то следовательно имеются асфальтовые и дегтевые продукты; однако надо принять во внимание, что и нормально вулканизованная мягкая резина содержит небольшие количества (~4—5% при переводе на чистый каучук) веществ, растворимых в хлороформе. Если это количество значительно превышено без наличия смолистых веществ, то образцы или недостаточны вулканизованы, или материал «остарился», или содержит регенерат.

Экстрагирование спиртовым раствором едкого кали. Спиртовой раствор едкого кали растворяет главную массу окислированных жирных масел и фактиса, кроме того в раствор переходит белковые вещества каучука, казеин, шерсть и составные части феноловых смол. Материал, экстрагированный ацетоном и хлороформом, высушивают при 50—60° и сейчас же после этого вымачивают в 50—100 см<sup>3</sup> бензола. Через 12 час. прибавляют 50 см<sup>3</sup> горячей спиртовой щелочи и нагревают в течение 4—6 час. с обратным холодильником. Затем раствор отделяют от каучука, последний промывают тщательно в фарфоровой ступе при сильном надавливании и растирании сначала в горячем абсолютном спиртоле, затем в горячей воде. Фильтрат и промывные воды выпаривают почти досуха; остаток вместе с 100 см<sup>3</sup> воды подвигают разбавленной серной к-той и раствор тщательно встряхивают с эфиром. Соединенные эфирные вытяжки промывают до исчезновения кислой реакции, выпаривают и остаток высушивают при 100°. Содержащуюся в экстракте серу определяют по способу, приведенному для определения общего содержания серы. Приближенное количество белковых веществ в щелочном экстракте получают по микроспособу определения азота Гернгросса и Шефера. Если из общего количества щелочного экстракта вычесть содержание белка, то, учитывая экстрагирование ацетоном (жирные к-ты), можно получить приблизительное количество содержащихся в каучуковом материале окисленных масел и фактиса. Феноловые смолы не м. б. определены количественно; их присутствие узнается по запаху составных частей, растворимых в щелочи.

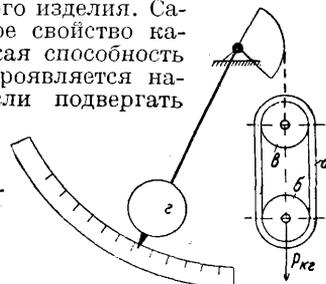
Неорганические наполнители. Их количество м. б. установлено при помощи простого определения содержания золы только в том случае, если смесь резины не содержит веществ, изменяющихся, разлагающихся или улетучивающихся при ° озолении. В некоторых случаях, в особенности для твердых сортов резины, осторожное озоление в наклонной косо вниз трубе при пропускании азота дает годные значения. Для мягкой резины поступают обыкновенно след. обр.: 4 г материала, экстрагированного ацетоном и хлороформом в высушенного при 50—60°, нагревают в колбе

вместимостью в 200 см<sup>3</sup> с 25 см<sup>3</sup> парафинового масла или керосина (фракция 230—260°) при частом встряхивании до тех пор, пока каучук не растворится; после охлаждения сильно разбалтывают бензолом и фильтруют после стояния в течение 24 час. через двойную фильтровальную бумагу в высушенном и предварительно взвешенном тигле Гуча; после промывания горячим бензолом, спиртом и эфиром высушивают в сушильном шкафу при 100°. Селу в наполнителях, связанную с неорганич. веществами, определяют путем плавления с каликатровым карбонатом в присутствии переноса натрия, плав собирают горячей водой, фильтруют, окисляют фильтрат при помощи перекиши водорода, подкисляют и осаждают серу хлористым барием. При определении неорганич. наполнителей каждого в отдельности материал в размере, соответствующем 1 г золы, помещают в колбу с 10—20 см<sup>3</sup> азотной к-ты (уд. в. 1,48) и 2 см<sup>3</sup> конц. серной к-ты и на песочной бане доводят до кипения, пока не начнут выделяться пары серной к-ты, далее нагревают на пламени горелки, пока к-та не закончит. Если при этом серная к-та принимает темную окраску, то процесс повторяют, прибавляя азотной к-ты так часто, пока серная к-та при кипении не останется бесцветной. После разбавления водой раствор м. б. исследован по правилам неорганич. анализа.

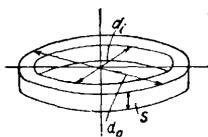
Содержание каучука. Т. к. до сих пор не имеется надежного способа прямого определения содержания каучука в резиновой смеси, то оно определяется путем вычислений. Сумму чисел, полученных для влаги, ацетонового экстракта и серы, связанной с каучуком, и удора, вычитают из 100; разность показывает содержание чистого каучукового углеводорода.

Коэф. вулканизации ( $k$ ) определяют из следующего уравнения:  $k=100s/r$ , где  $s$ —процентное содержание серы, связанной с каучуком в образце, а  $r$ —количество чистого каучука в процентах к общему весу образца. О химич. составе сырого каучука см. *Каучук*, а также *Спр.* 79, т. III, стр. 274.

**Механические испытания каучука.** Испытание вулканизованной мягкой резины как таковой (не в изделии) надо производить со стандартными образцами, так как свойства ее находятся в зависимости от формы и размера образца. При испытании готового изделия в целом влияние формы может быть так велико, что свойства материала являются замаскированными; поэтому нужно точно различать испытание материала в узком смысле от испытания готового изделия. Самое отличительное свойство каучука—его высокая способность к деформации—проявляется наиболее ярко, если подвергать его растяжению так как при этом сцепление частиц материала подвергается наиболее сильному испытанию и к тому же напряжение растяжения проявляется как вторичное явление и при других деформациях (сгибание, сжатие), то наиболее важным механич. испытанием мягкой резины является испытание на растяжение (на разрыв). В качестве образцов для испытания применяются, если это возможно, кольца (фиг. 10); кольцо  $a$  натягивают на два ролика  $b$  и  $v$  и подвергают растяжению, увеличивая расстояние между роликами; при этом при испытании на машине Шоппер-Далена все сечения испытываемого образца подвергаются напряжению, т. к. нижний ролик  $b$  вращается от особого привода, тогда как верхний в свободно вращается в шарикоподшипниках. Сила растяжения измеряется (в кг) при помощи весов с рычажным противовесом  $g$ ; напряжение выражается через  $\sigma = \frac{P}{f}$  (в кг/см<sup>2</sup>), где  $f$ —пло-



Фиг. 10.



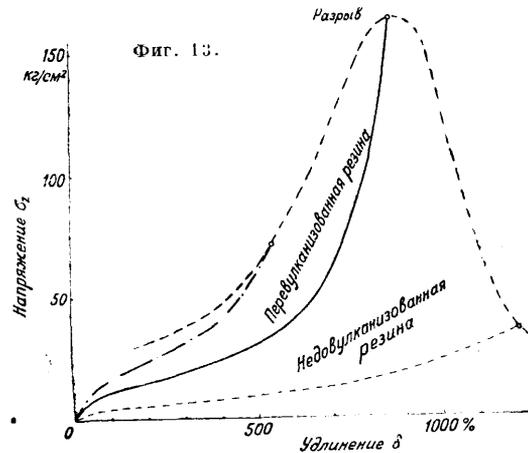
Фиг. 11.

щадь поперечного сечения образца.

щадь поперечного сечения образца до деформации, равная  $(d_a - d_i)s$  в  $\text{см}^2$  (фиг. 11). В кольцах нормального типа  $d_a = 52,6$  мм,  $d_i = 44,6$  мм,  $s = 6$  мм. Удлинение  $\delta$  выражают в % по отношению к первоначальной длине, т. е. к половине длины внутренней окружности кольца (в нормальном кольце  $\frac{\pi d_i}{2} = 70$  мм).

Возражением против применения образцов в виде колец служит то обстоятельство, что растяжение внутренних волокон кольца больше, чем внешних. Поэтому в некоторых лабораториях применяют образцы в виде полосок-лопаток (фиг. 12). При толщине полосок  $> 4$  мм в случае сильно растяжимых резиновых смесей даже применение автоматич. натяжных приспособлений не может предохранить от преждевременного разрыва у одной из расширенных частей полоски *a* стержня. Погрешность, получающаяся вследствие этого, больше погрешности, получающейся при кольцевом образце, вследствие разницы в напряжении внешних и внутренних волокон кольца. Увеличение размеров расширенной части полоски не может этому помочь, т. к. разрыв исходит из середины ее. Измерение удлинения этих образцов также затруднительно; приходится на образец наносить метки *bb* и удлинение образца измерять просто масштабной линейкой.

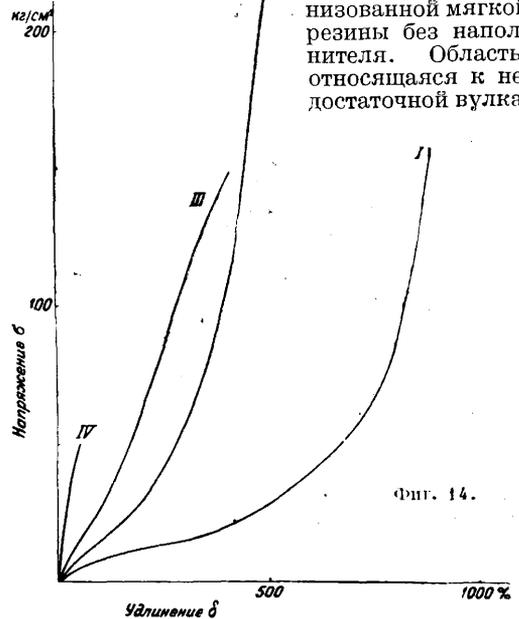
Образцы-полоски — приходится применять в случае невозможности сделать кольца из испытуемого вещества. При мало растяжимом материале (разрыв наступает при удлинении, меньшем 500%) разрыв расширенной части обычно не наблюдается. Для изучения различия свойств материала в направлении каландрирования и перпендикулярно к нему нужно применять образцы-полоски, т. к. диск коль-



цевого образца содержит одновременно все направления пластины. Как правило и полоски и кольца приготавливают штампованием из пластин соответственной толщины. Шероховатости на поверхности пластин удаляют до или после штампования шлифованием. Для штампования колец нормального типа необ-

ходимы три штампа. Сперва из пластины вырезают от руки диск диам. в  $\sim 57$  мм. Из него выштамповывают диск диам. в 52,6 мм при помощи кольцевого, конически расширяющегося к низу для достижения цилиндрич. сечения штампа. Из диска с диам. в 44,6 мм можно выштамповать «малое нормальное кольцо», у которого  $d_a = 44,6$  мм и  $d_i = 36,6$  мм. Из резиновых труб (рукавов) можно получать кольца, отрезая их на токарном станке.

Кривые на рисунке — деформации и для мягкой резины. На фиг. 13 сплошная толстая кривая выражает закон изменения деформаций в ф-ии напряжений при растяжении нормальной вулканизованной мягкой резины без наполнителя. Область, относящаяся к недостаточной вулка-

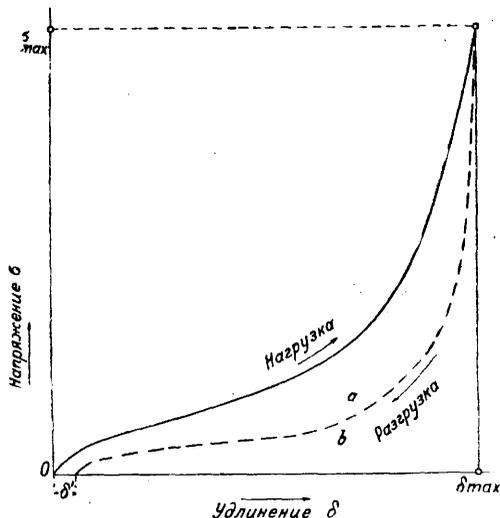


низации, лежит вверх и вправо от нее, область перевулканизации — вниз и влево. Огибающая кривая является геометрич. местом конечных точек кривых напряжения — удлинения, т. е. значений напряжения растяжения при разрыве образца. Наполнители могут значительно изменить вид кривой; попытки выразить кривую математически (аналитическим путем) до сих пор были неудачны. Весьма наглядными и ясными являются кривые отдельных представителей типич. групп смесей мягкой резины (фиг. 14). I — нормально вулканизованная мягкая резина без наполнителей (как на фиг. 13); II — довольно мягкая резиновая смесь с сажей для автопокрышек и грузопин с очень высокой прочностью на разрыв; III — то же что и II, но с большим количеством наполнителей, тверже и с меньшей прочностью на разрыв, чем предыдущая; применяется для технич. высококачественных резиновых изделий; IV — смеси, содержащие большое количество наполнителей (часто также и регенерат) для технич. изделий низшего качества, половиков и т. п. Перевулканизация и недостаточная вулканизация вносят естественно в каждой группе отклонения, подобные тем, какие показаны на фиг. 13. Изображенные кривые соответствуют нормальной скорости опыта (100—300 % удлинения в мин.) при комнатной  $t^\circ$ .

Не слишком сильные изменения в скорости только слегка сдвигают кривые; влияние изменения  $t^\circ$  даже на несколько градусов уже становится заметным; сильные отклонения от  $20^\circ$  могут существенно изменить характер кривой. Если в момент, близкий к разрыву образца, начать уменьшать растяжение с той же скоростью, что и при нагрузке, то отношение между напряжением и удлинением изобразится пунктирной линией (фиг. 15). При напряжении, равном нулю, имеется остаточное удлинение  $\delta'$ ; чем меньше степень вулканизации, тем больше  $\delta'$  и тем быстрее уменьшается  $\delta'$  как функция времени нахождения образца в покое (после прекращения напряжения). Область  $a+b$  показывает затраченную при нагрузке работу,  $b$ —работу, возвращенную при разгрузке,  $a$ —потерю работы вследствие гистерезиса. Кпд сил упругости выражается (в %) следующим ур-нем:

$$\eta_{упр.} = \frac{b}{a+b} \cdot 100.$$

Хотя как  $\delta$ , так и  $\eta$ —единицы измерения эластичности смесей мягкой резины, но они не должны быть смешиваемы между собой:  $\delta'$  представляет собой линейную остаточную деформацию, а  $\eta_{упр.}$ —отношение двух значений работы. При взгляде на кривые фиг. 14—15 видно, что «произведение прочности» (tensile product), т. е. произведение временного сопротивления растяжения на предельное удлинение, не является характерным для мягкой резины; кроме этих величин для характеристики лучше всего воспользоваться диаграммой напряжений—удлинений или величиной работы, поглощенной данным образцом при растяжении (на фиг. 15—площадь  $a+b$ ). Прибор для автоматического вычерчивания таких диаграмм сист. А. Шоба позволяет при различной величине сечения образцов изображать напряжения всегда в одном и том



Фиг. 15.

же масштабе. Значительно менее совершенными признаками являются как введенное Шидровицем в англ. литературу выражение «slope» (наклон) или «type»—тип  $T$

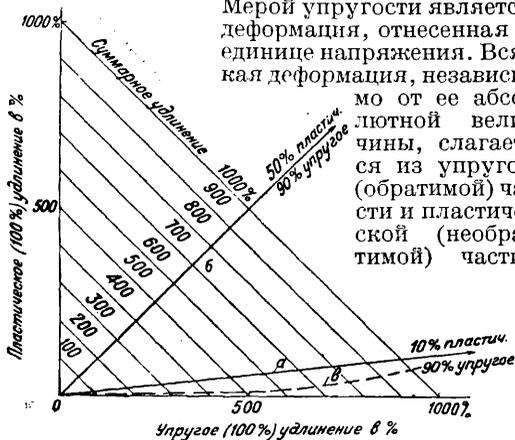
$$T = \frac{E_1 - E}{2.5},$$

где  $E$ —удлинение при нагрузке в  $60 \text{ кг/см}^2$ , а  $E_1$ —удлинение при нагрузке в  $104 \text{ кг/см}^2$ ,

так и введенное в американскую литературу выражение жесткости «stiffness» (разница в напряжении при удлинениях в 600 и 800% в смесях без ускорителей и в 500 и 700% в смесях с ускорителями). Дефриз придает (вероятно справедливо) особое значение верхней части диаграммы (напряжение—удлинение); для суждения о примененном сыром каучуке для вулканизованных смесей каучука с серой без наполнителя он считает характеристич. числом, помимо временного сопротивления на разрыв и удлинения до разрыва, удлинение, соответствующее напряжению  $130 \text{ кг/см}^2$ ; см. Спр. ТЭ, т. III, стр. 289.

Упругость. Существует два способа определения упругих свойств мягкой резины.

Мерой упругости является деформация, отнесенная к единице напряжения. Всякая деформация, независимо от ее абсолютной величины, складывается из упругой (обратимой) части и пластической (необратимой) части.



Фиг. 16.

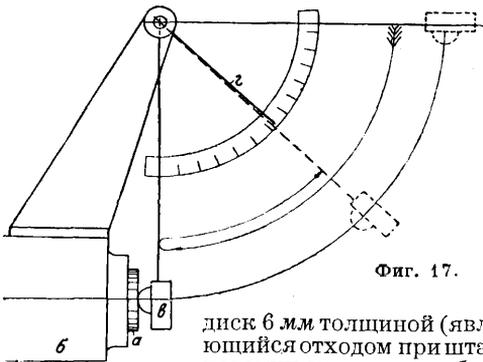
На фиг. 16 по оси абсцисс откладывается чистое (100%-ное) упругое удлинение в % к первоначальной длине, а по оси ординат—чистое (100%-ное) пластич. удлинение. Линии, проведенные под углом в  $45^\circ$ , которые соединяют соответствующие точки обеих осей координат, представляя собой геометр. место соответствующих суммарных удлинений. Прямые, проведенные от начала координат, пересекают все  $45^\circ$ -ные линии в одном и том же отношении: в качестве примера нанесена прямая  $a$ , соответствующая деформации, состоящей на 10% из пластической и на 90% из упругой, а также и прямая  $b$  для материала, деформации которого являются на 50% пластическими и на 50% упругими; если при увеличении суммарного удлинения часть упругих деформаций сравнительно с пластическими понижается, то получаются искривленные линии, обращенные выпуклостью к низу, как изображено на фиг. 16 пунктирной линией  $в$ . Скорость изменения деформации и в еще большей степени  $t^\circ$  образца оказывают сильное влияние на соотношение между упругой и пластич. частями общей деформации и на абсолютную величину последней.

Практич. измерение упругости при помощи определения пластической части общей деформации (т. е. остаточного удлинения  $\delta'$ ) производят как правило при помощи испытания на растяжение, причем испытуемый образец определенное время (б. ч. 1 час) растягивают до определенного предела (100—200% первоначальной длины или до половины удлинения до разрыва), после чего нагрузку доводят до нуля. Непосредственно после прекра-

щения натяжения остаточное удлинение достигает наибольшей величины и с течением времени б. или м. сильно понижается. Типы резины I и II на фиг. 14 имеют относительно меньшее остаточное удлинение, чем III и IV. О влиянии степени вулканизации уже упомянуто. Нахождение кпд сил упругости  $\eta_{упр.}$  при помощи опыта гистерезиса (сравни фиг. 15) на практике мало применимо, т. к. этот опыт всегда несколько сложен, и кроме того установление границы, до к-рой нужно повышать напряжение, совершенно произвольно. Из одной кривой, соответствующей нагрузке и разгрузке, также нельзя сделать определенного вывода. Если повторять с одним и тем же образцом опыт нагрузки и разгрузки, то можно идти либо путем достижения того же удлинения, что и в первом цикле, или того же напряжения: в первом случае понижаются достигнутые раньше наивысшие напряжения, во втором случае повышаются максимальные удлинения (например первая кривая—наивысшее напряжение  $\delta_{I_{max}} = 90 \text{ кг/см}^2$ , максимальное удлинение  $\delta_{I_{max}} = 652\%$ ). В первом случае  $\sigma_{I_{max}} = 90$ ,  $\sigma_{II_{max}} = 52$ ,  $\sigma_{III_{max}} = 47$ ,  $\sigma_{IV_{max}} = 43$ ,  $\delta_{V_{max}} = 40$ ; во втором же случае  $\delta_{I_{max}} = 652$ ,  $\delta_{II_{max}} = 723$ ,  $\delta_{III_{max}} = 763$ ,  $\delta_{IV_{max}} = 781$ ,  $\delta_{V_{max}} = 797$ . Определение кпд сил упругости мягкой резины гораздо проще производится применением напряжений, действующего толчками, что соответствует очень часто встречающемуся на практике случаю нагрузки (например в автошинах). Для этого из испытуемого материала изготовляют шар, заставляя его падать с определенной высоты  $h_n$  (напр. с 1 м) на твердую подставку и наблюдают высоту отскакивания  $h_o$ :

$$\eta_{упр.} = \frac{h_n}{h_o} \cdot 100.$$

Достаточно точные значения этих величин дает 5 см/кг маятниковый молоток сист. А. Шоба (фиг. 17). Испытуемым образцом а служит



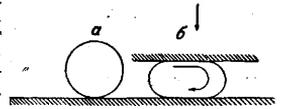
Фиг. 17.

диск 6 мм толщиной (являющийся отходом при штамповании кольцевых образ-

цов для испытания на растяжение); его кладут на наковальню б, масса которой в 100 раз больше массы маятника. Маятник в полусферовой поверхностью ударяет по испытуемому образцу и отскакивает; высота отскакивания отмечается на дуговой шкале при помощи особой стрелки г, увлекаемой маятником на его обратном пути. Шкала показывает непосредственно кпд упругих сил в %, если маятник падает из своего высшего положения; если его заставляют падать с меньшей высоты (имеется возможность изменять высоту падения через  $1/10$  максимальной), тогда показания шкалы надо помножить на величину, обратную высоте па-

дения. Если толщина образца не точно равна 6 мм, то полученные данные легко можно перечислить на 6 мм. Чтобы быть уверенным в однообразии в отношении трения, образцы натирают предварительно тальком.

Испытание на утомляемость. Ни одно из приведенных выше испытаний не доставляет данных об отношении мягкой резины к длительному приложению напряжений переменного знака. Пользуясь имеющимся опытным материалом, можно всегда сделать достаточно обоснованные выводы о практич. пригодности или непригодности какой-нибудь мягкорезиновой смеси на основании испытаний на растяжение и упругость. Однако для материалов, подвергаемых сильному напряжению, большую уверенность в выводах получают, испытывая их на утомляемость способом, предложенным А. Шобом. Если катать цилиндр из мягкой резины (фиг. 18, а) под нагрузкой (фиг. 18, б), то появляются сложные напряжения, наиболее сильные по оси цилиндра и ведущие в



Фиг. 18.

этом месте к появлению трещин и распадению материала на куски; вследствие потери на гистерезис образец внутри несколько нагревается. Для проведения опыта цилиндрическая форма образца оказалась нецелесообразной; поэтому А. Мартенс в испытании на утомляемость применяет шар из мягкой резины диаметром 30 мм; т. обр. наблюдать наступление момента разрушения невозможно, и за показатель утомляемости принимают число оборотов аппарата (но не шара), при к-ром опыт сам собой прекращается либо вследствие разрушения шара либо вследствие остановки аппарата; последняя вызвана увеличением сопротивления катанию, обусловленного внутренним разрушением материала шара. Нагрузка шара в аппарате Мартенса м. б. изменена в пределах 25—100 кг через 12,5 кг. Если нагрузка превышает 75 кг, то шар, даже приготовленный из смесей с очень большой сопротивляемостью, после нескольких оборотов аппарата разрушается; если же выбрать нагрузку настолько малой, что шар после 20 000 оборотов еще не пришел в негодность, то результат опыта затемняется слишком большой внешней изношенностью шара. Показатель утомляемости не пропорционален (обратно) нагрузке,

но убывает сильнее, чем возрастает нагрузка. Как показывает фиг. 19, степень этого изменения в различных резиновых смесях (кривые X и Y), смотря по обстоятельствам, весьма различна. Образцы для этого испытания не д. б. изготовлены и завулканизованы в форме шара, но вырезаны из куска резины большого размера, из к-рого берут также образцы и для других испытаний. После грубого отрезывания ножом шары шлифуют на наждачном круге. Его можно при этом свободно держать в руках, что при известном навыке не представляет трудностей. Ф. Д. Аббот разработал подобный же способ испытания для резиновых автомобильных амортизаторов. Разница между его методом



Фиг. 19.

и описанным испытанием на утомляемость состоит в том, что образец не катают, но под нагрузкой подвергают быстрым колебательным движениям вправо и влево, причем после определенного числа колебаний он разрушается изнутри, как и при описанном выше испытании. Аббот приводит также результаты испытаний при помощи знакопеременных напряжений скручивания.

Испытание на истирание. Особенности трудности представляет испытание на истирание не только потому, что давление на поверхность и относительная скорость трущихся поверхностей м. б. выбираемы произвольно в широких границах, но также прежде всего потому, что двух или даже многих опытов недостаточно для того, чтобы считать полученные данные окончательными. Этому требованию лучше всего отвечает способ испытания по Май (Mai), при к-ром резиновый диск диам. в 44,6 мм (диск, выпадающий при штамповке колец нормального типа для опыта на растяжение), укрепленный на нижнем конце вертикального шпинделя, совершает 10 000 оборотов в засышке из грубозернистого рыхлого наждака. Потеря диска в весе считается мерой изнашиваемости. Для каждого опыта берут свежий наждак. Материал (стекло) и размеры вместилища для наждачного порошка, как и высота слоев наждака под и над испытываемым образцом, точно установлены. Отрицательная сторона этого способа состоит в невозможности измерять давления при истирании.

Вязкость надрезанного образца. Вещество называется вязким при надрезе, если его крепость мало уменьшается от сделанных на нем резких изменений сечения (насечек, врубок, запилов). Закономерная зависимость между вязкостью при надрезе и другими свойствами вещества еще не найдена, нет и безупречного метода для ее испытания. Гайденсон вырезывает из диска 6 мм толщиной, выпадающего при штамповании кольца нормального типа, полосу в 6 мм шириной, надрезает ее бритвой по длине, оставляя остаток длиной в 10 мм, и зажимает обе раздвинутые части в машину для испытания на разрыв подобно описанному ниже при испытании прочности на сцепление.

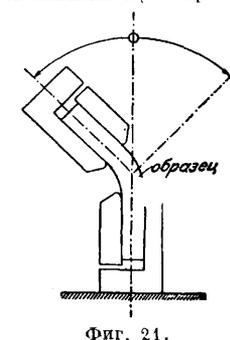
Испытание на сжатие мягкой резины не применяется для определения качества самого вещества, но им иногда пользуются для контроля готовых изделий (напр. прокладочных колец). Разрушения мягкой резины путем сжатия обычно не происходит; поэтому аналогично испытанию на растяжение ограничиваются измерением остаточного сжатия, к-рое производят после длительного сжатия до определенной величины и последующего прекращения нагрузки.

Пробу Бригеля для определения твердости применяют чаще; обычно отмечают действие на испытываемый образец стального шара диам. в 10 мм под нагрузкой в 1 000 г; глубину вдавления отмечают после 5- и 30-секундного действия. Глубина вдавления в сильной степени зависит от толщины образца; для исследования самого вещества рекомендуют, как и при испытании на разрыв и на упругость, обычно брать образцы 6 мм толщиной; толщина готовых изделий определяется родом изделия.

Испытание силы сцепления. Мягкая резина, применяемая в качестве свя-

зующего материала между двумя или многими слоями ткани (в автопокрышках, в резиновых рукавах), должна обладать прежде всего высокой силой сцепления. Ее определяют, нарезают прямые полосы 3—5 см шириной, и после расщепления вручную, как показано на фиг. 20, их подвергают либо растяжению силой, при к-рой разрыв происходит все время с постоянной скоростью (~1 мм/сек), и измеряют необходимую для этого силу либо нагружают постоянной нагрузкой, при которой разрыва не должно происходить. Измерение скорости разрыва под действием постоянной нагрузки, несколько превышающей прочность сцепления, неправильно и не может служить качественным показателем.

Длительные испытания могут быть произведены при помощи постоянной долго действующей нагрузки или при помощи прерывно действующей (колебательной или действующей толчками) нагрузки. Наибольший интерес представляет колебательная нагрузка, напр. описанный уже способ испытания на утомляемость. Дальнейшими примерами могут служить испытание на растяжение—сжатие знакопеременной нагрузкой и испытание перегибом (фиг. 21). Если нагрузки настолько незначительны, что можно рассчитывать на необходимость весьма длительного испытания, тогда в качестве фактора, ускоряющего разрушение образца, выступает естественное старение, которое в свою очередь может быть ускорено при помощи механического воздействия.



Фиг. 21.

Старение. Каучук подвержен процессу естественного старения. Несмотря на большие достижения в области применения средств, замедляющих его старение, точного прогноза относительно продолжительности жизни определенного фабриката дать нельзя. Много раз пытались короткими опытами искусственного старения получить результаты, к-рые стояли бы в определенном постоянном отношении к продолжительности естественного старения. До сих пор однако это не было достигнуто и вряд ли достижимо. Наиболее простой метод искусственного старения (1—3-недельное хранение в суховоздушном пространстве при  $t^{\circ}$  70°) оказался наиболее надежным; число совпадений результатов опыта с действительностью м. б. примерно определено в 60—70%; усложнение опыта введением кислорода при атмосферном или при повышенном давлении (доходящем до 60 atm) не принесло заметного уточнения; также и искусственные источники света не могут ни в какой мере заменить действие солнечного света. О старении каучука см. также *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 321.

Особые методы испытаний. При приемке готовых изделий существуют иногда особые предписания, напр. для ж.-д. тормоз-



Фиг. 20.

ных и отопительных рукавов, для рукавов пневматич. установок, в горном деле, для газовых рукавов и т. д.

**Санитарно-гигиенические условия Р. п. Производства резиновых изделий** относится к числу вредно отражающихся на здоровья рабочих. К вредным условиям относится пыль, носящаяся вокруг валцов и отчасти закрытых смесителей, служащих для крашения резины. На наших з-дах, где порошкообразные вещества (сера, мел, глет, сажа и т. д.) до сих пор доставляются недостаточно стандартными и их приходится просеивать, сушить и т. д., пыль носится в воздухе т. н. «меловых» — мастерских обработки и развески ингредиентов резиновых смесей. Далее пропудривание полупродуктов (пластин и т. п.) также является источником пыли. Особенно вредна пыль от свинцовых соединений (белил, глета) и др. Далее следует отметить высокую  $t^{\circ}$  вокруг многих аппаратов и станков — валцов, каландров и в особенности у вулканизационных котлов, автоклавов и прессов. К этому надо прибавить горячие пары и чад, выделяющиеся из вулканизационных аппаратов и форм при выгрузке из них готовых изделий. Отметим еще содержание в воздухе многих мастерских паров бензина или других растворителей каучука, вдыхание которых кроме всего прочего расстраивает нервную систему. Борьба с вредными условиями производства идет по разным направлениям, а именно: замена открытых красильных валцов закрытыми смесителями (типа Бэнбери); герметизация аппаратов для обработки и подготовки ингредиентов; полная или частичная замена вредных ингредиентов менее вредными или безвредными (запрещение применения свинцовых белил, сокращение применения глета путем замены его органич. ускорителями; переход по возможности от метода холодной вулканизации, при к-рой применяется хлористая сера и сероуглерод, к горячей вулканизации с органич. ускорителями и т. д.); расширение применения промазки на каландре вместо проклеивания бензиновыми клеями; введение разделения труда (в галошно-сборочных мастерских) и локализация т. о. применения бензиновых клеев и соприкасающихся с ними работников; сокращение рабочего времени в особо вредных для здоровья мастерских; рационально устроенная вентиляция и отопление мастерских. Наконец необходимы постоянное наблюдение врачей за здоровьем рабочих и удаление из вредных мастерских слабых, предрасположенных к заболеванию от специальных условий резинового производства. Применяемая на резиновых з-дах выдача рабочим молока или масла в сущности имеет значение усиленного питания, а не противоядия (за исключением мастерских, где применяются свинцовые соединения и т. п.).

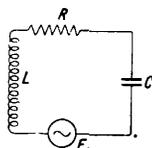
*Лит.:* Вызов Б. В., Резиновая промышленность, Справочник отдела химич. промышленности, вып. 3, П., 1923; Русская резиновая промышленность 1832—1922 (Сборник), М., 1923; Промышленность СССР, ежегодник ВСНХ, М., 1924; Богатырева В. П. и Смирнов А. П., Санитарно-гигиеническое обследование завода «Красный Богатырь», «Журн. резиновой промышленности», Москва, 1929, 2; и х же, Профессиональные отравления свинцом в резиновой промышленности, там же, 1929, 3—4; Лазарев Н. В., От чего зависит ядовитость бензина, там же, Москва, 1928, 12; е го же, Некоторые критические замечания к статье Богатыревой и Смирнова, Отравления бензином, там же, 1929, 5—6; Лазарев Н. В., Бензин как производственный яд, Москва—Ленинград, 1931; Орловский П., Устранение глетовой пыли в резиновом

производстве, там же, 1929, 3—4; Toxic Substances in the Rubber Industry, серия статей в «Rubber Age», N. Y., начинающаяся с 1929 г. и продолжающаяся до настоящего времени. М. Лурье.

**РЕЗКА МЕТАЛЛОВ АВТОГЕННАЯ**, см. Автогенная резка металлов и Сварка.

**РЕЗОНАНС** в физике, явление, заключающееся в том, что амплитуда вынужденных колебаний в колебательной системе, обладающей не слишком большим затуханием, достигает отчетливо выраженного максимума при определенных соотношениях между параметрами системы и какой-либо из частот гармонич. колебаний, содержащихся в действующей на систему внешней возмущающей силе. причем при уменьшении затухания системы значение максимума беспредельно возрастает. В большинстве случаев это соотношение между гармонич. частотами внешней силы и параметрами системы сводится к тому, что какая-либо из этих частот приближается к одной из частот собственных колебаний, свойственных данной колебательной системе. Явление Р. в одинаковой степени типично как для механических, так и для электрических (или «смешанных» — электромеханических) колебательных систем и поэтому играет весьма важную роль в самых разнообразных отделах физики и техники. В нек-рых случаях явление Р. играет положительную роль (напр. в радиотехнике для целей радиоприема), в других случаях, наоборот, возникает вопрос об устранении явления Р., т. е. наступающее при этом нарастание амплитуды колебаний в системе является нежелательным или даже опасным для данной системы (напр. в механич. сооружениях, находящихся под действием переменной нагрузки или подвергающихся действию повторяющихся толчков). Характер Р. зависит от свойств как самой колебательной системы, в которой происходит явление, так и от свойств внешней возмущающей силы, действующей на систему; однако явление протекает совершенно одинаково как в механических, так и в электрич. колебательных системах, и поэтому анализ явления электрич. Р. приводимый ниже для случая электрич. колебательных систем, м. б. путем замены параметров и координат электрич. системы (самоиндукция, сопротивление, емкость, заряд, сила тока) соответствующими параметрами и координатами механич. системы (масса, коэффициент трения, упругость, смещение и скорость) перенесен полностью на механич. Р.

Р. в линейной системе с одной степенью свободы. Наиболее простой характер имеет явление Р. в случае системы с одной степенью свободы, с постоянными параметрами и гармонической, т. е. изменяющейся по закону синуса, внешней силой. Системы с постоянными параметрами, не зависящими от координат и скоростей, будем в дальнейшем называть линейными колебательными системами. Такой линейной системой является обычный колебательный контур (см. Колебания электрические), состоящий из емкости  $C$ , сопротивления  $R$  и самоиндукции  $L$  (фиг. 1). Внешнюю эдс мы будем для простоты считать введенной непосредственно в электрич. контур (в случае если внешняя эдс введена иначе, напр. путем индуктивной связи с какой-либо электрич. цепью, характер



Фиг. 1.

электрич. контур (в случае если внешняя эдс введена иначе, напр. путем индуктивной связи с какой-либо электрич. цепью, характер

явления остается неизменным и лишь несколько видоизменяются количественные соотношения). Для рассматриваемого случая, пользуясь законом Кирхгофа, получают следующее линейное дифференциальное уравнение второго порядка:

$$L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = E_0 \sin \omega t, \quad (1)$$

где  $q$ —заряд на обкладках конденсатора и следовательно  $\frac{dq}{dt}$ —сила тока в контуре. Общий интеграл этого уравнения состоит из двух частей—общего интеграла уравнения (1), но без правой части, и частного, соответствующего периодическому решению интеграла этого уравнения с правой частью,—и имеет следующий вид (см. *Колебательное движение*):

$$q = q_0 e^{-at} \sin(\omega_1 t - \varphi) + \frac{E_0}{\omega} \frac{1}{\sqrt{\left[L\omega - \frac{1}{\omega C}\right]^2 + R^2}} \sin(\omega t - \psi), \quad (2)$$

где  $a = \frac{R}{2L}$ —показатель затухания,  $\omega_1 = \sqrt{\omega_0^2 - a^2} = \sqrt{\frac{1}{LC} - a^2}$ —угловая частота свободных колебаний в системе,  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ —угловая частота «собственных» колебаний при отсутствии затухания и  $\psi$ —сдвиг фазы между напряжением внешней силы  $E$  и напряжением, возникающим на обкладках конденсатора  $C$  вследствие наличия вынужденных колебаний в контуре. Этот сдвиг фазы определяется соотношением:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{2a\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}. \quad (3)$$

Величины  $q_0$  и  $\varphi$  в ф-ле (2)—константы интегрирования, определяемые начальными условиями. Полученное выражение (2) вполне характеризует как само явление  $P$ ., так и процесс установления этого явления. Сначала в системе существуют два колебания—одно собственное, затухающее с частотой свободных колебаний системы  $\omega_1$  и убывающей по времени амплитудой (затухающее и поэтому непериодич. колебание), и другое—вынужденное, с частотой вынуждающей силы  $\omega$  и постоянной амплитудой (периодич. колебание). Через достаточно долгое время собственные колебания с частотой  $\omega_1$  затухнут, и в системе установится чисто периодич. процесс, причем заряд на обкладках конденсатора будет определяться выражением:

$$q = \frac{E_0}{\omega} \frac{1}{\sqrt{\left[L\omega - \frac{1}{\omega C}\right]^2 + R^2}} \sin(\omega t - \psi). \quad (4)$$

Сила тока в контуре  $i = \frac{dq}{dt}$ , и следовательно в рассматриваемом случае, дифференцируя выражение (4), получим

$$i = \frac{E_0}{\omega} \frac{1}{\sqrt{\left[L\omega - \frac{1}{\omega C}\right]^2 + R^2}} \cos(\omega t - \psi). \quad (5)$$

Наконец эдс самоиндукции  $e_L$ , возникающая на зажимах катушки самоиндукции, есть  $L = \frac{di}{dt}$ , т. е.

$$e_L = \frac{-E_0 \omega}{\sqrt{\left[L\omega - \frac{1}{\omega C}\right]^2 + R^2}} \sin(\omega t - \psi). \quad (6)$$

Легко видеть, что как амплитуда переменного заряда на обкладках конденсатора, так и амплитуда силы тока в контуре и амплитуда эдс самоиндукции—функции частоты внешней силы и параметров системы  $L$ ,  $C$  и  $R$ . При известных соотношениях между  $\omega$  и параметрами системы амплитуды эти достигают максимума—в этом случае имеет место явление  $P$ . Если достаточно медленно изменять частоту внешней силы, оставляя параметры контура неизменными, то амплитуды  $q$ ,  $i$  и  $e_L$  будут изменяться по законам, определяемым выражениями (4), (5) и (6). График, изображающий эти изменения, т. е. кривые, характеризующие зависимость амплитуд  $q$ ,  $i$  и  $e_L$  от частоты  $\omega$ , носят название кривых резонанса. Т. к. кривые  $P$ . для заряда конденсатора, силы тока в контуре и эдс самоиндукции несколько отличаются по своим свойствам, то мы рассмотрим эти кривые отдельно.

Кривая  $P$ . для заряда конденсатора (а вместе с тем и для напряжения на обкладках конденсатора  $V$ , т. к. между ними существует прямая пропорциональность:  $V = \frac{q}{C}$ ) определяется ф-лой:

$$q_0 = \frac{E_0}{\omega} \frac{1}{\sqrt{\left[L\omega - \frac{1}{\omega C}\right]^2 + R^2}} = E_0 \frac{1}{\sqrt{\left[L\omega^2 - \frac{1}{C}\right]^2 + R^2 \omega^2}}. \quad (7)$$

Максимум этой ф-ты от  $\omega$  мы найдем, дифференцируя выражение (7) по  $\omega$ :

$$\frac{\partial q_0}{\partial \omega} = -\frac{1}{2} \frac{4\omega L^2 \left[ \left( \omega^2 - \frac{1}{LC} \right) + \frac{R^2}{2L^2} \right] \cdot E_0}{\left\{ \left[ L\omega^2 - \frac{1}{C} \right]^2 + R^2 \omega^2 \right\}^{\frac{3}{2}}}$$

Это выражение обращается в нуль, если

$$\left[ \omega^2 - \frac{1}{LC} \right] + \frac{R^2}{2L^2} = 0,$$

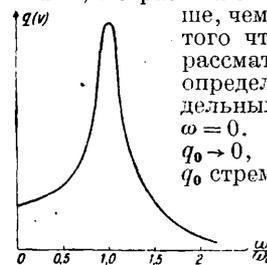
или если

$$\omega_1^2 = \omega_0^2 - 2a^2,$$

или наконец (т. к.  $\omega_1^2 = \omega_0^2 - a^2$ ), если

$$\omega_1^2 = \omega_1^2 - a^2.$$

Следовательно  $P$ . для амплитуды заряда конденсатора, а значит и для амплитуды напряжений на обкладках конденсатора наступает при частоте  $\omega_1$ , меньшей, чем частота свободных колебаний системы  $\omega_0$ , а значит и меньшей, чем частота собственных колебаний  $\omega_0$ , к-рой обладал бы контур при отсутствии затухания, но различие между  $\omega_1$  и  $\omega_0$  тем меньше, чем меньше затухание. Для



Фиг. 2.

того чтобы выяснить свойства рассматриваемой кривой  $P$ ., определим значения  $q_0$  при предельных значениях  $\omega = \infty$  и  $\omega = 0$ . При  $\omega \rightarrow \infty$  величина  $q_0 \rightarrow 0$ , а при  $\omega \rightarrow 0$  величина  $q_0$  стремится к определенному значению  $E_0 C$ . Это есть статич. заряд на обкладках конденсатора, созданный постоянным напряжением, равным  $E_0$ . Таким образом основные черты резонансной кривой для амплитуды заряда на обкладках конденсатора или, что то же самое, для амплитуды напряжений на конденсаторе следующие (фиг. 2). Максимумы эти

амплитуды достигают при внешней частоте  $\omega_i^2 = \omega_0^2 - 2a^2 = \omega_0^2 - a^2$ . При малом затухании, т. к.  $\omega_i \approx \omega_0$  значение этого максимума

$$q_{max} \approx \frac{E_0}{\omega R} = \frac{E_0 C \pi \nu}{a} = E_0 C \frac{\pi}{\delta},$$

т. е. амплитуда напряжения при  $R$ . примерно в  $\frac{\pi}{\delta}$  раз больше статического напряжения ( $\delta$  — логарифмический декремент затухания). При убывании  $\omega$  от значения  $\omega_i$  эти амплитуды падают, стремясь однако к определенному конечному значению. При возрастании  $\omega$  после значения  $\omega_i$  амплитуды снова падают, но уже стремясь к нулю.

Кривая  $R$ . для силы тока определяется следующей  $\Phi$ -лой:

$$i_0 = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + \left[ L\omega - \frac{1}{\omega C} \right]^2}}. \quad (8)$$

Максимум эта кривая достигает при условии  $\omega_i^2 = \frac{1}{LC}$  или  $\omega_i = \omega_0$ ,

т. е. когда частота внешней эдс совпадает с собственной частотой контура  $\omega_0$ , т. е. частотой, к-рой обладал бы контур при отсутствии сопротивления. При крайних значениях  $\omega \rightarrow 0$  и  $\omega \rightarrow \infty$  кривая стремится в обоих случаях к нулю, т. е. по обе стороны от  $R$ . сила тока уменьшается и спадает до нуля (фиг. 3).

В этом и заключаются основные различия между кривой  $R$ . для амплитуды силы тока и кривой  $P$ . для амплитуды напряжения на обкладках конденсатора. Положения  $R$ . для амплитуды заряда и амплитуды тока сдвинуты друг относительно друга тем меньше, чем меньше затухание  $a$ . Скорость спада кривой  $R$ . по обе стороны от максимума, т. е. «острота» кривой  $R$ . или «ширина» кривой  $P$ ., а вместе

с тем и значение той максимальной амплитуды напряжений или силы тока, которых достигают вынужденные колебания при данной амплитуде внешней силы и данной собственной частоте контура  $\omega_0$ , целиком определяется отношением  $\frac{R}{L}$ , т. е. показателем затухания  $a = \frac{R}{2L}$ . Действительно выражения (7) и (8) мы можем привести к виду:

$$q_0 = E_0 \frac{\omega_0^2 C}{\sqrt{[\omega^2 - \omega_0^2]^2 + 4a^2 \omega^2}}, \quad (7')$$

$$i_0 = E_0 \omega \frac{\omega_0^2 C}{\sqrt{[\omega^2 - \omega_0^2]^2 + 4a^2 \omega^2}}. \quad (8')$$

Параметром, существенно определяющим форму кривой  $R$ . при данном  $\omega_0$ , является  $a$ . Чем меньше  $a$ , тем быстрее спадает кривая по обе стороны от  $R$ . и тем больше те максимальные значения, к-рых достигают  $q_0$  и  $i_0$  при  $R$ . Отличаются обе кривые друг от друга только множителем  $\omega$ . Если затухание системы невелико, то область  $R$ . достаточно узка и в пределах этой области  $\omega$  мало меняется. Следовательно обе резонансные кривые мало отличаются друг от друга по форме. Кроме того, т. к. при малых  $a$  сближаются положения макси-

мумов  $\omega_i$  и  $\omega_0$ , и т. к.  $\omega_i = \omega_0 - 2a^2$ , то при малых  $a$  обе резонансные кривые для  $q_0$  и для  $i_0$  в области, близкой к  $R$ ., практически совпадают (но только в этой области, так как различие в их ходе при  $\omega$ , стремящейся к 0, конечно сохраняется всегда).

Наконец кривая  $P$ . для амплитуды эдс самоиндукции в смысле положения максимума и хода при предельных значениях  $\omega$  отличается как от той, так и от другой из рассмотренных кривых  $R$ . для напряжения и тока. Действительно кривая  $P$ . для эдс самоиндукции определяется выражением:

$$e_{L_0} = - \frac{E_0}{\sqrt{\left[ L - \frac{1}{\omega^2 C} \right]^2 + \frac{R^2}{\omega^2}}}. \quad (9)$$

Максимум эта кривая достигает при следующих соотношениях параметров контура и частоты  $\omega$ :

$$LC - \frac{R^2 C^2}{2} = \frac{1}{\omega_L^2} \quad \text{или} \quad \omega_L = \frac{\omega_0^4}{\omega_0^2 - 2a^2},$$

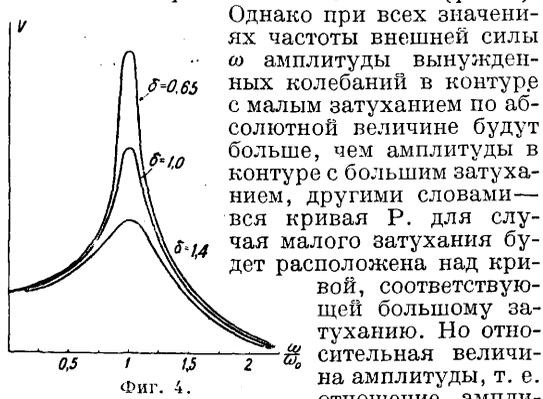
т. е. максимум эдс самоиндукции наступает при частоте  $\omega_L$ , больше, чем  $\omega_0$ , причем расстояние между  $\omega_L$  и  $\omega_0$  тем меньше, чем меньше затухание. Кривая  $P$ . для эдс самоиндукции при крайних значениях  $\omega$  стремится к нулю при  $\omega \rightarrow 0$  и к конечному значению  $E_0$  при  $\omega \rightarrow \infty$ . Выведенные свойства резонансных кривых можно подтвердить простыми физич. соображениями. Прежде всего максимумы всех трех величин  $q_0$ ,  $i_0$  и  $e_{L_0}$  д. б. сдвинуты друг относительно друга в направлении возрастающих  $\omega$ . Действительно, если  $q = q_0 \sin \omega t$ , то  $i = q_0 \omega \cos \omega t$  и  $e_L = i_0 \omega \sin \omega t$ , и если  $q_0$  при каком-то значении  $\omega$  достигает максимума, то благодаря тому, что  $\omega$  продолжает возрастать, величина  $q_0 \omega$  достигает максимума позднее, при больших значениях  $\omega$ ; по этой же причине максимум  $i_0 \omega$  д. б. сдвинут в сторону больших  $\omega$  по отношению к максимуму  $i_0$ . Точно так же легко выяснить из физич. соображений поведение резонансных кривых при крайних значениях  $\omega$ . При  $\omega \rightarrow 0$  бесконечно возрастает емкостное сопротивление, и поэтому ток стремится к нулю, при этом стремится к нулю и падение напряжения на сопротивлении. Вместе с тем при  $\omega \rightarrow 0$  падает до нуля индуктивное сопротивление, а значит и напряжение, расходуемое на преодоление эдс самоиндукции. Следовательно все напряжение внешней эдс падает на емкости. При  $\omega \rightarrow \infty$  бесконечно возрастает индуктивное сопротивление, и поэтому ток снова стремится к нулю. Вместе с тем падает до нуля емкостное сопротивление, и все напряжение внешней эдс падает на самоиндукции. Рассмотрение показывает, что явление  $R$ . во всех трех случаях наступает вовсе не при совпадении частоты внешней силы  $\omega$  с частотой свободных колебаний в системе  $\omega_1$ , а при частотах, отличающихся от частоты  $\omega_1$ , правда, отличающихся тем меньше, чем меньше затухание системы и совпадающих с частотой системы  $\omega_0$  при затухании, равном нулю. Т. о. явление  $R$ . наступает не при изохронизме (т. е. равенстве частот вынуждающей силы и свободных колебаний системы), и эти два явления не следует смешивать друг с другом. При  $R$ . амплитуды тока, когда  $\omega_1 = \omega_0$ , изохронизм также не имеет места, т. к.  $\omega$  не есть реальная физич. частота; реальное физич. значение имеет только частота свободных колебаний  $\omega_1 = \sqrt{\omega_0^2 - a^2}$ ,



Фиг. 3.

но она ни для одного из трех случаев Р. не равна частоте внешней силы. Только в идеализированной системе без трения Р. наступает при изохронизме. Форма кривой Р., ее острота, как уже сказано, зависит от затухания того колебательного контура, в котором возникают вынуждаемые колебания. Чем меньше  $\frac{R}{L}$  (т. е. чем меньше затухание контура),

тем больше, с одной стороны, те максимальные значения, к-рых достигают амплитуды вынужденных колебаний при Р., и тем быстрее, с другой стороны, спадает резонансная кривая по обе стороны от положения Р. (фиг. 4).



Фиг. 4.

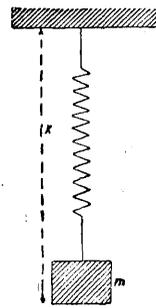
Однако при всех значениях частоты внешней силы  $\omega$  амплитуды вынужденных колебаний в контуре с малым затуханием по абсолютной величине будут больше, чем амплитуды в контуре с большим затуханием, другими словами — вся кривая Р. для случая малого затухания будет расположена над кривой, соответствующей большому затуханию. Но относительная величина амплитуды, т. е. отношение амплитуды при данной «расстройке» к амплитуде при Р., будет тем меньше, чем меньше затухание контура. Относительная величина амплитуды характеризует способность контура сильно отзываться на определенную частоту и выделять частоту, на которую он настроен, из целого спектра частот, т. е. характеризует *избирательность* (см.) колебательного контура. Поэтому для характеристики колебательного контура как *резонатора*, т. е. прибора, отзывающегося на определенные частоты сильнее, чем на все другие, все кривые Р. приводятся обычно к одному и тому же максимальному значению, к-рое принимается за единицу (т. е. по оси ординат откладывается отношение данной амплитуды к амплитуде при Р.). В этом случае кривые Р. для малого затухания лежат, наоборот, во всех точках (конечно кроме максимума, где они все касаются в одной точке) ниже кривых для большого затухания. Т. к. форма кривой Р. определяется только затуханием контура, то показатель затухания, а значит и логарифмич. декремент затухания контура  $m$  б. определен непосредственно из кривой Р. (см. *Затухание*). В области Р. при изменении частоты внешней силы одновременно с изменением амплитуды колебаний происходит изменение и сдвига фаз между внешней силой и напряжением на обкладках конденсатора. Этот сдвиг фаз определяется приведенным выше соотношением (3). Из этого соотношения видно, что вблизи Р. сдвиг фаз быстро изменяется; когда частота  $\omega$  внешней силы проходит через  $\omega_0$ , значение  $\text{tg } \psi$  становится равным  $\infty$  и меняет знак, т. е. угол сдвига фаз  $\psi$  проходит через значение  $\frac{\pi}{2}$ . При крайних значениях  $\omega$  ( $\omega \rightarrow 0$  и  $\omega \rightarrow \infty$ )  $\text{tg } \psi$  стремится соответственно к значениям  $+0$  и  $-0$ , т. е.  $\psi$  стремится к значениям  $0$  и  $\pi$ . Кривая, изображающая сдвиг фаз как ф-ию  $\omega$ , т. н. *ф а з о в а я к р и в а я*

Р., имеет вид, приведенный на фиг. 5. Из соотношения (3) следует также, что фаза изменяется в области Р. тем резче, чем меньше показатель затухания  $a$  и логарифмич. декремент  $\delta$  (фиг. 5).

Все сказанное относительно явления электрич. Р. может быть целиком перенесено на явление механич. Р. для соответствующего случая, т. е. действия синусоидальной внешней силы на «линейную» механич. колебательную систему с трением, обладающую одной степенью свободы, напр. груз, подвешенный на пружинке и движущийся в среде, сопротивление которой пропорционально скорости (фиг. 6). Ур-ие движения груза для этого случая совершенно аналогично ур-ию (1):

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + h \frac{dx}{dt} + kx = P \sin \omega t, \quad (1')$$

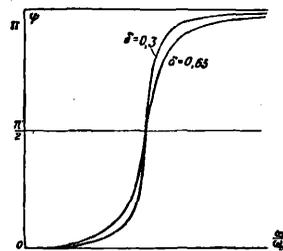
где  $m$  — масса груза,  $h$  — коэф. трения и  $k$  — упругость пружины. Зависимость амплитуд смещения  $x$ , скорости  $\frac{dx}{dt}$  и сдвига фаз от частоты  $\omega$  такова же, как и зависимость  $q$ ,  $i$  и  $\psi$  от  $\omega$  в случае электрич. Р. Если бы в рассмотренных случаях Р. мы пренебрегли затуханием системы (т. е. пренебрегли бы сопротивлением в электрич. контуре или трением в механич. системе), то для положения Р., который в этом случае наступает при  $\omega = \omega_0$ , мы получили бы бесконечно возрастающие амплитуды вынужденных колебаний. Поэтому такая идеализация колебательных систем (пренебрежение затуханием), целесообразная при



Фиг. 6.

решении вопроса о частоте свободных колебаний слабо затухающей системы, является непригодной для рассмотрения установившегося явления Р. и вообще для определения амплитуды установившихся вынужденных колебаний в области, где  $\omega$  близко к  $\omega_0$ , т. к. в этих случаях затухание играет принципиальную роль; с другой стороны, при очень больших затуханиях, когда система приближается к аperiodической (см. *Колебания электрические*), явление Р. становится мало заметным, теряет все типичные черты, к-рыми характеризуются явления в системах, слабо или во всяком случае не очень сильно затухающих.

Мы рассматривали явление Р. как установившееся явление, т. е. рассматривали тот процесс, который установится в колебательной системе по прошествии достаточного промежутка времени, когда первый член в ф-ле (2) станет достаточно малым. Сразу же после включения внешней силы колебания в системе будут иметь характер, существенно отличный от того, какой имеют установившиеся колебания. Действительно сначала в системе будут существовать два колебания, вообще говоря, имеющие различные частоты  $\omega_1$  и  $\omega_2$ . Эти колебания, складываясь, будут давать биения, причем амплитуда («глубина») биений будет уменьшаться благодаря затуханию



Фиг. 5.

колебаний частоты  $\omega_1$ . Если же  $\omega_1 = \omega$ , то биений в системе очевидно не будет, но процесс установления колебаний будет происходить по закону  $(1 - e^{-at})$ , т. е. установившаяся амплитуда вынужденных колебаний будет достигнута все же не сразу. Если бы затухания в системе не было, то нарастание амплитуды происходило бы пропорционально времени, и т. к. амплитуда при  $P$  в этом случае стремится к бесконечности, то установление  $P$  длилось бы бесконечно долго. В этом случае и для установления  $P$  затухание играет принципиальную роль, и пренебрегать им нельзя при рассмотрении процесса установления. Однако если  $a$  не очень велико, то при малых  $t$  можно  $e^{-at}$  разложить в ряд по степеням  $at$  и ограничиться первым членом, т. е. принять  $e^{-at} \approx 1 - at$ . Тогда  $1 - e^{-at} \approx at$  и нарастание колебаний вначале, пока амплитуды колебаний, а значит и потери энергии в системе малы, и при наличии затухания будет происходить примерно пропорционально времени, т. е. в начале процесса установления затухание не изменяет существенно картины, и иногда целесообразно при определении характера установления в самом начале процесса пренебрегать затуханием системы. Чем меньше затухание системы, тем больше времени потребуются на установление процесса, на то, чтобы амплитуда вынуждаемых колебаний достигла напр. 0,99 от того предельного значения, к которому она стремится при  $t \rightarrow \infty$ . Поэтому все приведенное выше рассмотрение явления  $P$  имеет смысл только в том случае, если внешняя сила соответствует достаточно длинному «отрезку синусоиды» (строго говоря—бесконечной синусоиде). Длина этого отрезка д. б. такова, чтобы за это время процесс в колебательном контуре успел установиться, т. е. должна быть тем больше, чем меньше затухание системы. Другими словами, за время  $\tau$ , к-рое определяется условием  $e^{-a\tau} \ll 1$ , никаких заметных изменений в амплитуде и частоте внешней силы не должно происходить. Если это условие не будет соблюдено, то явления, происходящие в колебательной системе, будут существенно отличаться от рассмотренных выше, напр. если при снятии кривой  $P$  изменять частоту  $\omega$  внешней силы очень быстро

(т. е. так, чтобы напр. за время  $\tau = \frac{5}{a}$  частота успела заметно измениться), то мы не получим тех кривых  $P$ , к-рые выведены выше из рассмотрения установившегося процесса. Т. о. явление  $P$  со всеми его характерными чертами нужно рассматривать как явление, наступающее не мгновенно, а устанавливающееся с известной скоростью, причем это установление требует тем большего времени, чем меньше затухание системы.

Выше рассмотрен простейший случай  $P$  при действии гармонич. внешней силы на линейную колебательную систему. Однако часто приходится рассматривать более сложные случаи как в смысле характера внешней силы, так и в смысле свойств самой колебательной системы. Прежде всего внешняя сила часто представляет собой не гармоническую, а более сложного вида силу—чисто периодическую, почти периодическую или совсем непериодическую. Почти периодической является например  $f$ -ия, представляющая собой сумму ряда гармонич.  $f$ -ий с несоизмеримыми периодами. Физически однако существенна не не-

соизмеримость в математич. смысле, а отсутствие между частотами отдельных гармонич.  $f$ -ий простых кратных отношений. Эта задача хотя и сложнее рассмотренной нами выше, но в случае линейной колебательной системы легко м. б. к ней сведена благодаря тому, что в линейных системах имеет место принцип суперпозиции. Этот принцип заключается в следующем: решение, соответствующее случаю действия суммы нескольких сил, равно сумме решений, каждое из к-рых соответствует случаю действия одной из составляющих сил. Т. о. применимость принципа суперпозиции обусловлена линейностью самой системы, т. е. тем, что параметры системы суть величины постоянные. Негармонич. внешнюю силу  $F(t)$  мы можем разложить в ряд Фурье, т. е. представить либо в виде суммы гармонич.  $f$ -ий с соизмеримыми периодами, если  $F(t)$ — $f$ -ия периодическая, либо в виде суммы гармонич.  $f$ -ий с несоизмеримыми периодами, если  $f$ -ия  $F(t)$  почти периодическая, либо наконец представить в виде интеграла Фурье, т. е. интеграла гармонич.  $f$ -ии со спектральной интенсивностью», зависящей от частоты, и распространенного на все частоты от 0 до  $\infty$ , если  $f$ -ия непериодическая (подробнее о ряде и интеграле Фурье см. *Гармонический анализ*). Решение для каждой гармонич. составляющей на к-рые разложена сила  $F(t)$ , мы можем найти по предыдущему, и благодаря линейности системы общее решение (общий характер колебаний) определится суммой всех найденных решений. Резонансные явления будут наступать в системе очевидно всякий раз, когда одна из частот гармонич. составляющих внешней силы будет приближаться к собственной частоте колебательной системы. Для наступления  $P$  необходима т. о. не близость частоты самой внешней силы, а близость частоты какой-либо из ее гармонич. составляющих к собственной частоте системы. Действительно пусть внешняя сила состоит из двух гармонич. составляющих с периодами  $\frac{T}{2}$  и  $\frac{T}{3}$ , т. е.

$$F(t) = a \sin 2\omega t + b \sin 3\omega t.$$

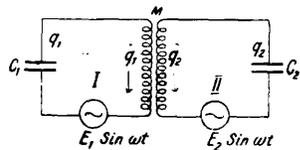
Т. к. периоды соизмеримы, то  $F(t)$  есть  $f$ -ия чисто периодическая с периодом, равным наименьшему кратному периодов составляющих  $f$ -ий, т. е. есть  $f$ -ия с периодом  $T$  и угловой частотой  $\omega$ . Резонансные явления будут однако наступать только тогда, когда собственная частота системы будет близка к частоте  $2\omega$  или  $3\omega$ . При собственной же частоте системы, близкой к частоте внешней силы  $\omega$ , никаких резонансных явлений наступать не будет. Тем более недостаточным для наступления  $P$  является условие, что частота внешней силы в целое число раз меньше, чем собственная частота системы (а период внешней силы в целое число раз больше, чем период системы). И в этом случае необходимым условием для наступления  $P$  является наличие во внешней силе гармонич. составляющей, частота к-рой близка к собственной частоте системы. Так, если внешняя сила представляет собой периодич.  $f$ -ию с периодом  $\frac{\omega}{2}$ , но содержащую только нечетные гармоники, т. е. гармонич. частоты  $\frac{\omega}{2}, \frac{3\omega}{2}, \frac{5\omega}{2}$  и т. д., то при частоте системы, близкой к  $\omega$ , никаких резонансных явлений наблюдаться не будет. Эта особая роль, к-рую играют гармонич. составляющие внешней си-

лы при  $P$ . в линейных системах, и придает особое значение и особый физич. смысл представлению  $f$ -ий в виде ряда или интеграла Фурье. Вообще говоря, всякую  $f$ -ию можно представить в виде ряда самых разнообразных  $f$ -ий, однако при рассмотрении действия внешней силы на линейную колебательную систему именно разложение на гармонические  $f$ -ии, как мы видели, приобретает особый смысл и представляет особые удобства. И т. к. в большинстве случаев мы имеем дело с линейными колебательными системами—линейными резонаторами (по крайней мере в первом приближении),—то разложение именно в ряд Фурье играет при рассмотрении колебательных процессов весьма существенную роль.

Я в л е с и я  $P$ . в н е л и н е й н ы х с и с т е м а х, т. е. в системах, параметры к-рых зависят от координат или скоростей, несравненно более сложны и подчас даже выходит из рамок того определения  $P$ ., к-рое дано в начале статьи. При этом характер явления существенно зависит от «характера нелинейности», т. е. от того, какие именно параметры системы не остаются величинами постоянными и зависят напр. от координат или скоростей. В этом смысле следует различать два случая. 1) Нелинейность в параметрах, существенно определяющих собственную частоту системы (т. е. зависимость этих параметров от координат или скоростей) в емкости и самоиндукции для электрич. систем или в упругости и массе (или моменте инерции) для механич. систем. Такие системы нередко встречаются на практике. Примером емкости, величина к-рой зависит от заряда, может служить конденсатор с диэлектриком из сегнетовой соли, а самоиндукции, величина которой зависит от силы тока,—катушка с железным сердечником. В механич. системах особенно часто встречаются случаи переменной упругости, вообще переменной восстанавливающей силы. Примером этого могут служить обычный маятник при больших амплитудах, пружина при столь больших отклонениях, при к-рых нарушается закон Гука, и т. д. Во всех этих случаях частота собственных колебаний системы зависит от амплитуды колебаний, и термин «собственная частота системы» теряет свою определенность. Вместе с тем и явления  $P$ . приобретают совершенно иной характер. В некоторых случаях явления  $P$ ., в смысле наступления резкого максимума амплитуды вынужденных колебаний при определенной частоте внешней силы, вообще не наступает. Зато, с другой стороны, наступают новые явления—неустойчивые положения, срывы, резкое скачкообразное изменение амплитуды и фазы вынужденного колебания. 2) Переменное сопротивление в электрич. системах («неомические» проводники) и переменное трение в механических системах. Примером таких систем могут служить колебательный контур, в к-рый включена нить, накаливаемая током ( $I$ ), а значит и сопротивление нити, зависит от силы тока), регенератор (см.), т. е. колебательный контур с электронной лампой и обратной связью, механич. колебательная система с трением (напр. в подшипнике), зависящим от скорости, и т. д. В этих случаях, если трение не достигает слишком больших значений, т. ч. система не слишком сильно затухает при всех значениях амплитуд вынужденных колебаний, явление  $P$ . качественно

в общих чертах сохраняет свой характер, но количественные соотношения существенно изменяются. Прежде всего, т. к. трение и затухание переменное, то понятия о показателе затухания и логарифмич. декременте затухания теряют смысл. Вместе с тем искажается и форма кривых  $P$ .—она уже не соответствует той теоретич. форме резонансных кривых, которая была получена для линейных систем. Обычно в таких системах трение, а значит и затухание, возрастает с возрастанием амплитуд. При этом уменьшается и резкость резонансных явлений, кривые  $P$ . при увеличении амплитуды внешней силы притупляются. Другими словами, избирательность резонатора с увеличением амплитуды падает. Это обстоятельство играет часто весьма существенную роль (см. *Избирательность*). В нелинейных системах, создающих незатухающие колебания, также происходят явления, имеющие в нек-рых случаях много общего с  $P$ ., однако под строгое определение  $P$ . эти явления во всяком случае не подходят. Вообще же исследование явления  $P$ . в нелинейных системах представляет большие математич. трудности даже для случая гармонич. внешней силы. В случае же негармонич. внешней силы эти трудности еще более возрастают, т. к. принцип суперпозиции не имеет места в нелинейных системах. Вследствие этого исследовать строго явления  $P$ . в нелинейных системах удается только в наиболее простых случаях.

$P$ . в с в я з а н н ы х с и с т е м а х. Резонансные явления существуют не только в случае систем с одной степенью свободы, но и в системах, обладающих многими степенями свободы, в частности в *связанных системах* (см.). Однако строгое решение задачи не только о вынужденных колебаниях, но даже и о собственных колебаниях связанных систем встречает большие трудности, если учитывать затухание системы. Поэтому при рассмотрении явления  $P$ . обычно идеализируют задачу, пренебрегая затуханием системы. При этом надо иметь в виду, что в случае точного  $P$ . вследствие пренебрежения затуханием системы амплитуды вынужденных колебаний стремятся к  $\infty$  и установившихся решений не существует. Поэтому, пренебрегая трением, мы отказываемся от ответа на вопрос об амплитуде вынужденных колебаний и характере установившегося процесса. Но если затухание в системе достаточно мало, то установить общий характер явления и положения, при к-рых наступает  $P$ ., можно с достаточной степенью точности, рассматривая идеализированную задачу, т. е. пренебрегая трением; при этом мы рассматриваем установившийся процесс, т. е.



Фиг. 7.

полагаем, что явление в системе устанавливается за конечный промежуток времени и что собственные колебания в системе все же затухают. Для двух связанных систем, напр. двух индуктивно связанных электрич. контуров, настроенных каждый в отдельности, вообще говоря, на разные частоты, наиболее общим случаем действия внешней силы является случай, когда внешняя сила действует на обе связанные системы (фиг. 7), причем амплитуда эдс, создаваемой внешней силой в

обоих контурах, м. б. различна. Обозначим эти амплитуды соответственно через  $E_1$  и  $E_2$ . Тогда на основании закона Кирхгофа ур-ия для рассматриваемой системы напишутся след. обр.:

$$1) L_1 \ddot{q}_1 + M \ddot{q}_2 + \frac{q_1}{C_1} = E_1 \sin \omega t, \quad (10)$$

$$2) L_2 \ddot{q}_2 + M \ddot{q}_1 + \frac{q_2}{C_2} = E_2 \sin \omega t. \quad (11)$$

Установившиеся решения этих ур-ий мы ищем в виде

$$q_1 = a_1 \sin \omega t \text{ и } q_2 = a_2 \sin \omega t.$$

Подставляя эти решения в (10) и (11), получим характеристические ур-ия:

$$\left[ \frac{1}{C_1} - L_1 \omega^2 \right] a_1 - M \omega^2 a_2 = E_1, \quad (12)$$

$$- M \omega^2 a_1 + \left[ \frac{1}{C_2} - L_2 \omega^2 \right] a_2 = E_2. \quad (13)$$

Определяя из этих ур-ий значения  $a_1$  и  $a_2$ , мы получим их в виде отношения детерминантов:

$$a_1 = \frac{\begin{vmatrix} E_1 & -M\omega^2 \\ E_2 & \left[ \frac{1}{C_2} - L_2 \omega^2 \right] \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \left[ \frac{1}{C_1} - L_1 \omega^2 \right] & -M\omega^2 \\ -M\omega^2 & \left[ \frac{1}{C_2} - L_2 \omega^2 \right] \end{vmatrix}}, \quad (14)$$

$$a_2 = \frac{\begin{vmatrix} \left[ \frac{1}{C_1} - L_1 \omega^2 \right] E_1 \\ -M\omega^2 E_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \left[ \frac{1}{C_1} - L_1 \omega^2 \right] & -M\omega^2 \\ -M\omega^2 & \left[ \frac{1}{C_2} - L_2 \omega^2 \right] \end{vmatrix}}, \quad (15)$$

причем детерминант, стоящий в знаменателе выражений (14) и (15), д. б. отличен от нуля [если он равен нулю, то ур-ия (12) и (13) не имеют решений, т. е. ур-ия (10) и (11) не имеют установившихся решений]. Если детерминант, стоящий в знаменателе выражений (14) и (15), стремится к нулю, то амплитуды вынужденных колебаний стремятся к бесконечности (если числители не обращаются в нуль). В этом случае и наступает явление Р. Но, приравнявая нулю детерминант, стоящий в знаменателе, получаем ур-ие:

$$\left| \begin{vmatrix} \left[ \frac{1}{C_1} - L_1 \omega^2 \right] - M\omega^2 \\ -M\omega^2 \left[ \frac{1}{C_2} - L_2 \omega^2 \right] \end{vmatrix} \right| = 0, \quad (16)$$

к-рое представляет собой характеристич. уравнение системы ур-ий (10) и (11) для случая  $E_1 = E_2 = 0$ , т. е. для случая свободных колебаний связанных систем. Это ур-ие («вековое» ур-ие) определяет частоты связанных («нормальных») колебаний в двух связанных системах, которые отличаются от собственных частот («парциальных») каждой из систем, когда другая система на нее не действует (см. *Связанные колебания*). Следовательно амплитуды вынужденных колебаний стремятся к  $\infty$ , т. е. Р. наступает, когда частота внешней силы совпадает с одной из частот связанных колебаний (нормальных частот), а не с одной из собственных (парциальных) частот, свойственных каждой из систем при отсутствии воздействия на нее другой системы.

Конечно вследствие наличия затухания амплитуды возрастают только до некоторой конечной величины, и кроме того положение Р. несколько смещается. Но при малом затухании практически можно считать, что Р. на-

ступает при совпадении частоты внешней силы с каждой из частот связанных колебаний. Частота же, к-рой обладает одна система при отсутствии воздействия на нее другой системы, т. е. парциальная частота системы, не играет в этом случае никакой физич. роли; при совпадении частоты внешней силы с одной из этих парциальных частот Р. и вообще никаких особых явлений не наступает, кроме одного специального случая, когда знаменатель не обращается в нуль, но зато обращается в нуль числитель какого-либо из выражений для амплитуды, т. е. (14) или (15). Этого можно достигнуть, если одна из амплитуд, напр.  $E_2$ , равна нулю (т. е. эдс создается только в одном контуре I). Если при этом подобрать такие условия, чтобы

$$\left[ \frac{1}{C_2} - L_2 \omega^2 \right] = 0, \text{ или } \frac{1}{L_2 C_2} = \omega^2,$$

т. е. настроить контур II на частоту внешней эдс, то числитель в выражении для  $a$  обратится в нуль, и следовательно вынужденные колебания в контуре I будут отсутствовать. При этом в контуре II будут происходить колебания, амплитуду к-рых мы можем определить из условий:  $E_2 = 0$  и  $\left[ \frac{1}{C_1} - L_1 \omega^2 \right] = 0$ . Подставляя эти соотношения в выражение (15), получим

$$a_2 = - \frac{E_1}{M \omega^2}.$$

Таким образом, если настроить два связанных контура на разные парциальные частоты и действовать на контур I внешней эдс с частотой, на которую настроен контур II, т. е. с парциальной частотой этого контура, то в контуре I колебаний не будет, а в контуре II амплитуда будет иметь конечную величину, несмотря на отсутствие затухания в системе. В этом специальном случае особые явления наступают при совпадении частоты внешней эдс с собственной «парциальной» частотой одного из контуров. Однако это явление нельзя называть Р., т. к. оно не подходит под наше определение. Это—своеобразное явление «обратного» Р., при к-ром амплитуда вынужденных колебаний не возрастает до бесконечности, а, наоборот, спадает до нуля в контуре I. Физически совершенно ясно, почему это происходит. Мы выбрали такие специальные условия, при к-рых вынужденные колебания, происходящие в контуре II, действуя обратно на контур I, как-раз компенсируют воздействие внешней эдс на этот контур. Только в этом специальном случае физич. роль играет не частота связанных «нормальных» колебаний, а собственная «парциальная» частота одного из контуров. Конечно вследствие затухания резкость этого явления притупляется. Амплитуда в контуре I не обращается в нуль, но лишь становится очень малой, причем для этого необходимо, чтобы разница в частотах контуров I и II была не слишком мала. Этот особый случай, к-рый не следует называть Р., находит весьма широкое применение в технике. Он используется в электрич. фильтрах, стопорных и отсасывающих, в механич. успокоителях разного типа, напр. в танке Фрама, применяемом для уменьшения качки кораблей, и т. д. В связанных системах возможен и другой специальный случай, когда несмотря на совпадение частоты внешней эдс с одной из частот связанных колебаний, Р. вообще не наступает. Это

имеет место в том случае, когда одновременно с знаменателем обращается в нуль и числитель в обоих выражениях (14) и (15). Достигнуть этого можно путем соответствующего подбора напр. величины  $E_2$ , если величина  $E_1$  дана заранее (подбор этот надо производить для каждого значения  $\omega$ ). Т. о. при воздействии внешней силы на одну из систем можно избгнуть Р., подбирая известным образом характер воздействия внешней силы на вторую систему. Условия, которые при этом д. б. соблюдены,—это условия ортогональности вектора внешней силы и вектора собственных колебаний в системе. Физически это значит, что воздействие внешней силы на один контур компенсируется воздействием на этот контур со стороны другого контура, т. е. что энергия источника внешней эдс не может переходить в систему. Этот последний случай является специфичным для систем, обладающих более чем одной степенью свободы. Здесь существенно новым является вопрос о точке приложения, или «законе распределения», внешней силы. В системах с одной степенью свободы такой вопрос вообще возникнуть не может.

Благодаря тому, что в рассматриваемом нами случае связанных линейных систем принцип суперпозиции имеет место, рассмотрение явления Р. в связанных системах при действии негармонич. внешней силы м. б. произведено таким же образом, как и в системе с одной степенью свободы, т. е. разложением внешней силы в ряд Фурье. При увеличении числа связанных систем явление Р. еще более усложняется. Практически важный случай применения большого числа связанных контуров представляют собой т. н. многоячеечные резонансные фильтры (см. *Избирательность*). Происходящие в них резонансные явления принципиально не отличаются от рассмотренных выше, с той лишь разницей, что в многоячеечном фильтре с  $n$  степенями свободы существует  $n$  нормальных частот, и Р. наступает всякий раз при приближении гармонической частоты внешней силы к одной из нормальных частот.

Р. в сплошных системах. В сплошных системах (системах с распределенными параметрами), например антенна, струна, явления Р. сохраняют все свои типичные черты, однако к этим чертам прибавляются существенно новые. Система с распределенными параметрами обладает бесконечным числом собственных частот, и явление Р. может наступить всякий раз, когда одна из гармонич. частот, содержащихся во внешней силе, приближается к одной из этих собственных частот системы. Кроме того в системах с распределенными постоянными существенную роль играет вопрос, возникающий в более простой форме уже в двух связанных системах, о распределении внешней силы или о точке приложения внешней силы, если возбуждение колебаний происходит в одной точке. Так, в случае возбуждения колебаний в одной точке Р. не наступает, если точка приложения внешней силы расположена в узле токи из собственных колебаний системы, с частотой к-рого совпадает частота гармонич. внешней силы. Р. также не наступает, если внешняя сила ортогональна к собственному колебанию, частота к-рого совпадает с частотой внешней силы. Вопрос о резонансных явлениях в сплошной

системе под действием негармонич. внешней силы в случае линейности системы решается так же, как и в линейных системах с сосредоточенными параметрами, т. е. разложением внешней силы в ряд.

Р. часто называют также случай совпадения собственных парциальных частот в связанных системах. При собственных свободных колебаниях в связанных системах действительно в этом случае наступают явления, имеющие много общего с явлением Р. Однако в точности под определение Р. случай свободных колебаний при совпадении парциальных частот не подходит. По существу он представляет собой лишь особый случай свободных колебаний в связанных системах.

Лит.: Эйхенвальд А. А., Теоретич. физика, ч. 2, М.—Л., 1930; е го же, Теоретич. физика, ч. 6, М.—Л., 1931; Тимошенко С. П., Теория колебаний в инженерном деле, пер. с англ., М.—Л., 1931; Френкель А., Теория переменных токов, М., 1928; Rayleigh, The Theory of Sound, 3 ed., v. 2, L., 1929; Норт W., Technische Schwingungslehre, 2 Aufl., В., 1922; Олденорф F., Die Grundlagen d. Hochfrequenztechnik, В., 1926. С. Хайкин.

**Р. параметрический** (параметрическое возбуждение, гетеро- и автопараметрическое возбуждение, Р. 2-го рода), возбуждение электрич. колебаний при помощи периодич. изменения параметров в контуре, в котором эти колебания происходят. Если в колебательной системе (электрическая колебательная цепь, маятник, струна и т. п.) происходит периодич. изменение параметров (электрич. емкости, самоиндукции, длины маятника, силы тяжести, натяжения струны), то при соблюдении некоторых ниже рассмотренных условий колебания системы, которые при постоянных параметрах были бы затухающими или незначительными по величине незатухающими, становятся нарастающими и стремятся к некоторому стационарному состоянию. Такое явление целесообразно (хотя еще и не общепринято) назвать параметрическим возбуждением. Для выяснения сущности этого явления рассмотрим электрич. колебательную систему, состоящую из емкости  $C$  и самоиндукции. В тот момент, когда ток в контуре нуль, увеличим несколько (на  $\Delta C$ ) емкость конденсаторов. При этом мы совершим работу  $\frac{Q^2 \Delta C}{2C^2}$ . Через  $1/4$  периода, когда  $Q=0$ ,

вернемся к первоначальному значению  $C$ , что возможно сделать, не совершая никакой работы. Эти операции повторим спясть через  $1/2$  и  $3/4$  периода. Мы т. о. за время одного колебания (цикла) системы затратили определенную работу, за счет которой очевидно должна увеличиться амплитуда колебаний. Продолжая такое периодич. изменение параметра (емкости), мы заставляем амплитуду колебаний непрерывно возрастать (параметрич. возбуждение). При наличии затухания вкладываемая в систему работа д. б. больше потерь в ней, т. е.

$$\frac{\Delta C}{2C^2} Q^2 > RI^2 \frac{T}{4},$$

где  $R$  есть активное сопротивление системы, или, т. к.  $I = Q\omega$ ,

$$\frac{\Delta C}{2C} > \frac{\delta}{2}, \quad (1)$$

где  $\delta$  есть логарифмический декремент:

$$\delta = \frac{R}{2L} \cdot T.$$

Так. обр. характерными чертами процесса являются: 1) двукратное изменение параметра в течение одного полного колебания—параметрический резонанс, 2) определенное соотношение между относительным изменением параметра и логарифмич. декрементом свободных колебаний возбуждаемой системы. Совершенно аналогичное явление—непрерывное нарастание колебаний—мы получаем в маятнике, изменяя периодически его длину. На том же основано раскачивание качели самим качающимся (периодич. изменение момента инерции и момента вращения). Во всех этих случаях имеем дело с возбуждением колебаний при помощи периодического изменения параметров, причем это изменение производится внешним, чуждым системе агентом. Поэтому такое возбуждение колебаний, в отличие от рассматриваемого ниже, целесообразно назвать гетеропараметрическим. Явление параметрич. Р. в физике известно уже давно. Как показал Мельде в 1880 г., можно, изменяя периодически натяжение струны с периодом, равным половине периода собственных колебаний струны, привести ее в интенсивные поперечные колебания. Теория явления гетеропараметрич. возбуждения приводит к дифференциальному уравнению с периодич. коэф.-тами. Напр. в случае периодич. изменения емкости электрич. колебательной системы по закону

$$C = \frac{C_0}{1 + q \cos 2\omega t}$$

это дифференциальное ур-ие имеет вид:

$$L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{1 + q \cos 2\omega t}{C_0} \int i dt = 0. \quad (2)$$

Подстановкой  $ye^{-at} = \int i dt$ ,  $x = \omega t$  это ур-ие приводится к виду:

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \mu^2 (1 + m \cos 2x) y = 0, \quad (3)$$

где

$$m = q \frac{\omega_0^2 + a^2}{\omega_0^2}; \quad \mu = \frac{\omega_0}{\omega};$$

$$2\alpha = \frac{R}{L}; \quad \omega_0^2 + a^2 = \frac{1}{LC_0}.$$

Решение этого ур-ия, называемого ур-ием Матье и соответствующего колебательной системе без затухания ( $a=0$ ), может быть представлено в зависимости от значений  $\mu$  и  $m$  либо в виде:

$$y = A \cos \beta x \cdot \psi_1(x) + B \sin \beta x \psi_2(x) \quad (4)$$

либо в виде:

$$y = Ae^{-kx} \varphi(x) + Be^{kx} \varphi(-x), \quad (5)$$

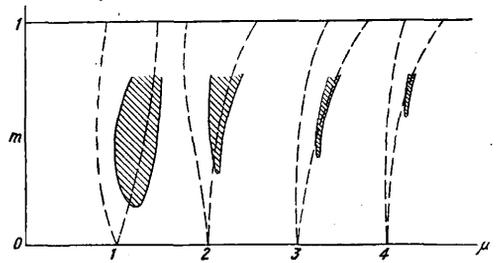
где  $\psi_1(x)$ ,  $\psi_2(x)$ ,  $\varphi(x)$ —периодические ф-ии с периодом  $\pi$  (или  $2\pi$ ),  $\beta$  и  $k$ —нек-рые ф-ии от  $\mu$  и  $m$ , а  $A$  и  $B$ —константы интегрирования, определяемые начальными условиями. В то время как решения типа (4) приводят к колебаниям конечной величины (стационарные решения), решения вида (5) благодаря наличию члена  $Be^{kx}\varphi(-x)$  дают значения, возрастающие с увеличением  $x$  (т. е.  $t$ ). Такие решения называются нестационарными. Совокупность значений  $\mu$  и  $m$ , при к-рых получаются нестационарные решения, можно графически представить на плоскости ( $\mu, m$ ) в виде областей, обведенных пунктиром (фиг. 8). Для  $m$  малых возбуждение наступает только вблизи значений  $\mu = 1, 2, 3, \dots$  (параметрический Р.). Исходя из этих свойств ур-ия Матье и зависимости

$$\int i dt = ye^{-\frac{a}{\omega} \mu x},$$

получаем, что ур-ие (2) может иметь решения, возрастающие с  $x$  (что соответствует возбуждению колебаний) только для типа (5). В этом случае.

$$\int i dt = Ae^{-\left(k + \frac{a}{\omega_0} \mu\right) x} \varphi(x) + Be^{-\left(k - \frac{a}{\omega_0} \mu\right) x} \varphi(-x),$$

т. е. имеем нестационарные решения только при  $k - \frac{a}{\omega_0} > 0$ . Т. о. наличие затухания ( $a \neq 0$ ) уменьшает области неустойчивости (фиг. 8, где эти области заштрихованы). Границы пер-



Фиг. 8.

вой области неустойчивости, практически наиболее важной, определяются соотношением:

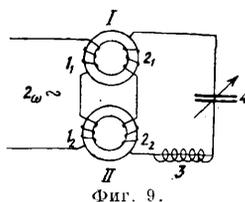
$$\mu^2 = 1 \pm \sqrt{\frac{m^2}{4} - \frac{\delta^2}{\pi^2}}, \quad (6)$$

откуда вытекает как условие возбуждения при синусоидальном изменении параметра:

$$m > \frac{2\delta}{\pi}. \quad (7)$$

Передавая существенные стороны процесса возникновения колебаний при параметрич. возбуждении, линейное дифференциальное ур-ие с периодич. коэф.-тами не может однако полностью описать всего явления, напр. определить величину стационарной амплитуды колебаний. Для этого необходима более углубленная теория, основанная на рассмотрении нелинейных обыкновенных дифференциальных ур-ий с периодич. коэф.-тами. Особое значение приобрели явления параметрич. возбуждения в электрич. системах в связи с возможностью легко изменить параметры этих систем, а также осуществлять системы с малым затуханием, необходимым для выполнения условия (7). Относящиеся сюда работы произведены гл. обр. в Центральной радиолaborатории Всесоюзного электротехнич. объединения под руководством Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси.

Примером осуществления гетеропараметрич. возбуждения в электрич. системе может служить схема фиг. 9.

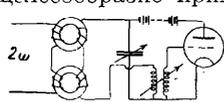


Фиг. 9.

Здесь изменение самоиндукции контура достигается пропусканием тока частоты  $\omega$  через первичные обмотки  $I_1$  и  $I_2$  двух последовательно соединенных тежде-ственных трансформаторов—с железными сердечниками (из тонко подразделенного железа для высокой частоты), вторичные обмотки  $2_1$  и  $2_2$  к-рых включены в контур друг против друга. При таком включении в контуре не наводятся эдс, и действие первичного переменного тока выражается только в обусловленном изменением намагничивания сердеч-

никами (из тонко подразделенного железа для высокой частоты), вторичные обмотки  $2_1$  и  $2_2$  к-рых включены в контур друг против друга. При таком включении в контуре не наводятся эдс, и действие первичного переменного тока выражается только в обусловленном изменением намагничивания сердеч-

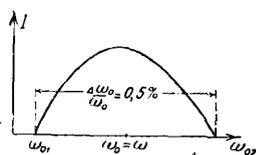
ника периодич. (с частотой  $2\omega$ ) изменении эффективного коэф-та самоиндукции колебательной системы, которая при настройке на частоту  $\omega$  или близкую к ней приходит в параметрич. Р. Для соответствующей подгонки коэффициента затухания согласно условию (7) целесообразно применять (фиг. 10) принцип



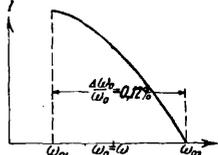
Фиг. 10.

обратной связи (см.). Величина стационарной амплитуды колебаний обуславливается здесь зависимостью самоиндукции (железо) и величины регенерации от амплитуды.

Кривые зависимости амплитуды параметрически возбужденных колебаний от расстройки контура (кривые гетеропараметрич. Р.—фиг. 11 и 12) существенно отличаются от обычных резонансных кривых. Главной особенностью их является помимо формы возбуждение колебаний только в вполне определенном интервале частот, соот-



Фиг. 11.



Фиг. 12.

ветствующем интервалу неустойчивости, на границах к-рого амплитуда внезапно резко, иногда скачком, увеличивается (фиг. 12).

В последнее время в Гос. физико-технич. институте (1931 г.) удалось возбудить в колебательной системе в отсутствие каких-либо эдс одним механич. периодич. изменением самоиндукции мощные электрич. колебания (порядка кВ) и т. о. осуществить новый род генератора переменного тока. Такое механич. возбуждение электрич. колебаний представляет физический интерес, между прочим потому, что для самовозбуждения принципиально достаточно наличия только т. н. самопроизвольных флуктуаций токов и напряжений.

Кроме рассмотренного явления гетеропараметрич. возбуждения в тесной связи с ним находится другой род параметрич. возбуждения, вызываемый действием внешних периодич. эдс на колебательные системы, параметры к-рых зависят от амплитуды тока или напряжения (сопротивления, образованные электронными лампами, самоиндукция с железом, емкости с диэлектриком, диэлектрич. постоянная к-рых, как у кристаллов сегнетовой соли, зависит от напряжения, и т. д.). Если напр., как в случае недовозбужденного регенеративного приемника, зависимость сопротивления колебательного контура от тока выразится через

$$R = R_0(1 + \beta i - \gamma i^2),$$

то тогда при действии на контур эдс  $E \sin 2\omega t$  и настройке на частоту  $\omega$  в нем возникают незатухающие колебания частоты  $\omega$ . Краткая теория этого явления для установившегося состояния заключается в следующем: дифференциальное ур-е, управляющее процессом, имеет вид:

$$L \frac{di}{dt} + R_0(i + \beta i^2 - \gamma i^3) + \frac{1}{C} \int i dt = E \sin 2\omega t.$$

После подстановки:

$$\omega t = \tau, \quad 2\theta_0 = \frac{R_0}{L\omega}, \quad \xi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{\omega_0^2},$$

где  $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$ , и дифференцирования по  $\tau$  это ур-е принимает вид:

$$\frac{d^2i}{d\tau^2} + i = -2\theta_0(1 + 2\beta i - 3\gamma i^2) \frac{di}{d\tau} + \xi + \frac{2E}{L\omega} \cos 2\tau. \quad (8)$$

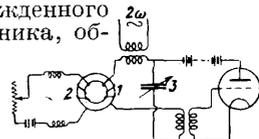
Согласно свойствам дифференциальных ур-ий, развитых Пуанкаре, справедливо следующее. Если дифференциальное ур-е типа (8), зависящее от малого параметра (в данном случае  $\theta_0$  и  $\xi$ ), допускает при  $\theta_0=0$  и  $\xi=0$  периодич. решение или семейство периодич. решений, то, вообще говоря, и при  $\theta_0 \neq 0$  и  $\xi \neq 0$  (но достаточно малых) это уравнение также имеет периодич. решение с тем же периодом, соседнее одному из этих решений. Можно показать, что эти выводы применимы к данному ур-ию (8). И т. к. при  $\theta_0=0$  и  $\xi=0$  ур-е (8) переходит в

$$\frac{d^2i}{d\tau^2} + i = \frac{2E}{L\omega} \cos 2\tau,$$

к-рое имеет периодич. решение

$$i = a \sin \tau - b \cos \tau - \frac{2E}{3L\omega} \cos 2\tau,$$

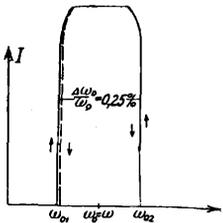
то и решение ур-ия (8), соседнее с этим, м. б. представлено в виде гармонич. ряда, основной период которого в два раза больше периода действующей эдс, т. е. является субгармоникой ее. Такое явление возбуждения колебаний в электрической колебательной цепи гармонич. эдс при настройке цепи на субгармонику этой эдс имеет место только вблизи этой настройки, причем область возбуждения тем шире, чем больше амплитуда эдс. Этот результат можно распространить на случай более сложной зависимости параметра от тока или напряжения, причем, смотря по роду этой зависимости, можно получить ту или иную субгармонику действующей эдс. Т. к. сущность этого явления несомненно заключается в изменении параметра цепи, обуславливаемом собственными токами или напряжениями цепи, то такой род параметрического возбуждения колебаний целесообразно назвать а в т о п а р а м е т р и ч е с к и м в отличие от гетеропараметрич. возбуждения. Рассматривая весь процесс в целом и учитывая наступление сильного эффекта при настройке на половинную (вообще  $\frac{1}{n}$ ) часть частоты действующей эдс, явление автопараметрич. возбуждения иногда называют также Р. 2-го рода (вообще  $n$ -го). Очень эффективной схемой для получения автопараметрич. колебаний является схема недовозбужденного регенеративного приемника, обратная связь которого устанавливается меньше критической. Другим примером может служить схема, представленная на фиг. 13.



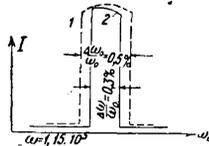
Фиг. 13.

Здесь необходимая для требуемого эффекта зависимость параметра от тока достигается самоиндукцией с железным сердечником, нужная степень подмагничивания к-рого устанавливается постоянным током через обмотку 2. При соответствующей настройке контура (1, 3) и правильной подгонке коэф-та затухания, что достигается и здесь использованием принципа обратной связи, в контуре возникают интенсивные колебания частоты  $\omega$ . На фиг. 14—17 изображены различные типы кривых зависимости амплитуды, получающихся при автопараметрич. возбуждении колебаний (I) от расстройки (кривые Р. 2-го рода). Здесь мы также имеем возбуждение в строго ограни-

ченных интервалах частот ок.  $\omega_0 = \omega$ , причем на границах этих интервалов происходит быстрое возрастание амплитуды колебаний (фиг. 17), к-рое в нек-рых случаях

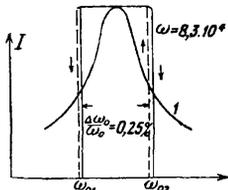


Фиг. 14.

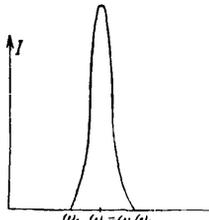


Фиг. 15.

превращается в резкий скачок (фиг. 14, 15, 16). В последних случаях кривая возбуждения имеет П-образную форму, резко отличающуюся от обычной резонансной кривой (фиг. 16, кривая 1). Следует особо отметить, что в отличие от обычного Р. при изменении амплитуды действующей эдс в широких пределах изменяется лишь величина области возбуждения, амплитуда же автопараметрич. колебаний остается почти неизменной (фиг. 15; амплитуда эдс для кривой 1 почти вдвое больше, чем для кривой 2). Явления гетеро-автопараметрич.



Фиг. 16.



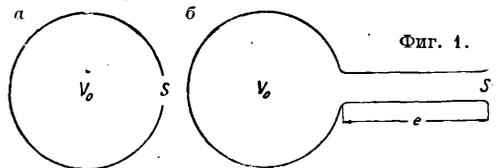
Фиг. 17.

возбуждения допускают различные практич. применения, из которых можно указать на параметрич. генератор переменного тока, деление частоты и освобождение от атмосферных помех при радиоприеме.

Лит.: Ляпунов А., Общая задача об устойчивости движения, Харьков, 1892; Гурса Э., Курс теоретич. анализа, т. 2, ч. 1—2, М.—П., 1923; Андронов и Леонтович, Колебания систем с меняющимися параметрами, «ЖРФХО», часть физич., 1927, стр. 429—442; Палаксис Н., О некоторых современных проблемах в области колебаний, «Успехи физич. наук», М.—Л., 1931; Мандельштам Л., Некоторые современные проблемы теории колебаний, Доклад на конференции по колебаниям, М., 1931; Палаксис Н., Воздействие на авто- и потенциально-автоколебательные системы, Доклад на конференции по колебаниям, Труды конференции, М., 1931; Horn W., Gewöhnliche Differentialgleichungen, 2 Aufl., В., 1927; Poincaré H., Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste, t. 2, P., 1894, t. 3, P., 1899; Whittaker E. T. a. Watson G. N., Course of Modern Analysis, N. Y., 1927; Timoshenko S., Vibration Problems in Engineering, p. 87—108, N. Y., 1928; Rayleigh, On Maintained Vibrations, «The Philosophical Magazine», L., 1883, v. 15, p. 229—235; Rayleigh, On the Maintenance of Vibrations by Forces of Double Frequency, ibid., 1887, v. 24, p. 145—159; Rayleigh, Theory of Sound, 3 ed., v. 1, L., 1929; Heegner K., Selbsterregungserscheinungen bei Systemen mit gestörter Superposition, «Ztschr. f. Physik», Berlin, 1924, В. 29, p. 91, 1926, В. 33, p. 85; V a n d e r P o l, a. Strutt M., On the Stability of Solutions of Mathieu's Equations, «The Philosophical Magazine», L., 1928; Koga L., A New Frequency Transformer or Frequency Changer, «Proceedings of the Institute of Radio Engin.», New York, 1927, v. 15, p. 669; Winter-Günther, Über selbsterregte Schwingungen in Kreisen mit Eisenkernspulen, «Jahrbuch d. drahtlosn Telegraphie u. Telephonie», v. 34, Berlin, 1929, p. 42; C r o s z k o w s k i I., Frequency Division, «Proceedings of the Institute of Radio Engin.», N. Y., 1930, v. 18, p. 1960; M a n d e l s t a m L. u. P a p a l e x i N., Über Resonanzerscheinungen bei Frequenzteilung, «Ztschr. f. Physik», Brschw.—В., 1931, В. 73, p. 223—248. **Н. Палаксис.**

**РЕЗОНАТОР.** Всякой механич. системе, обладающей упругостью и массой и способной совершать колебания, присуще свойство резонанса (см.), заключающееся в том, что под действием вынуждающей периодич. силы система приходит в наиболее сильные колебания тогда, когда частота вынуждающей силы равна частоте собственных колебаний этой системы. Подобные системы называются резонаторами. Ниже описываются акустические Р. Из Р. практический интерес представляют: струны, стержни (камертоны), мембраны, пластинки и воздушные полости. Здесь рассматриваются лишь воздушные полости, т. к. термин «акустический резонатор» обычно относят именно к Р. в форме воздушной полости; другие виды Р.—см. *Камертон, Мембрана, Резонанс.*

Воздушные Р. изучены подробно Гельмгольцем [1] и Релеем [2]. Общеупотребительная форма сферического Р. (фиг. 1, а)



Фиг. 1.

предложена впервые Гельмгольцем; процесс колебания такого Р. поддается элементарному расчету [3]. Упругость  $e$  данной системы обусловлена тем, что внутренний объем  $V_0$  при сжатии или расширении оказывает реакцию, к-рая пропорциональна смещению  $\xi$  частиц воздуха в устье  $S$ ; в первом приближении можно предположить, что все сечение воздуха в устье Р. движется как цельный поршень, к-рому и относится величина  $\xi$  смещения. Форма внутреннего объема  $V_0$  при расчете упругости роли не играет, она м. б. шаровая, цилиндрическая и т. п. Считая, что при акустических колебаниях справедливо адиабатное ур-ие состояния  $p \cdot v^\gamma = \text{Const}$ , где  $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$ , найдем, что упругая сила  $\Phi$  объема будет

$$\Phi = \frac{\gamma \cdot p_0 \cdot S^2}{V_0} \cdot \xi;$$

в виду того, что скорость звука  $c = \sqrt{\frac{p_0 \gamma}{\rho}}$ , где  $\rho$ —плотность воздуха, то  $\gamma p_0 = \rho c^2$ . Таким образом упругая сила

$$\Phi = \frac{\rho c^2 S^2}{V_0} \cdot \xi = e \xi \left( e = \frac{\rho c^2 S^2}{V_0} \right).$$

Колеблющаяся масса в случае резонатора (фиг. 1, б) будет равна  $m = S l \rho$ , т. к. наибольшие скорости частиц имеют место в горле Р. Сопротивление, которое встречает система в данном случае, обусловлено преимущественно потерями на излучение (потери на трение относительно очень малы). Для случая длинных волн сопротивление излучения будет

$$r = \frac{\rho \omega^2 S^2}{4\pi c},$$

где  $\omega$ —круговая частота (см. *Звук*). Уравнение движения Р. будет т. о. иметь вид:

$$m \frac{d^2 \xi}{dt^2} + r \frac{d \xi}{dt} + e \xi = F, \quad (1)$$

где  $F$ —внешняя сила, действующая на Р. Собственная частота Р. будет:

$$\omega_0' = \sqrt{\frac{e}{m} - \frac{r^2}{4m^2}} = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{\Delta^2}{\omega_0^2}}; \quad (2)$$

( $\Delta = \frac{r}{2m}$ ),  $\Delta$ —множитель затухания, а  $\omega_0 = \sqrt{\frac{e}{m}}$

представляет собственную частоту Р. при исчезающе малом затухании. Вставляя значения  $e$  и  $m$  и обозначая  $\frac{S}{l}$  через  $k$ , имеем

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{e}{m}} = c \sqrt{\frac{k}{V_0}}. \quad (3)$$

Величина  $k$  носит название акустической проводимости отверстия Р. По размерности эта величина аналогична электрической проводимости (при электропроводности среды = 1), но характеризует она не потери, а инерционные свойства Р. Для Р. на фиг. 1,  $a$  вычисление проводимости сложнее [2, 3]; задача разрешена для круглого и эллиптического отверстий. Для круглого отверстия получается

$$k = 2R = 2 \sqrt{\frac{S}{\pi}}, \quad (4)$$

где  $R$ —радиус отверстия. Для эллиптического отверстия

$$k = 2 \sqrt{\frac{S}{\pi}} \left( 1 + \frac{e^4}{64} + \frac{e^6}{64} + \dots \right), \quad (5)$$

где  $e$ —эксцентриситет; при отношении полуосей 2:1 поправочный множитель в скобках очень близок к единице (1,03). Собственную длину волны Р. можно вычислить по ф-ле

$$\lambda = 2 \frac{1}{2} \pi^{\frac{5}{4}} S^{-\frac{1}{4}} V_0^{\frac{1}{2}}, \quad (6)$$

при любой форме отверстия, если оно не слишком растянутое. Если Р. имеет  $n$  отверстий с проводимостью  $k_1$ , то собственная частота получится, если положить в ф-ле (3) проводимость  $k = nk_1$ . Декремент затухания Р. будет равен (приближенно)

$$\delta = \frac{r}{2m} \cdot \frac{1}{f_0} = \pi r \sqrt{\frac{1}{em}} = \frac{\omega_0 k}{4c}, \quad (7)$$

где  $f_0$ —собственная частота Р. Под действием периодической вынуждающей силы  $F = pS \cos \omega t$ , например звуковой волны, амплитуда давления которой  $p$ , элонгация частиц воздуха в устье Р. будет

$$\begin{aligned} \xi &= \frac{pS \cos \omega t}{\omega \sqrt{r^2 + (m\omega - \frac{e}{\omega})^2}} = \\ &= \frac{pS \cos \omega t}{m\omega_0^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}\right)^2 + \frac{4A^2\omega_0^2}{\omega^4}}} = \\ &= \frac{pS \cos \omega t}{m\omega_0^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}\right)^2 + \frac{D^2}{\pi} \cdot \frac{\omega_0^2}{\omega^2}}} \end{aligned} \quad (8)$$

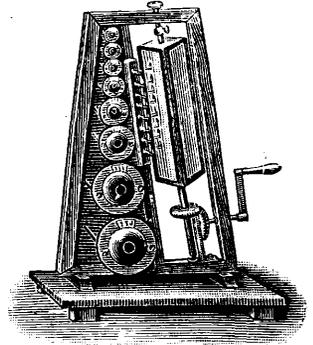
Максимальная элонгация получится при частоте  $\omega = \omega_0 \sqrt{1 - 2 \frac{A^2}{\omega_0^2}}$ , лежащей ниже, чем частота собственных колебаний по ф-ле (2). При  $A = \frac{\omega_0}{\sqrt{2}}$  максимум элонгации частиц придется уже на частоту 0. Максимум скорости частиц

$$\frac{d\xi}{dt} = -\omega F_0 \sin \omega t,$$

наоборот, приходится всегда точно на частоту  $\omega_0$ . Под резонансной частотой системы понимают ту частоту, при которой максимум достигает скорость, а не элонгация системы (аналогично силе тока в электрич. контуре). Величину  $\sqrt{r^2 + (m\omega - \frac{e}{\omega})^2}$  называют механическим импедансом Р. При действии звука с частотой  $\omega_0$  в устье Р. по-

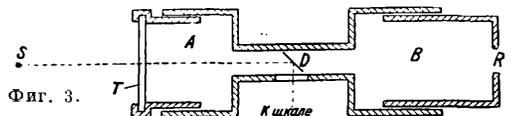
лучается резонансное увеличение амплитуды скорости в  $\frac{4\pi c^2}{\omega^2 S} = \frac{\lambda^2}{\pi S}$  раз и увеличение амплитуды давления в полости резонатора в  $\frac{4\pi c}{\omega_0 k} = \frac{\lambda^2}{2\pi^2 V_0}$  раз. Это явление используется в селективных звукоприемниках. Благодаря тому что, поглощая энергию при резонансе, Р. снова излучает ее во все стороны, поле падающей на Р. плоской волны вблизи устья искажается. Искажающее действие Р. на звуковое поле сказывается во всем том объеме, из которого он поглощает энергию; по фронту волны площадь искажения имеет порядок  $\frac{\lambda^2}{\pi}$  [4].

Применение Р. Гельмгольц впервые применил Р. для анализа звука. На фиг. 2 изображен набор из 8 резонаторов сферич. формы, осуществленный Кенигом для целей анализа звука. Выслушивая звук внутри Р. ухом через узкое отверстие сзади Р. или через микрофон, помещенный внутри Р., легко определить по увеличению силы звука отдельных Р. те частоты, которые входят в состав сложного звука, т. е. таким обр.



Фиг. 2.

определить его звуковой спектр. Регистрировать колебания внутри Р. можно при посредстве газовой капсулы с «пламенем» (см. *Манометрическое пламя*) и вращающегося зеркала, что позволяет произвести анализ объективно [5]. Р. применяется в ряде систем звукоулавливателей в военном деле [6], в частности для улавливания звука аэропланов. В этом случае Р. настраивается на тон около 60 герц, соответствующий основному тону звука мотора; амплитуду колебаний в Р. удобно регистрировать при помощи термомикрофона (см. *Микрофон*), помещенного в устье Р. там, где возникают наибольшие скорости. Для улавливания инфразвуков (звуки эти имеют частоту, ниже воспринимаемой ухом), возникающих при взрывах и орудийной стрельбе, применяются также Р. с очень низкой настройкой [7]; этот метод важен при артиллерийской звукометрии. Важное значение имеет двойной Р., состоящий из двух соединенных узким каналом резонаторов (фиг. 3); он представляет связанную си-



Фиг. 3.

стему с двумя собственными частотами. Такой Р. может применяться для улавливания звука [8] и как акустич. фonomетр [9]; индикатор, реагирующий на скорость (диск Релея или термомикрофон), помещается в соединительном канале, где скорость наибольшая (на фиг. 3: А—первый резонатор, В—второй, S—источник света, T—стеклянное окно, R—отверстие Р., D—диск Релея).

Голосовой аппарат человека имеет двойной Р., состоящий из полостей глотки и рта (фиг. 4), разделенных сужением у корня языка. Объем этих полостей может в широких пределах изменяться, равно как и площадь выходного отверстия рта. Благодаря тому что



Фиг. 4.

двойной Р. имеет две резонансные частоты, он усиливает звуки, исходящие от связок в двух областях, близких к этим частотам. Это обуславливает возникновение у всех гласных [10] двух характеристических областей частоты, так называемых формант, в которых амплитуды обертонов первичного тона связок значительно усилены, например гласная *и* имеет форманты около 380 и 2 500 герц, гласная *а*—800 и 1 000 герц, гласная *у*—400 и 800 герц. Устройв подходящей формы двойные резонаторы электрические или акустические, можно добиться воспроизведения гласных и согласных искусственным путем, что доказано работами Стюарта [11] и Педжета [12]. Р. в форме деревянной трубы прямоугольного сечения, закрытой с одной стороны, применяются для усиления звучания камертонов, причем камертоны устанавливаются ножкой на стенку трубы.

Лит.: 1) Helmholtz H., Wissenschaft. Abhandlungen, B. 1, p. 303; 2) Rayleigh, The Theory of Sound, 3 ed., v. 2, L., 1929; 3) Lamb H., Dynamical Theory of Sound, 2 ed., L., 1925; 4) Grandall J., Theory of Vibrating Systems a. Sound, p. 53, 174, L., 1927; 5) Хвольсон О., Курс физики, т. 2, Берлин, 1923; 6) Tucker a. Paris E., «Philosophical Transactions of the Royal Society of London», London, 1921, v. 221, p. 389; Tucker, «Journal of the Inst. of the Electrical Engineers», L., 1928; 7) Эсклансон Д., Акустика орудий и снарядов, Л., 1929; 8) Paris E., «Science Progress», 1925, v. 20, 77, p. 68; 9) Paris E., «Journ. of Scientific Instruments», L., 1926, March; Davis L. a. Kaye G., The Acoustics of Buildings, p. 16, L., 1927; 10) Grandall J., «Bell. Syst. Technical Journ.», N. Y., 1925, v. 4, p. 586; 11) Stewart J., «Nature», L., 1922, Sept.; Ржевский С., Слух и речь, Москва—Ленинград, 1928; 12) Paget R., «Proceedings of the Royal Society of London», L., 1923, v. 102, p. 752.

**РЕЗОРЦИН**, *м*-диоксибензол 1,3-С<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(ОН)<sub>2</sub>, двухатомный фенол, изомер *пирокатехина* (см.) и *гидрохинона* (см.). В природе находится в некоторых естественных смолах (гальбан, асафетида), откуда впервые Р. был получен. Р.—кристаллическое вещество без цвета и запаха, сладковатого вкуса; *t*<sub>пл.</sub> 111°, *t*<sub>кит.</sub> 276,5°; *d*<sup>15</sup>=1,2717; растворим в воде и спирте; в 100 ч. воды растворяется: при 0°—86,4 ч., при 125°—147,3 ч., при 30°—228,6 ч.; Р. мало растворим в бензоле: при 24° 1 ч. Р. растворяется в 435 ч. бензола. Водные растворы Р. растворяют крахмал и клетчатку. При нагревании Р. восстанавливает фелингову жидкость. На воздухе при действии аммиака он окрашивается в розовый цвет, переходящий при стоянии в коричневый. При метилировании Р. дает моно- и диметилэфир, отличающиеся характерным запахом. Обработка Р. хлористым ацетилом или уксусным ангидридом дает моно- и диацетиловый эфиры; нагреванием Р. с аммиаком или с хлористым аммонием получают *м*-аминофенол. Действием натриевой амальгамы в кипящем водном растворе Р. восстанавливают в *дигидрорезорцин* С<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>; щелочном плавлении его получают *д* и *р*-резорцин С<sub>12</sub>H<sub>12</sub>O<sub>4</sub> и флороглюцин 1,3,5-С<sub>6</sub>H<sub>3</sub>(ОН)<sub>3</sub>; энергичным нитрованием по-

лучают тринитрорезорцин, сульфированием—дисульфокислоту, при действии азотистой к-ты—2,4-д-нитрозорезорцин; нагреванием Р. с бикарбонатом калия получают β-резорциловую (2, 4-диоксибензойную) к-ту. Нагреванием с мышьяковой к-той получают резорцинарсиновую к-ту; конденсацией Р. с HCN получают резорциловый альдегид, с хлористым ацетилом Р. дает резацетофенон (4-ацеторезорцин) и 4, 6-диацеторезорцин; конденсацией Р. с фталевым ангидридом получают флуоресцеин.

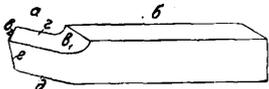
Р. образуется при щелочном плавлении многих ароматических соединений, главным образом фенолсульфокислот. Заводской способ получения Р. из бензолдисульфокислоты (С<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(SO<sub>3</sub>H)<sub>2</sub>) ведется таким образом: 230 кг едкого натра сплавляют с небольшим количеством воды в железном котле, снабженном мешалкой, и туда же быстро впускают 125 кг бензолдисульфокислоты (*t*<sup>0</sup> не должна превышать 270°). Когда плав приобретает коричневый цвет, нагревание прекращают; по застывании плава его измельчают, выщелачивают полученный резорцинат натрия водой и подкисляют соляной к-той; из раствора экстрагируют Р. амиловым спиртом или эфиром; после отгонки растворителя Р. очищают перегонкой в вакууме. В продажу технич. Р. поступает в виде крупных кусков; чем чище продукт, тем он светлее и постояннее на воздухе. Чистый препарат Р. (для медицинских целей) получают возгонкой в виде бесцветных игол.

Для обнаружения Р. служит целый ряд цветных реакций: с фталевым ангидридом он конденсируется в флуоресцеин, в щелочном растворе дающий характерную зеленую флуоресценцию; при нагревании с Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и нитритом он дает резорурфин, флуоресцирующий в щелочном растворе красным цветом; при сплавлении с Na-нитритом Р. переходит в лакмид (см. *Реактивные бумаги*). Нагреванием с хлористым пинком Р. дает коричневый продукт конденсации; при нагревании с винной к-той и конц. Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> дает интенсивное карминово-красное окрашивание; с хлорным железом—фиолетовое. Реакция перевода Р. в флуоресцеин служит для его аналитич. определения. С формальдегидом в солянокислом растворе Р. дает нерастворимый аморфный продукт конденсации—реакция, обнаруживающая Р. в разведении 1:100 000; со свинцовым сахаром Р. не дает осадка (отличие от пирокатехина), с перекисью марганца не дает хинона (отличие от гидрохинона).

При м е н е н и е. Р. служит исходным материалом для получения промежуточных продуктов синтеза красителей (азокрасителей, оксазинов, группы флуоресцеина, сернистых красителей). Для основных красителей Р. служит хорошим растворителем. В медицине мази и патентованных средств основано на его дезинфицирующем действии и на способности вызывать слущивание эпидермиса. В красках для живописи (для темпера) Р. служит средством, консервирующим яичный белок. Резорцинацетат служит заменителем каффоры при притовлении ацетилцеллюлозы. Продукты конденсации Р. с ацетальдегидом применяются как дубильные средства; тринитрорезорцин—взрывчатое вещество; в медицинском анализе резорцин служит для обнаружения белка в моче.

Лит.: Jones D. O., Prahl M. A., Taylor J. R., Analysis of Resorcin, «I. Eng. Chem.», 1932, v. 24, I, p. 84; см. также *ч. 10-ю*. **Н. Ельцина.**

**РЕЗЦЫ**, односторонние режущие инструменты простейшего вида, применяемые при обработке металлов на токарных, строгальных и долбежных станках. Всякий Р. состоит из режущей части—острия *a*—и хвостовой части, зажимаемой в суппорт станка,—стержня, или тела *б*, реза *б*. Режущая кромка Р. называется лезвием; она образована обычно двумя пересекающимися прямыми и соединяющим их закруглением; различают главное лезвие (фиг. 1,  $\delta_1$ ), лежащее в направлении подачи до точки касания лезвия с этим направлением (фиг. 2, *a*), и вторичное, или побочное, лезвие (фиг. 1,  $\delta_2$ ), лежащее от упомянутой точки касания в сторону, противоположную подаче. Поверхность

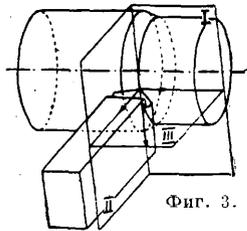


Фиг. 1.



Фиг. 2.

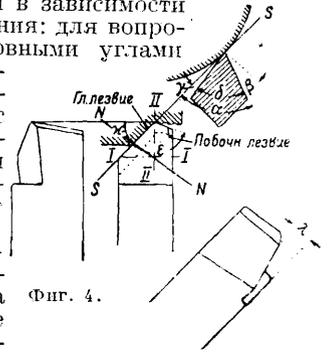
острия, на которую опирается при резании стружка, называется передней поверхностью, или грудью, Р. (фиг. 1, *в*), поверхность, обращенная к обрабатываемому предмету и ограниченная сверху лезвием, называется задней поверхностью, или затылком, Р. (фиг. 1, *д* и *е*); она разделяется на главную заднюю поверхность, ограниченную сверху главным лезвием, и вторичную, или побочную, заднюю поверхность, ограниченную сверху побочным лезвием. Введем следующие основные плоскости координат: плоскость *I*, содержащая в себе направления резания и подачи (фиг. 3), плоскость *II*, перпендикулярная к первой и содержащая в себе направление резания, и плоскость *III*, перпендикулярная к обеим предыдущим. Форма острия Р. определяется главн. образом углами, составляемыми его гранями и ребрами между собой и с упомянутыми плоскостями. Назовем



Фиг. 3.

нормальной плоскостью плоскость (фиг. 4, *N—N*), перпендикулярную к главному лезвию и к его проекции на основную плоскость *III*, и плоскостью резания (фиг. 4, *S—S*) плоскость, перпендикулярную основной плоскости *III* и проходящую через главное лезвие. Углы, образуемые кромками и гранями Р., называются след. обр.:  $\alpha$ —угол резания, составляемый в нормальной плоскости передней поверхностью с направлением резания,  $\beta$ —передний угол Р. (угол груди)—угол между нормалью к плоскости резания и передней плоскостью Р., так обр.  $\alpha + \beta = 90^\circ$ ,  $\gamma$ —задний угол Р. (затылочный угол, угол задней заточки)—угол между плоскостью резания и задней плоскостью,  $\delta$ —угол заострения Р. (угол клина Р.)—угол между следами передней и задней поверхностей в нормальной плоскости,  $\epsilon$ —угол острия Р.—угол между проекциями обоих лезвий на плоскость *III*,  $\kappa$ —угол установки Р.—угол между направлением подачи и проекцией глав-

ного лезвия на плоскость *III*,  $\lambda$ —угол наклона лезвия—угол, составляемый главным лезвием с плоскостью *III*. Углы эти приходится измерять в сечениях острия различными плоскостями в зависимости от цели исследования: для вопросов резания основными углами являются углы, образованные поверхностями острия с плоскостью резания *S—S* в сечении нормальной плоскостью *N—N*; для правильной установки резца относительно обрабатываемого предмета необходимо знание углов, образованных проекциями лезвий на плоскость *III* с осью Р.; для проверки углов Р. необходимо знание их наклона к плоскости *III*; для правильной установки Р. при заточке его на специальной угломерной головке шлифовального станка для заточки Р. необходимо знание углов установки Р. по вертикали и горизонтали для получения правильной грани и т. д. Обозначим индексами 1, 2 и 3 углы, образованные следами данных плоскостей в



Фиг. 4.



Фиг. 5.

плоскостях, параллельных основным (*I*, *II* и *III*); индексами: *N*—углы сечения нормальной плоскостью; *w*—истинный двугранный угол между соответственными плоскостями; *O*—угол сечения вертикальной (перпендикулярной к плоскости *III*) плоскостью, перпендикулярной к следу исследуемой поверхности на плоскости *III*, и 4—угол сечения вертикальной плоскостью, перпендикулярной к



Фиг. 6.

проекции вторичного лезвия на плоскость *III*, индексом *v*—угол поворота Р. при заточке его лезвия в угломерной головке специального шлифовального станка (см.) в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси, параллельной оси Р., и индексом *h*—угол пово-

рота Р. в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси. На фиг. 5 и 6 изображено взаимное положение углов для задней грани главного лезвия Р. Называя  $\varphi$  — угол, образованный следами плоскостей резания и задней поверхностью Р. в плоскости III, имеем:

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \lambda \cdot \operatorname{tg} \gamma_N, \quad (1)$$

$$\operatorname{tg} \gamma_1 = \frac{\operatorname{tg} \gamma_N \cdot \cos \varphi}{\sin (\kappa + \varphi)}, \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \gamma_2 = \frac{\operatorname{tg} \gamma_N \cdot \cos \varphi}{\cos (\kappa + \varphi)}, \quad (3)$$

или

$$\operatorname{tg} \gamma_2 = \operatorname{tg} \gamma_1 \cdot \operatorname{tg} \kappa + \varphi, \quad (4)$$

$$\operatorname{tg} \gamma_w = \frac{\operatorname{tg} \gamma_V}{\cos \lambda} = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\sin \lambda}, \quad (5)$$

$$\gamma_v = \gamma_1, \quad (6)$$

$$\operatorname{tg} \gamma_h = \frac{\sin \gamma_1}{\operatorname{tg} \gamma_2} = \frac{\cos (\kappa + \varphi)}{\sqrt{\sin^2 (\kappa + \varphi) + \operatorname{tg}^2 \gamma_N \cos^2 \varphi}}, \quad (7)$$

$$\operatorname{tg} \gamma_0 = \frac{\cos \varphi}{\operatorname{tg} \gamma_N} = \frac{\sin \varphi}{\operatorname{tg} \lambda}, \quad (8)$$

$$\operatorname{tg} \gamma_4 = \frac{-\operatorname{tg} \gamma_0}{\cos (\varepsilon - \varphi)}, \quad (9)$$

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \frac{\operatorname{tg} \gamma_0}{\sin (\kappa_x + \varphi)}, \quad (10)$$

в ур-ии (10)  $\gamma_x$  — угол сечения соответствующих плоскостей произвольной вертикальной

$$\operatorname{tg} \beta_N = \operatorname{tg} \beta_1 \sin \kappa + \operatorname{tg} \beta_2 \cos \kappa, \quad (19)$$

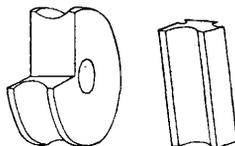
$$\operatorname{tg} \lambda = \operatorname{tg} \beta_1 \cos \kappa - \operatorname{tg} \beta_2 \sin \kappa, \quad (20)$$

$$\operatorname{tg} \lambda_n = \sin (\varepsilon - \varphi) \operatorname{tg} \beta_0. \quad (21)$$

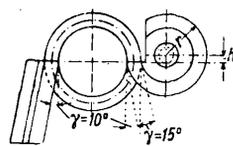
Для определения истинной величины угла  $\varepsilon$  можно воспользоваться ф-лой:

$$\cos \varepsilon_w = \sin \lambda \sin \lambda_n + \cos \varepsilon \cos \lambda \cos \lambda_n. \quad (22)$$

На практике всего чаще приходится определять углы установки Р. при его заточке, т. е. углы с индексами  $h$  и  $v$ , или углы, подлежащие контролю на измерительных приборах в ф-ии основных углов, определяющих форму острия Р., —  $\kappa$ ,  $\varepsilon$ ,  $\gamma_N$ ,  $\lambda$ ,  $\beta_N$ . Наименее опреде-



Фиг. 8.

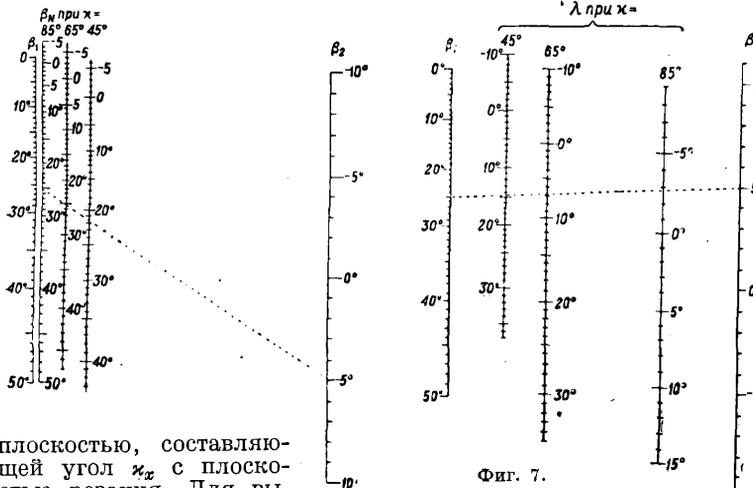


Фиг. 9.

ленным из этих углов является  $\lambda$ , относительно абсолютной величины к-рого имеется очень мало опытных и производственных данных. Считая положительным то значение  $\lambda$ , когда главное лезвие понижается по мере входа в металл, имеем в среднем  $\lambda = 3^\circ$

с предельными значениями от  $-3^\circ$  до  $10^\circ$ . Логарифмич. линейные диаграммы для нахождения величины углов  $\beta_N$  и  $\lambda$  по  $\beta_1$  и  $\beta_2$  при  $\kappa$ , равном  $45^\circ$ ,  $65^\circ$  и  $85^\circ$ , изображены на фиг. 7.

Особенного внимания заслуживает исследование формы лезвия фасонных Р. для токарных и револьверно-автоматных работ. Фасонные Р. отличаются от остальных тем, что подача их совершается обычно в направлении длины Р., и окончательная форма обрабатываемого предмета зависит от профиля лезвия Р. Основными требованиями, предъявляемыми к ним, являются сохранение неизменности профиля лезвия при последовательных заточках Р. и легкая устанавливаемость его на уровень центров после заточки. Обоим этим условиям удовлетворяют круглые и призматич. фасонные Р. (фиг. 8), зажимаемые в особые державки резцовые (см.). Заточка призматич. фасонных Р. производится по их торцовой передней поверхности, а круглых по поверхности особого выреза. Передний угол делается обычно для обработки черных металлов весьма малым (часто  $0^\circ$ ), для мягких цветных металлов, наоборот, его делают до  $45^\circ$ . Задний угол делают в пределах  $3-15^\circ$ ; для его образования призматич. сталь устанавливают наклонно под соответственным углом, а у круглых располага-



Фиг. 7.

плоскостью, составляющей угол  $\kappa_x$  с плоскостью резания. Для вычисления значений углов (напр.  $\beta_1$ , заданных наклоном соответственной плоскости и горизонтали, можно воспользоваться след. ур-иями (фиг. 6):

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\operatorname{tg} \beta_N}, \quad (11)$$

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{\sin (\kappa + \varphi)}{\sin \varphi} \operatorname{tg} \lambda = \sin (\kappa + \varphi) \operatorname{tg} \beta_0, \quad (12)$$

$$\operatorname{tg} \beta_2 = \frac{\cos (\kappa + \varphi) \operatorname{tg} \lambda}{\sin \varphi} = \cos (\kappa + \varphi) \operatorname{tg} \beta_0, \quad (13)$$

$$\operatorname{tg} \beta_0 = \frac{\operatorname{tg} \beta_N}{\cos \varphi} = \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\sin \varphi}, \quad (14)$$

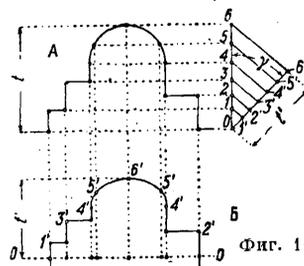
$$\operatorname{tg} \beta_4 = -\cos (\varepsilon - \varphi) \operatorname{tg} \beta_0, \quad (15)$$

$$\operatorname{tg} \beta_w = \frac{\sin \lambda}{\operatorname{tg} \varphi}, \quad (16)$$

$$\beta_v = 90^\circ - \beta_1, \quad (17)$$

$$\operatorname{tg} \beta_h = \frac{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \beta_N \sin^2 (\kappa + \varphi) + \cos^2 \varphi}}{\operatorname{tg} \beta_N \cos (\kappa + \varphi)}. \quad (18)$$

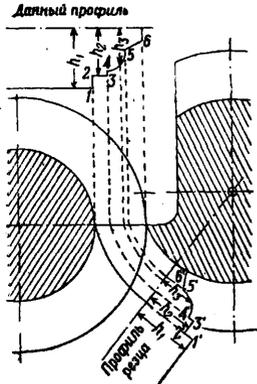
Кроме того для вычисления значения  $\beta_N$  по  $\beta_1$  и  $\beta_2$ , а также углов наклона главного лезвия  $\lambda$  и побочного  $\lambda_n$  к плоскости III можно пользоваться след. ур-иями:



Фиг. 10.

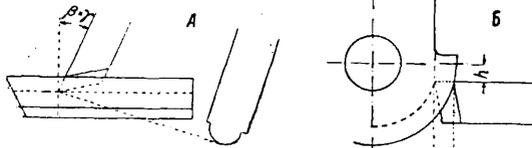
ют переднюю поверхность Р. не радиально, а на величину  $h=r \sin \gamma$  ниже центра Р. ( $r$ —радиус Р., фиг. 9). В том случае когда угол  $\beta=0$ , т. е. когда передняя плоскость Р. проходит через ось обрабатываемого предмета, единственным источником искажения профиля является влияние наклона задней поверхности Р. к вертикали. Для получения правильной формы фасонной части Р. необходимо заданный профиль изделия (фиг. 10, А) перерисовать таким образом, чтобы все размеры, параллельные оси обрабатываемого предмета, сохранили свою величину, а размеры, перпендикулярные ей, были уменьшены в отношении, равном  $\cos \gamma$  (фиг. 10, Б). В виду того что у круглого реза

строения один и тот же для призматич. (фиг. 15, А) и круглого (фиг. 15, Б) Р. Искомый профиль  $\epsilon$  определяется  $n$  ординатами  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ ; их основания  $1, 2, 3, \dots, n$  находятся путем двойного переноса: первый раз на переднюю поверхность Р. (точки  $1', 2', 3', \dots, n'$ )



Фиг. 11.

ца  $\gamma$  меняется в радиальном направлении по формуле  $\sin \gamma = h : r$ , коэф. уменьшения также непрерывно изменяется по мере перехода от внешних частей Р. к внутренним. В этом случае проще делать построение кривой профиля Р. графич. способом (фиг. 11). Практически правильный профиль призматич. фасонного Р. м. б. выработан без предварительного определения искаженного профиля путем установки Р., к-рым обрабатывают фасонный Р. под углом резания  $\beta$ , равным  $\pm \gamma$  фасонного реза; при этом основной Р. имеет неискаженный профиль в передней плоскости (фиг. 12, А). У круглых фасонных Р. того же результата достигают,



Фиг. 12.

помещая при обточке последних основной (маточный) Р. с неискаженным профилем на величину  $h$  выше или ниже центра обрабатываемого фасонного Р. (фиг. 12, Б). Дело значительно усложняется в том случае, когда фасонный Р. имеет угол  $\beta$ , отличный от 0, как это бывает необходимо при обработке мягких цветных металлов. В этом случае искаженная глубина профиля  $x$  фасонного призматич. Р. м. б. определена по след. у-рию (фиг. 13):

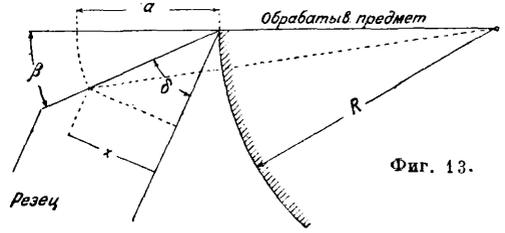
$$x = [-2R \cos \beta + \sqrt{R^2 \cos^2 \beta + 2Ra + a^2}] \sin \delta, \quad (23)$$

где  $R$ —радиус Р., а  $a$ —глубина основного профиля реза.

У круглого фасонного Р. (фиг. 14) выражение глубины принимает следующий вид:

$$x = \sqrt{(r^2 - H^2 - R \cos \beta + \sqrt{R^2 \cos^2 \beta + 2Ra + a^2})^2 + H^2} - r, \quad (24)$$

где  $r$ —радиус Р. в глубине профиля,  $a$ —требуемая глубина профиля изделия,  $x$ —глубина профиля Р.,  $R$ —радиус изделия в глубине впадины,  $H$ —превышение центра Р. над плоскостью заточки передней грани Р. В обоих этих случаях гораздо скорее перерисовать профиль графич. способом (фиг. 15). Способ по-

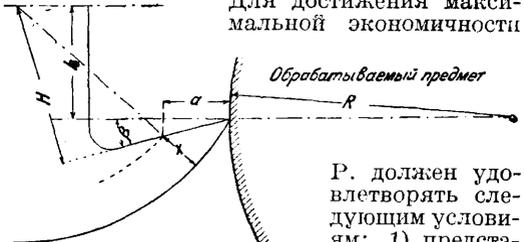


Фиг. 13.

дугами из центра изделия и второй раз на радиус Р. или на нормаль к задней поверхности Р. (точки  $1'', 2'', 3'', \dots, n''$ ) дугами из центра Р. или прямыми, параллельными задней поверхности его; откладывая ординаты  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  основного профиля б из точек  $1'', 2'', 3'', \dots, n''$ , получим искаженный профиль  $\epsilon$ , к-рый должна иметь канавка Р.

Работа токарного или строгального резца подчинена основным законам теории резания (см.). Основным требованием, предъявляемым к Р., является его экономичность, к-рая в сильной степени зависит от формы острия Р.

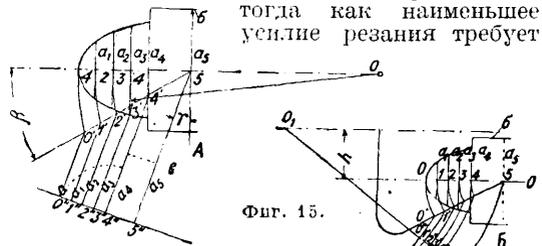
Для достижения максимальной экономичности



Фиг. 14.

Р. должен удовлетворять следующим условиям: 1) представлять наименьшее сопротивление

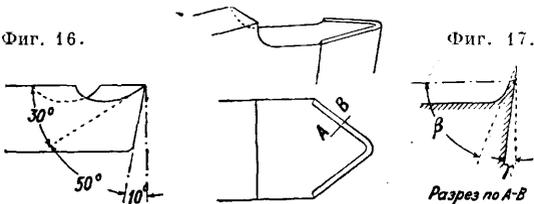
внедрению в металл (экономия энергии), 2) допускать максимальные скорости (экономия времени), 3) возможно долго сохранять лезвие острым (экономия времени и материала реза при переточке), 4) переточка и изготовление Р. должны быть просты и не сопровождаться значительными потерями материала Р. Первые два требования обуславливают диаметрально противоположные изменения формы и режима работы Р.: тогда как наименьшее усилие резания требует



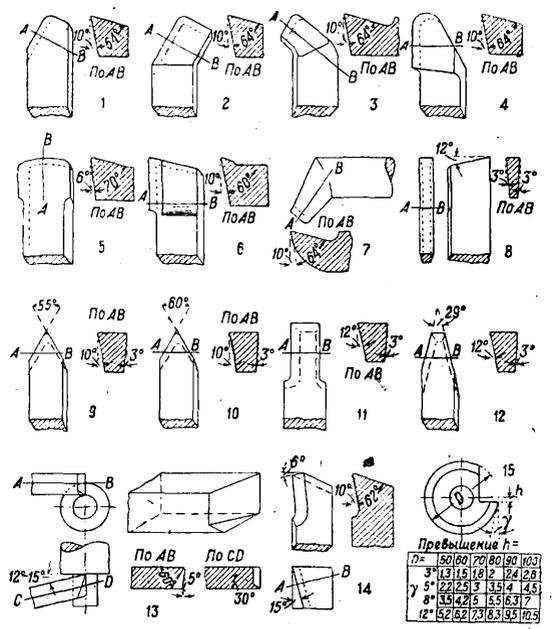
Фиг. 15.

возможно компактного сечения стружки и большого переднего угла, наибольшая стойкость Р. достигается при длинном лезвии (т. е. тонкой широкой стружке) и больших углах заострения Р. На сопротивление резанию влияет также возможность легкого и свободного схода стружки с Р. Опытным путем установлено, что для уменьшения усилия

резания выгодно, чтобы угол  $\lambda$  был положительным (снижающееся лезвие). Угол установки  $P$  также влияет на его экономичность: очень большие углы установки, приближающиеся к  $90^\circ$ , невыгодны, т. к. вызывают быстрое затупление  $P$ ; их преимуществом является, с другой стороны, меньшее

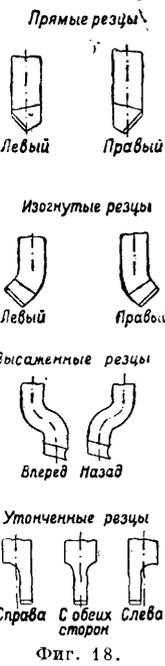


принятая пластинка из быстрорежущей стали или сверхтвердого сплава;  $P$  с державки  $a$  и  $m$  и (см. *Державки резцовые*), у которых рабочая часть из более твердого материала зажимается в особой державке. По материалу различают углеродистые  $P$  из обыкновенной

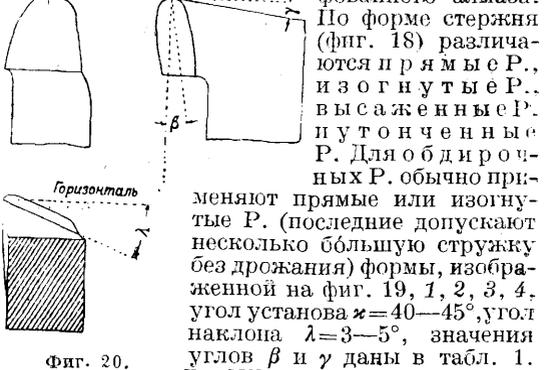


усилие, изгибающее обрабатываемый предмет, т. ч. для обточки тонких деталей часто применяют  $P$  с углом  $\alpha=90^\circ$ . Для нормальной работы наиболее выгодные значения угла  $\lambda$  лежат между  $40$  и  $45^\circ$ . Передний угол  $P$  д. б. для уменьшения усилия резания возможно большим. Однако заметное уменьшение усилия резания наступает лишь с углов  $\beta$  порядка  $35-40^\circ$ , причем лезвие настолько ослабляется, что форма эта применима лишь к мягким металлам. Стремление увеличить угол  $\beta$ , не ослабляя лезвия, привело к  $P$  с вогнутой грудью (фиг. 16) и  $P$  системы Клошточка (фиг. 17); последние очень хороши в смысле уменьшения сопротивления резанию и стойкости лезвия, но весьма сложны в изготовлении. Задний угол  $P$   $\gamma_2$  должен иметь некую минимальную величину, т. к. в противном случае сильно возрастает составляющая давления на  $P$  и с ней работа трения затылка  $P$  об обработанную поверхность. Радиус закругления у вершины острия  $P$  влияет на работу  $P$  в том смысле, что при больших радиусах скалывание стружки (см. *Резание*) происходит не по всей

длин лезвия сразу, а последовательно, вследствие чего дрожание  $P$  заметно уменьшается. По назначению  $P$  разделяют на обдирочные, или черновые, предназначенные для снятия больших масс металла, причем качество обработанной поверхности не имеет значения, и чистовые, или шлифовые, у которых главным требованием является получение гладкой обработанной поверхности. Затем различают резцы для продольной (нормальные) и поперечной обточки—подрезки (подрезные  $P$ ),  $P$  для внутренней расточки, отрезные  $P$ —для отрезания, прорезные  $P$ —для выгибания прямоугольных канавок, фасонные  $P$ —для обточки фасонных поверхностей, винтовые  $P$ —для нарезания резьбы и т. д. Далее различают цельные  $P$ , изготовленные из однородного материала; наваренные  $P$ , состоящие из стержня обыкновенной сименс-мартеновской стали, к которой приварена или



венной инструментальной стали; быстрое  $P$  из быстрорежущей стали (самозакалка);  $P$  из сверхтвердых сплавов (обычно наваренные) и алмазные  $P$ , в которых режущей частью является кусок отшлифованного алмаза. По форме стержня (фиг. 18) различаются прямые  $P$ , изогнутые  $P$ , высаженные  $P$ , уточненные  $P$ . Для обдирочных  $P$  обычно применяют прямые или изогнутые  $P$ . (последние допускают несколько большую стружку без дрожания) формы, изображенной на фиг. 19, 1, 2, 3, 4, угол установки  $\alpha=40-45^\circ$ , угол наклона  $\lambda=3-5^\circ$ , значения углов  $\beta$  и  $\gamma$  даны в табл. 1. В США значительным пространством пользуется резец Тейлора (фиг. 20), недостатком которого является однако сложность изготовления и переточки; в Европе предпочитают  $P$ , изготовленные с минимумом кузнечной работы, т. к. при этом меньше шансов на порчу при ковке.



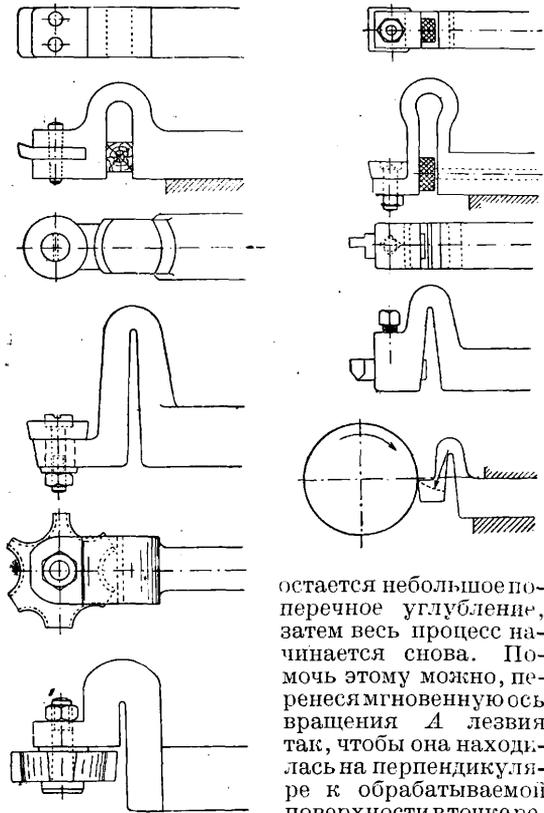
Европе предпочитают  $P$ , изготовленные с минимумом кузнечной работы, т. к. при этом меньше шансов на порчу при ковке.

Табл. 1. — Углы острия для различных резцов и материалов.

Наименование резцов	Фигуры	Обрабатываемые материалы									
		очень твердая сталь, твердый чугун, хрупкая латунь		твердая сталь, обычн. стальное литье, чугун		средн. сталь, мягкое стальное литье и чугун		мягкое железо и сталь		мягкие цветные металлы	
		$\beta$	$\gamma$	$\beta$	$\gamma$	$\beta$	$\gamma$	$\beta$	$\gamma$	$\beta$	$\gamma$
Обдирочный	19, 1, 2, 3, 4	4	5	8	6	12	8	16	10	35-50	10-15
Тейлора	20	—	—	8*1	6	—	—	8*2	6	—	—
Чистовой	19, 5	0-2	4	2-4	6	4-8	8	8-12	6	—	—
Подрезной	—	6	5	10	6	15	8	20	10	40-50	10-12
Отрезной	—	0	6	0	8	0	10	0	12	0	15

\*1 Угол наклона  $\lambda=14^\circ$ . \*2 Угол наклона  $\lambda=22^\circ$ .

Основным требованием, предъявляемым к чистовым Р., является получение возможно гладкой поверхности; для этого должны быть приняты меры против заедания Р. Заедание обуславливается тем, что Р. и зажимающая его часть станка деформируются при возрастании усилия резания т. о., что лезвие Р. входит все глубже в материал (фиг. 21, а); усилие резания возрастает еще более и это продолжается до тех пор, пока не сколется элемент стружки (см. *Резание*), тогда Р. пружинит обратно, и в результате на изделии



остается небольшое поперечное углубление, затем весь процесс начинается снова. Помочь этому можно, перенеся мгновенную ось вращения  $\Delta$  лезвия так, чтобы она находилась на перпендикуляре к обрабатываемой поверхности в точке резания или впереди его

(фиг. 21, б и в). Наиболее покойно процесс резания протекает при втором расположении. Отделочные Р. устраивают поэтому обычно с пружинящей шейкой (фиг. 22), причем иногда для уменьшения степени прогиба в шель шейки закладывают кожаную или деревянную прокладку. Форма лезвия чистового Р. изображена на фиг. 19, 5. Форма подрезного

Р. изображена на фиг. 19, 6, углы указаны в табл. 1; Р. для расточки изображен на фиг. 19, 7, углы в основном те же, что и у обдирочных Р. Отрезной Р. изображен на фиг. 19, 8. Винторезные Р. делают обычно с наклоненной в направлении нарезаемой винтовой линии гранью острия: фиг. 19, 9—для нарезки Витворта, фиг. 19, 10—для метрич. резьбы, фиг. 19, 11—для прямоугольной и фиг. 19, 12—для трапециoidalной резьбы. Форма специальных Р. для револьверных и автоматических токарных станков изображена на фиг. 19, 13 и 14, а на фиг. 19, 15 даны основные размеры круглых фасонных резцов. Дальнейшие формы Р. изображены на фиг. 23 (1—левый Р. для обточки выкружек, 2 и 3—расточные черновые Р., 4—расточный чистовой Р., 5—расточный подрезной Р., 6—остроконечный подрезной Р., 7—Р. для проточки внутренних канавок, 8—винторезный Р. для остроугольной нарезки, 9—то же для прямоугольной, 10—то же, но для мелкой резьбы, 11—то же для внутренней резьбы, 12 и 13—резцы для латуни, 14 и 15—отрезные Р., 16 и 17—подрезные Р., 18—обдирочный Р., 19—подрезной обдирочный резец и 20—чистовой Р.). В последнее время все более входят в употребление Р. с наваренными пластинками из сверхтвердых сплавов, предназначенные гл. обр. для обработки малыми сечениями стружки при больших скоростях резания. Рекомендуемые углы заточки даны в табл. 2.

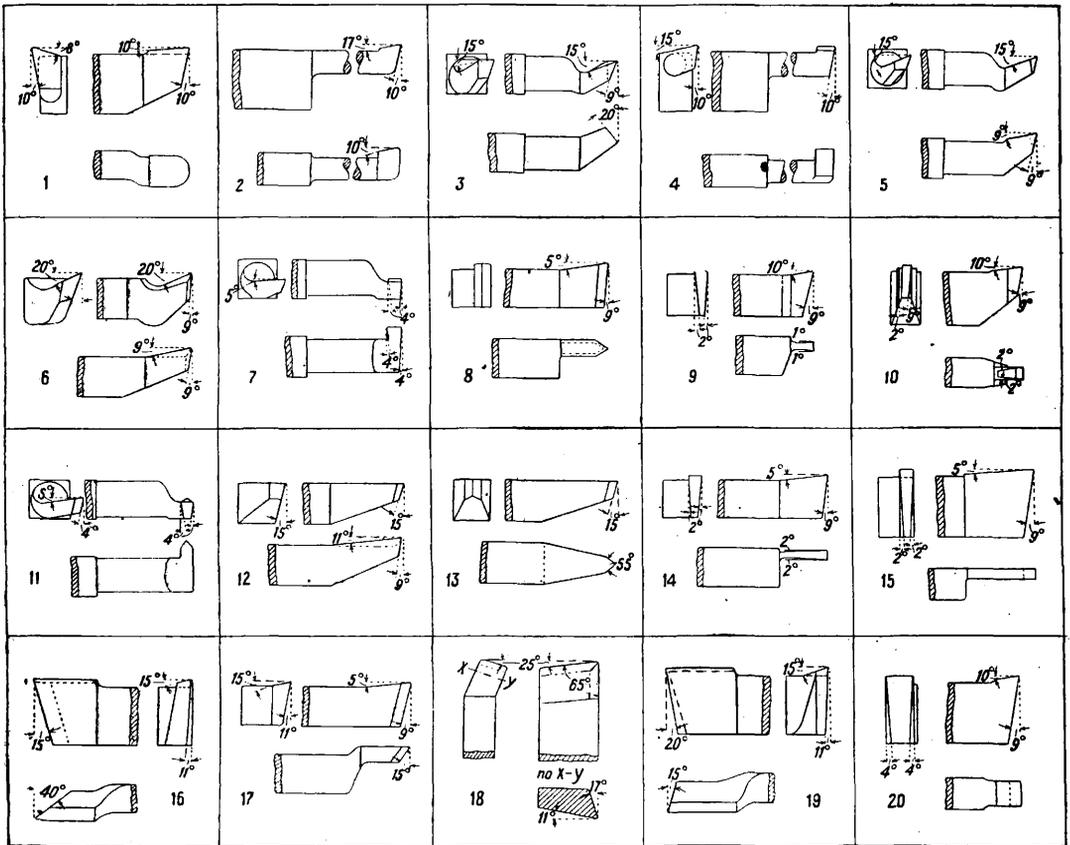
Табл. 2. — Углы заточки резцов с пластинками из сверхтвердых сплавов (для вида).

Обрабатываемый материал	Прочность $K_2$ или твердость $H_{Br}$ или $H_S$ , кг/мм <sup>2</sup>	Углы в °		
		$\beta$	$\gamma$	$\delta$
Хромоникелевая сталь и термич. улучшенные стали	$K_2=65-140$	12-19	6-8	65-70
Спекс-мартен. сталь	$K_2=45-65$	20-24	8-12	58
Кремнистый чугун (до 15% Si)	—	2-7	3-5	3-84
Марганцовистая сталь (12-15% Mn)	—	12-14	6-8	70
Нержавеющие стали	—	14-24	6-8	60-68
Твердый чугун	$H_S=75-90$ (по Шору)	2-4	2-4	82-86
Стальное литье	$K_2=50-100$	8-24	6-8	60-75
Чугун	$H_{Br}=150-400$	7-14	6-8	70-75
Латунь, красное литье, бронза	—	7-12	8	70-75
Легкие сплавы	—	16-22	8	60-65

Наряду с сверхтвердыми сплавами в настоящее время начинают применять для чистовой обработки алмазные Р., в особен-

ности для обточки легких сплавов. Преимуществом алмазных Р. является необычайная гладкость и почти зеркальный блеск обрабо-

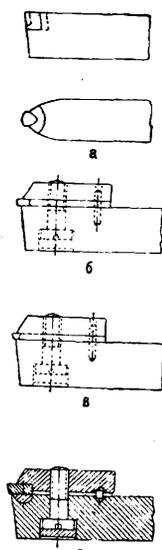
напаивание (медью) пластинок из быстрорежущей стали производят горновой или электрической сваркой.



Фиг. 23.

танной поверхности, точность размеров обрабатываемого предмета в виду чрезвычайной стойкости острия и незначительности усилия резания. Алмаз заделывают в особую державку, обчеканивая его в выфреззованном углублении медью (фиг. 24, а), после чего алмаз шлифуют; заливка алмаза или запайка латунию не рекомендуется, т. к. при этом легко можно испортить алмаз. Применяют также сменные алмазные острия, вкладываемые и зажимаемые в особых державках (фиг. 24, б, в и г); особенно удобна последняя форма, т. к. лежащий на шаровой подкладке алмаз не подвергается опасности быть перекошенным при зажиме. Алмазным Р. дают углы острия  $\beta = 0^\circ$  и  $\gamma = 8-10^\circ$ ; глубина снимаемого слоя колеблется от 0,1 до 1,0 мм, подача — 0,01—0,1 мм.

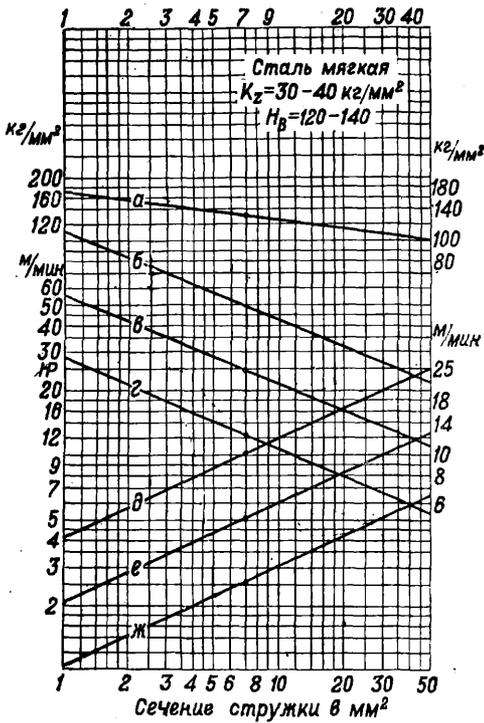
Производство Р. весьма сложно: заготовка отрезается пилой (или зубилом в горячем, но отпущенном в холодном виде) от полосы, затем острие отковывается при  $t^\circ$ , указанной поставщиком стали, после чего Р. закалывают и шлифуют. Наваривание или



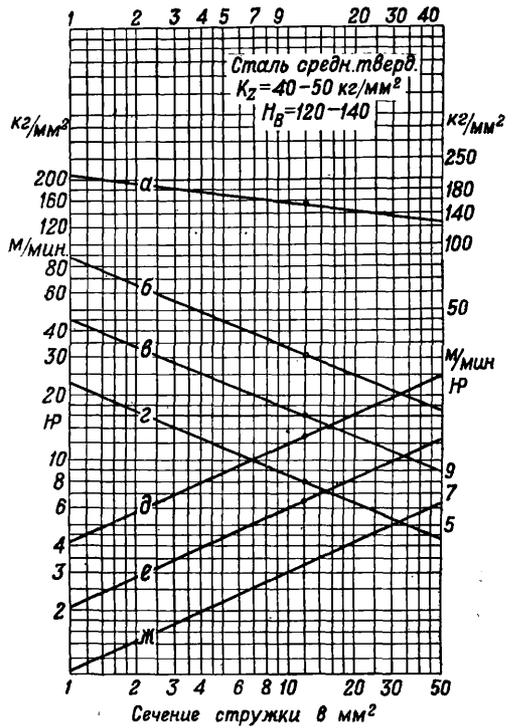
Фиг. 24.

Для определения правильного сечения стружки и скорости резания для Р. из различного материала при обработке сименс-мартепновской стали различной твердости, хромо-никелевой стали, стального литья, мягкого чугуна, латуни, красного литья, алюминия и электрона дан ряд графических таблиц (фиг. 25А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, И, К, Л, М), на них обозначают линии: а—кривая удельного давления резания в  $кг/мм^2$ ; б—допустимая скорость резания при обработке Р. из сверхтвердых сплавов (стеллит, видиа, победит, акрит, карболой) в  $м/мин$ ; в—то же, но для реза из быстрорежущей стали; г—то же для Р. из инструментальной углеродистой стали; д—мощность в  $HP$ , потребляемая станком на резце (т. е. без учета кпд станка) при обработке Р. из сверхтвердых сплавов; е—то же, но для Р. из быстрорежущей стали; жс—то же для Р. из углеродистой инструментальной стали.

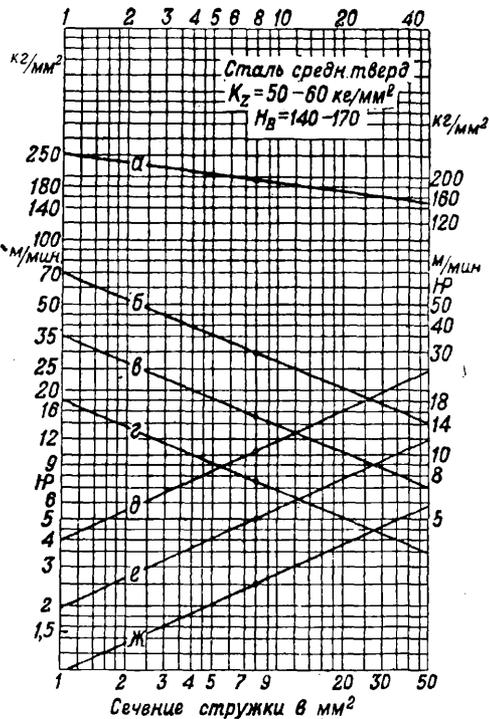
Лит.: Гавриленко А., Механич. технологии металлов, 2 изд., ч. 4, М., 1925; Гиплер В., Торкарное дело, пер. с нем., Берлин, 1922; Киммельман Д. и Черепанов С., Инструментальное дело, М.—Л., 1932; Rejtő A., Einige Prinzipien d. theoret. mechanischen Technologie d. Metalle, B., 1927; Hippler W., Die Dreherei und ihre Werkzeuge, 3 Aufl., B., 1923; Spannhilfende Werkzeuge f. die Metallbearbeitung u. ihre Hilfseinrichtungen, «Schriften d. Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure», hrsg. v. J. Reindl, B. 3, 1925; Schuchardt u. Schütte, Technisches Hilfsbuch, 7 Aufl., B., 1928; Simon E., Die Schneidstähle, 3 Aufl., B., 1929; Taylor F. W. u. Wallichs A., Über Dreharbeit u. Werkzeugstähle, 4 Aufl., B., 1920; Deutscher Werkzeugkalender, hrsg. v. C. Berck; «Schneidwerkzeuge



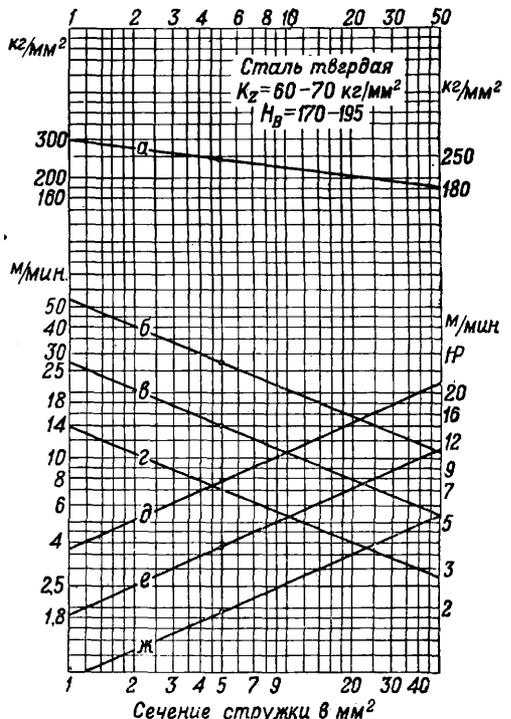
Фиг. 25 А.



Фиг. 25 Б.

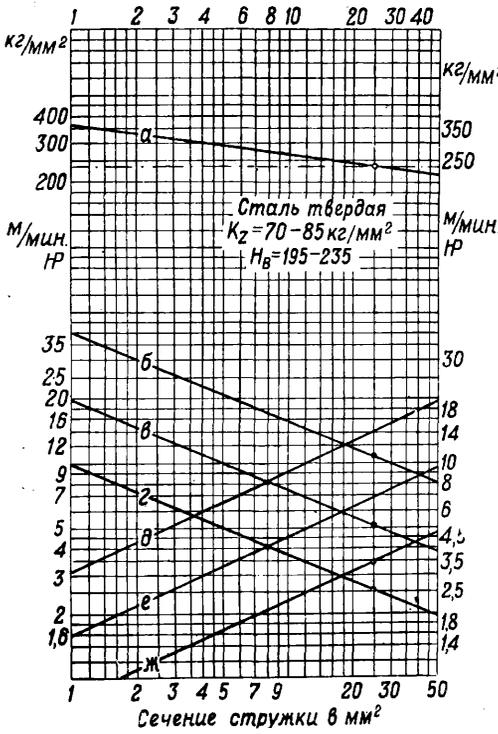


Фиг. 25 В.

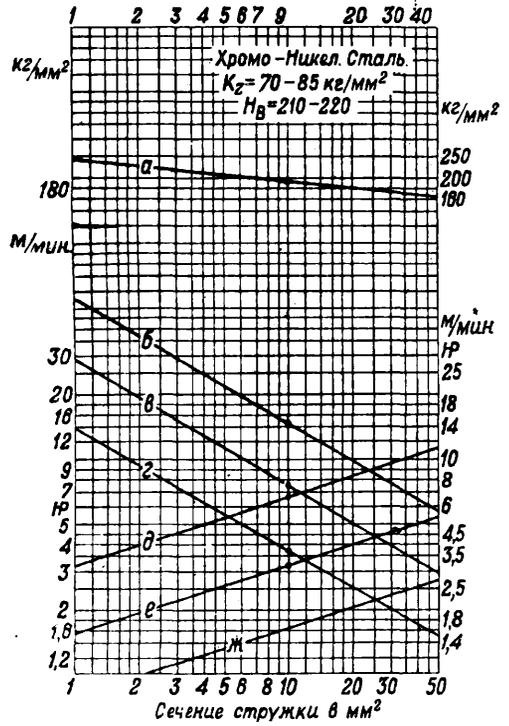


Фиг. 25 Г.

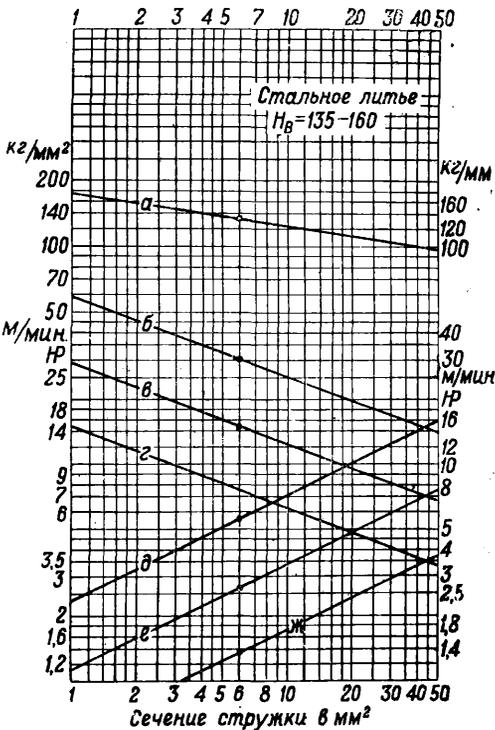
Обозначения: а—кривая удельного давления резания в  $\text{кг/мм}^2$ , б—допустимая скорость резания для Р. из сверхтвердых сплавов в  $\text{м/мин}$ , в—то же из быстрорежущей стали, г—то же из углеродистой стали, д—потребляемая станком мощность на резце при Р. из сверхтвердых сплавов в  $\text{лР}$ , е—то же из быстрорежущей стали, ж—то же из углеродистой стали.



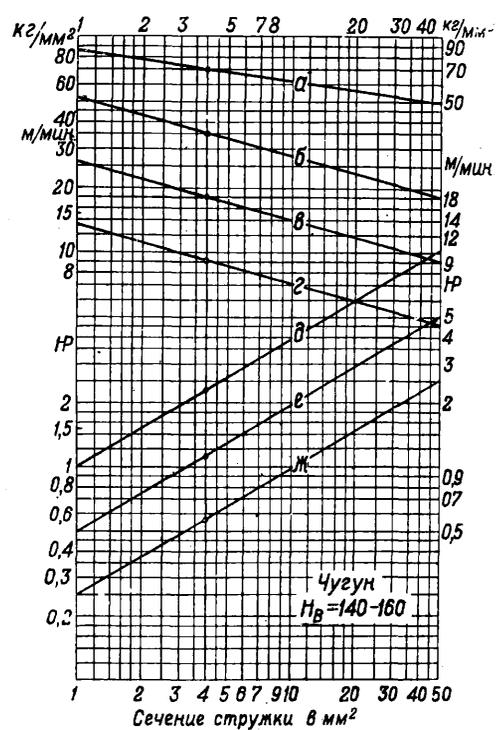
Фиг. 25 Д.



Фиг. 25 Е.

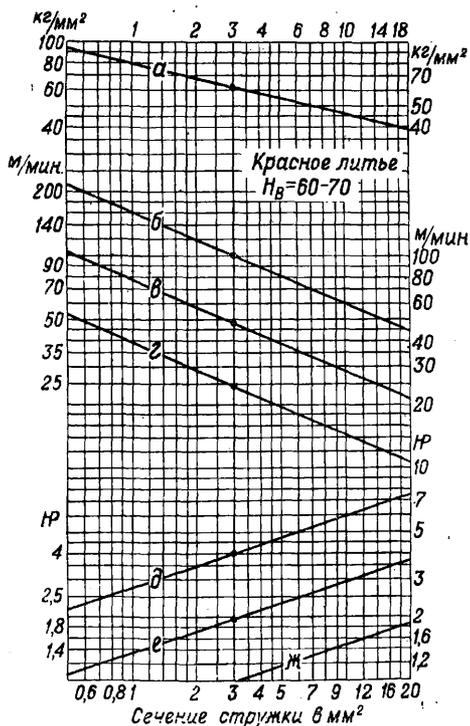


Фиг. 25 Ж.

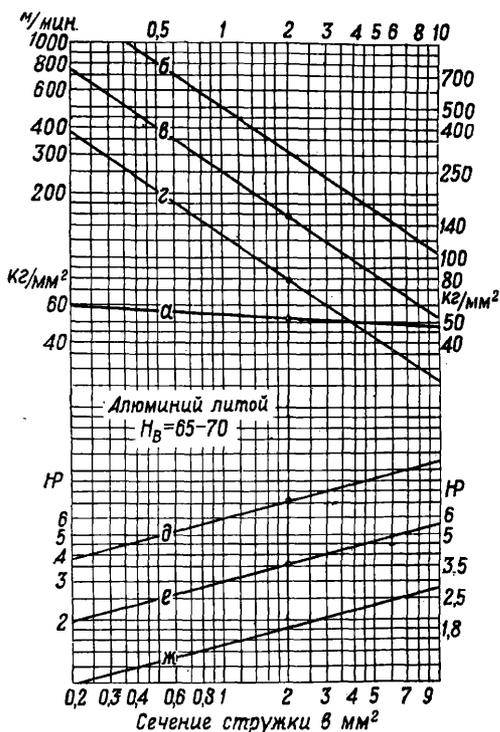


Фиг. 25 З.

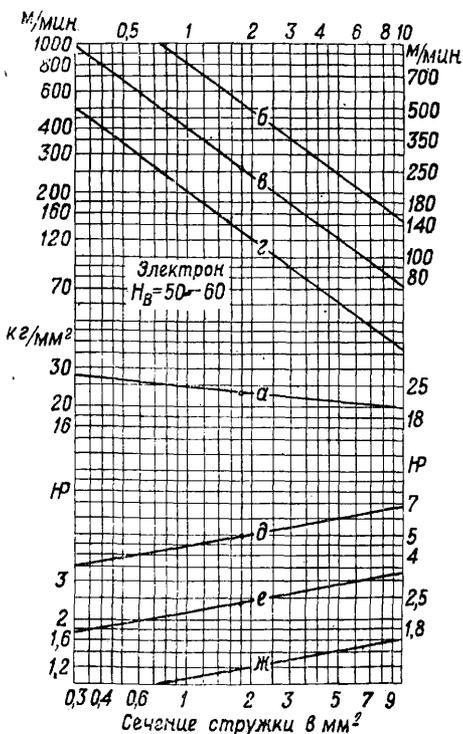
Обозначения: а—кривая удельного давления резания в  $\text{кг/мм}^2$ , б—допустимая скорость резания для Р. из сверхтвердых сплавов в  $\text{м/мин}$ , в—то же из быстрорежущей стали, г—то же из углеродистой стали. д—потребляемая станком мощность на резце при Р. из сверхтвердых сплавов в  $\text{лР}$ , е—то же из быстрорежущей стали, ж,з—то же из углеродистой стали.



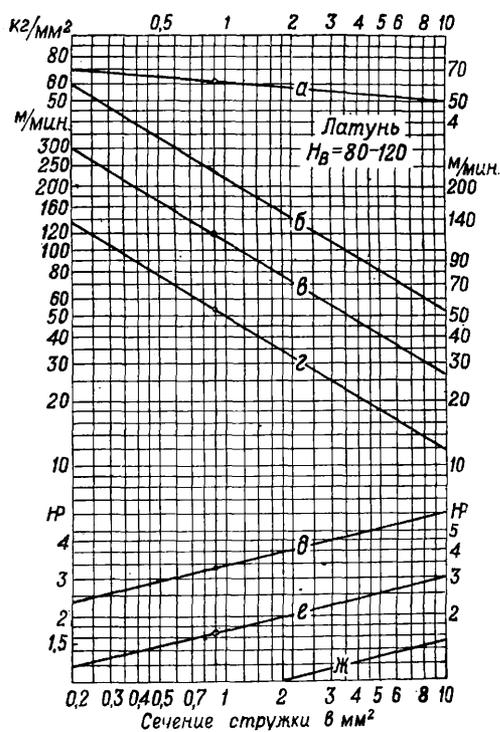
Фиг. 25 В.



Фиг. 25 К.



Фиг. 25 Л.



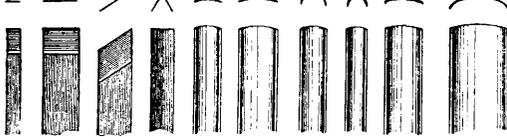
Фиг. 25 М.

Обозначения: а—кривая удельного давления резания в кг/мм<sup>2</sup>, б—допустимая скорость резания для Р. из сверхтвердых сплавов в м/мин, в—то же из быстрорежущей стали, г—то же из углеродистой стали, д—потребляемая станком мощность на резце при Р. из сверхтвердых сплавов в кВт, е—то же из быстрорежущей стали, ж—то же из углеродистой стали.

u. Verrichtungsbau», Lpz., 1923; Machinery's Encyclopedia, v. 1—7, N. Y., 1917—25; Gottwein K., Kühlen u. Schmieren bei d. Metallbearbeitung, 2 Aufl., B., 1928; Simon E., Die Geometrie d. Schneide, «Maschinenbau», Berlin, 1930, B. 9, 17; Simon E., Beziehungen und Bezeichnungen bei Schneidstählen, «Werkstattstechnik», Berlin, 1917, Jg. 11, p. 189, 289; Hippler W., Wissenschaftliche Gestaltung d. Werkzeuge, «Z. d. VDI», 1925, B. 69, p. 227; Fäldt G., Einflüsse d. tangentialen Brustfläche u. geneigten Schneidstellung auf den runden Gewindestahl, «Maschinenbau», B., 1923, B. 5, H. 5—7; Schallbroch H., Die Schneidfähigkeit von Drehmeiseln, «Maschinenbau», B., 1930, B. 9, H. 8; Vogelsang P., Werkzeuge u. Einrichtungen f. die zerspanende Bearbeitung d. Leichtmetalle, «Werkstattstechnik», B., 1929, Jg. 23, H. 3; Seitter K., Der Diamant in d. Kolbenbearbeitung, ibid., B., 1932, Jg. 26, H. 1; Seitter K., Der Diamant im Automobilbau, ibid., B., 1931, Jg. 25, H. 12; Meyer A., Werkzeuge f. die Diamantbearbeitung, ibid., B., 1931, Jg. 25, H. 7; Deja B., Widia-Drehmeissel, ibid., B., 1900, Jg. 24, H. 20; Fehse A., Widia-Werkzeugmetall in d. Technik, ibid., Berlin, 1930, Jg. 24, H. 9; Fehse A., Leistungsergebnisse mit Widia-Werkzeugmetall, «Maschinenbau», B., 1931, B. 10, H. 5; Drescher C. W., Schneidstähle mit aufgeschweissten Plättchen aus Schneidmetall, ibidem, Berlin, 1928, B. 7, H. 2.

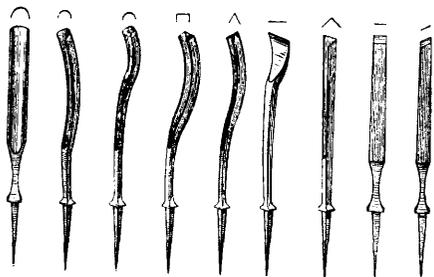
Л. Павлушок.

**РЕЗЬБА** по дереву. При помощи Р. по дереву выполняются художественные узоры для мебели, капители для колонн, барельефы, арабески, карнизы и т. д. Р. бывает плоская и выпуклая и производится гл. обр. вручную маленькими стальными долотами—ресмысами и—длиною 75—85 мм. Лезвия этих долот имеют самую разнообразную форму. Ресмысы служат для плоской Р., а для более глубокой и выпуклой употребляют изогнутые и круглые долота (фиг. 1 и 2). При Р. по дере-



Фиг. 1.

ву приходится иметь дело с контрастами между светом и тенью, и резчик должен всегда следить во время работы как за формой рисунка, так и за правильным распределением этих световых контрастов. Для правильной работы долота д. б. очень остры. Чтобы вначале работа шла быстрее, большие резцы



Фиг. 2.

при помощи киянок и загоняют в дерево и при этом снимают более крупную стружку, а для окончательной отделки пользуются более мелкими и точными резцами, вгоняя их в дерево давлением руки. Кроме долот при Р. еще употребляют: пилы, ресмысы, малки, ярунки и другие стolare и инструменты (см. Столярное дело, Столярно-мебельное производство). Для изготовления тонких и мелких деталей Р. (гирлянды листьев, мелких фруктов и т. д.) обрабатываемый брусок древесины привинчи-

вают снизу или приклеивают к особой доске. Между доской и обрабатываемым бруском проклеивают лист бумаги. Эта доска привинчивается к верстаку особым болтом с гайкой. Благодаря такому прикреплению доску можно вращать, как на центре. Для резьбы идет гл. обр. умеренно твердая порода дерева с тонкими, равномерными волокнами. Для дешевых работ обычно берут древесину липы, а для более дорогих изделий идет древесина груши, яблони, сливы, грецкого ореха, красного и черного дерева, кедра и т. д. Дуб благодаря своей твердости и грубым волокнам режется с трудом, а потому идет преимущественно для крупных изделий, от к-рых требуется большая прочность. Для Р. заранее готовят чертёж, иногда шаблон, а для сложных резных работ изготовляют модель из гипса или же воска. Резать дерево необходимо вдоль волокон, в противном случае поверхность получается неровной. Для окончательной отделки рисунка применяются иногда рашпиль (см. Напильники) или же песчаная бумага, но при этом работа получается менее чистой, чем при отделке одними резцами. Для Р. по дереву механич. путем употребляют фрезерные станки и (см. Деревообделочные станки) и кировальниестанки. На этих станках получают довольно изящную Р., но она значительно менее художественна и ценна, чем Р. ручная. Механич. Р. выгодна при массовом изготовлении какой-либо детали.

Лит.: Бажанов И., Плоская резьба по дереву, СПб., 1912; Герригель Ф. и Бюллов Э., Руководство плоской резьбы по дереву, пер. с нем., Москва, 1910; Лаудин М. и Рот К., Кербшнит—плоская и выпуклая резьба по дереву, пер. с нем., СПб., 1912; Перси Л., Краткое маложение резьбы по дереву, Москва, 1895; Песочкин Н. Н. и А. Н., Деревянный резчик по дереву, М.—Л., 1927; Федоров П., Практич. руководство для резьбы по дереву, СПб., 1907; Marchand P., Les travaux du bois, P., 1920; Masviel, Cours de technologie du bois, 2 éd., t. 1, P., 1924; Sthegen A., Pour l'artisan du bois, Paris, 1927; Lacombe S., Sculpture sur bois, Paris, 1929; Villon M., Graveur en creux et en relief sur bois et sur métal, t. 1—2, Paris, 1924; Metzger M., Die Holzbildhauerei, 3 Auflage, Leipzig, 1925.

В. Гейзен.

**РЕЙД**, внешняя часть водной площади морского порта; служит для стоянки судов на якоре в ожидании места в порту для разгрузки, для укрытия от непогоды и маневрирования при входе и выходе из порта; обеспечивает безопасную, но не всегда удобную стоянку, т. к. морские волны все же вкатываются на Р., делая грузовые операции на нем затруднительными. Естественные Р. образуются береговой линией и составляют часть моря—бухту, фиорд, залив—либо берегом и островом или наносною косой; искусственные Р. образуются внешними сооружениями (см. Мол, Волномол), начертание и устройство к-рых определяются местными особенностями морского режима. Естественные Р. бывают открытые и закрытые; первые плохо или не вполне защищены от ветра в противоположность вторым. Р. составляет непременную принадлежность порта и является частью моря или располагается в непосредственной близости от него; в последнем случае Р. соединяется с морем широким входом. Хороший Р. должен быть достаточно огражден от волнения и ветра, должен иметь определенные размеры водной площади для безопасности и удобства движения и маневрирования судов, достаточную глубину для

судов с наибольшей осадкой и грунт, обеспечивающий надежность якорного зацепления. При ненадежном грунте устраивают искусственные опорные точки: бакены, бочки на мертвых якорях или палы. Выход в море д. б. удобен во всякую погоду. Размеры Р. определяются согласно статистическим данным по наибольшему числу судов, к-рые могут скопиться в нем, или, для новых портов, из расчета проектируемого грузооборота, учитывая неравномерность перевозок в течение года. Глубина в 9,15 м обычно считается достаточной. Для речного порта роль Р. играет соседний участок реки, иногда искусственно защищенный от ледохода ледорезами (см.) и дамбами (см.), — з а т о н .

Лит.: см. Порты.

Р. Тшубейн.

**РЕЙКА**, специально изготовленный деревянный брусок, употребляемый для отсчитывания по вертикальному направлению при геодезич. измерениях. Р. для геодезич. измерений в зависимости от характера их применения подразделяются на 1) нивелирные и 2) дальномерные. Нивелирные Р. в свою очередь делятся на а) Р. технического, или геометрического, нивелирования и б) Р. прецизионного, или точного, нивелирования. Дальномерные Р. делятся на а) Р. мензульные для топографических съемок и б) Р. тахеометрические.

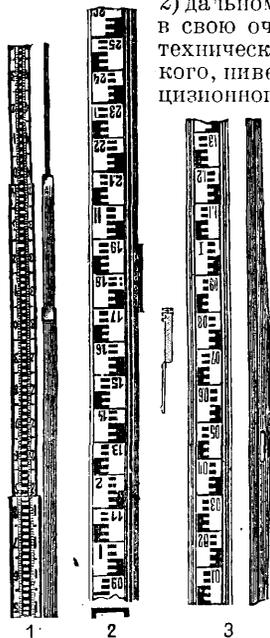
а) Н и в е л и р н ы е Р. для технич. нивелирования состоят из двух или трех деревянных брусков, которые в зависимости от конструкции выдвигаются, складываются на шарнирах или вдвигаются одна часть в другую (фиг. 1, 2, 3). Общая длина Р.—4 м. Р. изготовляются из сухого выдержанного дерева, обыкновенно из ели; на них наносится при посредстве машинных сантиметры и раскрашиваются прочной масляной краской. Подошва Р., или п я т к а (б а ш м а к), оковывается железом, от нижнего края к-рого идет счет сантиметров. При нивелировании Р. должна ставиться вертикально, для чего на задней ее стороне иногда укрепляется круглый уровень или отвес. Деления Р. подписываются цифрами, идущими от пятки, и показывают целые метры и дециметры.

В ы д в и ж н ы е Р. удобны при перевозке и легки, но забухают от воды (дождя), и в них плохо видны верхние узкие части, что делает эти Р. неудобными при работе в лесистых местностях. Р а з д в и ж н ы е Р. громоздки и тяжелы, но удобны при нивелировках в закрытых местностях, т. к. позволяют делать с необходимой точностью отсчеты. С к л а д н ы е Р. неудобны, т. к. при долгом употреблении шарниры, соединяющие части Р., расшатываются, благодаря чему при постановке их части Р. находятся в разных плоскостях и вместо прямой линии дают ломаную со значительным отклонением верхней части. Для устранения всех указанных недостатков в нивелирных Р. иногда изготовляют Р. с п л о ш н ы е. Для сохранения длины Р. и устранения ее деформации во время работ необходимо требовать, чтобы Р. переносилась на

«ребро» без качаний, сотрясений и размахов. Р., как и всякий геодезич. прибор, при выпуске в работу и во время работ поверяются путем сравнения с нормальной мерой. Окраска Р. производится в 3 цвета следующим образом: вся Р. окрашивается в белую краску; сантиметровые деления в пределах каждого дм через см окрашиваются то черной то красной краской. Для контроля отсчетов, делаемых по Р. при нивелировке, иногда Р. делат с обеих сторон т. о., что нулевое деление одной из сторон смещается от пятки на некое постоянное число делений, к-рое будет служить контролем при отсчетах по обеим сторонам Р.

б) П р е ц и з и о н н ы е Р. служат для точного, или прецизионного, нивелирования; поэтому при изготовлении их предъявляются более повышенные требования к материалу, из к-рого они изготовляются, и к точности нанесения делений. Под влиянием изменяющейся  $t^{\circ}$  длина Р. меняется, следовательно, зная коэф. линейного расширения материала, из к-рого изготовлена Р., а также  $t^{\circ}$ , при которой происходили наблюдения, возможно найти ее длину. Материалом, удовлетворяющим этим требованиям, нужно признать металл. Металлич. Р. обладают одним отрицательным свойством—слишком значительным весом, так что пользование Р. затруднительно. В силу изложенного Р. изготовляются из дерева, имеющего очень небольшой коэф. линейного расширения; они мало изменяются от действия  $t^{\circ}$ , а кроме того поративны. Для уменьшения влияния  $t^{\circ}$  и влажности на дерево последнее берется смолистое (в большинстве случаев ель), без сучков, с ровными, параллельно друг другу вдоль длины Р. расположенными волокнами. Для устранения действия влажности Р. прокрашиваются тремя ровными тонкими слоями масляной краски. Размеры делений, нанесенных на прецизионных Р., и способы их расположения и подписи бывают разнообразны. Здесь следует обычно двоякая цель: 1) ясно отличить одно деление от другого и 2) легко дать оценку долей этих делений с высокой степенью точности. Порядок размещения делений и подписи их на Р. должны быть таковы, чтобы отсчитывание по Р. могло происходить быстро и без грубых промахов, т. е. должны существовать способы действительно и легкого контроля отсчетов; это разрешается устройством двусторонних Р.: на одной стороне наносятся деления в единицах длины одной системы, а на другой стороне—в единицах длины другой системы. Во время наблюдений Р. должны быть строго вертикальны, поэтому необходимо иметь при каждой из них уровень с подставками. Р. устанавливается на чугунный башмак сферич. углублением ее в нижнем, основном, конце Р. на специальный штырь башмака.

Из прецизионных Р. следует отметить Р., изготовляемые фирмой Керна в Германии, с делениями, нанесенными с одной стороны в два ряда, с подписью делений четных с одной стороны и нечетных с другой (фиг. 4, где  $u$ —уровень,  $o$ —отвес,  $s$ —штатив,  $b$ —башмак, или пятка,  $d$ —сечение Р.). Р. бывшего русского Главного штаба (фиг. 5, где  $r$ —ручки Р., остальные обозначения те же, что на фиг. 4) с делениями, нанесенными на двух сторонах Р. в различных линейных единицах, а именно сантиметровые М и 0,005 сж. Р, причем первые окрашены черной краской, а вторые—красной попеременно с белой в обоих случаях. Р. фирмы Цейсса с инварной лентой, находящейся в средней части, подвешенной свободно на двух крючках, из которых один

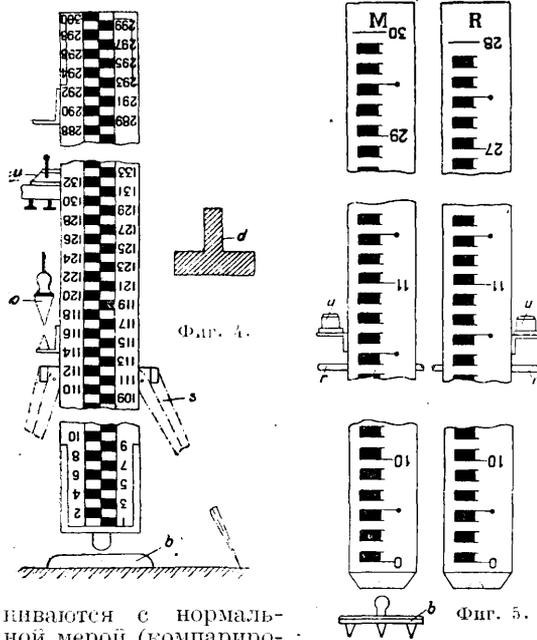


Фиг. 1—3.

благодаря винту может натягивать в некоторых пределах ленту. Наиболее распространенными в Союзе следует признать Р. бывшего русского Генерального штаба как наиболее простые по своему устройству и надежности контроля работ. За последнее время получили значительное распространение Р. Цейсса с инварной лентой. Для учета могущих происходить изменений в длине Р. при прецизионном нивелировании последние срав-

струмента и считается равной 0,5 см. Другой тип дальномерных Р. (фиг. 6) представляет вежу длиной в 2 м, разделенную на 0 м, окрашенные по очереди разными цветами. По веже движется линейка длиной в 2 дм, разделенная на см. Отсчет делается по этой Р. наведением нижней нити дальномера на вершину вежи и установкой подвижной Р. по верхней нити, причем ведется счет целого числа 0 м по веже и части 0 м по Р. Помимо устройства дальномерных Р. можно применять ленты - рейки; они изготовляются на тонком линолеуме и раскрашиваются так же, как и все дальномерные Р. При работе их натягивают на брусок или вежу со специальными зажимами.

г) Тахеометрические Р., как и мензурные, служат для определения расстояний по дальномеру (фиг. 7, А). Изготовление их производится так же, как и для мензурной съемки, за исключением Р., употребляемых для работ тахеометрами-автоматами. В этом случае Р. изготавливаются по типу нивелирных, с учетом коэф-та дальномера. Тахеометрич. Р., употребляемые для работ с тахеометром Бурхард-Цейсса, состоит из металлической полой штанги, на одной из сторон которой нанесены сантиметровые деления. Штанга имеет внизу пятку, кончающуюся острием; по штанге движется муфта, несущая 2 подвижные подставки, при помощи которых возможно установить Р. вертикально. Вторая муфта, двигающаяся по штанге, имеет паз для закрепления горизонтальной Р. (фиг. 7, Б). Расстояние по Р. определяют при посредстве повторительного теодолита, снабженного авторедуцирующим оптич. дальномером (теле-



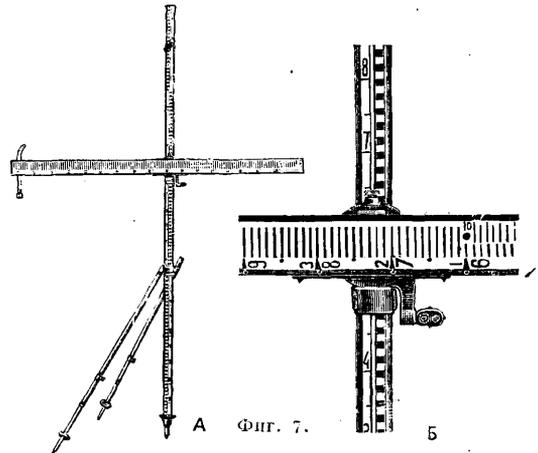
Фиг. 4.

ниваются с нормальной мерой (компарирование). Сравнение Р. происходит ежедневно. Кроме того перед началом работ Р. измеряются (компарироваются) на специальных *компараторах* (см.), в результате чего определяются их общая истинная величина, а также величина частей их, отмеченных на Р. специальными марками, врезанными через м. Изготовление Р. фабричное. Р. для техниц. и прецизионного нивелирования изготавливаются в настоящее время фабрикой «Геодезия».

в) Р. для мензурной съемки дальномерные изготавливаются для каждого дальномера особо. Они представляют брусок шириной 8—10 см, длиной 3—4 м, хорошо высушенный и покрашенный с лицевой стороны масляной белой краской.

Р. изготовляют след. обр.: на ровной местности измеряют линию длиной  $200 + q$  м, где  $q = F + k$  ( $F$ —фокусное расстояние объектива инструмента;  $k$ —расстояние от объектива до центра инструмента, в котором устроен дальномер). На концах линии забивают колья; над одним из них устанавливают инструмент (мензурла с кипрегелем), а на другом устанавливают вертикально Р. Нижнюю нить дальномера инструмента наводят на вершину Р., а проекцию верхней нити отмечают карандашом на Р., после чего при помощи циркуля расстояние от вершины Р. до метки забивают на 100 ч. и строят деления. Нулевое деление в дальномерных Р. поднимается несколько выше нижнего края Р., чтобы при съемке трава, кусты и рельеф не закрывали его.

Определение расстояния по дальномерной Р. производят путем счета шажек между крайними нитями дальномерной сетки или между верхней, нижней и средней. Дальномерные Р. указанного типа в большинстве случаев изготавливаются перед началом работ самими топографами. Точность отсчета по дальномерным Р. зависит от увеличения трубы ин-



Фиг. 7.

метром) с половинчатыми изображениями, которые дают возможность непосредственного отсчета по горизонтальной Р. величины горизонтального проложения от точки стояния инструмента до точки стояния Р. Точность отсчетов по Р. равна 1 см на 100 м.

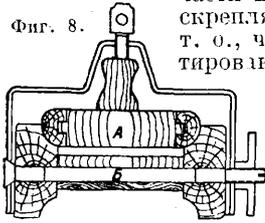
Кроме описанных выше Р. в настоящее время вводится в СССР как стандартная Р. системы Родионова. Она представляет собою раздвижную рейку, но имеет преимущества перед последней в отношении крепления подвижной части и сохранения делений (окраски) при транспортировании, чего нет у опи-



Фиг. 6.

санных Р. На фиг. 8 показан разрез рейки Родионова, подготовленной к транспортированию: выдвинутая часть рейки А обращена делениями внутрь; то же самое относится к части Б. Металлич. хомутки скрепляют обе части рейки т. о., что во время транспортирования они не могут открыться. Преимущества Р. сист. Родионова очевидны перед обыкновенными, требующими восстановления окраски примерно через рабочий сезон, а также специальной укупорки при перевозке на большие расстояния.

Фиг. 8.



Лит.: Курс геодезии, под ред. Ф. И. Красовского, ч. 1, М.—Л., 1930; Вархаловский Э., Геодезическое ливелирование высокой точности, М., 1919; Витковский В. В., Топография, 3 изд., Москва, 1928; Солоньев С. М., Курс высшей геодезии, 3 изд., Москва, 1914; Орлов П. М., Курс геодезии, 3 изд., Москва, 1929; его же, Практика высшей геодезии, под ред. П. М. Орлова, 8 изд., М., 1930; Бица А. Н., Чеботарев А. С., Учебник высшей геодезии, 3 изд., М.—Л., 1928. **В. Платон.**

**РЕЙХЕРТ-МЕЙСЛЯ ЧИСЛО**, константа, определяющая содержание свободных летучих, растворимых в воде (низкомолекулярных) к-т в жире или масле: Р.-М. ч. выражается числом  $\text{см}^3 \frac{1}{10} N$  щелочи, необходимой для нейтрализации этих к-т в 5 г жира.

Для практич. определения Р.-М. ч. 5 г испытуемого жира омывают в колбе емкостью 300  $\text{см}^3$  с 20 г глицерина и с 2  $\text{см}^3$  50%-ного водного раствора щелочи на голлом огне. Полученный осадок (мыло) растворяют в 90  $\text{см}^3$  горячей воды, прибавляют 50  $\text{см}^3$  разбавленной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (25 : 1000), немного грубо размельченной пемзы (для избежания перегрева) и перемешивают через холодильник в мерную колбу (рзв.) 110  $\text{см}^3$ ; содержимое колбы фильтруют для удаления нерастворимых в воде кислот, к-рые остаются в осадке на фильтре; к 100  $\text{см}^3$  фильтрата прибавляют фенолфталеин и титруют  $\frac{1}{10} N$  щелочью. Число израсходованных  $\text{см}^3$  щелочи, помноженное на 1,1, дает Р.-М. ч. Попутно определяется и число Поленске—содержание в жире нерастворимых в воде к-т; для этого осадок на фильтре промывают горячей водой (3 раза по 15  $\text{см}^3$  воды) до полного удаления растворимых кислот, растворяют в 30%-ном спирте, прибавляют фенолфталеин и титруют  $\frac{1}{10} N$  щелочью. Число израсходованных  $\text{см}^3$  щелочи дает число Поленске.

Большинство масел и жиров имеет Р.-М. ч., меньшее единицы; масла с высоким подным числом имеют высокое Р.-М. ч.; у прогорклых и продуктых масел Р.-М. ч. также повышается. Как Р.-М. ч., так и числом Поленске пользуются для обнаружения фальсификации коровьего масла кокосовым маслом. Р.-М. ч. коровьего масла равно 26—32, кокосового масла 5—8; таким образом присутствие кокосового масла в коровьем понижает Р.-М. ч. последнего и, наоборот, повышает число Поленске. **Н. Ельцина.**

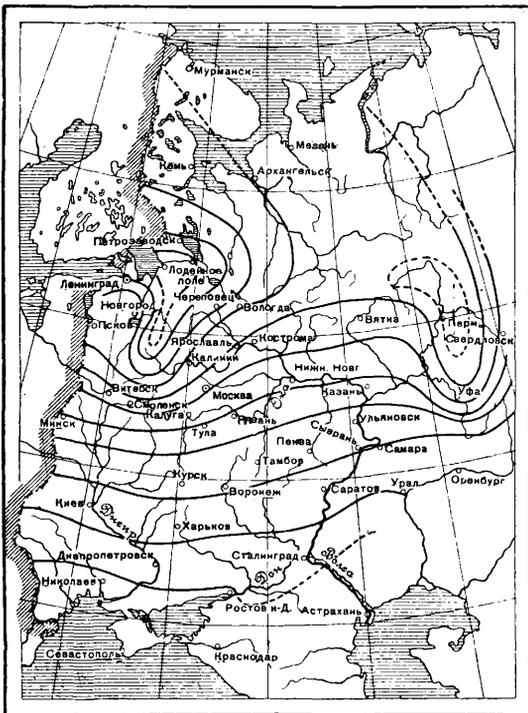
**РЕКИ**, постоянные естественные водотоки, питаемые поверхностными и подземными водами. Нижний конец каждой такой Р. называется устьем в отличие от гораздо более редкого случая, когда в низовьях Р. вследствие сильного испарения или просачивания в почву вся вода теряется, не доходя до моря, озера или другой Р., и Р. оканчивается в виде т. н. слепого конца.

Основные определения. Естественные водные потоки разделяются по величине на большие, или Р., средние, или речки, и малые—ручьи, или каналы. Ручьи, речки и Р., соединяясь друг с другом, образуют речную систему. Из двух сливающихся Р. главной называется та, к-рая имеет меньший про-

дольный уклон. Вторая Р. называется притоком. Некоторые специалисты дают иные определения главной реки: Шоклиц считает главной Р. ту, которая богаче водой, Франциус—ту, которая имеет больший бассейн, Зупан—ту, исток к-рой по прямой линии наиболее удален от общего устья. Притоки, впадающие в главную Р., называются притоками первого порядка, впадающие в последние—притоками второго порядка и т. д. Местность, направляющая свои воды как надземные, так и подземные в определенный водоток (ручей, речка, река), образует его бассейн. В бассейне данной Р. входят бассейны всех ее притоков. Морфологически поверхностный бассейн можно определить как систему склонов земной поверхности, падающих к Р. Подземные бассейны могут не совпадать с поверхностными, заходят иногда за границы соседних поверхностных бассейнов; поэтому определить точно границу двух соседних бассейнов в большинстве случаев крайне затруднительно, причем получающиеся при этом относительные ошибки тем больше, чем меньше площадь бассейна. Для больших бассейнов эти ошибки не существенны. Поверхностные границы смежных бассейнов, или границы стока между соседними водотоками, называются в о д о р а з д е л а м и. Водораздельная линия охватывает собой все самые высокие точки потоков данной системы, откуда они начинают свое течение. Иногда из противоположных концов одного и того же озера или болота вытекают водотоки, принадлежащие к разным водным системам (Дон и Цна—из Иван-озера; притоки Днепра и Вислы—из Пинских болот). Водные потоки текут по *руслу* (см.), в которое сливаются поверхностные и грунтовые воды, питающие поток. В отдельных случаях происходит раздвоение Р. (б и ф у р к а ц и я). При разделении на рукава последние могут принадлежать разным системам главных Р. (Ориноко) или отдельно впадать в море (Волга) или другие Р. или наконец сливаться вновь с главной Р. (Дон). Густота речной сети, выражающаяся отношением общего протяжения в км всех Р. на данной площади к величине этой площади в  $\text{км}^2$ , зависит: а) от степени водопроницаемости грунтов бассейна, причем чем менее водопроницаемы грунты, тем гуще речная сеть; б) от характера и распространения растительности, препятствующей разрыву земной поверхности и уменьшающей поверхностный сток и его интенсивность; в) от высоты и интенсивности осадков, которые повышают густоту речной сети. Наличие озер в составе речной сети весьма существенно отражается на режиме Р. Озера являются регуляторами стока и отстойниками для осаджения в них мути, приносимой Р., причем регулирование и осаджение сказываются тем в большей мере, чем больше площадь озер. Примерами озерных Р. могут служить: Нева, р. Св. Лаврентия (Америка), Волхов. Коэф-т озерности представляет собой отношение площади озер к общей площади бассейна данной Р. Истоки Р. берут свое начало из подземных или надземных источников (болот или озер) или от ледников. Устьем реки называется место ее впадения в море, озеро или в другую Р. Существуют Р., у к-рых нет устья (Мургаб) вследствие постепенного исчезновения Р. путем просачивания и испарения. Некоторые Р. уходят

через трещины под землю, превращаясь в подземные Р.; иногда они вновь выходят на поверхность земли или текут под землей до моря. Извилистость Р. характеризуется коэффициентом извилистости, представляющим собою отношение длины прямой линии, соединяющей точки истока и устья, к длине самой реки. Уклоном Р. определяется отношением разности высот истока и устья к длине Р. и выражается в промиллях (‰). На разных участках Р. величина уклона не одинакова. Верхний участок реки отличается более значительными уклонами и более быстрым течением, средний — более пологими уклонами и меньшей быстротой течения и нижний — весьма малыми уклонами и медленным течением. Количество воды, протекающее через ж и в о е с е ч е н и е (площадь поперечного сечения водного потока) Р. в единицу времени, называется расходом воды, а линия, ограничивающая живое сечение со стороны русла, — смоченным периметром. Вследствие размыва русла и берегов Р. перемещается, причем на старых местах остаются старые рукава (нередко залитые водой), или т. н. с т а р ь ц ы, превращающиеся в озера и болота.

**П и т а н и е Р.** В зависимости от климатич. условий страны пополнение водных запасов Р. происходит от дождей или таяния снегов,

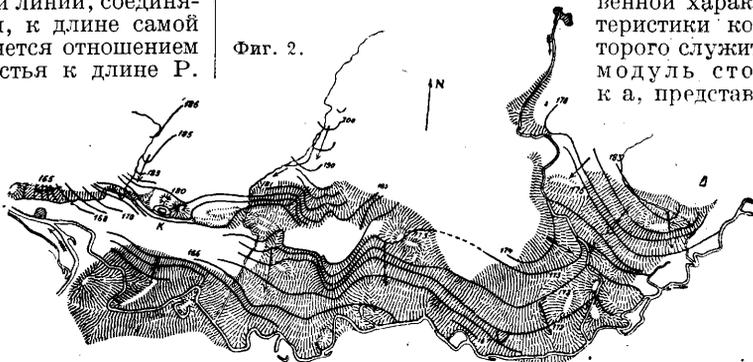


Фиг. 1.

причем половодье наступает в теплые или холодные периоды года, или совсем не наблюдается больших подъемов воды. К питанию Р. дождевыми и тальными водами в горных местностях присоединяется еще питание из ледников, к-рое в связи с таянием льда летом

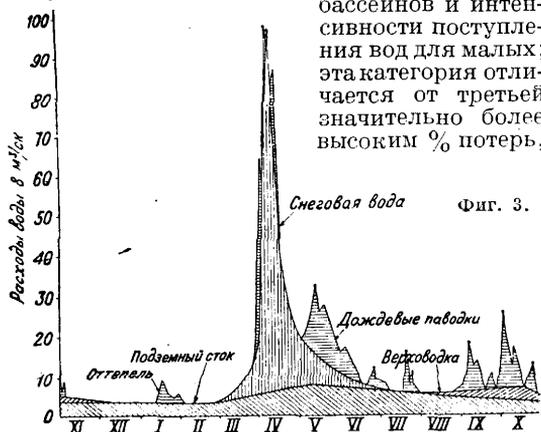
значительно увеличивает расход горных Р. По характеру притекания воды в реки питание их можно подразделить на поверхностное и подземное. Поверхностное питание происходит поверхностным стоком, для количественной характеристики которого служит модуль стока а, представ-

Фиг. 2.



ляющий собой уд. сток в л/сек на 1 км<sup>2</sup> площади бассейна. Распределение стока по территории наиболее наглядно изображается изолиниями и (фиг. 1). Подземное питание Р. происходит из подземных запасов воды, представляющих собой громадные подземные водоемы, подающие воду в Р. (внутренний сток) и являющиеся единственными источниками питания Р. в периоды засухи и в зимнее время. Подземные запасы пополняются гл. обр. просачиванием дождевых и тальных вод, а также самими водотоками во время половодий путем насыщения водой грунта пойм. Подземное питание Р. характеризуется наилучшим образом горизонталями подземных вод, или гидроизогирами (фиг. 2); направление потоков обозначено стрелками нормально к гидроизогирам. Если подземные воды питают Р., то гидроизогиры отклоняются вверх по течению; если, наоборот, река отдает воду, то гидроизогиры отклоняются вниз по течению; когда движение подземных вод происходит независимо от речных, гидроизогиры пересекают реку без всякого отклонения; т. о. по гидроизограмме можно легко выявить, где и как река питается подземными водами. На разных участках одной и той же Р. могут иметь случаи питания ее подземными водами и случаи обратные; особенно часто это встречается на Р. с плотинами. Размеры подземного питания характеризуются: при отсутствии оттепелей и паводков — размерами зимних расходов воды в Р., а при отсутствии дождей в течение достаточно продолжительного времени — летними расходами воды в Р. Для правильного суждения о стоке и питании Р. необходимо считаться с гидрологич. циклами. По В. Г. Глушкову можно рассматривать четыре категории питания: а) глубокими подземными водами, б) аллювиальными водами и верховодкой, в) большими скоплениями поверхностных вод в период половодья (см.), г) малыми количествами поверхностных вод в период паводка (см.). Первая категория питания Р. наиболее равномерна и постоянна; она не подвержена сезонным, а для крупных бассейнов и многолетним колебаниям, ослабевая и усиливаясь лишь в результате историч. редких засух и обильных осадков. Вторая категория питания менее устойчива, будучи подвержена не только многолетним, но и сезонным колебаниям. Третья категори

питания  $P$ . зависит по размерам: для больших бассейнов—от количества атмосферных осадков, для малых бассейнов—от интенсивности поступления вод; границей между теми и другими являются бассейны, для которых наибольшая длительность добегания поверхностного стока равна продолжительности выпадения или таяния осадков. Четвертая категория питания  $P$ . тесно связана с погодой и зависит от объема выпавших осадков, исключая потери на испарение и просачивание; расходы пропорциональны высоте осадков для больших

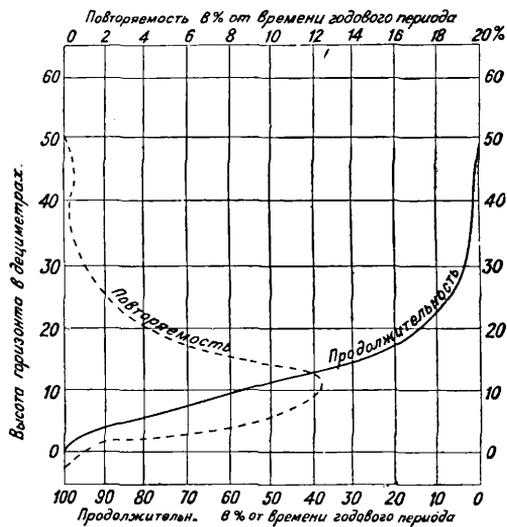


бассейнов и интенсивности поступления вод для малых; эта категория отличается от третьей значительно более высоким % потерь,

особенно для летних дождей. Колебания расходов от всех четырех видов питания м. б. выражены графиком (фиг. 3).

Колебания уровня  $P$ . В технике и общепитии различают три положения уровня воды в реке: высокий, средний и низкий (меженный). Уровень воды в реке подвержен постоянному колебанию в зависимости от поступления вод. Колебания уровня воды в  $P$ . могут быть периодические (половодье) или случайные, непериодические (паводки). Разность между предельными уровнями воды бывает значительна, например для Волги у Н.-Новгорода она бывает 12,8 м, а для Оки у Калуги—12,3 м. Меньшим колебаниям уровня воды подвержены озерные  $P$ ., причем эти колебания тем меньше, чем больше площадь и объем озера, входящего в систему  $P$ . Для решения различных вопросов, связанных с эксплуатацией  $P$ . и постройкой сооружений, необходимо иметь данные о колебаниях уровня и уметь предсказать ожидаемые высоты горизонта воды. Данные о предельных уровнях воды необходимы для решения многих технич. вопросов. Это обуславливает долготное наблюдение за уровнем воды для установления гидрологич. режима  $P$ . (см. *Водомерные наблюдения*). Характеристики уровня воды в  $P$ . должны даваться для годового цикла, разбиваемого затем на сезонные циклы, или периоды (напр. зимний, весенний, летний с осенним); для циклов определяют средний уровень и крайние пределы его, а также продолжительность стояния уровней воды. Помимо годовых циклов делают также определения для многолетних циклов с их предельными уровнями. В. Г. Глушков предложил строить график относительной повторяемости. Для построения последнего наносят на вертикальной прямой все точки высот ежегодных максимумов уровня, проводят горизонтальные предельные, медианные и квад-

рильные линии и строят на каждом из вертикальных отрезков, заключенных между двумя смежными горизонтальными участками (верхний предел—вторая квартильяна, вторая квартильяна—медиана и т. д.), прямоугольники, характеризующие повторяемость, к-рая пропорциональна ширине прямоугольников, при их высоте, равной указанным выше вертикальным отрезкам. Обычно строят графики колебания горизонта воды, откладывая время по абсциссе, а высоту горизонтов воды—по ординатам. Такие графики строят для годового периода, накладывая несколько лет на один и тот же график для оценки особенностей того или иного года, и наносят здесь же отметки «среднего года», как результата вычисления средних арифметических из отметок горизонтов воды по дням. Границы между уровнями (высокими и средними, а также средними и низкими) д. б. во всяком случае мало изменяющимися для данного места с течением времени, чтобы иметь постоянный критерий для оценки колебаний горизонтов за определенные периоды времени. Для решения гидротехнич. задач часто бывает важно знать повторяемость, или частоту горизонтов той или иной высоты; с этой целью на основании водомерных наблюдений за ряд лет строят кривую повторяемости различных горизонтов и кривую продолжительности стояния горизонтов, или так наз. интегральную кривую (фиг. 4). В последнее время предсказания высоты горизонтов начали связывать



с данными более полных гидрологич. исследований и синоптики. Для речных предсказаний Лебедев дал ф-лу

$$H = N + \frac{P+I}{2}, \quad (1)$$

где  $H$ —выраженная по пятибалльной системе высота половодья (обычное половодье—«0», высокое—«+1» и т. д.),  $N$ —балл толщины снега,  $P$ —балл осеннего пропитывания почвы,  $I$ —балл ожидаемой циклоничности весны. Переход от балльной системы к соответствующему показанию рейки водомерного поста производится методом коэффициентов или методом перцентилей (рядов). Для первого метода вводится понятие

коэффициента интенсивности половодья данного года, выражаемого величиной

$$X = \frac{h-S}{D}, \quad (2)$$

где  $h$ —наивысший горизонт данного года над нулем поста,  $S$ —среднее арифметическое из наивысших горизонтов половодья за много лет,  $D$ —среднее арифметическое из ежегодных отклонений наивысшего горизонта от величины  $S$ . Т. к. согласно указаниям Лебедева числовую величину  $X$  можно принять близкой равной оценке половодья  $H$  по пятибалльной системе, то

$$N + \frac{P+I}{2} = \frac{h-S}{D}. \quad (3)$$

Пользуясь ф-лой (3), вычисляют величину  $h$ , подставляя значения величин:  $N$  и  $P$ —на основании сведений корреспондентов,  $I$ —по картам ожидаемого барич. рельефа,  $S$  и  $D$ —на основании показаний водомерного поста за ряд лет. По методу перцентилей, предложенному Глушковым, составляется возрастающий ряд из наивысших горизонтов данного поста за много лет, причем принимается, что медианный член этого ряда соответствует баллу 0, первый квадратильный член ряда, отвечающий типичному низкому половодью,—баллу -1, второй квадратильный член ряда—баллу +1; первые два числа ряда отвечают половодьям чрезвычайно низким, а последние два числа—чрезвычайно высоким.

В устьях  $P$ ., впадающих в море или озеро, колебания уровня воды сильно зависят от направления и силы ветров. Во время морских приливов происходит подъем воды в  $P$ . от входа в устье приливной волны, идущей навстречу течению в  $P$ . Когда приливная волна вступает в  $P$ ., то под влиянием силы, сжимающей поверхность вод по горизонтальному направлению, возникает перпеносные волны, двигающиеся одновременно с приливной волной вверх по  $P$ ., и уровень воды в ней меняется от одного места к другому. Значительное повышение уровня воды в  $P$ . происходит также при движении льда перед ледоставом (см.) или при весеннем вскрытии  $P$ ., от ледяных затворов (см.), а иногда и в зимнее время при подвижках льда. В  $P$ ., питаемых ледниками, наибольший подъем воды наступает летом.

Продольный и поперечный профиль и л  $P$ . Продольный профиль поверхности воды в  $P$ . представляет собою ряд непрерывно изменяющихся кривых, причем для определения истинного профиля  $P$ . необходимо выбирать время, когда  $P$ . имеет низкий горизонт. Путь, по которому движется поток с наибольшей скоростью, носит название с т р е ж н я  $P$ . Этот путь соответствует б. ч. наиболее глубоким местам  $P$ . и идет от одного берега к другому, следуя изгибам русла (см.). Вдоль стрежня  $P$ . п л е с ы чередуются с п е р е к а т а м и, причем при понижении уровня воды до обнажения перекатов вода стоит только в плесах на уровне  $aa$  (фиг. 5). С повышением уровня до  $bb$  вода будет переливаться через перекаты; при этом скорость в плесах будет очень мала. При повышении уровня воды до положения  $cc$  на профиле будет еще отражаться рельеф дна, причем скорости на глубоких местах возрастут, а на мелких уменьшатся, пока уровень воды не достигнет некоего положения  $gg$ , при котором поверхность воды будет иметь одинаковый

уклон. С дальнейшим повышением уровня воды на плесах будут иметь место большие уклоны, а на перекатах—малые уклоны, последствием чего получится разрыв на глубоких местах и намыв на мелких. Т. о. при высоких водах продольный профиль  $P$ . изменяется в сторону углубления плесов и обнажения перекатов, и обратно—при малых водах размываются гребни и намываются плесы. При разливе по широкой долине уклоны  $P$ . сглаживаются благодаря уменьшению скорости течения; в местах сужения долины скорость, а вместе с ней и уклон увеличивают-



ся. Величина поверхностных уклонов обуславливается общим рельефом местности, свойствами грунта, водоносностью  $P$ ., притоками и другими причинами. Размывы и наносы постоянно деформируют русло, изменяя все время продольный профиль  $P$ . Существенную роль в отношении деформирования русла играют притоки. Каждый приток изменяет состояние и направление  $P$ . ниже места его впадения, т. к. с увеличением количества воды в большинстве случаев увеличивается и количество влекомых водой наносов. Когда приток несет паводковые воды, то последние, вливаясь с большой скоростью поперек главной  $P$ . и как бы запруживая ее, нарушают ее движение и вызывают отложение наносов.

Размеры частиц наносов все более уменьшаются по направлению к устью по закону, выведенному Штернбергом в предположении, что истирание пропорционально весу  $P$  зерен наносов и длине  $s$  пути движения их. Если первоначальный вес  $P_0$  зерен уменьшится на величину  $dP$ , то

$$dP = -cP ds \quad (4)$$

или

$$\ln P = -cs + C. \quad (5)$$

При  $s = 0$ ,  $P = P_0$ ; следовательно

$$P = P_0 e^{-cs}, \quad (6)$$

где  $c$  означает удельное истирание, т. е. уменьшение веса камня в 1 кг при перемещении его на 1 м. Удельное истирание зависит от петрографич. свойств камня и может быть принято равным 0,0000167 для мергельной извести, 0,0000100 для обыкновенной извести, 0,0000083 для доломита, 0,0000033 для кварца, от 0,0000050 до 0,0000035 для гнейса и гранита и от 0,0000025 до 0,0000020 для амфиболита. Ур-ие (6) применимо лишь для таких участков  $P$ ., в которых происходит движение по преимуществу донных наносов. При рассмотрении различных продольных профилей  $P$ . выяснилось, что уклон  $I$  пропорционален величине  $P$ , т. е. что

$$I = \frac{dz}{ds} = aP_0 e^{-cs}, \quad (7)$$

где  $a$ —коэффициент пропорциональности; из

равенства (7) следует, что

$$dz = a P_0 e^{-cs} ds = \beta e^{-cs} ds. \quad (8)$$

Интегрируя и принимая, что при  $s=0$ ,  $z=z_0$ , получим уравнение продольного профиля  $P$  в следующем виде

$$z_0 - z = \beta(1 - e^{-cs}), \quad (9)$$

где  $z_0$  и  $z$  суть глубины в начале и в конце рассматриваемого участка длиной  $s$ . Ур-ию (9) отвечают продольные профили ряда исследованных в этом отношении  $P$ . Закономерность продольного профиля нарушается, если воды притоков несут с собой наносы других размеров, чем размеры наносов в главной  $P$ , или если скалистые участки препятствуют развитию последней; между такими препятствиями однако устанавливается продольный уклон соответственно величине наносов. Пока еще многие  $P$  имеют на всем своем протяжении в полной мере развитый продольный профиль. При законченном развитии продольного профиля  $P$  с подвижным ложем уклон является функцией размеров наносов, а размеры последних — функцией пути передвижения наносов.

В поперечных сечениях, нормальных к оси потока, также имеются уклоны поверхности воды. В изгибах  $P$  у вогнутого берега, к которому течение прижимается под влиянием центробежной силы, глубина больше и уровень воды стоит выше. При крутых изгибах реки и большой скорости течения разница уровней у обоих берегов  $P$  может быть довольно значительна. Если вообразить себе на поверхности воды (фиг. 6) материальную частицу,двигающуюся по стремню со скоростью  $v$ , то на эту частицу будут действовать вес  $G$  и центробежная сила  $\frac{G v^2}{g x}$  в сторону вогнутого берега, где  $g$  — ускорение силы тяжести; уровень воды расположен перпендикулярно к результирующей обеих сил и имеет поперечный уклон, определяемый отношением

$$\frac{dz}{dx} = \frac{G v^2}{G}, \quad (10)$$

откуда

$$g dz = v^2 \frac{dx}{x}. \quad (11)$$

Принимая скорость  $v$  равномерно распределенной по поперечному сечению потока и интегрируя ур-ие (11) при условии, что  $z=0$  при  $x=R_1$ , получим ур-ие линии горизонта  $P$  (по Грасгофу):

$$z = \frac{v^2}{g} \ln \frac{x}{R_1}. \quad (12)$$

Наибольшая величина повышения уровня воды у вогнутого берега будет

$$h = \frac{v^2}{g} \ln \frac{R_2}{R_1} = 2,30 \frac{v^2}{g} \lg \frac{R_2}{R_1}. \quad (13)$$

Ф-ла эта подтвердилась наблюдениями, произведенными на Рейне. Повышение горизонта отвечает т. о. приближенно тем частям поперечного сечения потока, в которых скорость равна величине  $v$ . На поперечные уклоны помимо центробежной силы, развивающейся

в водных массах при изменениях направления движения, влияет также вращение земли, которое по закону Кориолиса отклоняет массу движущейся воды по направлению к западу. Но это влияние ничтожно и практически неудобно. При подъеме воды поверхность ее в поперечном сечении потока может иметь вид кривой, выпуклой в середине, а при спаде воды — вогнутой. Последним обстоятельством (вогнутостью) пользуются между прочим при сплаве дров россыпью. Если на  $P$  имеется какое-либо искусственное препятствие, то перед ним образуется подпор, а в его пределах — впадина. Площадь живого сечения  $P$  в большинстве случаев (как показывают измерения) равна площади параболического сегмента, т. е.

$$F = \frac{2}{3} bt, \quad (14)$$

где  $F$  — площадь живого сечения  $P$ ,  $b$  — ширина  $P$  по урезу воды,  $t$  — наибольшая глубина  $P$ .

Скорость течения и расход воды в  $P$ . Величина скорости зависит гл. обр. от уклона и шероховатости русла и от гидравлич. радиуса или от средней глубины  $P$ . Распределение скоростей по живому сечению  $P$  чрезвычайно сложно и не поддается б. или м. точному выражению. Определение расхода  $Q$  сводится к отысканию площади живого сечения  $F$  и средней скорости течения  $v$ , причем под последней подразумевают среднюю из скоростей всех частичек живого сечения  $P$ . Расход  $P$  будет

$$Q = Fv. \quad (15)$$

Для определения средней скорости течения предложено много эмпирических формул (см. *Гидравлика и Движение воды*), из которых наибольшее распространение получили одночленные ф-лы вида

$$v = cI^{\lambda} R^{\gamma}, \quad (16)$$

где  $v$  — средняя скорость движения воды,  $I$  — гидравлич. уклон,  $R$  — гидравлич. радиус, равный отношению площади живого сечения к смоченному периметру,  $c$  — коэф., определяемый опытным путем. Коэф.  $c$  и показатели  $\lambda$  и  $\gamma$  зависят от свойств смоченной поверхности русла. В ф-ле Шези показатели  $\lambda$  и  $\gamma$  равны 0,5. В формуле Форхгеймера  $\lambda=0,5$ ,  $\gamma=0,7$ ,  $c = \frac{1}{n}$ ; здесь  $n$  — коэф. шероховатости, определяемой по ф-ле

$$n^2 = \frac{p_1 n_1^2 + p_2 n_2^2 + p_3 n_3^2 + \dots}{P}, \quad (17)$$

где  $P$  — смоченный периметр,  $p_1, p_2, p_3, \dots$  — части смоченного периметра, соответствующие разной степени шероховатости;  $n_1, n_2, n_3, \dots$  — коэф-ты шероховатости, соответствующие частям  $p_1, p_2, p_3, \dots$  смоченного периметра. Коэффициент шероховатости ложа различен для различных  $P$ . При прочих равных условиях увеличение уклона и средней глубины влечет за собой увеличение средней скорости, причем средняя глубина представляет собой отношение площади живого сечения к ширине  $P$  поверху.

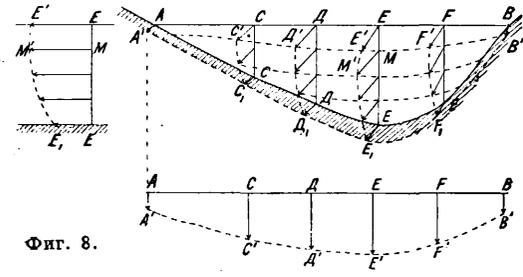
Распределение скоростей в  $P$  по живому сечению м. б. изображено в виде кривых равных скоростей, или изотах (фиг. 7). Система изотак ясно указывает место наибольших скоростей. Наименьшая скорость течения — у берегов и у дна, она увеличивается к середине и до определенного предела вверх к поверхности воды. Максимальная скорость

наблюдается немного ниже поверхности, что объясняется сопротивлением воздуха движению поверхностных струй. Геометрич. место



Фиг. 7.

положений наибольших скоростей в поперечных сечениях называется динамической осью Р. Последовательное изменение скоростей или, вернее, их составляющих, перпендикулярных к живому сечению Р., м. б. представлено кривыми распределения скоростей, или годографами скоростей, получаемыми путем соединения концов горизонтальных составляющих векторов скоростей (фиг. 8). Сред-



Фиг. 8.

няя скорость  $v_m$  в поперечном сечении потока представляет собою часть наибольшей поверхностной скорости  $v_{Hmax}$  течения воды, т. е.

$$v_m = a \cdot v_{Hmax}, \quad (18)$$

где коэф.  $a$  варьирует в пределах 0,40—0,83 (по данным Гидротехнич. бюро в Мюнхене). По данным Гидрографического центрального бюро в Вене

$$v_m = a \frac{\sum f v_H}{\sum f}, \quad (19)$$

где  $v_H$ —поверхностная скорость по данной вертикали,  $f$ —часть площади поперечного сечения потока вдоль данной вертикали,  $a = 0,77 \div 1,00$  (по измерениям на австрийских Р.). Величина  $a$  определяется из выражения

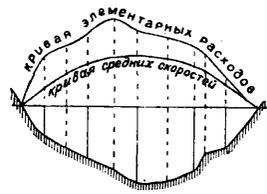
$$a = \frac{\sum f v_H}{\sum f v_H}, \quad (20)$$

где  $v_H$  есть средняя поверхностная скорость. Определив на основании измерений величину  $a$ , находят расход  $Q$ :

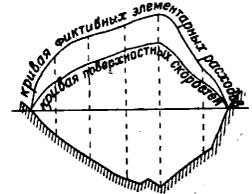
$$Q = a \sum f v_H. \quad (21)$$

Наряду с продольными скоростями, очень разнообразными, в Р. имеют место скорости, направленные поперек Р. и вверх. Лелявский указал, что в Р. на плесах существует верховое сходящееся клинообразное спиральное течение, а на перекатах—донное расходящееся, веерообразное. На изгибах Р. течение в общей массе принимает винтообразный или спиральнообразный характер. В общем распределение струй и распространение по всему потоку отдельных частиц воды в Р. крайне сложны и не поддаются точному учету. Для измерения и определения скоростей течения и расходов воды имеется много приборов и методов, позволяющих с большей или меньшей точностью выявить искомые величины (см. *Гидрометрические приборы и Гидрометрия*). На основании

произведенных в Р. измерений строят э п о р ы р а с х о д о в (фиг. 9 и 10). От прямой, изображающей поверхность воды, откладывают вверх в произвольном масштабе средние, или поверхностные, скорости по каждой вертикали; через концы отложенных скоростей проводят кривую скоростей (средних, или поверхностных); скорости у берегов берут равными нулю; для получения кривой расходов умножают глубину по каждой вертикали на соответствующую скорость, полученные значения расходов по верти-



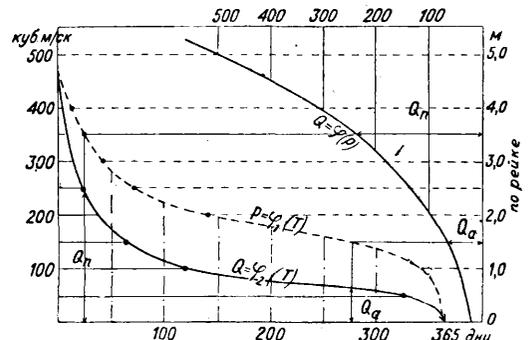
Фиг. 9.



Фиг. 10.

калям откладывают вверх от линии поверхности воды и через концы отрезков проводят кривую. Площадь, ограниченная линией поверхности воды и кривой расходов, дает секундный расход Р. в данном живом сечении. Для получения действительного расхода по фактивному помножают последний на коэф.  $k$ , варьирующий в зависимости от размеров Р. в пределах 0,83—0,95, причем меньшие значения относятся к малым Р., а большие к большим. Для определения коэф-та  $k$  производят измерения расходов воды вертушкой не менее чем при трех разных уровнях воды и находят величины расходов и величины фактивных расходов; делением первых на вторые определяют коэф-ты, после чего строят кривую зависимости, откладывая по оси абсцисс величины коэффициента  $k$ , а по оси ординат величины глубины  $H$ .

Определенному уровню воды в определенном месте Р. отвечает определенный расход воды, что дает возможность выразить зависимость между расходом и уровнем при помощи графиков. Кривую продолжительности расходов  $\varphi_2(T)$  (фиг. 11) можно вывести из

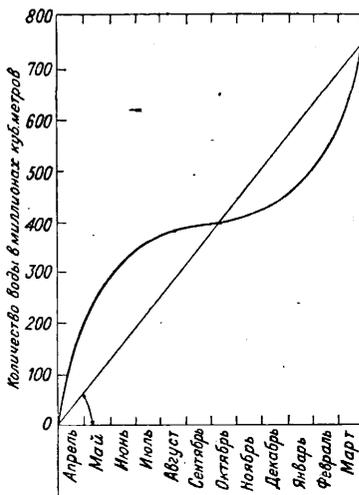


Фиг. 11.

кривой продолжительности стояния уровней воды  $\varphi_1(T)$  при помощи кривой связи уровней и расходов  $\varphi(P)$ , к-рая для каждой ординаты кривой продолжительности стояния уровней воды дает расход воды в виде абсциссы. Между величинами  $\varphi(P)$ ,  $\varphi_1(T)$  и  $\varphi_2(T)$ , представляющими собой ф-ни отсчетов Р или времени Т, существует зависимость:

$$Q = \varphi(P), \quad P = \varphi_1(T), \quad Q = \varphi_2(T).$$

Зависимость между расходом  $Q$  и высотой  $h$  уровня воды м. б. также выражена аналитически путем подбора наиболее подходящей для каждого поперечного сечения  $P$ . эмпирич. ф-лы; численные коэф-ты к-рой определяются данными наблюдений. Постоянная зависимость расхода воды от высоты уровня ее имеет место лишь для случая, когда русло не меняет свою форму. В зимнее время расходы воды  $P$ ., покрывающихся льдом, значительно разнятся от летних расходов, вследствие чего к таким  $P$ . не применимы кривые и ф-лы, составленные на основании летних измерений. Во время паводков и половодья расходы воды не всегда укладываются на кривую расхода; в этих случаях следует относиться критически к составленным формулам и графикам. Вообще величина расходов в  $P$ . меняется как в течение года, так и из года в год, причем отношение между приходящими на один и тот же промежуток времени



Фиг. 12.

расходами в половодье и в межень достигает больших значений; это отношение для равнинных больших  $P$ . меньше, чем для  $P$ . малых; оно особенно велико для горных рек (см.) и весьма мало для  $P$ ., регулируемых большими озерами. Определение количества воды, протекающей за известный промежуток времени, решается аналитически или графически при помощи кривых расходов воды и колебаний уровня или при помощи интегральной кривой расхода. Для построения первого графика соответствующие каждодневному уровню величины расходов откладывают по ординатам соответственно времени, откладываемому по оси абсцисс. Количество воды, протекающее за определенный промежуток времени, определяется путем измерения площади фигуры, ограниченной кривой, осью абсцисс и ординатами, соответствующими началу и концу рассматриваемого промежутка времени. Для построения интегральной кривой расхода (фиг. 12) откладывают по оси абсцисс время, а по оси ординат — ко-



Фиг. 13.

личество воды, протекающее от начала рассматриваемого промежутка времени. Количество воды, протекающее за определенный промежуток времени, определяется разностью высот ординат, ограничивающих начало и конец этого промежутка времени. Прямая, соединяющая начало и конец интегральной кривой, дает представле-

ние о равномерном расходе воды. Пользуясь интегральной кривой, можно вывести средний секундный расход, равный тангенсу угла наклона прямой к оси абсцисс. Средний секундный расход показывает среднюю водоносность  $P$ ., или м о д у л ь  $P$ .

Для определения скорости течения и расхода воды в устьях  $P$ ., подверженных морским приливам, могут служить следующие ф-лы и соображения. Скорость распространения волны м. б. приближенно определена по ф-ле:

$$c = \sqrt{g \left( \frac{F}{b} + \frac{3}{2} h \right)} \pm v, \quad (22)$$

где  $c$  — скорость распространения волны,  $g$  — ускорение силы тяжести,  $F$  — живое сечение  $P$ .,  $b$  — ширина  $P$ .,  $h$  — амплитуда волны,  $v$  — средняя скорость течения  $P$ . при отсутствии приливо-отливного течения, причем знак плюс относится к отливной волне, а знак минус — к приливной. На фиг. 13, А есть граница приливной волны, а пунктирные кривые  $AS$  и  $AF'$  обозначают соответственно линии высоких и низких вод. Если в устье  $P$ . в продолжение  $t$  ск. спадала вода и горизонт ее понизился на величину  $BC$  и к началу рассматриваемого промежутка времени  $t$  относится приливная волна 1, а к концу — приливная волна 2, то за время  $t$  область, ограниченная контуром  $DS_1EF_1D$ , заполнилась водой, а из областей  $BS_1DCB$  и  $EAF_2E$  вода стекла. В  $t$  ск., в продолжение которых гребень волны передвинулся из  $S_1$  в  $S_2$ , а подошва ее из  $F_1$  в  $F_2$ , в сечении  $SF$  на 1 м ширины  $P$ . стекло воды

$$Q_m = f_3 - f_2 + f_1 + qt, \quad (23)$$

где  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  — площади сечений упомянутых выше областей;  $q$  — секундный приток воды из  $P$ . на 1 м ее ширины. Для сечения  $XX$  за это же время  $t$  на 1 м ширины  $P$ . количество стекшей воды выразится величиной

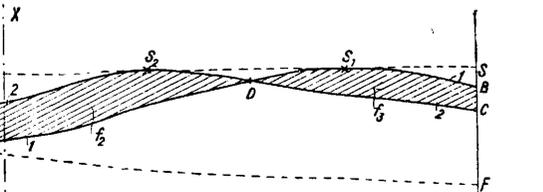
$$Q_x = -f_t + f_1 + qt, \quad (24)$$

где  $f_t$  — часть площади  $f_2$  слева от сечения  $XX$ . Если обозначить все площади спада воды через  $f_s$ , а все площади подъема воды через  $f_h$ , то

$$Q = \Sigma(f_s) - \Sigma(f_h) + qt. \quad (25)$$

В рассматриваемом поперечном сечении  $P$ . будет иметь место прилив, отлив или отсутствие таковых, смотря по тому, будет ли величина  $Q$  по ф-ле (25) отрицательной, положительной или равной нулю. Видоизменяя ф-лу (25), можно получить аналитич. выражение, пригодное для определения расхода воды в любом сечении  $P$ . в пределах приливного течения в зависимости от спада и подъема горизонта воды и средних значений ширины водотока в вышележащих сечениях  $P$ .

Температурные условия  $P$ . В текущих водах ход  $t^\circ$  чрезвычайно мал, состав-

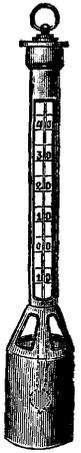


ля за сутки около  $1^\circ$ . Средняя суточная  $t^\circ$  наступает достаточно точно в 11 час. Вследствие турбулентного движения воды происхо-

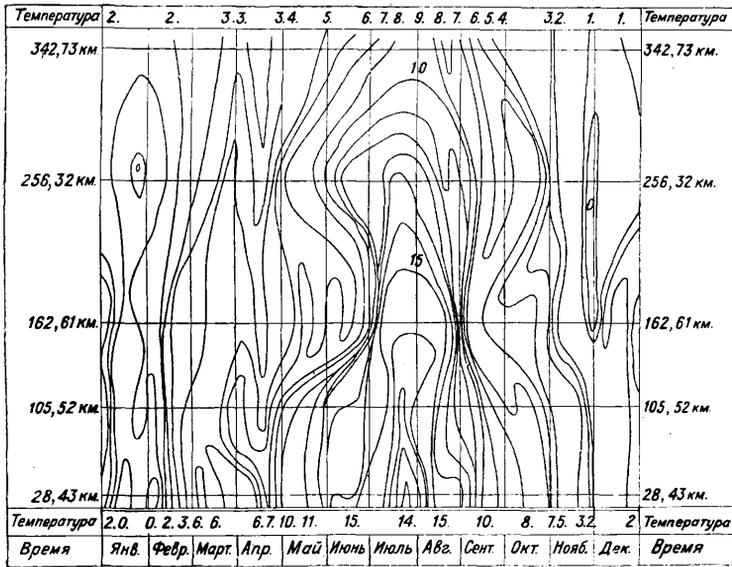
дит основательное перемешивание всех ее частиц, и разница  $t^\circ$  на разных глубинах не замечается, за исключением глубоких ям, где вода может застояться или где на глубинах есть родники. В общем в речной воде ход  $t^\circ$  за год следует высоте солнца. Ледниковые Р. имеют у истоков  $t^\circ$ , мало превышающие  $0^\circ$  и повышающиеся по мере приближения к устью. Зимой средняя  $t^\circ$  воды выше, а в остальное время года ниже  $t^\circ$  воздуха. Родниковые Р. питаются грунтовыми водами,  $t^\circ$  к-рых в течение всего года почти постоянна и несколько выше средней годовой  $t^\circ$  воздуха; у истоков эти реки имеют мало колеблющуюся  $t^\circ$ , которая зимою выше, а летом ниже средней  $t^\circ$  воздуха; по мере удаления Р. от истока  $t^\circ$  воды под влиянием солнца приобретает годовой ход, не зависящий уже от  $t^\circ$  грунта. У озерных Р. годовой ход  $t^\circ$  в общем совпадает с ходом  $t^\circ$  озер у их поверхности, причем  $t^\circ$  воздуха обыкновенно только весною и летом несколько выше  $t^\circ$  воды в Р. При глубоких озерах их влияние сказывается на большом протяжении Р. (Нева). Равнинные Р. прогретаются настолько, что их средняя  $t^\circ$  весь год несколько выше средней  $t^\circ$  воздуха; Р. эти имеют нормальный ход  $t^\circ$ , зависящий от степени нагревания их солнцем. Ход  $t^\circ$  в Р. хорошо изображается при помощи линий равных  $t^\circ$ , или термозофлетов (фиг. 14). В текущей воде  $t^\circ$  измеряют один раз в сутки в месте с наиболее живым течением, в тени,

тепловой изоляцией (твердой резиной или воском) и которые поэтому меняют свои показания лишь после продолжительного воздействия на них среды, и опрочидные термометры, отчет по которым производится при их перевертывании на  $180^\circ$ . О льдообразовании, а также связанных с этим явлениях см. *Донный лед, Ледостав, Ледоход, Ледяной затор.*

Работа Р. Речной поток, движущийся с определенной скоростью по руслу Р., обладает живой силой. В соответствии с последней и сопротивлением, оказываемым речным ложом размывающему действию воды, происходит больший или меньший размыв русла. Процесс размыва русла называется *донной*, или *глубинной*, *эрозией*, если размывается дно Р., и *боковой эрозией*, если размываются берега. Донная эрозия влечет за собой углубление Р., а боковая эрозия—уширение ее. Размывы способствуют влекомые водой наносы, льдины (в период ледохода), камни (в особенно быстрых потоках). Работа воды особенно сильно проявляется в водоворотах, на порогах и водопадах. Большинство долин образовано размывающим действием Р. Обломки скал уносятся Р. в долины и постепенно размельчаются до того, что достигают моря уже в виде мелкого песка. При свободном течении Р. происходит постоянное развитие отдельных изгибов в развивающиеся и расширяющиеся петли. Если длина  $L$  дуги, образуемой Р., больше длины полукруглости  $\pi \frac{D}{2}$ , то такие петли носят название *меандров*. При  $L < \pi \frac{D}{2}$  изгибы называются *серпентинами*. Меандры образуются под влиянием боковой эрозии в Р., текущих в долинах, заполненных аллювиальными отложениями. Последствием образования изгибов и петель является увеличение протяжения Р., влекущее за собой уменьшение продольного уклона, а следовательно и средней скорости течения.



Фиг. 15.



Фиг. 14.

при помощи простого термометра с делением в  $0,1^\circ$ , в продолжение не менее 2 мин. Термометр опускают в воду вместе с сосудом, в котором он находится, и вынимают для отсчета вместе с последним. Более целесообразно применять здесь специальные *черпальные* термометры, заделанные в особую оправу, снабженную внизу черпальным сосудом, а наверху кольцом для держания термометра (фиг. 15). При измерении  $t^\circ$  на различных глубинах применяют термометры, к-рые, проходя через слои воды с разной  $t^\circ$ , при вынимании из воды не меняют своих показаний. К этому типу термометров относятся и *нертные* термометры, у к-рых шарики покрыты

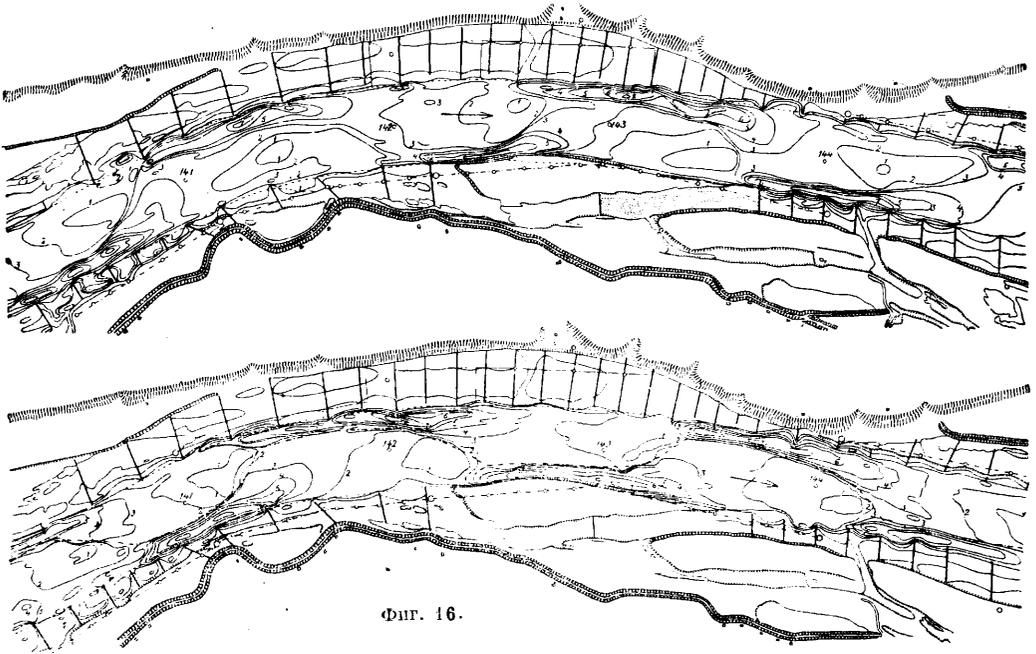
изменяющие состояние и направление Р. ниже мест их впадения. Каждый приток увеличивает количество воды в Р., а это влечет за собой в большинстве случаев увеличение количества влекомых водой наносов; иногда меняется и состав наносов, когда главная Р. и приток текут из разных местностей. Наименьшее влияние на режим главной Р. оказывают притоки, впадающие в вогнутый изгиб Р. в месте наибольшей глубины, т. е. в этом случае главная Р. легко справляется с наносами притоков. Такие устья притоков отличаются б. ч. постоянством очертаний и положения. Если приток впадает в Р. со стороны выпуклого берега, где уже имеют-

отложения наносов, то получается перемежающееся скопление наносов. Устья таких притоков обыкновенно крайне неустойчивы и часто меняют свое место. Под влиянием донной эрозии происходит постоянная деформация русла  $P$ ., вследствие чего плёсы и перекаты все время меняют свою форму и могут продвигаться вниз по течению. В связи с изменением глубин  $P$ . изменяется и линия наибольших глубин, или *ф а р в а т е р*. Во время высоких вод происходит на глубоких местах размыв дна, причем взвешенный материал несется  $P$ . Всякое замедление течения вызывает отложение наносов и образование песчаных отмелей, вследствие чего фарватер получает извилистое направление. На прямых и слабо изогнутых участках  $P$ . происходит передвижение песчаных отмелей (фиг. 16), меняющих свое местоположение в зависимости от време-

мыва дна и берегов и продвижения наносов, имеет место по Глущкову соотношение:

$$B^{0,5} = H \cdot k, \quad (26)$$

где  $B$ —ширина  $P$ .,  $H$ —средняя глубина  $P$ .,  $k$ —коэф., зависящий от грунта русла, равный 1,4 при скалистом, 2,75 при песчаном и 5,5 при легко размываемом мелкопесчаном грунте. Для активного состояния, когда имеет силу эта ф-ла, подъем горизонта воды сопровождается увеличением ширины водотока по закону параболы (выпуклостью вверх); при разливе  $P$ . по пойме указанное соотношение исчезает и возникает вновь по достижении водой очень высоких горизонтов, когда происходит формирование русла высоких вод. Из ф-лы (26) явствует, что при разделении на рукава сумма ширин рукавов всегда больше первоначальной ширины  $P$ .



Фиг. 16.

ни года; эти передвигающиеся мели деформируют ложе  $P$ . в зависимости от размера и продолжительности половодья. Когда  $P$ . встречает на своем пути преграду, к-рую она не в состоянии скоро размыть, то возникают водопады, низвергающиеся с большей или меньшей высоты и размывающие дно  $P$ ., образуя ямы, или котлы. Размыв преграды может происходить снизу и сверху в зависимости от встречаемых потоком на своем пути пород грунта. В первом случае разрушение преграды происходит путем обвалов, причем водопад медленно отступает к истоку (Ниагарский водопад), во втором случае от размыва образуются уступы и пороги (Иматра на р. Вуоксе в Финляндии). Наличие водопадов и порогов указывает на то, что  $P$ . возникла в геологич. смысле сравнительно недавно. С течением времени пороги исчезают, и русло сглаживается. Пороги образуются и независимо от водопадов, напр. при пересечении водотоком морен (груды камней, передвинутых ледниками). Когда поток активно вырабатывает свое русло, то между шириной и глубиной  $P$ ., в зависимости от формирования русла путем раз-

вода  $P$ . несет с собою не только частицы, получающиеся от размыва русла и берегов, но и частицы, приносимые поверхностным стоком в период снеготаяния и во время ливней. Количество твердых частиц в кг, пронесимых  $P$ . через живое сечение в ск. во взвешенном состоянии, по дну силою течения и в растворенном виде, представляет собою величину *т в е р д о г о р а с х о д а*. Для взятия пробы воды с наносами, находящимися в ней, пользуются особыми приборами, называемыми *битометрами* (см.). Когда ширина  $P$ . с изменением уровня ее незначительно изменяется и уклон  $I$  свободной поверхности остается приближенно постоянным, то можно годовое количество наносов определить достаточно точно по ф-ле:

$$G = \varphi' I^2 \Sigma (Q - Q_0) = \varphi \Sigma (Q - Q_0). \quad (27)$$

Подставляя в эту ф-лу значения действительного расхода  $Q$  и расхода  $Q_0$ , при к-ром начинается движение наносов по Форхгеймеру,

$$Q = \frac{1}{n} I^{0,5} H^{1,7}, \quad (28)$$

$$Q_0 = \frac{1}{n} I^{0,5} H_0^{1,7}, \quad (29)$$

где  $H$  и  $H_0$  означают средние глубины  $P$ , соответствующие величинам  $Q$  и  $Q_0$ , получим другое выражение для  $G$ , а именно:

$$G = \varphi'' \Sigma (H_1^{1.7} - H_0^{1.7}). \quad (30)$$

Определение входящих в ф-лы (27) и (30) коэффициентов  $\varphi$ ,  $\varphi'$  и  $\varphi''$  представляет большие затруднения. Витман проверил указанную выше ф-лу для определения  $G$  на основании своих 34-летних наблюдений над участком Рейна между Базелем и Келем длиной 80 км и подтвердил ее правильность; коэффициент  $\varphi$  у него получился для указанного участка Рейна равным 0,00013. На фиг. 17 представлен ход дви-



Фиг. 17.

жения наносов в реке Мур у Фронлейтена; бассейн  $F=6\ 300\ \text{км}^2$ ;  $G=130\ 000\ \text{м}^3$  ежегодно;  $Q_0=150\ \text{м}^3/\text{сек}$ ;  $\Sigma(Q-Q_0)=688\ 000\ 000\ \text{м}^3$ ;  $\varphi=0,00019$ . Тот расход воды, при котором в продолжение года происходит наибольшая деформация русла  $P$ , Шоклич называет ложеобразующим расходом воды, а соответствующий этому расходу уровень воды Шафернак называет ложеобразующим уровнем воды.

Мутность в воды определяется количеством (в кг) взвешенного материала, проходящего в 1 сек. через живое сечение  $P$ . Под относительной мутностью  $a$  подразумевают отношение абсолютной мутности к секунднему расходу воды, проходящему через то же живое сечение  $P$ , т. е.

$$a = \frac{q}{Q}, \quad (31)$$

где  $q$  — количество мути,  $Q$  — расход воды. Осаждающийся материал распределяется по живому сечению  $P$  неравномерно как в количественном, так и в качественном отношении. Мутность возрастает от поверхности ко дну, и в разное время года, в разные годы, при разной средней скорости течения мутность различна. При ламинарном движении муть оседает, как в стоячей воде, при турбулентном же движении частица, попадая в восходящую струю, поднимается или удерживается во взвешенном состоянии. Размер твердых частиц уменьшается от дна к поверхности. Твердый расход, находящийся в растворенном состоянии, состоит гл. обр. из углекислого кальция, хлористого натрия и других веществ. Количество растворенных веществ, обуславливающих вязкость воды, незначительно по сравнению с количеством взвешенных твердых частиц.

Лит.: Г л у ш к о в В., К вопросу о характеристике речника рек, П., 1915; е г о ж е, Элементарная инструкция для построения кривой расхода воды по точкам, П., 1915; е г о ж е, К вопросу о построении кривых расходов воды и вообще кривых, П., 1915; В о й к о в А., Климаты земного шара, СПб, 1884; В е л и к а н о в М., Гидрология суши, М., 1925; С о в е т о в С., Метеорологич. служба в США, П., 1918; е г о ж е, Курс общей гидрологии, М.—Л., 1931; К а н д и б а Б., Внутренние водные сообщения, П., 1922; Ш о к л и ч И. Ю., Океанография, П., 1917; Ш и н д л е р И., Гидрология моря, П., 1914; Л я х и ц к и й В., Морские течения и волны и влияние на них рельефа дна, «Труды 2 Всерос. гидрологич. съезда», т. 2, Л., 1929; И о г а н с о н Е., Зимний режим р. Волхова и озера Ильмень, Л., 1927; Б р о у н о в П., Курс физич. географии, 2 изд., П., 1917; Б л и з н я к Е., Производство исследований рек, озер, водоразделов,

М., 1930; И о г а н с о н Е., Зимний режим р. Волхова, Л., 1927; Р ы к а ч е в М., вскрытие и замерзание вод, СПб, 1886; К а н д и б а Б., Регулирование рек, Л., 1927; П у з ы р е в с к и й Н., Движение речного наноса, СПб, 1904; В е л и к а н о в М., К вопросу о механизме влечения по дну потока твердых частиц, «Сообщение Гидротехнич. сектора ин-та сооружений», М., 1931, 31; Б о ч к о в Н., Исследование размывающих скоростей, Постановка лабораторных исследований, там же, 1931, 31; Ш в е й к о в с к и й Н., Исследование размывающих скоростей, Статистич. обработка данных наблюдений сплошного влечения песка и о движении потока в прямоугольном русле с песчаным дном, там же, 1931, 31; А н у л о в К. и В е л и к а н о в М., Краткое изложение теорий движения речного потока и методы выправления рек, М., 1928; Р у н д о А., К вопросу о густоте речной сети, «Известия гидрол. института», Л., 1924; О ш е в с к и й А., Связь уровней Днепра у г. Киева и у некоторых ниже лежащих пунктов и предложения высот уровней на последних по высотам в Киеве, «Труды 11 Всероссийского Гидрологического съезда», Л., 1925; С о в е т о в В., Река Ижора, Л., 1930; е г о ж е, Онежское озеро, П., 1917; Г л у ш к о в В., Метеорология речного русла, «Труды 11 Гидролог. съезда», Л., 1925; е г о ж е, О постановке наблюдений над наносами, там же, Л., 1925; К о ч е р г и н Д., О нормах наибольших расходов воды для бассейнов европ. части СССР по фактич. данным, «Зап. Гос. гидрологич. ин-та», 1928, вып. 2; Д о л г о в Н., О нормах Кестлина, Екатеринбург, 1915; Ф р а н ц и с О., Гидротехнич. сооружения, пер. с нем., М., 1929; З б р о ж е к Ф. И., Курс внутренних водных сообщений, 3 изд., П., 1915; Г е л ь м а н Я., Гидрология, Л., 1924; Курс внутренних водных сообщений, под ред. К. Акулова и др., отдел 1, М., 1927; З у д а н А., Основы физич. географии, пер. с нем., 2 изд., П., 1914; С о к о л о в Н., Гидрологич. очерк р. Волги от устья р. Шексны до устья р. Оки, Казань, 1921; Т р у ф а н о в А., Речная гидрология, М., 1923; В а с и л ь е в В., Курс прикладной гидрологии, ч. 1—2, М., 1924; К е й л ь г а к К., Подземные воды и источники, пер. с нем., СПб, 1914; Л о х т и н В., Гидрология, П., 1918; «Труды Международного судоходного конгресса», П., 1908; F o r c h h e i m e r Ph., Hydraulik, 3 Aufl., Lpz., 1930; F o r c h h e i m e r Ph., Grundriss d. Hydraulik, B., 1926; H o f m a n n A., Zur Ermittlung d. grössten Hochwassermenge kleiner Wasserläufe, «Deutsche Bauzeitung», B., 1899; I s z k o w s k i R., Beitrag zur Ermittlung d. Niedrigst-, Normal- u. Höchstwassermenge auf Grund charakteristischer Merkmale d. Flussgebiete, «Ztschr. d. Öst. Ing. u. Arch. Ver.», W., 1886; K r e s n i k P., Allgemeine Berechnung d. Wasser-Profils- u. Gefällsverhältnisse f. Flüsse u. Kanäle, technische Vorträge u. Abhandlungen, W., 1886; H e u b a c h E., Zur Wasserstandsvorhersage, «Deutsche Bauzeitung», Berlin, 1898; I s z k o w s k i R., Wasserstandsvorhersage, «Ztschr. d. Öst. Ing. u. Arch. Ver.», W., 1894; K l e i b e r W., Studien über Wasserstandsvorhersage, «Ztschr. f. Gewässerkunde», B., 1, B., 1898; M e a d D., Hydrology, N. Y., 1919; M e y e r A., The Elements of Hydrology, N. Y., 1928; G r a v e l i u s H., Flussskunde, B., 1914; F r a n z i u s O., Der Verkehrswasserbau, B.; Handb. Ing., T. 3, B. 1, Lpz., 1923; P a r k e r Ph., The Control of Water, N. Y., 1925; P r i n z E., Handbuch d. Hydrologie, B., 1923; E n g e l s H., Handbuch des Wasserbaues, Lpz., 1923; S c h o k l i t s c h A., Der Wasserbau, W., 1930; G r a v e l i u s H., Flussskunde, B., 1920; K o z e n y J., Ueber den Hochwasserverlauf in Flüssen u. das Retentionsproblem, «Zeitschrift d. Öst. Ing. u. Arch. Ver.», B. 61, Wien, 1914; B ü l o w F., Leistungsfähigkeit von Fluss-, Bach-, Werkkanal- u. Rohrquerschnitten, München, 1926; H a r t m a n n O., Die Möglichkeit mathematischer Berechnung sekundärer Wassermengen u. Geschwindigkeiten. Abhandlungen d. bayer. Landesstelle f. Gewässerkunde, Mch., 1927; F o r c h h e i m e r Ph., Wasserschwall u. Wassersunk, Wien, 1924; S c h o k l i t s c h A., Ueber Schleppkraft u. Geschiebebewegung, Leipzig, 1914; E n g e l s H., Untersuchung über die Bettabildung gerader oder schwachgekrümmter Flussstrecken mit beweglicher Sohle, «Ztschr. f. d. Bauwesen», B., 1905, B. 55; K u r z m a n n S., Beobachtungen über Geschiebeführung, Mch., 1919; S c h a f f e r n a k F., Neue Grundlagen f. die Berechnung d. Geschiebeführung, Lpz. u. W., 1922; J a s m u n d R., Die Gewässerkunde, Handbuch d. Ing., T. 3, B. 1, 4 Aufl., Lpz., 1911; P u t z i n g e r J., Das Ausgleichsgefälle geschiebeführender Wasserläufe u. Flüsse, «Ztschr. d. Öst. Ing. u. Arch. Ver.», W., 1919, B. 71; W e y r a u c h R., Hydraulisches Rechnen, B., 1921; E n g e l s H., Versuche über den Reinigungswiderstand zwischen stromendem Wasser u. Bettsohle, B., 1912; R e h b o c k Th., Betrachtung über Abfluss, Stau- und Walzenbildung bei fließenden Gewässern, B., 1917; S c h o k l i t s c h A., Ueber das Vollaufen der Kanäle, «Ztschr. d. Öst. Ing. u. Arch. Ver.», W., 1915; K r e i t e r H., Ueber die Wasserspiegellage in offenen Gerinnen, ibid., 1923; R ö s s P., Berechnung der Wasserspiegellage, «Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens», B., 1927, H. 284. С. Брилинг.

**РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ**, процесс вторичной кристаллизации деформированных металлов при нагреве. Для Р. необходимы два условия: 1) состояние *наклепа* (см.) металла и 2) нагрев после наклепа. Технич. металл в литом или отожженном (ненаклепанном) состоянии представляет собой некоторую массу кристаллов, по границам к-рых располагается т. н. межклеточное вещество, к-рое мешает кристаллам соприкасаться между собой. Кроме того при кристаллизации сплава (переход из жидкого состояния в твердое) между кристаллами остаются нек-рые промежуточные—поры, незаполненные металлом (усадочные микропоры). Деформацией кристаллы металла разрушаются, разрывая оболочку из межклеточного вещества и частично соприкасаются чистыми изломами меж собой, уничтожая микропоры. При низкой  $t^\circ$  энергия атомов кристаллич. решетки не может преодолеть сопротивления вязкости твердого металла, а потому деформированные кристаллы на холоду остаются раздробленными, но при повышении  $t^\circ$  начинается ориентация атомов разрушенной кристаллич. решетки, и образовавшиеся кристаллы начинают расти за счет обломков прежних кристаллов до размеров, иногда значительно больших, чем первоначальные. Та наимизшая  $t^\circ$ , при к-рой начинается этот процесс кристаллизации, и называется  $t^\circ$  рекристаллизации. Очевидно эта  $t^\circ$  зависит от состояния и структуры рекристаллизующегося металла (чем больше имеется свежих стыков осколков кристаллов, чем тоньше, т. е. меньше межклеточного вещества в металле, иначе—чем он чище, тем ниже лежит начальная темп-ра Р.), но в известном пределе эта  $t^\circ$  является функцией только природы металла. А. А. Бочвар на основании нек-рых теоретич. выводов, подтвержденных рядом практич. наблюдений, предлагает такую зависимость:

$$T^\circ_{\text{рекр.}} = 0,35 \div 0,40 T^\circ_{\text{пл.}} \quad (\text{где } T^\circ = 273 + t^\circ).$$

Ниже в таблице приведены  $t^\circ_{\text{пл.}}$  и  $t^\circ_{\text{рекр.}}$  некоторых металлов по Бочвару.

Минимальная температура рекристаллизации.

Металл	$t^\circ_{\text{пл.}}$	$T^\circ_{\text{пл.}}$	$t^\circ_{\text{рекр.}}$	$T^\circ_{\text{рекр.}}$	$\frac{T^\circ_{\text{рекр.}}}{T^\circ_{\text{пл.}}}$
Au	1033	1336	200	473	0,35
Ag	951	1234	200—150	473—423	0,38—0,34
Cu	1083	1357	200	473	0,35
Fe	1535	1803	450	623	0,35
Ni	1452	1723	530	803	0,45
W	3370	3633	1200	1473	0,40
Ta	2850	3103	1000	1273	0,41
Mo	2620±10	2893	900	1173	0,40
Al	660	931	150	423	0,45
Zn	419	692	комп.	280	0,40
Sn	232	505	ниже	230	0,53
			комн.		
Cd	321	594	комн.	280	0,49
Pb	327	600	ниже	270	0,45
			комн.		
Pt	1755	2037	450	723	0,35
Mg	651	924	150	423	0,45

По мере повышения нагрева процесс Р. идет быстрее. Из опыта найдено, что рост зерна кристалла тем больше, чем выше  $t^\circ$  (при данной деформации) и чем слабее деформация (при данной  $t^\circ$ ). Имеется нек-рая «критическая» величина деформации (в пределах ок. 5%), вызывающая наибольший рост кристаллизации. На вкл. л., 8б, 8в и 9 при ст. *Деформация металлов* (см.) ясно видно, что в нагре-

той для Р. деформированной оловянной пластинке не все деформированные кристаллы одинаково выросли: в местах критич. деформации образовались наибольшие кристаллы. Всякая прослойка, напр. другая составляющая сплава, мешает росту кристаллов; напр. феррит стали, содержащий до 0,10—0,12% С, способен к образованию больших кристаллов, австали с большим содержанием С (0,2—0,3% и выше) перлитные островки мешают ему образовывать крупные кристаллы. Крупнокристаллич. строение кристаллов вследствие Р. сообщает всякому металлу малое сопротивляемое удару, поэтому надо избегать при технологич. процессах условий, вызывающих рост кристалла; как предупредительную меру против этого следует считать высокий нагрев, т. е. отжиг металла.

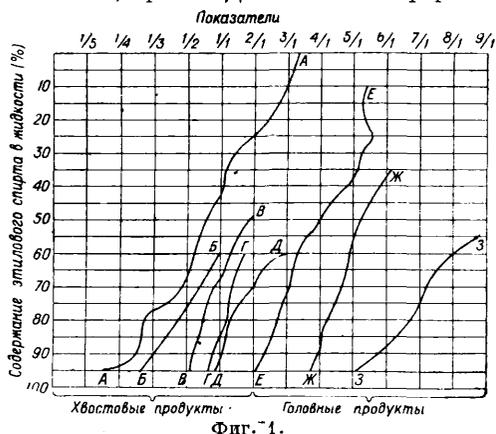
Лит.: Бочвар А. А., Основы термич. обработки сплавов, М., 1931; Тамман Г., Металлография, пер. с нем., М.—Л., 1931; Болховитин Н., Металловедение (по книге «The Science of Metals» by Zay Jeffries a. R. Archer), М.—Л., 1927; Tamman G., Lehrbuch der Metallographie, 3 Aufl., Lpz., 1923; Jeffries Z. a. R. Archer R., The Science of Metals, N. Y., 1924; «Ztschr. für Metallkunde», B., ab 1919; «Journal of the Institution of Metals», L., ab 1919. Н. Грачев.

**РЕКТИФИКАЦИЯ**, процесс разделения смеси жидкостей, проводимый настолько тщательно, что получаемые в результате его компоненты являются практически чистыми веществами. В промышленности под Р. понимают также и процесс отделения загрязнений от основного продукта (напр. винного или древесного спирта, бензола). Методы Р. основаны на применении многократного частичного испарения жидкости с многократной же частичной конденсацией ее паров, что и позволяет концентрировать отдельные составные части жидкости; для осуществления такой концентрации Р. требует б. или м. значительного расхода тепла. Для практического выполнения Р. в промышленности как правило применяют колонные аппараты (см.), которые поэтому очень часто называют ректификационными. Главной задачей Р. является возможно сильное концентрирование примесей для наиболее полного их отделения от основного продукта. Чтобы иметь возможность осуществить это и поддерживать процесс Р. в требуемом направлении, необходимо точное знание всех физико-химических особенностей разделяемых веществ. Разделение любой смеси жидкостей путем *перегонки* (см.) основывается на преобладании более летучих компонентов в паровой фазе, нежели в жидкой. Но относительная степень летучести тех или иных веществ как общее правило является величиной переменной и иногда даже получает обратное значение. В теории Р. для понимания течения процесса имеет большое значение т. н. коэффициент Р. К, являющийся ф-ией относительной летучести той или иной примеси и основного ректифицируемого вещества и выражающий собой отношение:

$$K = \frac{\% \text{ примеси в ректификату в паре}}{\% \text{ примеси в ректификату в жидкости}}$$

Если для определенной примеси  $K > 1$ , то содержание ее увеличивается в паровой фазе и она м. б. удалена в форме конденсата; если  $K < 1$ , то, наоборот, примесь обогащается жидкая фаза, конденсат же получается в более чистом, ректифицированном состоянии; при  $K = 1$  содержание примесей в паровой и жидкой фазах остается без изменения. Значение  $K$  изменяется не только с характером приме-

сей, но и с крепостью содержащего их ректифицируемого вещества. На приведенной диаграмме (фиг. 1) представлены значения  $K$  для главных примесей винного спирта, где кривая  $A$ —для амилового спирта, кривая  $B$ —изоамилового эфира изовалериановой кислоты, кривая  $B'$ —изоамилового эфира уксусной к-ты, кривая  $Г$ —этилового эфира изовалериановой к-ты, кривая  $Д$ —этилового эфира мас-



ляной к-ты, кривая  $E$ —этилового эфира уксусной к-ты, кривая  $Ж$ —метилового эфира уксусной к-ты, кривая  $З$ —этилового эфира муравьиной к-ты. Значение  $K > 1$  относится к головным, а  $K < 1$ —к хвостовым примесям. Создание таких условий процесса, которые обеспечивали бы возможно высокое значение  $K$  для головных примесей при их отборе и понижали бы  $K$  для хвостовых при выделении ректификата, и составляет основную задачу  $P$ . Это достигается соответственным ведением процесса и целесообразной конструкцией колонных аппаратов.

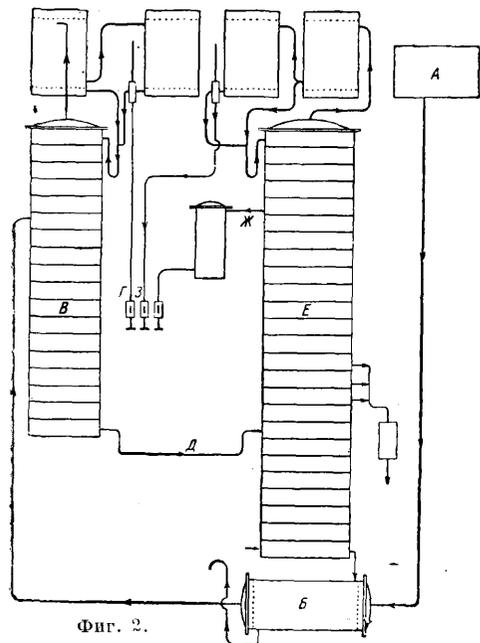
Сущность  $P$ . и основные приемы ее выполнения легко м. б. выяснены на  $P$ . винного спирта как лучше всего изученной. Спирт-сырец, получаемый из бражки (см. *Винокурение*), помимо основной своей составной части—этилового спирта—содержит в себе еще целый ряд (до 50) веществ, являющихся примесями, к-рые нужно удалить, чтобы придать винному спирту требуемую чистоту для его применения. Общий химич. характер и количество примесей, содержащихся в  $90^\circ$ -ном спирте-сырце, можно видеть из следующих данных его состава: к-т 78,8—103,5 мг на 1 л, легких эфиров 264,6—274,5 мг на 1 л, альдегидов и фурфурола 0,01—0,17% (объемных), высших спиртов и их эфиров 0,397—0,492% (объемных). Если исключить из этих примесей к-ты, которые м. б. переведены нейтрализацией в нелетучие соли, то все остальные вещества м. б. отделены от спирта лишь путем  $P$ . В условиях заводского производства головные легко кипящие эфиры и альдегиды носят название эфиров, тогда как хвостовые тяжело кипящие высшие спирты и их эфиры называются *сивушными маслами* (см.). Практически  $P$ . не дает однако химически чистого спирта, а позволяет лишь значительно снизить содержание указанных примесей, сводя их от 0,50% в сырце до 0,01% в ректификате.

$P$ . спирта может выполняться как в периодических, так и в непрерывнодействующих аппаратах. Отличительной особенностью пер-

вых является то, что выведение из них всех отгоняемых фракций осуществляется в одном месте—в верхней части колонны (см. *Колонные аппараты*), но вместе с тем самое выделение составных частей смеси происходит последовательно во времени, поэтому состав жидкости и паров, заполняющих колонну, постоянно изменяется. При  $P$ . спирта вначале колонна обогащается наиболее летучими легкими головными примесями, концентрация которых падает в нижней части колонны, где скопится спирт, сравнительно свободный от легких, но загрязненный тяжелыми примесями. После того как главная масса эфиров отогнана, верхняя часть колонны постепенно заполняется достаточно чистым спиртом, крепость к-рого также понижается по направлению к низу колонны. Что касается тяжелых хвостовых примесей, то все они стремятся подняться в верхние части колонны, и это происходит до тех пор, пока соответствующие им коэф-ты (показатели)  $P$ .  $K > 1$ ; но как скоро эти примеси попадают в такие условия, при к-рых  $K < 1$ , то возможность движения их вверх исчезает, и примеси скопляются в тех местах колонны, где соответствующие значения  $K = 1$ . Так напр., для амилового спирта (кривая  $A$  диаграммы) критич. значение  $K = 1$  соответствует крепости очищаемого спирта в 42%, поэтому амиловый спирт может свободно подниматься вверх по колонне только до тех пор, пока соответствующий ему  $K > 1$ , т. е. до тарелок с крепостью немного выше 42%, т. к. при дальнейшем прохождении через тарелки с более крепким спиртом, где его  $K < 1$ , он будет сливаться обратно вниз стекающей флегмой. Подобно амиловому спирту ведут себя и другие примеси, в результате чего каждая из них скопляется в определенном месте колонны и передвигается по последней лишь по мере изменения крепости содержащего их спирта. В непрерывно действующих аппаратах весь процесс  $P$ . является до конца расчлененным, причем отдельные стадии этого процесса происходят в различных, но вполне определенных местах аппарата, а поэтому выделение продуктов  $P$ . производится также в различных пунктах, по месту их наибольшей концентрации.

На фиг. 2 представлена схема типичного непрерывно действующего ректификационного аппарата. Спирт-сырец из сборника  $A$  проходит предварительно рекуператор тепла отходящей флегмы  $B$  и входит в питательную тарелку исчерпывающей части колонны  $B$ , где и отделяет, по пути вниз, большую часть содержащихся в нем легких головных примесей. Последние поднимаются в верхнюю закрепляющую часть колонны  $B$ , где концентрируются и отводятся из системы через дефлегматор, холодильник и фонарь  $Г$ . Лишенный головных примесей сырец через  $Д$  аналогичным образом поступает в нижнюю часть колонны  $E$ , где флегма окончательно освобождается от спирта и сопутствующих примесей, которые поднимаются в верхнюю, закрепляющую часть колонны  $E$ , и распределяется там по тарелкам, соответственно значениям  $K$ . В самой верхней части колонны концентрируются те ускользнувшие из колонны  $B$  головные примеси, для к-рых значение  $K$  при высоких концентрациях спирта близко к 1, тогда как чистый крепкий спирт концентрируется преимущественно в местах колонны,

лежащих на три-пять тарелок ниже, откуда он и отбирается через самостоятельный холодильник *Ж*. Подобный прием отбора спирта, минуя верхнюю часть колонны, носит название п а с т е р и з а ц и и. Что же касается головных примесей из верхней части колонны *Е*, то они через дефлегматор и холодильник отводятся в самостоятельный фонарь *З*. Наконец по мере понижения крепости спирта на тарелках колонны *Е* в последней создаются



зоны скопления тех или иных хвостовых примесей, для удаления которых и устраиваются специальные выводные отверстия.

При промышленном выполнении *Р*. спирта, в случае работы на периодич. аппаратах Савая, спирт-сырец предварительно разжижают до 40—45% крепости, что облегчает отделение головных примесей, а затем, по мере хода перегонки, последовательно отбирают ряд сортов по следующей примерной схеме:

Головные	Ректификат	Хвостовые
III—II	I	II—III
3—8%	80%	6—2%

Полученные при этом II и III сорта, поскольку они содержат еще спирт, подвергаются дополнительным перегонкам с соответствующей сортировкой, пока общий выход I сорта, т. е. ректификата, не составит 95,0—97,5%, а остальное приходится на отходы и потери. При работе на непрерывнодействующих аппаратах, специально сконструированных для *Р*. винного спирта (напр. Барбе, Гильома), окончательный результат *Р*. в тех же цифрах достигается сразу без дополнительных перегонки. Для облегчения процесса *Р*. иногда применяют химич. очистку сырья хамелеоном, а также фильтрование через уголь. Общий расход пара на *Р*. спирта в зависимости от конструкции аппаратов колеблется от 1,8 до 2,5 кг и воды 15—20 л, считая на 1 л ректификата.

Аналогичным путем производится *Р*. и других промышленных жидкостей: метилового спирта, ацетона, различных эфиров, бензина и т. п. Хотя отчетливое знание свойств всех составных частей ректифицируемого сырья и

обеспечивает рациональное проведение *Р*., однако даже и при неизученных свойствах ректифицируемой жидкости применение достаточно сильных периодич. колонных аппаратов вполне обеспечивает выполнение *Р*. в желательной степени. В этом отношении периодич. аппараты, как позволяющие производить последовательный отбор фракций и сортировку их, имеют значительное преимущество перед непрерывно действующими колоннами.

В тех случаях, когда ректифицируются смеси, обладающие минимумом  $t_{\text{мин.}}$ , разделение подобных бинарных смесей на компонентами обычными приемами *Р*. оказывается невозможным. Из таких смесей наибольший интерес представляет винный спирт, имеющий минимум  $t_{\text{мин.}}$  78,2 при крепости спирта 95,6%, которая является пределом для ректифицированного спирта. Для обезвоживания или получения абсолютного винного спирта за последнее время предложены целый ряд методов. Одним из простейших решений этой задачи является перегонка спирта под вакуумом, так как критич. точка, соответствующая минимуму  $t_{\text{мин.}}$  при понижении давления сдвигается в сторону абсолютного спирта и при 70 мм рт. ст. исчезает. Другой промышленный метод (С. Юнга) основан на образовании тройной смеси с новым, более низким минимумом  $t_{\text{мин.}}$ . В случае прибавки к спирту бензола новый минимум оказывается при 64,9° и соответствует составу 7,5% воды, 18,5% спирта и 74,0% бензола. Поэтому при перегонке водного спирта с бензолом, к-рый прибавляют в количестве около 70% от веса спирта, образующаяся тройная смесь увлекает с собой из спирта воду. Получающийся при этом раствор спирта с бензолом ректифицируется обычными приемами на абсолютный спирт и бензол, точно так же из тройной смеси отгоняется бензол, а остаток водного спирта идет обратно на обезвоживание. Все эти операции связаны и согласованы в одной непрерывно действующей установке, потребляющей 2,4 кг пара на 1 л абсолютного спирта.

Лит.: см. Колонные аппараты.

А. Деревягин.

**РЕКУПЕРАТОРЫ**, см. Регенеративные и рекуперативные печи.

**РЕКУПЕРАЦИЯ** паров летучих веществ и т е л е й, обратное извлечение их из смеси с воздухом или другим инертным газом, применяемое в промышленности при изготовлении различных фабрикатов и полуфабрикатов. *Р*. приобрела за последние годы большое распространение в производствах, связанных с большим расходом ценных растворителей (производство бездымного пороха, искусственного шелка, кинолентки). *Р*. применяется также и в производствах резиновых изделий, клеенки, искусственной кожи, при многих процессах массовой лакировки (напр. в автомобильной промышленности) и во многих химич. производствах. В соответствии с общностью применяемых методов к *Р*. относят нередко и процессы первоначального извлечения паров некоторых соединений из воздуха при их промышленном получении, например извлечение бензола из коксовых газов (см. Коксобензолное производство), извлечение ацетона из отходящих паров при производстве его по методу брожения и т. д.

В промышленности *Р*. осуществляется различными методами. В основном же методы *Р*. сводятся к созданию таких условий, при

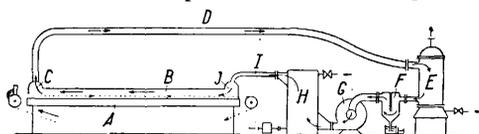
которых равновесная парциальная упругость пара растворителя становится значительно ниже упругости его при данном содержании в воздухе, из которого растворитель извлекается. На практике обычно пользуются методами трех типов: 1) прямой конденсацией пара растворителя при значительном понижении  $t^\circ$ ; 2) извлечением пара из воздуха какими-либо жидкими поглотителями, инертными или химически связывающими растворитель, и 3) адсорбцией пара соответствующими твердыми поглотителями, гл. обр. активированным углем или силикагелем. Эти методы, в особенности первый, иногда комбинируют с одновременным повышением парциального давления пара растворителя в воздухе соответствующим компримированием его. При каждом из этих методов извлечение пара растворителя осуществляется тем легче, чем выше содержание его в исходной паро-воздушной смеси; поэтому для осуществления процесса Р. весьма важным моментом являются условия первоначального испарения растворителя и способ забора воздуха в рекуперационную установку. Идеальными условиями были бы полная герметизация всей системы (аппарата, где происходит испарение растворителя, и рекуперационной установки) и осуществление замкнутого цикла воздуха. Однако на практике осуществление полной герметизации системы невозможно, и в зависимости от технологич. условий основного процесса можно лишь в той или иной степени приближаться к изоляции пространства, в котором происходит испарение, б. ч. отказываясь от осуществления замкнутого цикла воздуха. С другой стороны, для повышения содержания паров растворителя в паро-воздушной смеси нередко пользуются повышением  $t^\circ$  пространства, где происходит испарение растворителя. Однако при применении легко горючих растворителей повышение концентрации паров данного растворителя в паро-воздушной смеси из соображений безопасности приходится ставить в зависимость от пределов его взрывчатости и воспламеняемости.

Метод прямой конденсации пара растворителя основан на том, что упругость насыщенного пара всякой жидкости весьма быстро падает с понижением  $t^\circ$ . Хотя находящийся в исходной паро-воздушной смеси пар растворителя обычно далек от состояния насыщенности, однако соответствующим понижением  $t^\circ$  всегда можно вызвать его конденсацию с любой степенью полноты. Если допустить, что паро-воздушная смесь в условиях конденсации подчиняется законам идеальных газов, и пренебречь растворимостью воздуха в конденсате, то в случае присутствия в воздухе пара лишь одного растворителя расчет степени конденсированности его пара при различных  $t^\circ$  м. б. произведен по ур-ию

$$\alpha = \frac{p_0 - p_t}{p_0(1 - p_t)} \cdot 100, \quad (1)$$

где  $\alpha$ —степень конденсированности пара растворителя (в %),  $p_0$ —парциальное давление пара его в исходной паро-воздушной смеси и  $p_t$ —упругость насыщенного пара его при  $t^\circ$  конденсации (выраженные в атмосферах абсолютного давления). Благодаря сравнительно высокой стоимости искусственного холода метод прямой конденсации рентабелен б. ч. лишь при достаточности обычного водяного охлаждения, а это имеет место лишь тогда,

когда первоначальное испарение растворителя происходит при повышенной  $t^\circ$  и создает сравнительно высокое содержание паров растворителя в исходной паро-воздушной смеси и когда условия производства позволяют применить замкнутую циркуляцию воздуха в системе. На фиг. 1 представлена схема такой установки для Р. паров бензина из аппарата для



Фиг. 1.

сушки резиновых изделий. Сушильный стол А, обогреваемый специальным паропроводом, покрыт жестяным колпаком В. Отсасываемая вентилятором G паро-воздушная смесь проходит (через С и D) в охлаждаемый водой холодильник E, где часть паров бензина конденсируется и собирается в отделителе F; обедненная же смесь, подогреваясь в H, вновь поступает через I и J в сушильный аппарат. Очевидно, что при водяном охлаждении трудно достичь большой полноты конденсации пара при легко летучих растворителях, но зато эта установка отличается отсутствием больших затрат и простотой обслуживания.

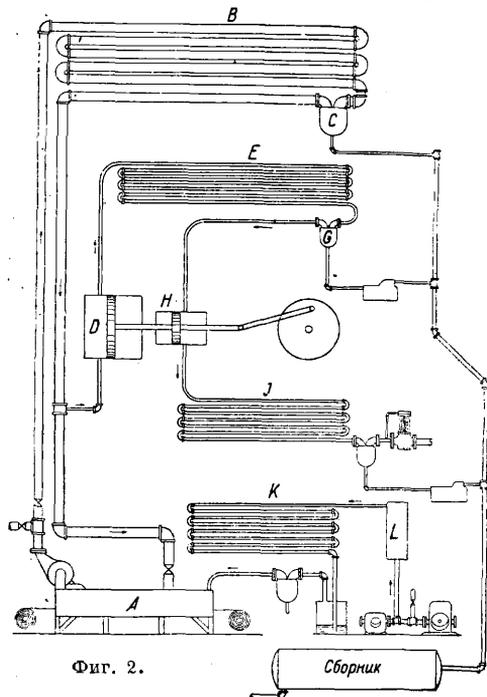
Значительно более эффективны установки прямой конденсации, комбинирующие охлаждение с компримированием. С одной стороны, при компримировании пропорционально общему увеличению давления возрастает парциальное давление пара растворителя в паро-воздушной смеси и следовательно в еще большей степени возрастает выход при конденсации ( $\alpha$ ) при охлаждении до данной  $t^\circ$ , ибо ур-ие (1) переходит в этом случае в

$$\alpha = \frac{p_0 P_1 - p_t P_0}{p_0 P_1 - p_0 p_t} \cdot 100, \quad (2)$$

где  $P_0$ —общее давление в исходной смеси, а  $P_1$ —общее давление в смеси при компримировании. С другой стороны, последующее после конденсации расширение паро-воздушной смеси при переводе ее к нормальному давлению сопровождается дополнительным охлаждением ее и дополнительной конденсацией пара; достигающей значительной величины при достаточно высоких давлениях компримирования. Работа расширения используется для какого-нибудь двигателя, что возмещает значительную часть затрачиваемой на компримирование энергии. На фиг. 2 показана схема установки (Lewis Recovery Corporation), работающей этим методом. В частном случае этой установки в сушилку А вместо воздуха вводится газ, получаемый в L горением светильного газа и специально высушиваемый в K охлаждением перед вводом в сушилку. Из сушилки паро-газовая смесь поступает через предварительный холодильник В, где конденсируется часть паров растворителя, и сепаратор С в компрессор D и затем в основной холодильник E с сепаратором G, где отделяется вторая часть конденсата. Сильно обедненная смесь направляется после этого для расширения в цилиндр паровой машины H и, значительно охлаждаясь при этом, поступает далее в конденсатор J, где оставляет последнюю часть извлекаемого растворителя.

Применение более высокого давления (до 4—5 atm) и более глубокого охлаждения паро-

воздушной смеси перед ее расширением встречным током отходящего из конденсатора воздуха, имеющего  $t^\circ$  примерно  $-110^\circ$ , приводит к методу Клода: Р. при помощи воздушно-холодильных машин. Неудобство этого метода заключается в том, что необходимо принимать ряд предохранительных мер (в первую очередь тщательной осушки воздуха) против возможного намерзания влаги внутри различных частей установки. Очевидно, что такое глубокое охлаждение не применимо для Р. паров бен-



Фиг. 2.

зола и других растворителей, имеющих относительно высокую  $t^\circ_{пл.}$  В общем метод охлаждения с компримированием, требует сравнительно более высоких затрат на первоначальное оборудование и повышенного расхода механической энергии; отличается большой простотой обслуживания и дает продукт, обычно не требующий дополнительных очисток. Особенно эффективен он при высоком содержании пара в исходной смеси, при сухой паро-воздушной смеси и невысокой стоимости электроэнергии.

Метод извлечения жидкими поглотителями основан на том, что парциальная упругость насыщенного пара всякого вещества в растворе всегда ниже, чем упругость насыщенного пара его в чистом состоянии и при том для каждой данной системы тем ниже, чем меньше содержание его в жидкой фазе. Т. о. для каждого данного пара растворителя всегда можно подобрать целый ряд таких поглощающих жидкостей, над которыми, при достаточно низком содержании поглощенного растворителя в жидкой фазе, парциальная упругость пара будет весьма мала. Такой поглотитель будет извлекать пар растворителя из смеси его с воздухом до тех пор, пока в жидкой фазе не будет достигнута концентрация растворителя, которой отвечает парциальная упругость насыщенного пара его, равная при этой  $t^\circ$  парциальному давлению его же пара в паро-воздушной смеси. Т. к.

для практич. применения весьма существенно, чтобы на извлечение данного количества растворителя требовалось возможно меньшее количество поглотителя, то для целей Р. можно применять только такой поглотитель, в к-ром пар данного растворителя обладает большой растворимостью, т. е. в котором раствор данного растворителя определенной концентрации обладал бы возможно меньшей упругостью пара. Желательно таким образом, чтобы зависимость парциальной упругости пара растворителя от концентрации в данной системе давала бы отрицательные отклонения от законов идеальных смесей (закона Рауля-Вант-Гоффа). Большие по величине эффекты этого рода имеют как известно место преимущественно в тех системах, где компоненты образуют молекулярные соединения, обладающие более или менее степенью устойчивости. Слишком высокая прочность получающегося соединения однако непригодна вследствие связанных с этим затруднений в последующем обратном выделении растворителя. Как и в случае чистой жидкости, парциальная упругость пара каждого компонента раствора сильно падает с понижением  $t^\circ$ . Поэтому чем ниже  $t^\circ$ , тем большее количество растворителя может извлечь данное количество взятой поглощающей жидкости и следовательно потери ее при работе, что также является весьма существенным фактором. Для расчета  $t^\circ$ -ной зависимости парциальной упругости  $p_{ам}$  пара данного компонента над раствором данного состава по известной  $t^\circ$ -ной зависимости упругости  $p_a$  пара в чистом состоянии весьма полезным оказывается предположение Киреевского у-рие

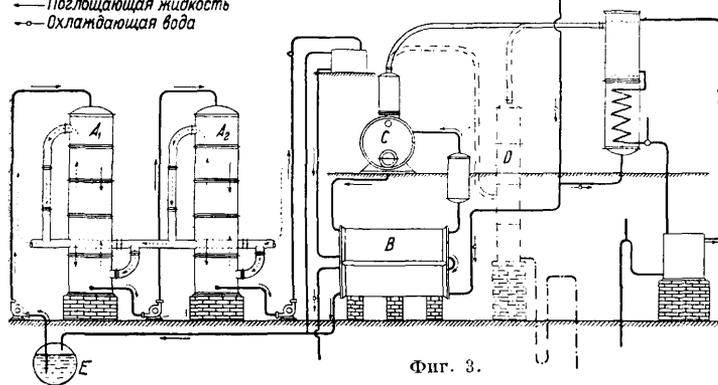
$$\lg p_{ам} = Q \lg p_a + C, \quad (3)$$

где  $Q$  и  $C$  — постоянные, а  $p_{ам}$  и  $p_a$  берутся при одинаковых  $t^\circ$ . Теплота растворения пара растворителя в поглощающей жидкости будет тем ближе к теплоте конденсации его в чистом виде, чем больше данная система приближается к идеальным смесям. Для систем же, значительно отклоняющихся от идеальности (в сторону отрицательных отклонений упругости пара), и в особенности для систем, где компоненты образуют молекулярные соединения, теплота растворения пара в этих условиях может значительно (иногда в два раза и даже выше) превышать теплоту конденсации его в чистом виде при той же  $t^\circ$ . Обратное выделение растворителя из поглощающей жидкости осуществляется обычно последующей отгонкой его. В соответствии с этим для большей легкости разделения необходимо, чтобы поглотитель обладал достаточно высокой  $t^\circ_{кип.}$ , значительно превышающей  $t^\circ_{кип.}$  отгоняемого растворителя. В этом случае соответственно уменьшаются и потери поглотителя от улетучивания при поглощении.

При осуществлении жидкостной Р. в технике в различных случаях применяют весьма разнообразные поглощающие жидкости: минеральные и каменноугольные масла, серную кислоту, воду, крезол, тетралин и др. В Зап. Европе за последнее десятилетие большое распространение получила Р. по методу фирмы Брежа (Brégeat), пользующейся в качестве поглощающей жидкости крезолом — для поглощения паров растворителей, применяемых при производствах бездымного пороха и ис-

куственного шелка (спирта, эфира, ацетона и др.), и тетралином—для поглощения паров бензола, бензина и других углеводородов. Ранее в качестве поглощающей жидкости при Р. паров спирто-эфирной смеси применялась серная к-та (она же рекомендовалась и для поглощения паров ацетона); однако применение серной к-ты мало удобно, т. к. связано с большим усложнением аппаратуры. Для поглощения паров ацетона пользуются также водными растворами бисульфата натрия, с которым ацетон образует молекулярное соединение, легко распадающееся при нагревании. С помощью минеральных или каменноугольных масел с успехом поглощают пары бензола и бензина. При выборе поглотителя существен-

— Паровоздушная смесь  
— Поглощающая жидкость  
— Охлаждающая вода



Фиг. 3.

ньим обстоятельством является также его отношение к влаге воздуха. Для успешного осуществления процесса жидкостной Р. весьма важное значение имеют условия проведения процесса и конструкция применяемой аппаратуры. Чтобы наиболее полно использовать поглотитель, процесс поглощения проводится обычно во встречном токе паро-воздушной смеси и поглощающей жидкости. Необходимо также обеспечить наличие возможно большей и постоянно подвижной поверхности соприкосновения смеси с жидкостью. Конструкции применяемых поглотительных колонн (см. *Колонные аппараты*) весьма различны. Колонны со специальным наполнением, требующие значительно меньшего расхода энергии на продувание и дающие при надлежащем выполнении вполне хорошие результаты, обычно предпочитают тарелочным. Схема установки жидкостной Р. (фирма Брежа) с двумя последовательно соединенными поглотительными колоннами представлена на фиг. 3. Самый процесс поглощения осуществляется обычно непрерывно, причем насыщенный растворитель поглотитель поступает из колонн  $A_1$  и  $A_2$  в теплообменник  $B$  и, нагреваясь за счет тепла, снимаемого с отходящего из отгонного котла  $C$  поглотителя, поступает затем в самый котел, где происходит отгонка растворителя, идущего затем (если это необходимо) на последующую фракционировку в  $D$ , а освобожденный поглотитель, отдав тепло в теплообменнике  $B$ , поступает вновь в сборник. Комбинирование жидкостной Р. с компримированием, также дающим в этом случае большой положительный эффект в отношении количества пара, извлекаемого данным объемом поглощающей жидкости, встречает при работе по этому методу нек-рые затруднения (срав-

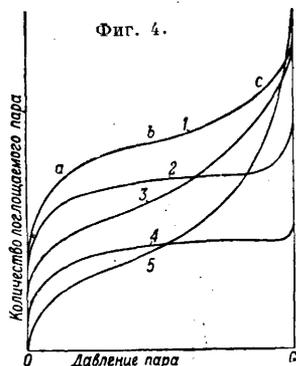
нительно большие объемы поглотительных колонн); однако в нек-рых специальных случаях такие установки находят применение.

Метод Р. жидкими поглотителями весьма производительен. Требуя относительно большой установки и нередко давая продукт, нуждающийся в последующей очистке, но не требуя сложного обслуживания и большого расхода энергии, он особенно целесообразен в производствах крупного масштаба, при высоком содержании пара в паро-воздушной смеси, при работе с влажным воздухом или при наличии в данном производстве общих установок по ректификации растворителя. Платити приводит следующие примерные расходные коэф-ты на 1 кг извлекаемого растворителя для установки, работающей поглощением крезолом: пара 4—5 кг, электроэнергии 0,1—0,2 kWh, охлаждающей воды 100—150 кг, потери крезолом 0,007 мар. и обслуживание 0,015 мар.

Метод извлечения твердых поглотителями (адсорбционный). В основу этого метода положено явление *адсорбции* (см.)—способность некоторых тел, обладающих высокой *пористостью* (см.), поглощать значительные количества паров и газов. Пористое тело—адсорбент—при прочих равных условиях поглощает различные количества данного пара в зависимости от его концентрации

в газовой фазе (тем больше, чем выше его давление пара). При низких давлениях поглощение протекает на внутренней поверхности пор адсорбента, от свойств которой оно гл. обр. и зависит; этот процесс и является собственно адсорбцией. При более высоких давлениях, приближающихся к упругости насыщенного пара при данной  $t^\circ$ , поглощение протекает уже в объеме пор, к-рые при этом постепенно заполняются конденсирующейся жидкостью. В этом случае поглощение обуславливается понижением упругости пара

жидкости над узкими капиллярами и определяется гл. образом размерами и структурной пор и свойствами конденсирующейся в порах жидкости. Этот процесс обычно отличаются от собственно адсорбции и называют *капиллярной конденсацией*. Между обоими этими процессами в общем случае нельзя провести резкой грани, ибо в соответствии с мелкопористой структурой обычных адсорбентов на промежуточных участках упругости пара один процесс весьма постепенно переходит в другой. На фиг. 4 изобразены кривые, выражающие зависимость количества поглощаемого адсорбентом пара от его давления при постоянной  $t^\circ$ , причем абсцисса  $G$  соответствует упругости насыщенного пара жидкости при данной  $t^\circ$ ; участок  $a$  (кривой  $abc$ ) соответ-

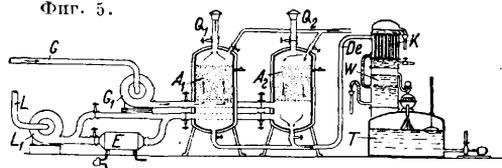


ствуется собственно адсорбции, а участок  $\epsilon$  — капиллярной конденсации. При прочих равных условиях различные пары поглощаются данным адсорбентом в различных количествах. В области относительно высоких давлений поглощение определяется главн. обр. относительной насыщенностью пара, т. е. при равных давлениях пара в газовой фазе в большем количестве поглощается растворитель, обладающий меньшей летучестью.

При поглощении паров летучих растворителей для области практически интересных концентраций равновесие не будет заметно отличаться, протекает ли поглощение данного пара в отсутствие воздуха или из паро-воздушной смеси. В случае же поглощения смеси паров менее летучий компонент поглощается в относительно больших количествах соответственно процессу конденсации жидкости из смеси паров. Легко видеть, что чем выше  $t^\circ$ , тем меньшие количества пара поглощаются при равных давлениях, причем количественно влияние  $t^\circ$  различно при различных давлениях. При поглощении пара адсорбентом происходит значительное выделение тепла, количество которого также сильно зависит от участка давления. В то время как в области давлений, близких к упругости насыщенного пара, теплота поглощения мало отличается от обычной теплоты конденсации пара в жидкость, при переходе в области более низких давлений величина теплового эффекта все возрастает. При Р. твердыми поглотителями во многих случаях большое значение имеет кинетика процесса поглощения. При жидкостной Р., где поглощение происходит во встречном токе паро-воздушной смеси и поглощающей жидкости, использование последней бывает б. или м. полным. При Р. же твердыми поглотителями, при к-рой паро-воздушная смесь обычно проходит через покоящийся слой адсорбента, в момент появления в выходящем с адсорбента воздухе паров растворителя сначала в ничтожно малой концентрации, использование поглотительной способности адсорбента по отношению к концентрации исходной паро-воздушной смеси никогда не бывает полным. Этот эффект определяется, с одной стороны, зависимостью поглотительной способности от концентрации, с другой стороны, соотношением между скоростью прохождение воздуха и скоростью процесса поглощения. В рекуперационном процессе, при применении хороших сортов угля и при обычных скоростях паро-воздушной смеси и больших длинах слоя адсорбента, это явление не имеет большого практич. значения; однако в нек-рых случаях, в особенности при применении силикагеля, степень неиспользования равновесной поглотительной способности угля в момент «проскока» пара растворителя может достигать значительной величины. В этом случае, как говорят, «динамическая активность» адсорбента значительно отстает от статической. Из различных адсорбентов в рекуперационной практике находят применение гл. обр. два вида поглотителей: *активированный уголь* (см.) и *силикагель* (см.). Кривые фиг. 4 дают представление об относительных свойствах различных сортов активированного угля (кривые 1—4) и силикагеля (кривая 5). В настоящее время в СССР начато производство специальных рекуперационных сортов активированного угля и силикагеля.

Процесс Р. осуществляется в общем в две стадии: а) поглощение адсорбентом пара растворителя из тока пропускаемой через него паро-воздушной смеси и б) отдачи адсорбентом поглощенного растворителя при повышении  $t^\circ$ . Т. к. при простом нагревании адсорбента из него выделится лишь то количество поглощенного растворителя, к-рое превышает поглотительную способность адсорбента при  $t^\circ$  нагревания при давлении пара, равном атмосферному, то, чем выше будет  $t^\circ$  нагрева, тем большая часть поглощенного растворителя при этом выделится. Причем, так как поглощение происходило при значительном более низких парциальных давлениях пара растворителя, то в зависимости от степени влияния в данном случае  $t^\circ$  и концентрации, при недостаточно высоком нагреве, количества выделившегося растворителя м. б. весьма незначительны. Поэтому, в виду нецелесообразности нагревания адсорбента до очень высоких  $t^\circ$ , для увеличения полноты отдачи прибегают одновременно с нагревом к продувке адсорбента каким-нибудь паром или газом, к-рый может быть впоследствии б. или м. легко отделен от растворителя. В соответствии с происходящим при этом понижением парциального давления пара в газовой фазе таким путем удается выделить с угля значительно большую часть растворителя. Этот процесс осуществляется б. ч. путем продувки адсорбента перегретым водяным паром, дающим, с одной стороны, тепло, необходимое для обратной отдачи адсорбентом поглощенного растворителя, с другой стороны, осуществляющим задачу «вымывания» растворителя из адсорбента. Т. к. влажность угля сильно понизила бы его поглотительную способность в отношении растворителя, то такой метод проведения процесса требует введения в цикл еще сушки адсорбента (продувкой его горячим воздухом) и последующего охлаждения. В зависимости от отношения данного растворителя к водяному пару или другому какому-либо пару или газу, применявшемуся для продувки при отдаче, нередко возникает еще необходимость сушки и разгонки полученного растворителя. В зависимости от продолжительности отдельных стадий процесса — поглощения, отдачи, сушки и остывания — применяют обычно систему из двух-трех адсорберов, соединенных параллельно и поочередно проходящих каждую из этих операций, так чтобы в каждый данный момент один из адсорберов находился в стадии поглощения [4]. При обработке больших количеств паро-воздушной смеси применяется нередко установка нескольких параллельно работающих агрегатов. На фиг. 5 представле-

Фиг. 5.



на схема установки фирмы Байера (Bayer), работающей на поглощение паров растворителя, не смешивающегося с водой. Паро-воздушная смесь через  $G$  и  $G_1$  поступает в один из адсорберов  $A_1$  или  $A_2$  и, освобождаясь от пара растворителя, выходит наружу через  $Q_1$  или  $Q_2$ . Перегретый пар поступает в соответствующий

адсорбер и вместе с парами растворителя через *De* поступает в конденсатор *K* и затем в водоотделитель *W*, откуда растворитель стекает в сборник *T*. Воздух для осушки поступает через *L* и *L*<sub>1</sub> и нагреватель *E* в адсорберы и выходит наружу через *Q*<sub>1</sub> или *Q*<sub>2</sub>. Воздух для охлаждения проходит тот же путь, минуя нагреватель. Степень наполнения адсорберов углем бывает обычно больше, чем показано на схеме. Часто в адсорберы помещают также змеевики для предварительного и более быстрого нагрева адсорбера, а также для более быстрого его охлаждения водой.

Из практич. затруднений, встречающихся при проведении Р. твердыми поглотителями, на первом месте следует назвать явление с т а р е н и я адсорбента, когда (в некоторых случаях после известного периода работы) поглотительная способность его начинает постепенно снижаться с б. или м. скоростью. Это явление свойственно гл. обр. активированному углю и вызывается повидимому преимущественно постепенным накоплением на угле сильно адсорбируемых примесей, поглощаемых углем из паро-воздушной смеси, если таковые в ней имелись, или образующихся непосредственно на угле путем окисления и осмоления поглощенных углем веществ в соответствии с высокой иногда каталитической способностью активированного угля к подобным процессам. Т. о. присутствие в паро-воздушной смеси даже небольших количеств паров мало летучих веществ может сильно ускорить процесс старения. Особенно усиливает старение угля присутствие в смеси нек-рых сернистых или непредельных соединений. Это ставит серьезные затруднения применению активированного угля для извлечения бензола из коксовальных газов. По нек-рым данным процесса старения можно в подобных случаях избежать установкой перед основными адсорберами еще одного адсорбера, постоянно находящегося в токе паро-воздушной смеси (т. е. не подвергающегося процессу отдачи), задача к-рого—извлечение и накопление легко адсорбируемых примесей. Уголь, утративший свою активность, большей частью м. б. снова регенерирован нагревом или обработкой водяным паром при более высокой *t*°; регенерация производится на отдельных специальных установках. Имевшие место взрывы на пороховых з-дах иногда ставились в связь с применявшимися на них методами Р. активированным углем. Действительно здесь возможно образование неустойчивых перекисей эфира на поверхности угля, однако при правильной эксплуатации и соответствующей очистке от них рекуперирующей смеси это повидимому не представляет опасности.

Большое значение в Р. твердыми поглотителями имеет вопрос о расходе пара, достигающем примерно 2—4 кг на 1 кг растворителя. Значительная доля этого расхода падает на поочередный нагрев самих адсорберов после каждого поглощения. Пиатти приводит следующие примерные расходные коэф-ты на 1 кг извлекаемого растворителя для установок, работающей поглощением активированным углем: пара 2—4 кг, электроэнергии 0,05—0,2 kWh, охлаждающей воды 40—60 кг, расход активированного угля 0,001—0,002 кг и обслуживание 0,006 мар. Следует отметить попутно опыт фирмы Silica-Gel Corporation с рекуперационной установкой, работающей по

принципу встречного тока, где порошкообразный силикагель увлекается в вертикальных башнях поднимающимся током паро-воздушной смеси. Установка имеет три последовательно соединенные башни, причем передача силикагеля с низа одной на верхушку другой башни, как и последующая транспортировка его, происходит пневматически. В этой установке отдача происходит постоянно в одном аппарате. Этот тип установок однако не получил распространения. В последние годы начали применяться установки, где принцип непрерывности работы в значительной степени практически обеспечивается путем уменьшения размеров отдельных адсорберов до высоты слоя примерно в 40 см и увеличения их количества при одновременном переходе на автоматику, переключение аппаратов по проскоку пара в выходящем газе или по определенным промежуткам времени. Установки этого типа (фирмы Silica-Gel G. m. b. H.) отличаются большой компактностью и простотой обслуживания. Вопрос о выборе метода Р. должен решаться в зависимости от требований и условий данного производства, стоимости электроэнергии, пара, содержания растворителя и примесей в паро-воздушной смеси, влажности ее, отношения растворителя к воде, требуемой чистоты продукта, стоимости рабочей силы и пр. В зависимости от местных условий определяется и оптимальная полнота извлечения пара растворителя при Р., т. к. извлечение последних порций пара во всех методах обходится дороже, чем главной части. Хорошие рекуперационные установки работают со средней полнотой извлечения примерно с 90%, редко повышая его до 95%.

*Лит.*: 1) К а у с c h O., Die aktive Kohle, ihre Herstellung u. Verwendung, «Monographien über chem.-tech. Fabrikationsmethoden», В. 42, р. 148, Halle 1928.—П у ж а й Н. С., Рекуперация летучих растворителей, «ЖХП», 1931, т. 8, 20, 21—23, 23—24; Б у р р е л ь Д., С е й б е р т Ф. и О б е р ф е л ь Г., Извлечение газолена из естественного газа конденсатной, пер. с англ., П., 1924; Б у р р е л ь Д., Б и д д л с о н П. и О б е р ф е л ь Г., Извлечение газолена из естественного газа путем поглощения, пер. с англ., П., 1924; О б е р ф е л ь Г. и А л д е н Р., Газолени из природного газа, пер. с англ., М.—Л., 1926; Ш а х н а з а р о в М., Естеств. газ, его добыча и утилизация, 2 изд., М.—Л., 1932; С а р н и с я ц Г., Курсы добычи и утилизации газа, Баку, 1930; Д у б и н и М. М., Физико-химич. основы сорбционной техники, М., 1932; К и р е в В., О методах определения теплот испарения жидких смесей, «Журн. физ. химии», 1930, т. 4, стр. 233; е г о ж е, Новое уравнение для упругости насыщенного пара чистых жидкостей растворов и смесей, там же, 1931, т. 2, 3; Л о х а н с к и й И., Основы коксования и улавливания побочных продуктов, Л., 1930; Ф о к и н Л. Ф., Методы и орудия химич. техники, ч. 4, Обработка газов, П.—М., 1923; Р о б и н с о н С. Sh., The Recovery of Volatile Solvent, N. Y., 1922; H ü c k e l E., Adsorption u. Kapillarkondensation, «Kolloidforschung in Einzeldarstellungen», hrsg. v. R. Zsigmondy, В. 7, Lpz., 1928; B l ü h O. u. S t a r k N., Die Adsorption, Sammlung Vieweg, H. 93, Brschw., 1929; W a l k e r W., L e w i s W., M c A d a m S. W., Principles of Chemical Engineering, 2 ed., p. 558—723, N. Y., 1927; Y o u n g S., Distillation Principles a. Processes, L., 1922; Ullm. Enz., В. 12, р. 73; К р е з ö л Т., Untersuchung u. Bewertung technischer Adsorptionsstoffe, Lpz., 1931; F i c h o u x A., Récupération des vapeurs de corps volatiles solubles dans l'eau, «Chimie et Industries», P., 1928, v. 20; B r é g e a t, Wiedergewinnung nach System Brégaat, «Chemiker Zeitung», Coethen, 1927, В. 51, р. 101; B e r l E. u. R a n i s L., Über die Adsorption von organischen Lösungsmitteln durch Waschflüssigkeiten, «Ztschr. f. angew. Chemie», 1930, В. 43, р. 600; R e i s e m a n n E., Gewinnung u. Wiedergewinnung organischer Dämpfe mit aktiver Kohle, «Chem. Apparatur», Lpz., Jg. 18, 1931, р. 4—6, 28—30 u. 63—66; F o u l o n, Adsorption von Gasen und Dampfenmittels aktiver Kohle, «Ztschr. f. gesamte Schiess- u. Sprengstoffwesen», Mch., 1930, В. 25, р. 235—237, 381—383; P i a t t i L., Die Wiedergewinnung flüchtiger Lösungsmittel, В., 1932; P i a t-

t i L., Dampfdruck binärer Gemische und ihre Bedeutung f. die Adsorption flüchtiger Stoffe, Sammlung chemischer u. chemisch-technischer Vorträge, hrsg. v. W. Herz, Neue Folge, Stg., 1934, H. 7, p. 53; Mariller Ch., Distillation et rectification des liquides industriels, P., 1925; K a u s c h O., Die aktive Kohle, ihre Herstellung u. Verwendung, Ergänz. Band, Halle a/S., 1932; Mc B a i n J. W., The Sorption of Gases and Vapours by Solids, L., 1932; The Adsorption of Gases, Transaction of the Faraday Society, L., 1932, v. 28. **В. Киреев.**

**РЕЛАКСАЦИОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ**, незатухающие колебания, по форме существенно отличные даже при весьма малых амплитудах от синусоидальных и возникающие при известных условиях в системах, не обладающих свойствами колебательной системы в обычном смысле, т. е. в системах, не способных совершать свободные затухающие колебания с определенными собственными частотами. Р. к. нашли себе широкое применение в технике, гл. обр. в технике измерения частоты высокочастотных электрич. колебаний. Возможность применения Р. к. для этой цели обуславливается именно сильно выраженной их несинусоидальностью и следовательно богатством их обертонами вплоть до весьма высоких: в Р. к. легко м. б. обнаружены обертоны выше десятого. Так как Р. к. в обычных схемах практически вполне периодичны, то, зная частоту овножного колебания и порядок обертона, можно с большой точностью определить частоту, соответствующую каждому обертому, и тем самым свести задачу измерения высоких частот к измерению частот гораздо более низких, путем сравнения частоты данного высокого обертона с частотой измеряемой.

Наиболее простым примером генератора Р. к. является схема с неоновой лампой *N* (фиг. 1). Неоновая лампа обладает следующими свойствами, к-рые и делают возможным применение ее для получения Р. к.: пока напряжение на зажимах лампы не достигло определенной величины  $V_1$ , т. н. **н а п р я ж е н и я з а ж и г а н и я**, лампа не горит и не пропускает тока. Когда напряжение на зажимах достигло  $V_1$ , лампа вспыхивает и в ней сразу появляется нек-рый ток конечной величины  $i_1$ . При дальнейшем возрастании напряжения сила тока в лампе возрастает примерно по линейному закону. В обратном направлении при уменьшении напряжения лампа не гаснет при  $V_1$ , а продолжает гореть, пока напряжение не упадет до нек-рой величины  $V_2 < V_1$  (напряжению  $V_2$  соответствует некоторая определенная сила тока  $i_2$ ), после чего лампа гаснет и ток в ней прекращается скачком — падает от  $i_2$  до 0 (фиг. 2).

Условия, при к-рых лампа, обладающая такими свойствами, будет создавать колебания, следующие. Если напряжение батареи больше  $V_1$ , то через нек-рое время после включения напряжение на зажимах лампы достигнет величины  $V_1$ , и лампа вспыхнет (участок 1—2 на кривой фиг. 3). Если сопротивление *R* достаточно велико, то напряжение на конденсаторе начнет уменьшаться, т. к. разряд конденсатора через лампу будет происходить быстрее, чем его заряд через сопротивление. Если это сопротивление так велико, что зарядный ток будет меньше, чем  $i_2$

(минимальный ток, при котором лампа еще горит), то конденсатор разрядится ниже напряжения  $V_2$ , и лампа погаснет. Этой части процесса соответствует участок 2—3 на кривой фиг. 3. После этого конденсатор снова начнет заряжаться, и лампа снова вспыхнет (участок 3—4). В схеме будут происходить колебания, форма к-рых соответствует фиг. 3 и существенно отличается от синусоидальной. Частота колебаний зависит от скорости заряда конденсатора, к-рый определяется временной постоянной цепи *CR*; кроме того она зависит от характеристики лампы (величин  $V_1$  и  $V_2$ ) и напряжения батареи. В схеме нет никаких контуров, в к-рых могли бы происходить свободные колебания при отсутствии лампы и к-рым была бы свойственна кака-либо определенная собственная частота. В этом существенное отличие Р. к. от обычных «томсоновских» колебаний, частота которых во всяком случае в первом приближении определяется ф-лой Томсона

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

т. е. задается параметрами колебательного контура. Рассмотренный процесс представляет собой периодически повторяющийся процесс с периодом, определяемым временем заряда и разряда конденсатора, к-рое в электротехнике по аналогии с временем запаздывания или ослабления упругих натяжений называют временем *релаксации* (см.).

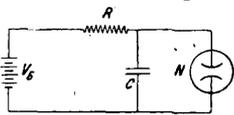
Р. к. могут возникать в целом ряде весьма разнообразных схем. Они возникают обычно в системах, к-рые, с одной стороны, не имеют устойчивых положений равновесия (неустойчивость м. б. достигнута путем применения приборов типа электронной или неоновой лампы), а, с другой, не обладают колебательными свойствами (не имеют колебательных контуров, состоящих из сосредоточенной емкости и сосредоточенной самоиндукции). Таковы напр. схемы мультвибратора Абрагама-Блоха (фиг. 4) или схема, приведенная на фиг. 5. Обе они при достаточно больших сопротивлениях не имеют устойчивых положений равновесия и создают Р. к.

Релаксационные колебания возможны не только в электрических, но и в механических системах. Если механическая система обладает напр. большой упругостью и большим тре-

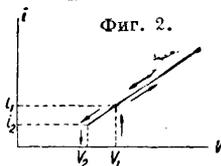
нием, то это трение может лишить систему колебательных свойств. С другой стороны, вследствие того, что характеристика трения, т. е. кривая, характеризующая зависимость тре-



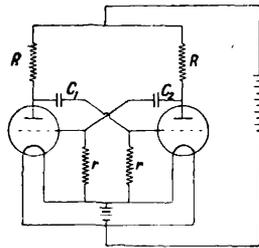
Фиг. 3.



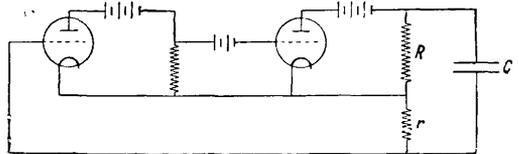
Фиг. 1.



Фиг. 2.



Фиг. 4.



Фиг. 5.

ния от скорости, в нек-рых областях представляет собой падающую кривую, положение равновесия оказывается неустойчивым, и система начинает совершать типичные Р. к., существенно отличные от синусоидальных, причем период этих колебаний определяется не массой и упругостью, как при обычных механич. колебаниях, а упругостью и характеристикой трения. Такие колебания могут возникать повидимому во многих случаях, когда в механич. системах трение играет преобладающую роль.

Теоретич. рассмотрение Р. к. и релаксационных систем можно вести, исходя из двух различных точек зрения. Вообще говоря, каждая система обладает всеми тремя основными параметрами: электрическая—емкостью, самоиндукцией и сопротивлением (если не в сосредоточенном виде, то в распределенной форме «паразитных параметров»), а механическая—массой, упругостью и трением. В тех случаях, когда система обладает колебательными свойствами, в ней сопротивление д. б. мало, и преобладают следовательно два колебательных параметра—емкость и самоиндукция или упругость и масса. В тех же случаях, когда система не обладает колебательными свойствами, т. е. именно в системах, в к-рых возможны Р. к., это всегда обусловлено тем, что сопротивление (трение) преобладает над каким-либо из двух других параметров—самоиндукцией (массой) или емкостью (упругостью) и один из этих двух параметров играет второстепенную роль. При рассмотрении таких систем конечно можно было бы учитывать все три параметра и попытаться решить задачу с учетом всех параметров, в том числе и «паразитных». (Так именно поступал Ван-дер-Полю.) Однако системы, создающие пезагухающие колебания (автоколебания), всегда обладают нелинейным сопротивлением, и рассмотрение этих систем приводит к нелинейным дифференциальным ур-ям. Если при этом учитывать оба колебательных параметра, то задача приводит (для системы с одной степенью свободы) к нелинейному дифференциальному ур-ию второго порядка, напр.:

$$a \frac{d^2x}{dt^2} + F' \left( \frac{dx}{dt} \right) \frac{dx}{dt} + bx = 0, \quad (1)$$

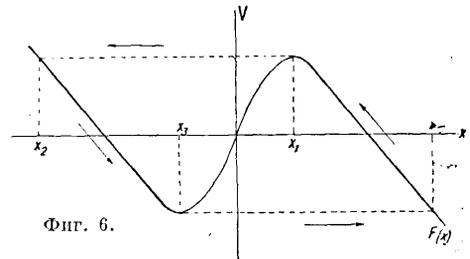
где  $a$  и  $b$ —колебательные параметры, а  $F' \left( \frac{dx}{dt} \right)$ —нелинейная ф-ия, характеризующая сопротивление (трение) в системе. Для отыскания периодич. решений этого ур-ия, существенно отличных от синусоидальных, не существует регулярных методов; графич. же методы требуют много времени. Кроме того учесть точно все паразитные параметры, напр. самоиндукцию или емкость соединительных проводов, все равно невозможно, т. к. точно их значения никогда неизвестны. Поэтому учет паразитных параметров излишне усложняет задачу. Между тем эти паразитные параметры не только играют второстепенную роль, но наличие их вообще не является принципиально необходимым для возможности существования Р. к.

Можно, как это сделал Л. И. Мандельштам и не строго Фридлиндер (последний применял для этих колебаний термин «Kippschwingungen», т. е. колебания опрокидывания), поставить вопрос о существовании периодич. решений, вовсе не учитывая паразитных параметров, но предполагая, что решения эти р а з-

р ы в н ы. Напр. в приведенных нами схемах нет сосредоточенных самоиндукций; самоиндукция присутствует лишь в виде паразитного параметра. Пренебрегая этой паразитной самоиндукцией, мы для схемы фиг. 5 получим напр. ур-ие вида:

$$F'(x) \frac{dx}{dt} = X, \quad (2)$$

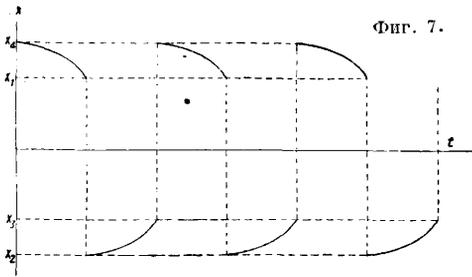
где  $F'(x)$ —нелинейная ф-ия от  $x$ , имеющая вид, изображенный на фиг. 6, т. е. нелинейное дифференциальное ур-ие первого порядка ( $x$ —сила тока). Вообще говоря, нелинейное дифференциальное ур-ие 1-го порядка не допу-



Фиг. 6.

скает непрерывных периодич. решений, но «разрывные» периодич. решения этого ур-ия могут существовать, и отыскание их представляет собой несравненно более простую задачу, чем отыскание периодич. решений ур-ия (1). Если положение  $x=0$  равновесия неустойчиво, то система уйдет из этого положения. Далее, если при каком-то значении  $x_1 \neq 0$   $F'(x) = 0$ , то  $\frac{dx}{dt}$  обращается в бесконечность, т. е. сила тока  $x$  может измениться скачком. Этот результат нужно считать вполне естественным, поскольку мы пренебрегли самоиндукцией, т. к. в цепи без самоиндукции вполне допустимы скачкообразные изменения силы тока (если бы в цепи была самоиндукция, то при  $\frac{dx}{dt} = \infty$  эде самоиндукции  $L \frac{dx}{dt} = \infty$ , что физически недопустимо). Дальнейшее поведение системы при  $\frac{dx}{dt} = \infty$  неопределенно, т. к.  $x$  может принять любые значения. Но можно ввести новое условие, к-рое определяло бы дальнейшее поведение системы; именно, исходя из физич. соображений, нужно потребовать, чтобы энергия системы (в нашей схеме энергия заряда конденсатора) не изменялась скачком, т. е. чтобы при скачкообразном изменении  $x_1$  энергия (заряд конденсатора) оставалась неизменной. Если существует второе такое значение  $x_2$ , к-рое соответствует тому же значению заряда конденсатора, то нужно предположить, что ток скачком изменит свое значение от  $x_1$  до  $x_2$ . В рассматриваемых нами схемах это условие скачка как-раз м. б. соблюдено. Дальнейшее движение системы от значения  $x_2$  будет происходить с конечной скоростью и определяться ур-ем (2), пока  $x$  не примет нового значения  $x_3$ , при к-ром  $F'(x_3) = 0$ . Тогда снова система пойдет скачком в положение  $x_4$ , удовлетворяющее условию скачка для значения  $x_3$ . Дальнейшее движение снова будет происходить непрерывно. Если при этом система попадет снова в положение  $x_1$ , то весь процесс начнется сначала—система будет совершать разрывные периодич. колебания. Теоретич. форма этих колебаний примерно изображена на фиг. 7. Конечно в действительности изменения силы тока от  $x_1$  до  $x_2$  и от  $x_3$

до  $x_4$  происходят не мгновенно, ибо в системе всегда присутствуют паразитные емкости и самоиндукции, препятствующие этим скачкам. Но если эти паразитные параметры малы, то скачки совершаются очень быстро по сравнению с движениями от  $x_2$  до  $x_3$  и  $x_4$  до  $x_1$ , и несмотря на наличие паразитных параметров колебания примерно сохраняют частоту и форму, полученную из «разрывной» трактовки. Отказываясь от учета паразитных параметров мы отказываемся т. о. от рассмотрения самого процесса скачка, но пока этот скачок происхо-



дит достаточно быстро, мы можем получить удовлетворительный ответ на вопрос об амплитуде, частоте и форме колебаний. Вместе с тем «разрывная» трактовка весьма упрощает решение задачи. Эта же трактовка м. б. применена к электрич. схемам с самоиндукцией и сопротивлением, но без емкости. В этом случае мы не можем допустить скачкообразного изменения силы тока в цепи с самоиндукцией, но зато допустимы скачкообразные изменения производной силы тока, т. е. скачки эдс самоиндукции, а вместе с тем скачки напряжения на концах сопротивлений. Наконец эта же трактовка м. б. применена и к механич. системам, в к-рых масса играет второстепенную роль по сравнению с упругостью и трением. В такой системе, пренебрегая массой, мы можем допустить скачкообразные изменения скорости. Условия скачка сведутся к тому, что потенциальная энергия системы, т. е. упругая деформация, при этом скачке должна оставаться неизменной. Р. к. не являются каким-то резко ограниченным классом колебаний. Изменяя соотношение параметров в системе, всегда можно перейти от колебаний томсоновских к Р. к. и наоборот. По существу мы имеем целую область колебаний разного типа, ограниченную с двух сторон двумя идеализированными типами—синусоидальных колебаний и «разрывных» колебаний. И только эти два идеализированных случая легко поддаются теоретич. исследованию. Реальные же колебания лишь в большей или меньшей степени приближаются к одному из этих типов. В том случае, когда они лежат ближе к началу области, целесообразно рассматривать их как близкие к синусоидальным и применять те методы исследования, к-рые пригодны для синусоидальных и близких к ним колебаний. Когда же реальные колебания лежат ближе к концу области, целесообразно рассматривать их как релаксационные колебания и применять к ним «разрывную» трактовку.

Лит.: Андронов А. и Витт А., Разрывные периодич. решения, Доклады Академии наук СССР, Л., 1930, стр. 189; Хайкин С., Непрерывные и «разрывные» колебания, «Журнал прикладной физики», М., 1930, т. 7, вып. 6; В а р к х а у с е н Н., Das Problem d. Schwingungserzeugung, Lpz., 1907; L e c o r b e i l l e r Ph., Les systèmes autoentretenus et les oscillations de relaxation, P., 1931; F r i e d l ä n d e r E., Über Kipp-schwingungen in besondere bei Elektronenröhren, «Ar-

chiv f. Elektrotechnik», B., 1926, B. 16; Van der Pol B., Über Relaxation Schwingungen, «Jahrbuch d. draht. Telegr. u. Teleph.», B., 1926, B. 28, p. 178, 1927, Band 29, p. 114; Van der Pol B., Oscillations sinusoidales et de relaxation, «L'onde électrique», P., 1930, p. 245; Van der Pol B. u. van der Mark J., Quelques expériences avec des triodes et les oscillations de relaxation, ibid., 1927, p. 461. С. Хайкин.

**РЕЛАКСАЦИЯ**, ослабление со временем натяжений в твердых телах и во всяких жидкостях после устранения деформирующего напряжения. По Максвеллу изменение деформации со временем пропорционально самой деформации, т. е.

$$\frac{d\varphi}{dt} = -\lambda\varphi, \quad (1)$$

где  $\lambda$ —коэф. пропорциональности с размерностью  $\text{сек.}^{-1}$ ; отсюда следует, что деформация должна убывать со временем по экспоненциальному закону:

$$\varphi = \varphi_0 e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad (2)$$

где

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \quad (3)$$

носит название в р е м е н и Р. При измерениях Р., произведенных в целлюлоиде и ксилолите оптич. методом (Росси, Кокер и др.), были найдены заметные отклонения от ф-лы (2). Понятие о Р. позволяет установить связь между сдвигом в упругом твердом теле и вязкостью (Максвелл). Пусть слой твердого тела испытывает тангенциальное усилие  $F$ , вызывающее горизонтальное смещение  $\xi$ , пропорциональное высоте слоя  $x$  над нек-рой горизонтальной плоскостью. Угол сдвига

$$\varphi = \frac{d\xi}{dx}.$$

Р. сдвига выразится в соответствии с (1) так:

$$\frac{d\varphi}{dt} = -\frac{d}{dx} \frac{d\xi}{dt} = -\frac{dv}{dx} = -\lambda\varphi, \quad (4)$$

где  $v$ —скорость.

Тангенциальная сила

$$F = \frac{\varphi}{N}, \quad (5)$$

где  $N$ —модуль сдвига. С другой стороны, сила трения, определяющая вязкость (см.):

$$F = \eta \frac{dv}{dx}, \quad (6)$$

где  $\eta$ —коэф. вязкости.

Из сравнения (5) и (6) на основании (4) и (3) находим

$$\eta = \frac{\tau}{N}. \quad (7)$$

На основании (7) по модулю сдвига и времени Р. можно определить вязкость твердых тел. Дебай вывел теоретич. значение для времени Р. для сферич. молекул в жидкости:

$$\tau = \frac{4\pi\eta a^3}{kT},$$

где  $a$ —радиус молекулы,  $k$ —постоянная Больцмана и  $T$ —абс. темп-ра.

Лит.: Дебай П., Полярные молекулы, пер. с франц., М.—Л., 1931; Гатчек Э., Вязкость жидкостей, пер. с англ., М.—Л., 1932; M a x w e l l J. N., On the Equilibrium of Elastic Solids, «Transactions of the Royal Society of Edinburgh», 1853, v. 20, p. 87; P o u n t i n g J. H. a. T h o m s o n J. J., A Text-book of Physics, v. 4, Properties of Matter, 9 ed., L., 1923; C o k e r E. G. a. F i l o n L. N., A Treatise on Photo-Elasticity, Cambridge, 1931.

**РЕЛЕ**, категория вспомогательных электротехнических приборов, имеющих целью активировать вспомогательный механизм под влиянием факторов, изменяющих нормальные условия работ отдельных элементов, составляющих в совокупности рабочую систему той или

иной установки, включающей Р. Эти функции придают Р., исходя как из условия высокой и постоянной чувствительности его, так и вследствие автоматичности действия вспомогательного механизма. Р. как прибор имеет две разделенные, взаимно механически или электрически связываемые части: рабочую, т. е. улавливающую ту или иную ненормальность в работе контролируемой части установки, и вспомогательную, производящую под действием первой активирование вспомогательной системы.

**Классификация Р.** Р. подразделяются по следующим признакам. 1) По принципу, и используемому в рабочей части Р. Эти факторы определяют собой и наименование Р., к-рое т. о. определяет и область применимости Р. В качестве основных факторов можно отметить: использование механич. действия (Р. скорости); теплового действия (термич. и температурные Р., приводящиеся в работу под влиянием чрезмерного выделения тепла в контролируемом элементе установки); газовые Р. (Бухгольца, действующие под влиянием наличия выделения газа как элемента чуждого и вредного для той среды, контролировать работу к-рой предназначено Р.); светочувствительные Р. (действующие под влиянием светового потока ненормальной интенсивности для рабочего элемента Р.); электромагнитные Р. (действующие под влиянием переменных параметров цепи тока—тока, напряжения, угла фазного сдвига, частоты, направления течения энергии, полного и реактивного сопротивления) и т. д. Наиболее развитой областью Р. является именно эта последняя.

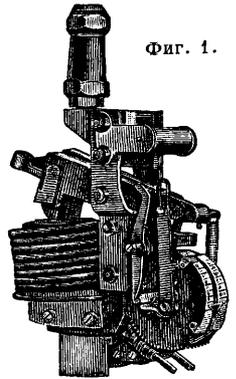
2) По принципу введения Р. в главную или шунтирующую цепь. Р., работающие по принципу электротехнич. действия в рабочей части, разделяют на первичные и вторичные Р. В свою очередь вторичные разделяются на Р. прямого и непрямого действия. Первые Р. имеют обычно малое число вариантов исполнения в связи с тем, что применение их м. б. признано рациональным только в непосредственном механич. сочленении с теми выключающими механизмами, контролировать работу к-рых должны эти Р.; это обстоятельство обуславливает возможность отказа в этих Р. от вспомогательной электрич. системы, к-рая заменяется вспомогательной механич. системой, приводимой в действие непосредственно рабочей частью Р. Вторичные Р. прямого действия характеризуются введением обмоток рабочей части Р. в шунтирующую цепь, т. е. питаемую от измерительных трансформаторов. Вспомогательной системой, как и в первичных Р., является система механическая, сочлененная с рабочей системой Р., почему и эти Р. должны устанавливаться в непосредственной близости к контролируемому выключателю. Вспомогательные системы этих двух видов Р. воздействуют на задерживающую зацепку свободного расцепления выключателя и тем обуславливают выпадение выключателя. Вторичные Р. непрямого действия имеют питание обмоток рабочей части от шунтирующей цепи (измерительных трансформаторов), вспомогательную же систему—в виде замыкаемой или размыкаемой электрич. цепи, источником тока для к-рой является либо тот же рабочий ток либо ток, получаемый от независимого источника, помещающегося вне Р.

3) По роду активирования вспомогательной системы различают Р., действующими механически (см. выше) или электрически. В свою очередь эти последние выполняются в виде системы, состоящей из двух контактов—подвижного и неподвижного, причем различают системы с рабочими контактами (рабочее состояние вспомогательной цепи—включенный источник тока) или с холостыми контактами (рабочее состояние вспомогательной цепи—выключенный источник тока). Применяемость этих систем в связи с родом тока зависит от местных и индивидуальных условий установки; в качестве общего правила следует руководствоваться применением при рабочем контакте—независимого источника тока, при холостом—чаще всего рабочего тока установки; применение рабочего тока от трансформатора напряжения может иметь место только для холостых контактов. Поскольку контакты вспомогательной цепи д. б. легкими и не обладать большой инерцией, рекомендуется для сил токов через них и напряжений не превосходить определенных границ. Так, для Р. Харьковского электромеханич. з-да границами являются: 3 А при 110 В и 1 А при 220 В постоянного и переменного тока при разрыве цепи и до 80 А—при замыкании. В случае необходимости в оперировании большими силами токов прибегают к добавочному вспомогательному Р.

4) По принципу действия рабочей части для Р. электротехнических основными типами являются Р. с использованием электромагнитного принципа, ферромагнитного, теплового, динамометрического, индукционного, светочувствительного. Наиболее широкое применение находят Р. электромагнитные (более дешевые приборы), затем индукционные. Для приборов очень большой точности и чувствительности часто используется динамометрический принцип.

5) По области применения различают сильные Р., т. е. применяемые для целей контроля электротехники сильных токов, и слабые—для телеграфии, телефонии, сигнализации пожарной и др. Строгое разграничение этих областей провести трудно, поскольку абсолютную применимость одной категории Р. для обеих областей установить нельзя.

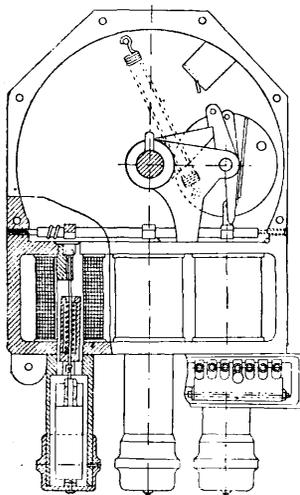
**Р. в технике сильных токов.** Применяемые в технике сильных токов Р. имеют след. оформления. В конструкции первичных Р. используется только электромагнитный принцип. Обтекаемый первичным током соленоид (фиг. 1) рассчитан т. о., что он при превышении током некоторых определенных для каждого частного случая значений преодолевает действие собственного веса (или собственного веса плюс действие оттягивающей пружины) якоря, втягивает этот последний и активирует связанный с ним механич. элемент свободного расцепления масляного выключателя. Р. эти м. б. построены как мгновенно



Фиг. 1.

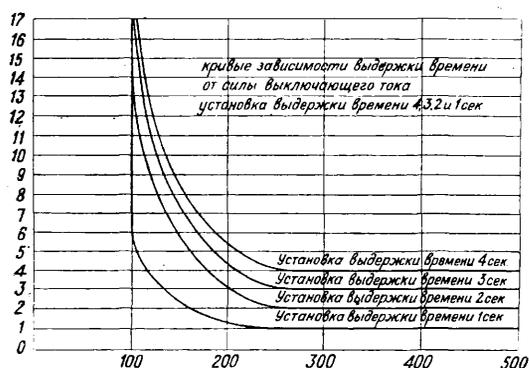
венные или же с выдержкой времени (обычно зависимой), причем последняя осуществляется при помощи особых замедляющих приспособлений (к а т а р а к т, или в е т р я н к а). Эти последние допускают определенную степень регулирования, в то время как в рабочей части Р. регулирование силы тока можно осуществить напр. изменением степени натяжения пружины якоря. Кроме таких максимальных реле на том же принципе м. б. построены и Р. падения напряжения (при низких первичных напряжениях).

В т о р и ч н ы е Р. п р я м о г о д е й с т в и я отличаются от первичных Р. только тем, что в них питание соленоидов рабочей части Р. происходит от ш у н т и р у ю щ и х ц е п е й (измерительных трансформаторов). Применяются в виде Р. максимальных и Р. напряжений, причем соленоиды напряжения и тока размещаются в одной коробке, к которой механически приключен и механич. вспомогательный элемент. При действии реле соответствующий соленоид вытягивает или отпускает сердечник, действующий на вспомогательную часть Р. Регулирование времени производится ветрянкой, препятствующей мгновенно-



Фиг. 2.

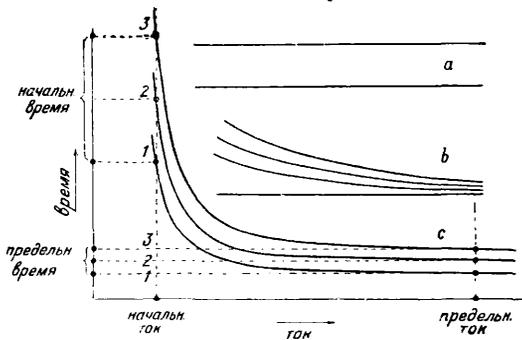
му вытягиванию сердечника, регулирование тока—специальным переключением витков соленоида. При пользовании этим Р. возможно включение в одну цепь с ним вторичных Р. непрямого действия. Фиг. 2 и 3 дают общий вид коробки и характеристики этого рода Р.



Фиг. 3.

В т о р и ч н ы е Р. н е п р я м о г о д е й с т в и я в рабочей части находятся под действием тока и напряжения от измерительных трансформаторов, вспомогательный механизм имеют в виде контактов электрич. цепи. Эти Р. разделяются на следующие типы. а) Р. м а к с и м а л ь н о г о т о к а (перегрузки), действующие мгновенно или с выдержкой времени. Эта последняя м. б. независимой от силы тока, зависимой или же ограниченно зави-

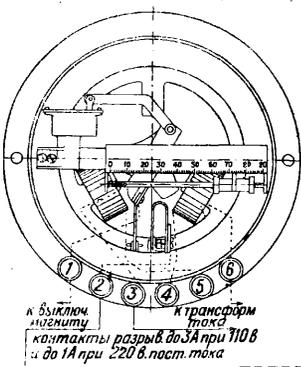
симой. Различие характеристик для каждого из этих случаев показано на фиг. 4, где а—характеристика независимого Р., б—зависимого, с—ограниченно зависимого. Действие каждой из категорий Р. таково: независимое Р. включает вспомогательную цепь по исте-



Фиг. 4.

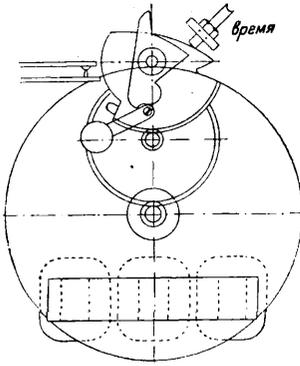
чении времени, протекшего от момента возбуждения Р. в рабочей его части, заранее заданного; зависимое—по истечении времени, обратно пропорционального величине возбуждающего тока; характерной особенностью Р. этого последнего вида является их свойство при очень больших силах тока перегрузки активировать вспомогательную цепь в один и тот же промежуток времени, независимо от установленной выдержки времени, благодаря чему селективность работы ряда Р., установленных последовательно, утрачивается. При ограниченно зависимых Р. основной установкой является то, что хотя эти Р. и подчиняются условию наличия выдержки, тем меньшей, чем больше ток перегрузки, все же в них соблюдается конечная разность времени выключения при очень больших перегрузках. Конструктивно максимальные реле выполняются как Р. электромагнитные (ХЭМЗ, АЕГ), индукционные (Сименс, GEC, Вестингауз, АSEA и др.), обычно в виде однофазных единиц. Во всех имеется регулирование силы тока, а в Р. с выдержкой времени—также и времени. Фиг. 5 показывает реле завода ХЭМЗ.

б) Р. о б р а т н о й м о щ н о с т и (направления) в а т т м е т р о в ы е имеют в рабочей части обмотки тока и напряжения, магнитные поля к-рых, взаимодействуя между собой, дают вращающий момент, под влиянием к-рого вращающаяся часть Р. может получить движение в обе стороны. В направлении вращения правильного протекания энергии вращению препятствует упор; в обратном направлении вращение подвижной части вызывает активирование вспомогательной цепи тока. Обычно выполняются как в форме однофазных (Сименс, АЕГ, GEC, ХЭМЗ и др.), так и в форме трехфазных полных (Сименс) или для искусственного выключения с двумя подвижными элементами, на один из



Фиг. 5.

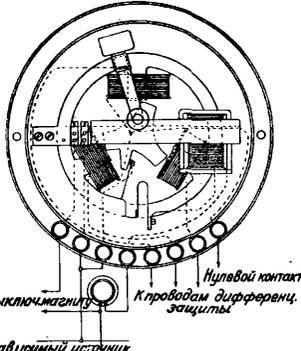
к-рых действует система одной фазы, на другой—двух прочих (Вестингауз, ГЕС и др.). Обычно же выполнение без выдержки времени;



Фиг. 6.

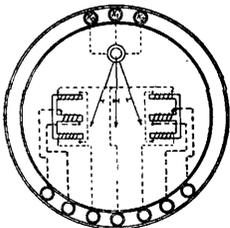
если таковая нужна, она придается в виде отдельного Р. времени. По степени чувствительности различаются грубые Р. (ок. 4%), точные (ок. 1%) и высокочувствительные (Сименс, около 0,3%). Фиг. 6 показывает схему этих Р.

в) Дифференциальные токовые Р. сходны по выполнению с максимальными Р., но строятся в виде трехфазных единиц; используют электромагнитный принцип. Рабочая часть Р. приводится в действие при небалансе токов двух сравниваемых цепей и питается разностным током, под действием которого происходит притяжение или поворот подвижной части относительно неподвижной и активирование контактов вспомогательной цепи. Иногда устанавливается элемент времени. Допускается регулировка тока воздействия рабочей части (фиг. 7—схема рабочей части Р.).



Фиг. 7.

г) Дифференциальные ваттметровые Р. выполняются как однофазные единицы по индукционному принципу. На диск действуют в различных направлениях ваттметровые системы сравниваемых цепей, под влиянием разности воздействия которых вращение диска происходит в ту или иную сторону; при превышении величины допустимых потерь в защищаемом механизме (в трансформаторе) Р. активизирует вспомогательную цепь; допускает регулирование мощности потерь; в случае необходимости выдержки времени требует включения добавочного Р. с выдержкой (фиг. 8—схема Р.).

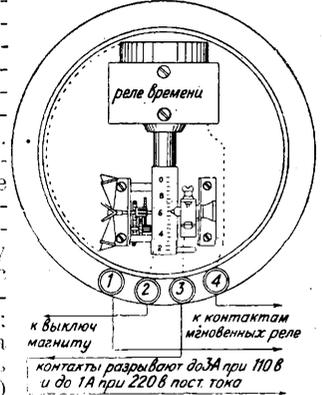


Фиг. 8.

д) Р. напряжения активизируют вспомогательную цепь под действием повышения или понижения напряжения рабочей цепи. Исполняются как электромагнитные. Р. з-да ХЭМЗ конструктивно сходны с максимальными Р.; могут иметь выдержку времени, допускают регулирование как величины активирующего напряжения, так и времени выдержки. Цепь рабочей части Р. питается от трансформатора напряжения. Работа основана на действии на железный якорь недозабужденного (при падении на-

пряжения) или перевозбужденного (при повышении напряжения) электромагнита.

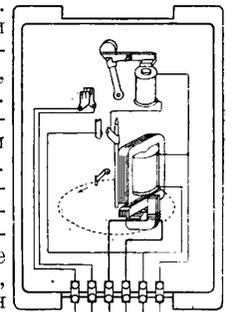
е) Р. в р е м е н и конструируются как электромагнитные. При активировании рабочей части (электромагнита) происходит втягивание сердечника, движению к-рого препятствует ветрянка; ее вращение определяет время выдержки; время выдержки регулируется. Устройство Р. времени показано на фиг. 9.



Фиг. 9.

ж) Р. з а з е м л е н и я амперные строятся по принципу, аналогичному максимальному Р. Выполняются с выдержкой времени или без нее; под влиянием тока заземления якорь (подвижная часть) выходит из стабильного положения и активизирует вспомогательную цепь. Регулируются на величину тока и времени.

з) Р. з а з е м л е н и я ваттметровые выполняются по индукционному принципу (мотор Феррариса). Питаются как током, так и напряжением. Под действием достаточного вращающего момента вращающаяся часть выходит из стабильного положения и активизирует вспомогательную цепь. Изготавливаются без выдержки времени (фиг. 10).



Фиг. 10.

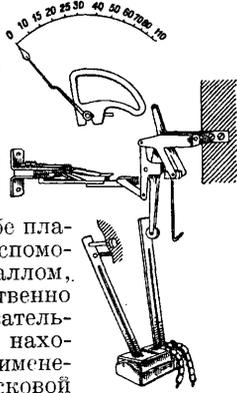
и) Дистанционные Р. изготавливаются в виде однофазных единиц и имеют самое разнообразное исполнение. Разделяются на импедансные и реактивные Р. в зависимости от того, реагируют ли на понижение полного или реактивного сопротивления защищаемой системы. Обычно в каждой единице включается несколько отдельных, связанных действующих элементов, различных для разных типов Р. Так, в Р. сист. П. Мейера таковыми являются: система напряжения в виде вольтметра, система тока в виде термич. биметаллич. элемента, система обратной мощности в виде динамометрич. реле. В Р. фирмы ВВС: система времени, система импеданметра и система направления и др. Действие всех Р. основано на том, что при наличии условия понижения величины полного или реактивного сопротивления защищаемого участка сверх определенной нормы и при условии понижения в нем напряжения (что сопровождается процесс короткого замыкания) рабочая часть приводится в действие и активизирует вспомогательную систему тем скорее, чем больше величина тока через Р. и чем меньше величина напряжения у него. Принципиальные схемы Р. сист. П. Мейера и ВВС, а также характеристики этих Р. показаны на фиг. 11—13.

к) Т е м п е р а т у р н ы е Р. строятся на разнообразных принципах. Распространено Р. по принципу моста Витстона, при котором

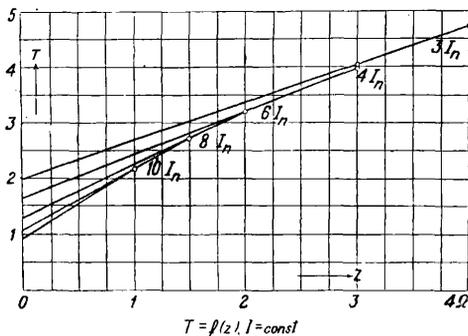
один из элементов сопротивлений, входящих в ветви моста, изменяет свою величину под действием на него тепла, в результате чего нарушается баланс системы, последняя выходит из стабильного положения и активирует вспомогательную цепь.

д) Термические Р. основаны на изгибе биметалла под действием повышения  $t^\circ$ . При изгибе пластины ею активируется вспомогательная цепь. С биметаллом, нагреваемым непосредственно или путем особых нагревательных элементов, такие Р. находят себе громадное применение в промышленной пусковой моторной аппаратуре, где они, повторяя тепловой режим защищаемого объекта, предохраняют его от опасных перегревов.

м) Газовые Р. (Бухгольца) используют заполнение газом особой камеры, стоящей по

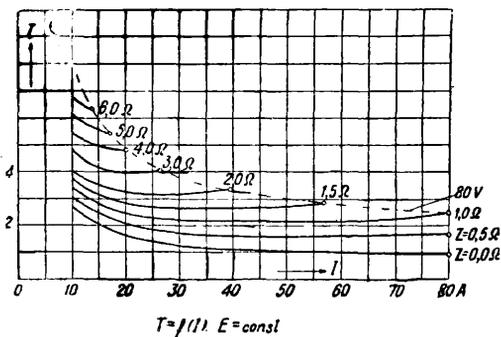


Фиг. 11.



Фиг. 12.

пути возможного распространения этого газа, который вытесняет из камеры нормально заполняющую ее жидкость (масло). При накоплении достаточного количества газов вы-



Фиг. 13.

зывается опускание поплавка, активирующей вспомогательные цепи (фиг. 14).

н) Указательные Р. исполняются по электромагнитному принципу. При разрыве цепи, удерживаемой в определенном положении электромагнитом, якорь отпадает и, с одной стороны, дает видимый сигнал, с другой,—активирует вспомогательную цепь.

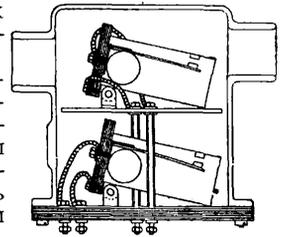
о) Промежуточные Р. исполняются по электромагнитному принципу, причем под действием активирования рабочей части

Р. вспомогательная часть дает возможность включить мощный источник тока, каковой непосредственно на контакты вспомогательной части основного Р. работать не может. Целевая установка такого Р.—либо использование большой мощности вспомогательной цепи либо же одновременное активирование нескольких вспомогательных цепей (многоконтактное Р.).

Необходимость возможно более чувствительной и идентифицированной работы всех типов Р. выдвигает необходимость понижения величины мертвого времени Р., доходившей в Р. старых конструкций до величины 0,4 ск. В наиболее совершенных Р. новейших конструкций (быстродействующих Р.) это время удается свести к очень малой величине порядка  $1/60$  ск. (Вестингауз).

Применимость Р. для целей защиты и контроля. Для защиты генераторов находят применение: Р. максимальное (ограниченно зависимое или независимое), дифференциальное амперное, направления, заземления (амперное или ваттметровое), а также некоторые специальные типы. Для защиты трансформаторов: Р. дифференциальные (амперное или ваттметровое), максимальное (ограниченно зависимое), направления, заземления (амперное), газовое, температурные. Для защиты фидеров, не связанных параллельной работой: система Р. максимальных—независимых, ограниченно зависимых, зависимых и мгновенных в комбинациях, зависящих от частных заданий, с постепеню, по мере продвижения от конца фидера к началу, повышающейся выдержкой времени. Для параллельно работающих фидеров находят применение схемы, в которых сочетаются Р. максимальные и направления (системы балансовой защиты, система восьмерочной защиты). Сложные сети м. б. защищены радиально только при помощи дистанционных Р., которые могут также применяться и во всех приведенных выше случаях при условии однако большой сложности защиты, часто неоправданной для простых схем. Для защиты моторов—Р. максимальные, зависимые и независимые, Р. понижения напряжения.

Потребление Р. энергии и трансформаторы (измерительные) для Р. При проектировании системы защиты надо считать с тем, что питание рабочих частей Р. в условиях их нормальной или ненормальной работы требует определенного дебита тока и напряжения от трансформаторов. Хотя в этих случаях очень большая точность трансформаторов не выдвигается на первый план, однако перегрузка трансформаторов недопустима при их расчете на нормальную работу Р. Кроме того требуется внимательная проверка трансформаторов с точки зрения их термич. и динамич. устойчивости; она не д. б. ниже таковых Р. При одновременной установке измерительных приборов и Р. следует рекомендовать пользование двухобмоточными трансформаторами, в которых одна, более грубая, обмотка д. б. загружена только Р. Выпускаемые заводами СССР Р. с их главными характеристиками приведены в следующей таблице.



Фиг. 14.

Характеристики реле, выпускаемых заводами СССР.

Название Р.	Принцип, по которому поставлено Р.	Число полюсов	Регулировка	Мощность вспомогательных контактов	Потр. энергии *1	Чувствительность *2
1. Максимальное мгновенное	Эл.-магн.	1	100—200% номинального тока	3 А при 110 В *3 1 А » 220 В *3	5	1,25
2. Максимальное зависимое	»	1	Ток: 2—6 и 4—12А Врем. 0,5—5 ск.	То же	7,5	1,25
3. Времени . . . . .	»	—	2—10 или 0,5—3 ск.	Длительн. до 10А	35	—
4. Обратной мощности (напряжения)	Индукционное	1	—	—	—	—
5. Обратной мощности (особо чувствительное)	Динамометрич.	3	—	—	—	—
6. Напряжения . . . . .	Эл.-магн.	1	35—60% номин. напряжения	3 А при 110 В *2 1 А » 220 В *2 3 А » 110 В *2 1 А » 220 В *2	20	—
7. Заземления амперное . . . . .	»	—	0,25—1А	3 А » 110 В *2 1 А » 220 В *2	3,5	1,25
8. Заземления ваттметровое . . . . .	Индукционное	—	0,11—1,1W	3 А » 110 В *2 1 А » 220 В *2	20—13	—
9. Дифференциальное амперное	Эл.-магн.	3	10—10% номин. тока	3 А » 110 В *2 1 А » 220 В *2	4	—
10. Указательное . . . . .	»	—	—	3 000 ВА замык. 1 000 ВА замык.	6—4	—
11. Промежуточные . . . . .	»	—	—	3 000 ВА замык. 1 000 ВА замык.	6—35	—

\*1 ВА. \*2 Под чувствительностью Р. понимается отношение тока начала работы к току, при котором якорь возвращается в начальное положение. \*3 Как для постоянного, так и для переменного тока.

Лит.: СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 1, Л., 1928; Иващенко Н., Реле и их применение для защиты электрич. установок, М.—Л., 1929; Угрюмов Б., Техника высоких напряжений, вып. 4, М.—Л., 1926; Сушкин Н. и Глазунов А., Центральные электрические станции, 2 издание, М.—Л., 1929; Эпштейн Г., Районные трансформаторные подстанции, Киев, 1929; Жанкен В., Селективная защита электрич. сетей от коротких замыканий и замыканий, пер. с франц., М., 1925; Fowler F., Standard Handbook for Electrical Engineers, 5 ed., N. Y., 1922; Sanders on C. H., Electric System Handbook, N. Y., 1930; Relay Handb., N. Y., 1926; Todd V. H., Protective Relays, N. Y., 1926; Relais-Buch, AEG; Relais-Buch, Vereinigung d. Elektrizitätswerke, B., 1930; Kesselring F., Selektivschutz, B., 1930; Walter M., Selektiv-u. s'chutzrichtung n f. Hochspannungsanlagen mit Anleitung zu ihrer Projektierung, Mch., 1929; Rüdtenberg D., Relaissteuerung n d. modernen Starkstromtechnik, B., 1930; Relais u. Schutzschaltung n in elektrischen Kraftwerken u. Netzen, hrsg. v. R. Rüdtenberg, B., 1929; Bergmanns J., Überströme in Hochspannungsanlagen, B., 1926; Robinson Monseth, Theory a. Application of Relay Systems, «Electric-Journals», Pittsburg, 1930, 12. Г. Зштейн.

**Р. в радиотехнике.** Находящие себе применение в радиотехнич. устройствах Р. могут быть разделены на две группы по признаку выполняемых ими функций. а) Р., управляющие процессами включения или выключения устройства в целом или частично (см. Р. в технике сильных токов). б) Р., управляющие процессами в цепях, где должно иметь место изменение режима (мощности, тока, напряжения, частоты, фазы) соответственно задаваемым ключом передающей станции скоростям, относительной продолжительности и последовательности сигналов. В практике установилось разделение второй группы Р. на 2 части: Р. ма н и п у л я ц и о н н ы е, участвующие в процессах передачи и включаемые в соответствующие цепи радиопередающих устройств, и Р. п р и е м н ы е, активирующие цепи местных источников энергии под влиянием принятого сигнала. И те и другие Р. подчиняются общим признакам—возможности работы с значительными скоростями, налагающими свои особенности на конструктивные формы выполнения, и способности выдерживать длительную непрерывную работу замыкания и размыкания соответствующих цепей при малом износе рабочих частей. Этим Р. этой группы существенно отличаются от Р. общеелектрич. назначения. Вторым свойством, присущим ра-

диотелеграфным Р. и вытекающим из предыдущего, является малая продолжительность времени, необходимого для «срабатывания» Р., т. е. промежутка времени между посылкой импульса и замыканием рабочих контактов или их размыканием. Величина отношения времени срабатывания Р. ко времени продолжительности сигнала или промежутка между сигналами характеризует четкость работы Р. Во всяком случае время срабатывания должно составлять малую долю наиболее короткого промежутка времени между двумя последовательными посылками импульсов. Т. о. время срабатывания, оставшееся величиной постоянной и зависящей от системы и конструкции Р., определяет предельную скорость манипуляции, за к-рой сигнал уже утрачивает свою четкость или чистоту воспроизведения последовательности и продолжительности задающих импульсов. Время запаздывания в радиотелеграфных Р. электромагнитного или чисто механич. типа зависит от условий работы и конструкции и обычно бывает порядка 0,01—0,001 ск. В Р., к-рые м. б. отнесены к числу безинерционных (электронные, ионные, фотоэлектрич. Р.), запаздывание практически не имеет места, и ими пользуются во всех тех случаях, когда требуется работа радиотелеграфных устройств с большой скоростью, например в передаче изображений, телевидении и других случаях быстродействующей работы.

Р. для радиопередачи различаются по величине разрываемой мощности и м. б. разделены на две группы: Р., управляющие всей или значительной частью колебательной энергии в цепях передатчика, и Р., включаемые в цепи с малыми рабочими токами. Типичным для первого типа Р. мощности является включение его в антенну непосредственно или параллельно части катушки самонадукции, находящейся в антенне; это—обычный способ манипулирования мощностью дугтовых радиопередатчиков и в нек-рых случаях—машинных. К Р. этого типа предъявляются тяжелые эксплуатационные требования, вытекающие из самого процесса разрыва больших напряжений при больших токах Поэтому все они должны обладать большим моментом механизма

размыкающего контакта, т. е. относительно большой его мощностью. Наиболее распространенными являются типы электромагнитных механизмов, построенных на принципе взаимодействия между магнитным потоком и электрич. током в рабочем якоре, совершающим операцию разрыва или замыкания рабочих контактов при своем повороте (Р. типа Клифдена), и Р., в к-рых рабочим органом является железный сердечник, втягиваемый в соленоид при прохождении через него тока манипуляции, или якорь, притягиваемый к соответствующим полюсным наконечникам. В особо трудных случаях разрыва мощностью радиопередатчиков в сотни kW применяются Р., в к-рых разрыв тока производится одновременно в нескольких местах, благодаря чему разрываемая мощность делится на несколько частей по числу пар рабочих контактов. К числу Р. этого типа относится Р. сист. Крида для радиопередатчиков; особенностью этого реле помимо множественности размыкаемых контактов является применение в качестве движущей силы сжатого воздуха, действующего через золотникового типа распределители на рабочие поверхности поршней, связанных с размыкающими контактами. Р. этого типа потребляют сами мощность от нескольких десятков W до 1 kW и благодаря значительной энергии не могут давать четкую работу свыше 80—100 пятибуквенных слов в минуту. При этом обязательно применение продувания разрыва между рабочими контактами сильной струей воздуха для скорейшей деионизации этого промежутка и тем самым получения более резкого обрыва тока. С распространением ламповых радиопередатчиков оказалось возможным управлять мощностью передатчиков, воздействуя на такие цепи, входящие в его систему, в к-рых имеют место процессы относительно малой мощности, но к-рые вместе с тем являются определяющими, задающими главный режим передатчика. Такими цепями или органами являются цепи сетки или, в случае многокаскадных передатчиков, каскады малых мощностей; Р., употребляемые в этих случаях, будучи более легкими, допускают и более значительные скорости—до 150—200 слов в мин. В основе их конструкции кладутся те же электромеханич. принципы, напр. Р. типа РИ2, выпускаемые промышленностью слабого тока, выполнены в виде электромагнита, между полюсными наконечниками которого расположена легкая рамка, поворачивающаяся при посылках через нее манипуляционных импульсов тока и замыкающая или размыкающая соответствующую цепь.

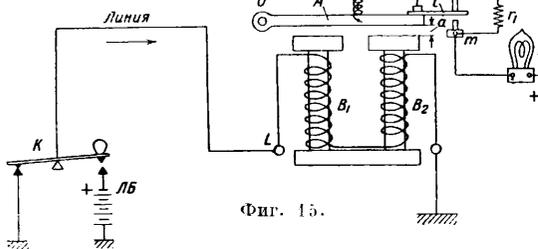
Р., употребляемые в радиоприемных устройствах, при всем разнообразии положенных в их основание принципов преследуют одну и ту же цель—управлять запасом энергии местного источника, напр. батареи, активизировать эту энергию при условии подведения к управляющему органу Р. минимального напряжения или минимальной мощности. Т. о. к основному требованию—быстродействию—в данном случае добавляется еще требование большой чувствительности, оцениваемой величиной управляющего тока порядка микро- или миллиампер в зависимости от системы Р. К числу таких Р. могут быть отнесены вакуумные приборы, в которых процесс прохождения электричества контроли-

руется электрич. или магнитным полем. Наибольшее распространение имеют электронные лампы с накаленным катодом, излучающим электроны, холодным анодом и управляющей сеткой. Разновидностью этой группы Р. является т р и о д, представляющий собой также трехэлектродный вакуумный прибор, в котором присутствие паров ртути обуславливает ионный процесс прохождения тока через пустоту, малое падение напряжения и следовательно возможность проведения через тиратрон значительных токов. Как чисто электронные, так и ионные Р. допускают скорость манипуляции, далеко превосходящую практически достижимую на стороне радиопередатчиков устройств благодаря своей практической безинерционности. Стремление достичь больших скоростей и большой чувствительности, не прибегая к усложнению устройства, как это имеет место в ламповых схемах, привело к попыткам использовать явление притяжения, или прилипания, металла, обкладки, расположенной на поверхности полупроводника в том случае, когда обкладке сообщается отрицательный заряд. В усложненных на этом принципе Р. сист. К. Рабека и А. Понсена полупроводящим телом является агат, шифер или литографский камень. Прекрасные качества Р., основанного на этом принципе,—практич. безинерционность, скорость до 400 слов в минуту и малое потребление тока порядка микроампер—дискредитируются чувствительностью его к переменным условиям влажности воздуха, что ограничивает его применение. Более распространены поэтому быстродействующие реле электромагнитного типа, обычно в сочетании с ламповыми, играющими роль предварительного усиления. Рабочими органами являются: электромагнит, в обмотку которого посылается рабочий ток, пружина или система пружин, восстанавливающих положение якоря в моменты отсутствия тока, и рабочие контакты, производящие замыкание активируемой цепи. По месту включения, величине токов и характеру работы в целом Р. этого типа в радиотехнич. практике находятся в условиях, тождественных с условиями работы телеграфных Р., и поэтому распространенные на проволочных линиях связи Р. типа Уитетона-Присса, Крида, Сименса и др. находят себе применение и в радиотехнике.

Лит.: Гейне Ф., Аппарат Уитетона, Описание устройства и регулировка, Л., 1924; Lertes P., Der Creedsche Schnelltelegraph, «Jahrbuch d. drahtlosen Telegraphie u. Telephonie», 1923, В. 22, Н. 1; Rottgardt K., Die elektrische Anziehung nach Jonsen-Rahbek u. ihre Anwendung in d. Hochfrequenztechnik, ibid., 1922, В. 19, Н. 4; Нун А., Hot-Cathode Thyratrons, «General Electric Review», New York, 1929, v. 32, 4, 7. Н. Циклинский.

Р. телеграфное—электромагнит с легким подвижным якром, к-рый под действием посылки тока, проходящих через его обмотки, передвигает свой якорь от одного контакта к другому и этим производит переключение во вторичной цепи (иначе называемой цепью контактов), составленной из якоря и обоих контактов. Р. телеграфные делятся на два основных класса: а) простые неполяризованные и б) поляризованные. Неполяризованное Р. простейшего типа изображено схематически на фиг. 15. Оно состоит из последовательного электромагнита с двумя последовательно или параллельно соединенными катушками  $B_1$  и  $B_2$ , надетыми на железные сердечники, имеющие расширенные полюсные наконечники для

охвата магнитным потоком большей части поверхности железного якоря *A*, что усиливает его притяжение. Якорь *A* вращается вокруг оси *O* и оттягивается от полюсов электромагнита регулируемой спиральной пружины *Q*. На конце якоря имеется эластичная наставка *t*, называемая язычком, которая в спокойном состоянии, т. е. когда электромагнит не возбужден током, прижимается под действием пружины *Q* к верхнему, или т. н. холостому, контактному винту *n*. Когда же через катушки *B*<sub>1</sub>, *B*<sub>2</sub> пройдет ток достаточной силы, чтобы преодолеть сопротивление пружины *Q*, то якорь притянется и его язычок замкнет рабочий контакт *m*. Если последний соединить с местным источником тока *МБ* через предохранительную лампочку *Л*, а язычок *t* с рабочим электромагнитом телеграфного аппарата *М* (напр. буквопечатающего) через регулируемое сопротивление *r*, параллельно которому м. б. включен конденсатор *С*, то как только входящая с линии *L* посылка

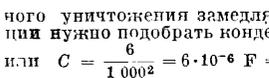


Фиг. 15.

тока разовьет в обмотках *B*<sub>1</sub>, *B*<sub>2</sub> электромагнитный поток достаточной силы для притяжения якоря *A*, последний, преодолевая сопротивление пружины *Q*, притянется к полюсам электромагнита, и язычок *t* прижмется к контакту *m*, чем замкнет вторичную цепь от *МБ* через *m*, *t*, *r* в обмотки рабочего электромагнита *М* и оттуда через землю возвратится в заземленный полюс батареи *МБ*. В этой цепи можно установить любую силу тока, требующуюся для уверенного действия электромагнита *М*: нужно только соответственно его сопротивлению подобрать напряжение *МБ* и величину ограничительного сопротивления *r*, а замедляющее действие самоиндукции обмоток *М* легко компенсировать конденсатором *С*, включенным параллельно *r*.

Пусть электромагнит *М* имеет сопротивление  $r_0 = 500 \Omega$  и коэф. самоиндукции  $L = 6 \text{ H}$  (электромагнит советского буквопечатающего аппарата Трелля). Для того чтобы сдвинуть якорь электромагнита *М* с места, нужна сила тока не менее 40 мА, удерживать же его в притяннутом положении достаточно значительно меньшей силы тока, напр. 25 мА. Для удовлетворения последнему условию подсчитаем сопротивление цепи установившемуся току. Если взять напряжение *МБ* в 40 В, то такое сопротивление будет  $R = \frac{40}{0,025} = 1600 \Omega$ . Вычитая отсюда сопротивление лампочки *Л*, равное 100 Ω, и обмоток *М*, равное 500 Ω, получим  $r = 1000 \Omega$ . Для совершенного уничтожения замедляющего эффекта самоиндукции нужно подобрать конденсатор *С* так, чтобы  $Cr^2 = L$ , или  $C = \frac{6}{1000^2} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 6 \mu\text{F}$ . Тогда ток в обмотках *М* будет нарастать практически моментально, и так как в начале процесса конденсатор будет разряжен, то он в момент замыкания контакта *m* пропустит на свой заряд весь ток и следовательно будет себя вести как весьма малое сопротивление, коротко замыкающее сопротивление *r*. Т. о. в момент замыкания сила тока будет наибольшая:

после чего конденсатор, заряжаясь, быстро увеличивает сопротивление и уже через время ок. 3,5 миллисекунд сила тока дойдет до стабильного значения в 25 мА (Фиг. 16). Между рабочим контактом *m* и язычком *t* включен искрогасительный шунт, состоящий из конденсатора *С*<sub>1</sub> (2 μF) и последовательно включенного сопротивления *r*<sub>1</sub> (300 Ω). Этот шунт в момент разрыва цепи компенсирует искроток замыкания и этим предупреждает искрение контактов.



Фиг. 16.

$$I = \frac{40}{100+500} \approx 66 \text{ mA},$$

Приведенный пример показывает, что включением *P* между телеграфной линией и аппаратом легко создать в местной цепи наиболее благоприятные условия для работы аппарата, независимо от линейных условий, которые д. б. лишь достаточными для правильного приведения в действие *P*; т. к. от него требуется весьма малая механич. работа, заключающаяся лишь в замыкании и размыкании контактов, якорь его делают значительно более легким по сравнению с якорем электромагнита аппарата, и поэтому *P* требует значительно меньшей силы тока.

Напр. в рассмотренном примере для устойчивой работы неполяризованного *P* при скорости телеграфирования 50 посылок тока (бодов) в ск. на воздушных проводах короче 400 км достаточна сила тока в 15 мА. На более длинных воздушных проводах или даже коротких кабельных линиях простое *P* попадает в неблагоприятные условия для правильного действия по следующим причинам. Сила притяжения якоря у неполяризованного электромагнита пропорциональна квадрату магнитного потока, пронизывающего якорь; последний же пропорционален силе тока и обратно пропорционален магнитному сопротивлению, зависящему главным образом от величины воздушного промежутка *h* (Фиг. 15) между якорем и полюсами. Пусть размах язычка между контактами будет *h*, к-рый естественно меньше *a*. Якорь отрывается от полюсов и прижимается к холостому контакту *n* силой спиральной пружины *Q*, к-рой для обеспечения контакта дается известное начальное натяжение *S* см, пропорциональное линейному удлинению пружины; тогда якорь начнет притягиваться при силе тока *i*, уравновешивающего натяжение пружины, и условие начала движения якоря примет вид:

$$A_1 \cdot \frac{i^2}{a^2} = A_2 S. \quad (1)$$

Когда якорь передвинется до рабочего контакта на величину *h*, то воздушный зазор между якорем и полюсами сократится до *a-h*, а линейное удлинение пружины увеличится до *S+h* и ур-ие (1) даст неравенство:

$$A_1 \cdot \frac{i^2}{(a-h)^2} > A_2(S+h).$$

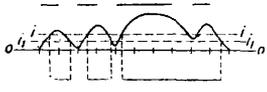
Чтобы восстановить равновесие, необходимо уменьшить силу тока до величины *i*<sub>1</sub>, так чтобы

$$A_1 \cdot \frac{i_1^2}{(a-h)^2} = A_2(S+h). \quad (2)$$

Очевидно, что якорь начнет отрываться от полюсов лишь тогда, когда ток упадет до величины, меньшей *i*<sub>1</sub>, к-рая в свою очередь меньше *i*. Полученное из (1) и (2) отношение

$$p = \frac{i^2}{i_1^2} = \frac{a^2 S}{(a-h)^2(S+h)}$$

можно назвать характеристикой скорости работы Р. Чем р ближе к единице, тем более Р. способно отвечать на меньшие изменения силы тока, т. е. работать быстрее. Математич. исследование выражения для р показывает, что оно уменьшается с увеличением *a* и уменьшением *S* и *h*. Эти условия явно противоречат друг другу, т. к. увеличение воздушного промежутка требует увеличения силы тока, а если одновременно с этим уменьшать натяжение пружины *S*, то якорь будет залипать на рабочем контакте. Поэтому на практике р не удается сделать меньше 2, т. е. если при данной регулировке Р. притягивается от тока силой в 10 мА, то оно будет отрываться лишь, когда сила тока упадет меньше  $i_1 = 5$  мА. Между тем на длинных линиях (более 400 км воздушного провода) при телеграфировании посылками тока одного направления разряд провода от предыдущей посылки заполняет часть пробега между посылками и при обычных скоростях буквопечатающего телеграфирования (50 бодов и выше) провод в промежутках между посылками не успевает разрядиться и ток в нем на коротких пробегах не доходит до нуля, а остается посто-



Фиг. 17.

янная составляющая  $i_2$ . Если последние на некоторых комбинациях превышает  $i_1$ , как это показано на фиг. 17, то правильное телеграфирование невозможно, т. к. на приемнике периодически выпадают пробелы и получаются искаженные знаки (слияние знаков). Подобные искажения избегаются посредством телеграфирования токами двух направлений (или короче—двойным током) с применением поляризованных Р.

Поляризованное Р., представленное схематически на фиг. 18, включает постоянный магнит NS (или возбужденную постоянным током намагничивающую катушку), который создает постоянное магнитное поле, проходящее через якорь и раз-

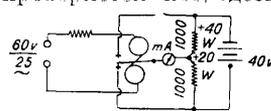


Фиг. 18.

ветвляющиеся двумя ветвями  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  через полюсные наконечники катушек. Если контакты  $V_1$  и  $V_2$  установить симметрично по обе стороны нейтральной линии OX, то якорь будет прижиматься к тому контакту, к которому он поставлен ближе (напр. к  $V_1$ ), с силой  $P = k(\Phi_1 - \Phi_2)$ , где *k*—коэф. пропорциональности, зависящий от конструкции Р. Для переброски якоря к правому контакту  $V_2$  необходимо пропустить через обмотки ток такого направления, чтобы он создал магнитный поток  $\Phi$ , развивающий на левом полюсе полярность N, одноименную с якорем, а на правом—S. Условие передвижения якоря:

$$\Phi \geq \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{2}$$

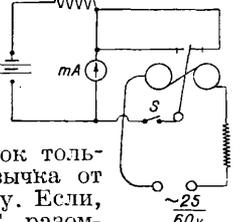
Разность постоянных потоков  $\Phi_1 - \Phi_2$  можно сделать как угодно малой, сближая контакты  $V_1$  и  $V_2$  и тем уменьшая размах якоря, но такое сближение уменьшает силу прижатия язычка к контакту, вследствие чего при переброске якоря последний может вибрировать. Нормальный размах якоря (0,05—0,1 мм) устанавливается при помощи калиброванной пластинки. Нейтральная установка контактов проверяется посредством прибора, принцип



Фиг. 19.

которого показан на фиг. 19. Он состоит из миллиамперметра mA с двусторонней шкалой, включенного между язычком Р. и нейтральной точкой делителя напряжений  $W + W(2 \times 1000\Omega)$ , питаемого от батареи в 40 В. Обмотки Р. питаются от генератора переменного тока в 25 пер/сек. соответственно нормальной скорости телеграфирования в 50 бодов. При нейтральной установке Р. язычок будет посылать через миллиамперметр одинаковые посылки токов обоих направлений, вследствие чего стрелка прибора будет колебаться около нуля. Если же прибор покажет преобладание на какую-нибудь сторону, то контакты  $V_1$  и  $V_2$ , прикреплённые к передвижной каретке, передвигают посредством регулировочного винта в ту или другую сторону, пока не будет получена нейтральность.

Для правильности работы Р. имеет значение и время переброски язычка между контактами. Чем оно меньше, тем меньше укорачиваются повторяемые Р. посылки токов. Время переброски определяется посредством миллиамперметра, включенного так, как это схематически показано на фиг. 20. При замыкании язычком одного из контактов миллиамперметр зашунтирован

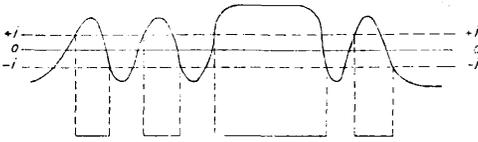


Фиг. 20.

накоротку и показывает ток только во время перехода язычка от одного контакта к другому. Если, повернув выключатель S, разомкнем язычок Р. и установим силу постоянного тока через миллиамперметр в *I* (напр. в 50 мА), а затем, включив язычок, при вибрации Р. получим *i* (напр. 5 мА), то отношение времени переброски к длине контакта в % будет  $\frac{100i}{I}$  (напр. 10%). Нормальное время переброски считается в 8—13% длины контакта. Обе схемы для испытания Р. объединятся в одном приборе, снабженном переключателем для перехода с одной схемы на другую. Время переброски  $t = A \sqrt{\frac{d}{F}}$ , где

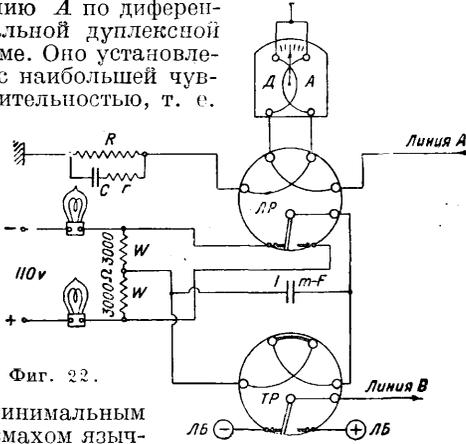
*A*—постоянная, зависящая от конструкции Р., *d*—размах язычка, а *F*—момент вращения действующих на якорь сил, пропорциональный силе рабочего тока. Установив правильно поляризованное Р., как выше указано, включим его для работы двойным током по схеме фиг. 18. Тогда вследствие перемены полярности линейного тока провод будет быстрее разряжаться и кривая входящего сигнала будет изменяться по обе стороны от нулевой линии (фиг. 21) гораздо глубже, чем при работе простым током (фиг. 17). Задаваясь чувствительностью Р.  $\pm i$ , которую можно сделать весьма высокой, построим полученный сигнал, к-рый

будет воспроизведен тем более точно, чем выше чувствительность Р. (меньше  $\delta$ ) и чем меньше время переброски якоря. Для передачи



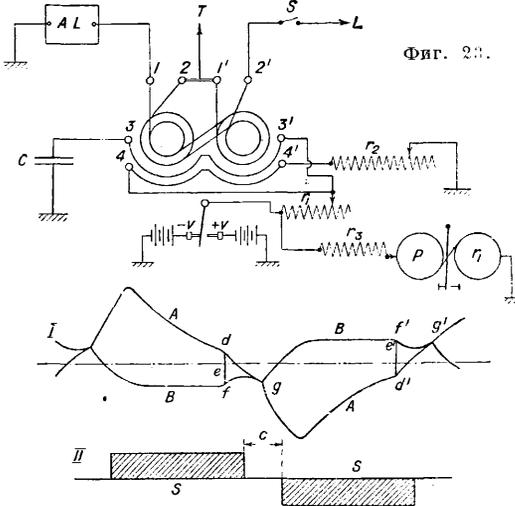
Фиг. 21.

телеграфных посылок без искажений с одной линии на другую (т. н. транслирования) весьма часто отделяют функции приема от передачи, применяя два Р. Один из методов применения двоемных Р. показан на фиг. 22. Поляризованное линейное Р. ЛР включено в линию А по дифференциальной дуплексной схеме. Оно установлено с наибольшей чувствительностью, т. е.



Фиг. 22.

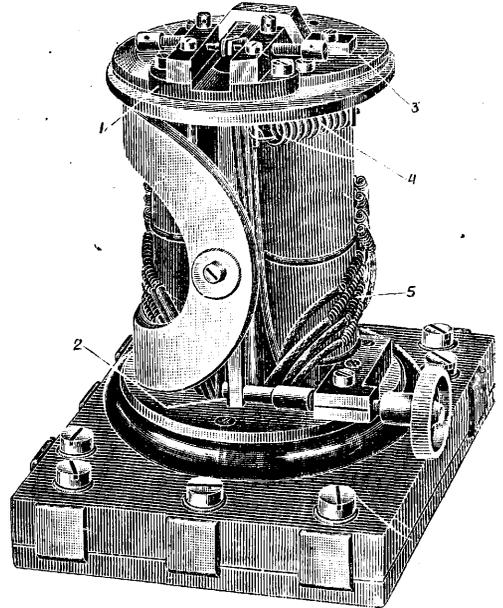
с минимальным размахом язычка. Неизбежная при этом слабость контакта ЛР исправляется включением второго поляризованного трансляционного Р. ТР, которое управляется первым в местной цепи от источника тока в 110 В через делитель напряжения. Сила местного тока в обмотках ТР подбирается достаточно большая (25—30 мА), чтобы обеспечить быструю переброску его



Фиг. 23.

язычка и плотность контакта несмотря на то, что контакты ТР как несущие напряжением линейной батареи раздвинуты до 0,1 мм для предупреждения обгорания контактов и коротких сообщений.

Р. сист. Гульстада. Датский инж. Гульстад изобрел весьма удачный метод увеличения чувствительности Р., не ослабляя вместе с тем плотности его контакта. Вибрационное Р. сист. Гульстада схематически показано на фиг. 23. Кроме двух дифференциальных обмоток 1-1', 2-2', включенных, как это показано на чертеже, в дуплексную схему, оно имеет на тех же сердечниках две добавочные обмотки: ускорительную 3-3' и противодействующую 4-4', включенные в ответвление от язычка в направлениях, противоположных друг другу; первая оканчивается конденсатором С, заряд которого прижимает язычок к тому контакту, к которому он переброшен; вторая же, замыкаясь через достаточно большое сопротивление  $r_2$ , стремится оторвать язычок от своего контакта. Как только это произойдет, конденсатор С, разряжаясь в направлении 3-3' и затем последовательно через 4-4', ускоряет переброску Р. В результате Р. будет вибрировать под



Фиг. 24.

действием взаимно противоположных местных обмоток, переключая свой якорь в точках  $e, e'$  кривой I, причем включенный в местную цепь приемник  $Pr_1$  получает посылки обоих полюсов равной длины  $s$  с промежутком между ними  $c$  (кривая II). Частота вибрации Р. зависит от баланса местной цепи и приблизительно м. б. выражена ф-лой

$$n = k \cdot \frac{V}{Cr_1},$$

где  $n$ —число бодов в ск.,  $k$ —постоянная, зависящая от конструкции Р. Сопротивление  $r_2$  подбирается так, что сила тока в противодействующей обмотке составляет  $\geq 20\%$  линейной силы тока. Подобрать  $n$  так, чтобы оно соответствовало скорости телеграфирования, достигнем того, что входящие с линии элементарные посылки будут совпадать с местной вибрацией и интерполироваться, хотя бы они были так ослаблены, что сами по себе не могли бы действовать на Р. Более длинные посылки, составляющие кратное число элементарных, напр. 2s, 3s и т. д., успевают нарасти выше силы противодействующего тока и за-

держивают язычок у соответственного контакта. Применение реле системы Гюльстада на длинных (и особенно кабельных) проводах позволяет увеличить скорость телеграфирования до 50%, но требует точной настройки скорости в унисон с передающим аппаратом и постоянства скорости последнего; иначе при расхождении скоростей получатся искажения от интерференции линейных и местных токов.

Практич. выполнение поляризованных Р. различно, но в общем принципы их действия и включения таковы же, как выше было описано. Имеются Р. сист. Бодо, Сименса, Присса, Крида и наконец новое советское Р. системы Адамсона, в к-ром постоянный магнит заменен катушкой, возбуждаемыми постоянным током. На фиг. 24 наиболее употребительное Р. сист. Присса: 1—эбонитовая пластина с монтированными контактными держателями; 2—рычаг для перестановки контактной каретки; 3—контактная каретка; 4—противодействующая пружина для возвращения каретки; 5—соединения обмоток.

Лит.: Д а ш к е в и ч Г., Теоретич. телеграфия, ч. 1, М., 1932; С т о н А. Е., Учебное руководство по телеграфии, пер. с англ., М., 1932; Г а р р и с о н Г. Г., Буквопечатные телеграфные аппараты и механизмы, пер. с англ., М., 1926 (теория реле Присса); М е р с е н П., Телеграфный аппарат Бодо и его приложения, пер. с франц., М., 1927; Rapport de la 3 Commission des rapporteurs, Documents de la 3 Réunion du CCIT, Berna, 1931; J i r r p A., Über Telegraphenrelais, «Telegraphen-u. Fernsprechtechnik», В., 1931, Н. 1. Г. Дашкевич.

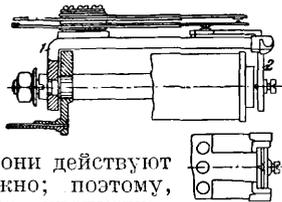
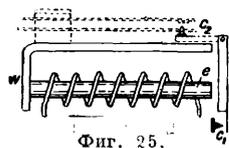
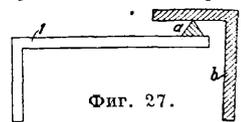
**Р. телефонные** в конструктивном отношении настолько различны и разнообразны, что ниже рассматриваются лишь нек-рые образцы их. Основная идея, положенная в основу работы Р., заключается в следующем (фиг. 25): к цилиндрич. железному сердечнику  $e$ , вокруг

к-рого расположена обмотка, прикреплен железный уголок  $w$ , служащий для замыкания магнитного потока. Якорь  $a$ , расположенный перед цилиндром, основанием сердечника, свободно вращается на оси; ход якоря (т. е. путь контакта якоря) регулируется упоркой  $c_1$ ; эта упорка может служить контактом; обыкновенно якорь  $a$  делается в виде уголка, одна сторона которого располагается перпендикулярно к оси сердечника, а другая—параллельно; при притяжении якоря к сердечнику приближается перпендикулярная сторона, а параллельная сторона, на к-рой расположены контакты  $c_2$ , подымается и замыкает их. Телефонные Р. делают как с одной, так и с несколькими обмотками, причем число обмоток обусловливается назначением Р. Образцом Р.

с двумя обмотками может служить дифференциальное Р., в к-ром обмотки навиты дифференциально, т. е. так, что в отношении намагничивания сердечника они действуют прямо противоположно; поэтому, если по обеим обмоткам пропустить ток одной и той же силы, якорь не притянется. Двумя же обмотками снабжают ступенчатые Р. Эти Р. имеют два ряда контактов, находящихся на контактных пружинах; контакты первого ряда (первой ступени) укреплены на тонких пружи-

нах; пружины же второго ряда (второй ступени) значительно толще. Одна обмотка (первая ступень) приводит в действие только тонкие пружины (в этом заключается регулировка тонких и толстых пружин), а потому замыкаются или размыкаются контакты только на тонких пружинах. И только под действием второй обмотки все контакты реле будут притянуты или разомкнуты. На фиг. 26 изображено телефонное реле наиболее распространенной конструкции. Якорь 1 делается обычно угольчатой формы, различно лишь его укрепление 2. На фиг. 27 показана подвеска реле «на лезвие»; лезвием  $a$  снабжается угольник 1 с края на правой стороне; на лезвие помещается якорь  $b$ . В том случае, когда от Р. требуется, чтобы оно работало от импульсов тока, быстро следующих один за другим, напр. при наборе номера диском телефонного автоматического аппарата, для подвески якоря применяется осевое укрепление. В последнее время для экономии места получило распространение плоское Р. Во многих случаях требуется, чтобы Р. работало от переменного тока; для этой цели можно использовать обыкновенное Р. постоянного тока, снабженное добавочной (задерживающей) обмоткой. Первый импульс переменного тока достаточен для того, чтобы отклонить якорь от нормального положения, благодаря чему возбуждается добавочная обмотка, которая удерживает якорь в отклоненном положении. Если вследствие условий схемы добавочную обмотку применить нельзя, то применяют специальное реле переменного тока, которое отличается тем, что имеет значительно утяжеленный якорь для избежания дрожания якоря от переменных импульсов тока.

При оценке Р. должно быть обращено внимание на следующие его свойства. 1) Сила притяжения и удержания определяется в э и обусловливается нагрузкой от пружин. 2) Чувствительность Р. при притяжении и удержании якоря характеризуется отношением числа ампер-витков, необходимых для преодоления определенной нагрузки, к величине этой нагрузки. 3) Продолжительность процесса замыкания и размыкания контактов Р., или скорость работы Р., есть промежуток времени, протекающий с момента замыкания или размыкания тока в обмотке до момента замыкания или размыкания его контактов. Формальная скорость работы 7—10 милли-сек. 4) Надежность действия Р. есть отношение токов  $\frac{I_0}{I_f}$ , где  $I_0$ —рабочая сила тока Р., а  $I_f$ —минимальная сила тока, необходимая для притяжения якоря; обычно  $\frac{I_0}{I_f} \geq 3$ . 5) Плотность контактов Р. обусловливает качество контакта и имеет очень большое значение в работе Р. Под плотностью контакта подразумевается сила взаимного давления пружины в точке соприкосновения. Для надежной работы Р. необходимо, чтобы плотность контакта соответствовала 20—25 г. Весьма большое применение и распространение получили Р. с а м е д л е н н о г о д е й с т в и я, причем замедление может происходить как при замыкании, так и при размыкании контактов Р. (т. е. при притяжении или при отпуске якоря Р.). Продолжитель-



Фиг. 26;

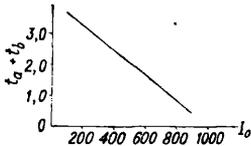
ность процесса замыкания контактов Р. может быть выражена ур-ием:

$$t = \frac{L}{R} \ln \frac{I_0}{I_0 - I_f} + t_a + t_b,$$

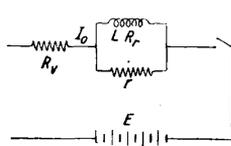
где  $t_a$  — замедление от вихревых токов и массы якоря,  $t_b$  — замедление от величины хода якоря и регулировки пружин,  $\frac{L}{R}$  — постоянная времени управляющей цепи. Т. к.  $\frac{I_0}{I_f} \geq 3$ , то

$$t = 0,406 \frac{L}{R} + t_a + t_b.$$

Величина  $t_a + t_b$  меняется не только от регулировки пружин и якоря, но также и от изменения силы рабочего тока  $I_0$ , причем вели-

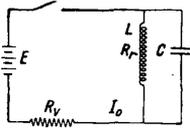


Фиг. 28.

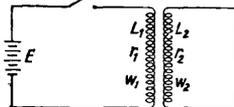


Фиг. 29.

чина  $t_a + t_b$  уменьшается при увеличении  $I_0$ , т. е. влияние пружин и якоря с увеличением  $I_0$  по отношению к  $I_f$  становится меньше, что видно из кривой фиг. 28. Промежуток време-



Фиг. 30.



Фиг. 31.

ни  $t$  м. б. увеличен различным образом, а именно: 1) с помощью включения сопротивления параллельно с Р. (фиг. 29). В этом случае

$$t_r = - \frac{L(r + R_r)}{R_v R_r + R_v r + R_r r} \ln \left[ 1 - \frac{I_0(R_v R_r + R_v r + R_r r)}{E r} \right] + t_a + t_b.$$

2) Посредством параллельного включения конденсатора С (фиг. 30). Тогда

$$t_c = \left( \frac{C R_v R_r}{R_v + R_r} + \frac{L}{R_v + R_r} \right) \ln \frac{I_0}{I_0 - I_f} + t_a + t_b$$

или при  $\frac{I_0}{I_f} = 3$

$$t_c = 0,406 \left( \frac{C R_v R_r}{R_v + R_r} + \frac{L}{R_v + R_r} \right) + t_a + t_b.$$

3) С помощью специальной короткозамкнутой обмотки (фиг. 31).

Здесь

$$t_k = (\tau_1 + \tau_2) \ln \frac{I_0^2 \frac{w_1}{w_2} \tau_1 + \tau_2}{I_0 I_f - I_f^2} + t_a + t_b$$

или при  $\frac{I_0}{I_f} = 3$

$$t_k = (\tau_1 + \tau_2) \ln \frac{9}{8} \cdot \frac{w_1}{w_2} \tau_1 + \tau_2 + t_a + t_b,$$

где  $\tau_1 = \frac{L_1}{r_1}$ ,  $\tau_2 = \frac{L_2}{r_2}$  и  $w_1$  и  $w_2$  — число витков.

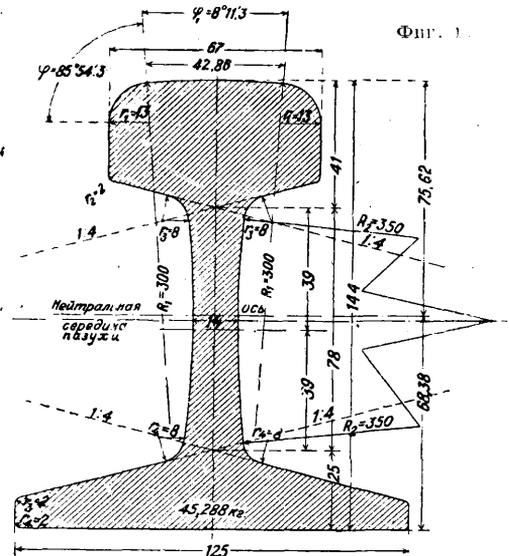
Каждое Р., выпускаемое з-дом, должно иметь паспорт, к-рым необходимо руководствоваться в условиях эксплуатации. Образец паспорта приводится ниже:

Сопротивление постоянному току . . . . .	Ω
Коэф. самоиндукции . . . . .	Н
Минимальная сила тока притяжения . . . . .	мА
Минимальная сила тока удержания . . . . .	мА
Скорость притяжения . . . . .	милли-сек.
Скорость отпадания . . . . .	милли-сек.
Ход якоря . . . . .	мм
Плотность контакта . . . . .	мм
Материал обмотки . . . . .	г
Тип изоляции . . . . .	название
Вес . . . . .	тип
Число витков . . . . .	г
	число

Лит.: Касимов М. М., Методы оценки телефонных реле, «Научно-технич. сборник», М., 1927; Белотелов П. П., Исследование телефонных реле, там же, 1927; Герсен С. у. Hartz R., Die Fernsprechtechnik d. Gegenwart, Brschw., 1919; Woelk, «Elektrische, Nachrichtentechnik», В., 1925; Schulze E., «Ztschr. f. Fernmeldetechnik», Мюн., 1927. М. Юрьев.

**РЕЛЬСЫ**, одна из главных составных частей верхнего строения пути. Назначение Р. — создать ровную и упругую поверхность для катания колес подвижного состава и давление последних передать шпалам. Прикрепление Р. к шпалам достигается специальными костылями, скрепление же между собою — накладками и болтами. О поперечном сечении и длине рельсов, прикреплении рельсов, рельсовом стыке и расчете верхнего строения пути см. *Верхнее строение*.

Постановлением коллегии НКПС вся сеть ж. д. СССР разделена на три типа: для I типа — паровоз в 25 т на ось, для II типа — паровоз ЭУ и частично 20 т на ось, для III типа — паровоз Щ. С. и др. Наиболее тяжелый в настоящее время у нас тип Р. I<sub>а</sub> весит 43,567 кг на 1 п. м. За границей для магистральных дорог применяются значительно больший вес (до 70 кг). Центральный ин-т научных исследований и реконструкции пути НКПС в 1931 г. спроектировал стандартный Р. I<sub>р</sub> для путей I типа: вес этого Р. определен в 45,288 кг на 1 п. м (фиг. 1). Отличие его от старых типов Р. таково: шейка очерчена не прямыми стенками, а дугообразными, подошва без изгиба и имеет однообразный уклон 1:4, как и внутренняя часть головки. Преимущество стандартного Р. заключается в уравнении количества металла в пяте и головке и в удобстве изготов-



Фиг. 1.

ления (прокатки) благодаря отсутствию изгиба. Основные размеры и прочие характеристики стандартного Р. для путей I типа следующие:

Вес $q$ рельса, кг/п. м . . . . .	45,288
Высота $h$ рельса, мм . . . . .	144
» $h_f$ головки, мм . . . . .	41
» $h_s$ шейки, мм . . . . .	78
» $h_n$ подошвы, мм . . . . .	25
Ширина с подошвы, мм . . . . .	125
» $a$ головки, мм . . . . .	67
Толщина шейки на уровне линии, соединяющей центры окружностей, мм . . . . .	14
Радиус $R_1$ поверхности катания головки, мм . . . . .	300
» $R_2$ кривых, ограничивающ. шейку, мм . . . . .	350

Радиус $r_1$ головки сбоку, мм . . . . .	13
Площадь $\omega$ поперечного сечения, см <sup>2</sup> . . . . .	57,839
Расстояние $Z_n$ ц. т. до подошвы рельса, см . . . . .	6,838
» $Z_2$ ц. т. до головки рельса, см . . . . .	7,532
Момент инерции $I_x$ относительно оси, проходящей через ц. т. рельса параллельно подошве, см <sup>4</sup> . . . . .	1518,35
Момент $W$ сопротивления, см <sup>3</sup> . . . . .	214,04
» инерции $I_y$ относительно оси, проходящей через ц. т. рельса перпендикулярно подошве, см <sup>4</sup> . . . . .	296,47
Уд. в. рельсовой стали . . . . .	7,83

Распределение металла по сечению Р. в % площади сечения:

Головка . . . . .	40,9
Шейка . . . . .	22,0
Подошва . . . . .	37,1
Допуски при изготовлении Р. . . . .	ОСТ 118

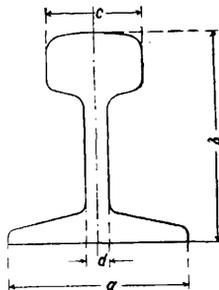
Для узкоколейных путей, рудничного транспорта и т. п. имеют применение т. н. рудничные Р., стандартные типы к-рых приведены в табл. 1 (обозначения см. фиг. 2).

Табл. 1.—Поперечное сечение рельсов рудничных (в мм).

a	b	c	d	Вес 1 п. м в кг
54	65	25	7	8,40
60	75	28	6	9,35
64	80	32	7	11,18
76	91	37	7	14,78

Для трамваев в виду частых и крутых закруглений и других причин преимущественное распространение имеют желобчатые Р., о типах и скреплениях которых см. *Верхнее строение*.

Производство Р. осуществляется на металлургич. заводах путем прокатки их на прокатных станах; для изготовления Р. больших размеров (ж.-д. и трамвайных) з-ды имеют специальные рельсопрокатные цехи. Для изготовления жел.-дор. и трамвайных Р. употребляется мартеновская, бес-семеровская и томасовская сталь средней твердости, отливаемая в крупные слитки весом обычно 2,5—5 т. Спустя 30 мин. (до 1 ч.) после разливки слитки освобождаются от изложниц и загружаются в нагревательные колодцы (см. *Печи*). Нормаль-

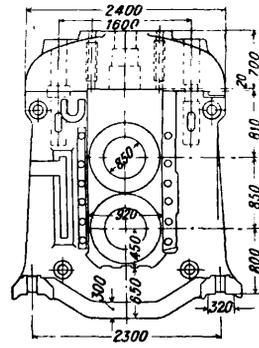


Фиг. 2.

ная продолжительность нагрева в них 1,5—2,5 ч., после чего слитки специальными кранами системы Тиглера вынимаются последовательно из колодцев и подвозятся опрокидывающейся тележкой (на старых заводах— непосредственно краном) к рольгангу, подающему слитки к прокатному стану—блумингу (см. *Прокатка*). На фиг. 3 представлен план современного рельсопрокатного цеха: 1—опрокидывающаяся тележка, 2—краны, 3—рольганг, 4—манипуляторы (кантовальные аппа-

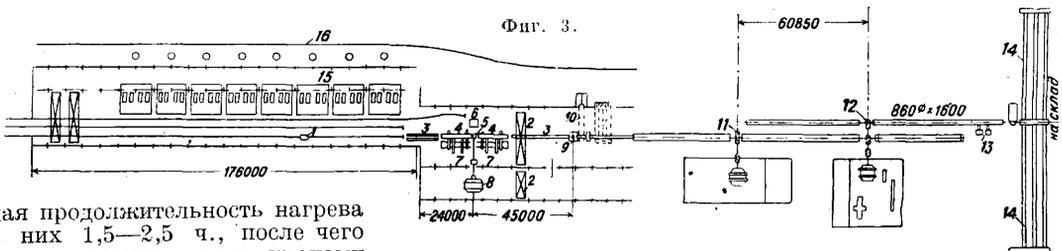
раты) блуминга, 5—рабочая клеть блуминга, 6—яма для уборки окалины, 7—колонные и подкрановые пути, 8—мотор блуминга, 9—нож для резки заготовок, 10—транспортёр для уборки обрезков, 11—черновая линия, 12—чистовая линия, 13—пила для горячей резки, 14—стеллажи, 15—нагревательные колодцы, 16—ж.-д. путь. Прокатанная в блуминге заготовка (блум) размерами ок. 200 × 180 мм или 180 × 160 мм обрезается с концов (передний конек блума обрезается больше заднего для удаления усадочной раковины) и поступает для прокатки Р. в рельсовый стан.

В Европе преимущественное распространение имеют рельсопрокатные станы дуо-реверсивные, в Америке же в большом числе имеются станы трио-реверсивные, рассчитанные на большую производительность и имеющие более солидную конструкцию с качающимися подъемными столами у каждой клетки. Подъемные столы снабжены рольгангами. При станах дуо необходимо в подъемных столах отпадает: у каждой клетки имеются рольганги или (реже) обслуживание производится подвижными (катучими) столами с приводными рольгангами. На фиг. 4 представлена станина рельсобалочного стана дуо со съемной верхней крышкой. Указанный на фиг. 4 диаметр валков 850 мм наиболее употребителен. Число клеток в рельсовом стане обычно 3, реже 2. В случае, когда стан одновременно является и балочным, число клеток 4—5. Клетки расположены часто в одну линию и приводятся от одного, реже двух двигателей с соответствующим присоединением клеток к одному и другому двигателям. Для повышения производительности в последнее время первая клеть выносятся с мотором в отдельную линию, т. ч. одновременно в стане можно катать две штуки. Обычная мощность двигателей 7 000—10 000 HP; применяются почти исключительно электромоторы. Производительность рельсового стана в одну линию с одним двигателем дости-



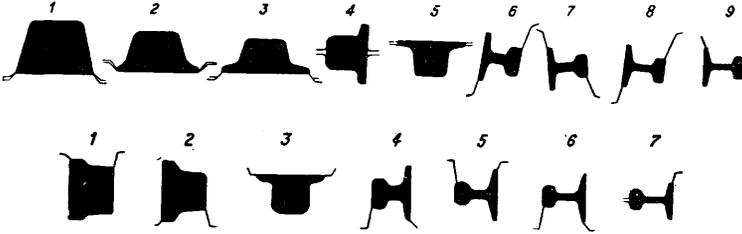
Фиг. 4.

Фиг. 3.



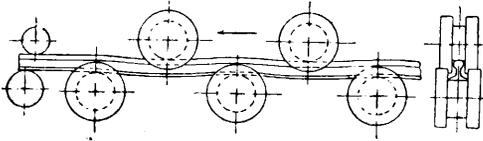
гает 250—350 тыс. т в год, стана в 2 линии с двумя двигателями—400—550 тыс. т в год. Получение из заготовки прямоугольного сечения готового Р. достигается применением специальной калибровки (расточки) валков рельсопрокатного стана. Старые з-ды употребляют калибровку на 11 пропусков (проходов), но на ряде заводов СССР введена и вводится 9-проходная калибровка. За границей нередко

употребляется 7-проходная калибровка. Сокращение числа калибров позволяет ускорить прокатку и повысить производительность стана. На фиг. 5 приведены 9- и 7-проходные калибровки. На нек-рых з-дах для облегчения обработки пяты и головки применяется слегка наклонное расположение калибров (косая калибровка, фиг. 5). Для получения широкой и тонкой пяты применяется ребровой (тавро-



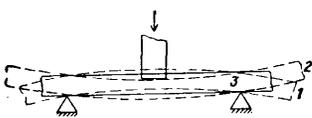
Фиг. 5.

вый) калибр (5-й и 3-й калибры, фиг. 5), в к-ром несколько осаживается и регулируется высота Р. при одновременном сильном раздавливании (утонении) и уширении пяты. После этого в оставшихся калибрах при помощи бокового давления пятыполучаетнужные окончательные размеры. По выходе из последнего калибра рельсового стана прокатанная рельсовая полоса поступает к пилам для разрезки на мерные Р. После пил еще горячие Р. направляются на стеллажи для охлаждения. Благодаря несимметричности поперечного сечения Р. после охлаждения принимают дугообразную форму с изгибом на головку как часть, дольше всего остывающую. Поэтому после разрезки их изгибают в обратную сторону (т. е. на пятку) на специальной дуге или роликовом



Фиг. 6.

станке для горячей правки. Остывшие Р. поступают в рельсоотделочную для правки, фрезерования торцов и сверления на концах Р. дыр (для скрепления в пути). На современных з-дах правка производится на мощных роликовых прессах (см. *Правильные и изогнутые машины*); на большинстве старых заводов правка Р. производится на обычных штемпельных прессах. Процесс правки представлен в первом случае на фиг. 6, во втором — на фиг. 7. Фрезерование торцов и сверление дыр производится на автоматич. комбинированных станках. Из рельсоотделочной Р. посту-



Фиг. 7.

ступают на склад готовых изделий, где их выкладывают на стеллажи и производят их тщательный внешний осмотр и обмер согласно технич. условиям приема Р., утвержденным правительственными органами.

Рельсы, годные для укладки в путях, зачисляются в 1-й сорт, клеятся и поступают в отпарку по наряду. Р. с незначительными пороками, допускающими применение их только на запасных, станционных и внутризаводских путях, зачисляются во 2-й сорт (т. н.

инспекторский брак). Р. со значительными пороками для укладки в пути совсем не идут, помещаются 3-м сортом (или заводским браком) и назначаются для всякого рода построчных работ или для переизделки в сталеплавильных цехах з-да.

Современные условия эксплуатации ж. д. предъявляют к Р. значительно большие требования, чем прежде. Давление на ось паровоза возросло до 20—25 т, что вызывает напряжение в месте соприкосновения бандажа колеса с Р. до 40—50 кг/мм<sup>2</sup>. Вместе с этим сильно возросла скорость движения поездов, увеличилась сила торможения их, сила тяги паровозов и пр. В результате Р. для современной удовлетворительной службы должны иметь большее сопротив-

ление возросшим статическим и ударным нагрузкам колес, а также значительно большее сопротивление изнашиванию. Первое достигается утяжелением Р., второе — улучшением качества металла. Технич. условия (т. у.) в различных странах предъявляют те или иные требования Р. Так, америк. т. у., иля по пути утяжеления Р., предусматривают обязательный химич. состав каждого типа Р. в зависимости от способа изготовления стали.

Табл. 2. — Химический анализ рельсовой стали по американским т. у. (в %).

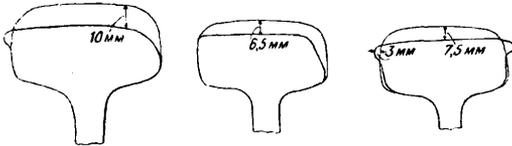
Элементы	Вес 1 п. м в кг			
	24,89—31,21	31,70—41,61	42,14—49,58	50,07—70,42
Бессемеровская сталь				
C	0,57—0,47	0,40—0,50	0,45—0,55	0,45—0,55
Mn	0,80—1,10	0,80—1,10	0,80—1,10	0,80—1,10
P	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,10
S	≤ 0,20	≤ 0,20	≤ 0,20	≤ 0,20
Мартеновская сталь				
C	0,50—0,63	0,53—0,66	0,52—0,75	0,52—0,75
Mn	0,50—0,90	0,50—0,90	0,60—0,90	0,60—0,90
P	≤ 0,04	≤ 0,04	≤ 0,04	≤ 0,04
S	≤ 0,20	≤ 0,20	≤ 0,20	≤ 0,20

Т. у., имея в виду гл. обр. гарантию твердости при одновременном отсутствии хрупкости, а, с другой стороны, довольно узкие границы в химич. составе, м. б. выдержаны только при строгой стандартности процесса изготовления стали, что уже в значительной мере гарантирует нормальное качество стали. Надлежащая мелкозернистая структура Р., связанная с невысокой  $\zeta$  окончания прокатки, обуславливается в т. у. определенной величиной усадки Р. после охлаждения. Горячая правка Р. является обязательной, и остывшие Р. с искривлением посредине свыше 100 мм зачисляются после правки во 2-й сорт. Если при холодной правке на прессах слышен треск, Р. бракуются. Помимо этого имеются указания об ударной пробе, удлинении и пр. По франц. т. у. оговаривается определенный химич. состав в зависимости от рода стали и возможно низкая  $\zeta$  конца прокатки. Также оговорено возможно меньшее искривление Р. после охлаждения. Р. испытывают на удар, разрыв и твердость (факультативно) с предъявлением следующих требований.

Категория Р. (кг в 1 п. м) . . . . .	65	70	80
Наименьшее временное сопротивление на разрыв (в кг/мм <sup>2</sup> ) . . . . .	65	70	80
Наименьшее удлинение (в %) . . . . .	10	9	7

По белг. т. у. Р. должны содержать не менее 0,12% кремния. В остальном условия близко подходят к французским; кроме того требуются микро- и макроисследования образцов Р. На основе опыта СССР и заграничные, а также своих собственных работ рельсовая комиссия (при Особом совещании) в 1931 г. внесла на утверждение правительственных органов взамен т. у., утвержденных в 1924 г., проект новых т. у., в основном сводящийся к следующему: химический анализ рельсовой стали является обязательным, причем содержание фосфора д. б. не выше 0,072% для бесемеровской и не выше 0,04% для мартеповской стали, серы не выше 0,06%, кремния для мартеповской стали не менее 0,18%. Временное сопротивление разрыву не ниже 70 кг/мм<sup>2</sup>. На 20 плавков делается одно испытание на растяжение, при получении же неудовлетворительных результатов испытания делаются по каждой плавке до получения удовлетворительных данных. Проба на удар бабю намечена в замороженном состоянии при температуре -30°.

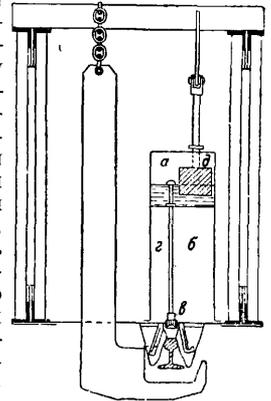
Вопрос об изнашиваемости Р. приобрел в настоящее время громадное значение, особенно для участков путей с закруглениями и с интенсивным движением. Износ Р. (фиг. 8)



Фиг. 8.

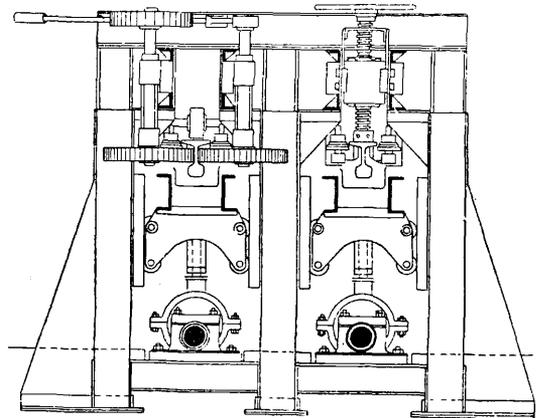
часто достигает больших величин; за границей нередко производится смена Р. через несколько месяцев. Для увеличения сопротивляемости Р. износу уже давно было предложено англ. ученым Стедом (в 1903 г.) улучшение качества металла Р. путем придания поверхности головки с о р б и т о в о й с т р у к т у р ы. Для этого поверхность нагретой головки подвергалась действию тонко распыленной воды до потемнения, а происходивший затем самоотпуск за счет тепла внутренней части головки придавал поверхностному слою сорбитообразную структуру. Однако опыты Стедда были произведены только над короткими образцами и не увенчались успехом на длинных Р., гл. обр. из-за конструктивных затруднений в обработке целых Р. Сорбитизация поверхности катанки Р. по указанному принципу была осуществлена лишь во время войны 1914—18 гг. шведским инж. Зандбергом. Применение сорбитовых Р. показало значительные преимущества перед обычными необработанными, и по качеству они приблизились к специальным марганцовистым, стоящим в несколько раз дороже. Механич. качества обработанных Р. повышаются (временное сопротивление разрыву на 10—20%, предел упругости на 20—30%); срок службы удлинняется в 2—3 раза благодаря большей стойкости Р. на истирание; стоимость обработки незначительна и составляет > 12% стоимости передела в рельсопрокатном цехе. Сорбитизация по способу Зандберга распространена преимущественно на америк. з-дах. Аппарат (фиг. 9) состоит из коллектора, разделенного перегородкой на две части—верхнюю *a* для воды и нижнюю *б* для воздуха, нагнетаемого вентилятором. В дне коллектора имеется

ряд близко друг к другу расположенных отверстий со вставленными в них пульверизаторами *в*. К этим отверстиям с помощью трубок *з* подводится вода, количество к-рой регулируется положением груза *д*. Воздух, выходя из отверстий, увлекает и распыляет воду на поверхности головки Р. Последний специальными тягами прижимается к козырькам и в таком положении удерживается во время закалки, длящейся ок. 1 мин. Интенсивность обработки регулируется продолжительностью закалки и количеством подаваемых воды и воздуха. Отпуск закаленной поверхности происходит за счет остающегося тепла внутри головки.



Фиг. 9.

На французских заводах распространена следующий способ сорбитизации. Аппарат (фиг. 10), сдвоенный, имеет бабки, несущие ряд ступенчатых роликов, вращающихся вокруг своей вертикальной оси. Ниже на эксцентриковых тягах укреплена ванна, могущая получать качательное движение вверх и вниз. Р. после выхода из стана и разрезки под пилой втягивается в аппарат силой трения о вращающиеся горизонтальные ролики. Пятка сверху удерживается самокатящимися роликами, и Р. зажимается в горизонтальном положении винтами. Когда Р. укреплен, ванна аппарата

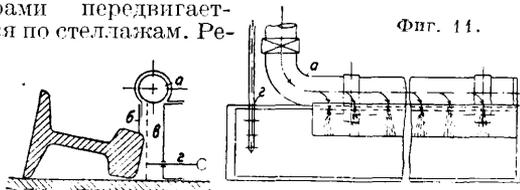


Фиг. 10.

приводится в качательное движение, и головка испытывает попеременное погружение и вытупение из воды. Интенсивность закалки и глубина закаленного слоя регулируются уровнем воды в ванне, частотой колебаний и продолжительностью закалки, к-рая доходит до 1 мин.

В СССР з-ды Надеждинский и имени т. Петровского имеют аппараты, предназначенные для массового производства сорбитовых Р., однако работа их еще недостаточно проверена. Аппарат Надеждинского з-да сконструирован инж. Н. И. Шадриним, и работа его состоит в следующем. При движении к пиле, вышедшей из рельсопрокатного стана рельсовой полосы, к ее головке придвигаются и прижимаются устройства на катках четыре аппарата (на

фиг. 11 представлен один такой аппарат), состоящие каждый из 2-м трубы *a* с частыми отверстиями в нижней части ее. Струи воды, нагнетаемой в трубу, попадают на головку, производя ее закалку. Для предупреждения попадания воды на шейку и пятю последние защищены заслонкой *b*. Вторая заслонка *e*, имеющая ручной рычаг для поворота заслонки *g*, регулировкой позволяет отсекать струи воды. Благодаря известному расстоянию между аппаратами одно и то же место головки Р. при его движении по ролгангу испытывает попеременно закалку и отпуск за счет внутренней теплоты головки, что позволяет достичь достаточно глубокого распространения сорбитовой структуры. Конструкция аппарата з-да имени Петровского, принадлежащая инж. П. Ф. Казакову и Г. Я. Селезневу, представлена на фиг. 12. Р., еще горячий, после разрезки под шиной 1 из положения 1 поступает в положение 2, откуда рычагом опускается в ванну в положение 3. При этом головка Р. до известного уровня погружается в воду, и для предупреждения коробления пятка Р. сверху прижимается рычагами 5. После закалки в течение 30—40 сек. Р. из ванны выбрасывается рычагами в положение 4, откуда шлепками передвигается по стеллажам. Ре-

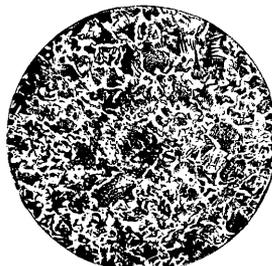


Фиг. 11.

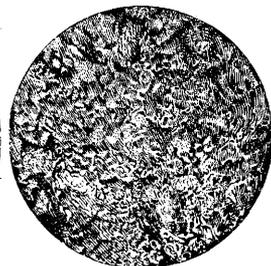
зультаты сорбитизации Р. во всех указанных аппаратах примерно одинаковы: сорбитовая структура, постепенно переходящая в перлитовую, образуется в головке на глубину 10—15 мм. На фиг. 13 и 14 приведена микроструктура необработанных и обработанных поверхностей головок Р. В первом случае мы имеем ярко выраженный перлит, во втором—сорби-

выработке способа термич. обработки Р. и опыты по производству и применению Р. из стали со спец. добавками (Mn, Cr, V и др.).

Технико-экономические данные. СССР имеет рельсопрокатные цехи на металлургич. з-дах им. тт. Петровского, Дзержинского, Рыкова, Керченском, Сталинском и Надеждинском. Эти цехи, построенные еще в прошлом столетии, в значительной степени

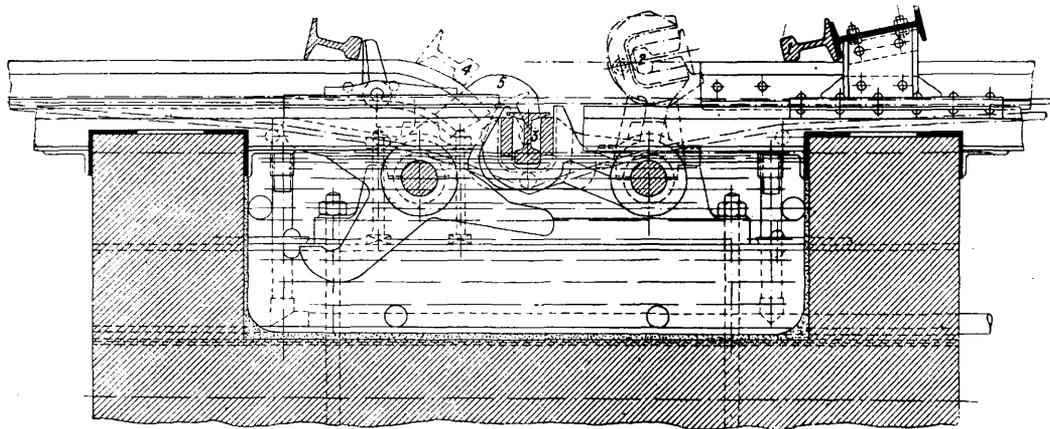


Фиг. 13.



Фиг. 14.

устарели и по сравнению с современными заграничными дают значительно меньшую производительность. В 1931 г. в СССР произведено ок. 500 000 т Р.; в ближайшие годы в связи с громадным ростом строительства ж. д. потребное количество Р. сильно возрастает. На ряде новостроек (Магнитогорск, Кузнецк, Азовстрой) строятся мощные рельсопрокатные цехи, в к-рых предусматривается сорбитизация Р. Но количество выпускаемых з-дом годных (1 сорта) Р. в большой степени зависит и от качественных показателей производства. При прокатке Р. неизбежны нек-рые отходы (угар металла в нагревательных колодцах 2—3%, обрезки концов 8—10%, минимальный нормированный брак 3—5%), но зачастую в производстве возникают отходы, происходящие от недостаточно высокого состояния техники и организации производства, как то: повышение против нормального угара, обрезки и брака. В результате коэф. расхода



Фиг. 12.

тообразную структуру. В самые последние годы за границей начали производить опыты с положительными результатами над более закаленными Р., которые имеют у поверхности катания мартенситовую структуру и поэтому еще менее, чем сорбитовые, подвержены истиранию, хотя повидимому и более хрупки. В наст. время в СССР начаты широкие опыты по

слитков на 1 т годовых Р. повышается. На лучших заграничных з-дах этот коэф. достигает 1,25—1,30, на наших действующих старых з-дах он иногда достигает 1,30—1,35, в большинстве же случаев 1,35—1,45, что повышает стоимость 1 т годовых Р. до 130—140 р. за т против нормальных 100—110 р. Негодные бракованные рельсы м. б. получены как в ре-

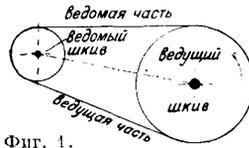
в результате плохого качества металла слитков, так и в результате неправильного нагрева и прокатки их. Опыты, произведенные в указанном направлении, показали, что особенно большое значение на повышении брака Р. имеет повышение содержания серы в стали. Сера, вызывая красноточность, способствует образованию на поверхности болванки трещин и рванин, которые при дальнейшей раскатке металла слабо закатываются и остаются на поверхности готовых Р. Недостаточная тщательность разливки слитков приводит к получению на их поверхности «плень», к-рая при раскатке слитка в Р. частично остается на поверхности последних, делая Р. негодными для 1-го сорта. Недоброкачественность приготовления рельсовой стали, плохое состояние изложниц и плохой уход приводят к образованию трещин при прокатке с указанными выше последствиями. Неправильный и неравномерный нагрев (пережог, недогрев) также вызывает образование трещин при прокатке. Нормальная  $t^\circ$  нагрева слитков 1150—1100°. Некоторые пороки (волосовины, закаты), появляющиеся при неправильной прокатке и калибровке, могут служить также причиной браковки рельсов. Помимо внешних пороков недоброкачественность рельсового материала (по его способу изготовления и химическому составу), а также ненормально высокая  $t^\circ$  начала и конца прокатки могут вызвать понижение механич. качеств Р., что служит причиной их браковки при испытании по т. у. Р. с поверхностными пороками (пленами, рванинами и пр.) имеют ослабленную прочность, что при службе Р. в пути приводит к преждевременным изломам и выходу из строя, связанным с опасностью для движения и значительным убытком для ж. д. Р. как ответственные и дорогие стоящие изделия при массовом их количестве требуют также соответствующего ухода и при службе их в пути (см. *Верхнее строение*). Изготовление трамвайных (желобчатых) Р. таково же, как и железнодорожных, только для получения желоба при последних двух калибрах прокатного стана устанавливаются специальные ролики на вертикальной оси, при помощи к-рых происходит образование желоба. Трамвайные Р. обычно имеют более высокую твердость по сравнению с железнодорожными, т. к. они в большей степени подвергаются истиранию (благодаря подьемам, кривым и большей интенсивности движения) и в меньшей — динамич. усилиями. Что касается изготовления рудничных Р., то к ним предъявляются значительно меньшие требования как в отношении химич. состава, так и точности размеров, чистоты поверхности и пр. Специальной сдачи-приемки рудничных Р. не производится. Прокатка ведется обычно на среднесортных станах трио с числом фасонных калибров 5—7. Количество рудничных Р., прокатываемых на металлургич. заводах, не так велико и составляет 5—10% от количества ж.-д. Р.

*Лит.:* Исследование рельсовой стали, «Труды механич. и химич. лаборат. ин-та И. П. С.», СПб, 1906; Материалы к пересмотру технич. условий на рельсы. Работа Особого совещания. М., 1926, вып. 42; Исследования рельсового дела в СССР, ч. 1, там же, М., 1928, вып. 75; Чекимарев А. П., Исследование причин брака в рельсовом производстве, «Уголь и Железо», Харьков, 1929, 44, стр. 81—87; Вลาดимиров Л. П., Исследование брака рельсов «Домаз», Москва—Днепропетровск, 1930, 4; Грум-Гржимайло В. Е., Качество рельсов, «Уголь и Железо», Харьков, 1926, 13, 14; Татарский А. и Фраткин.

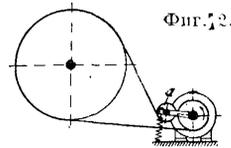
К вопросу о влиянии термических условий прокатки рельсов на их механические свойства, там же, 1927, 27; Татарский А. Производство рельсов из чероческого металла, «Сталь», 1931, 1—2; Шапиро Б., Неполадки при прокатке ж.-д. рельсов и пути их устранения, «Вестник металлопромышленности», М., 1931, 2—3; Бабошин А., Смитие, текучесть в рельсах, «ЖРМО», 1912, 4; Клочков, Краткий обзор новых т. у. на поставку стальных рельсов, там же, 1914, 6; Любимов, Замечательный случай долготей слубны рельсов, там же, 1929, 8—9; Усков, Улучшение качества рельсов, «Железнодорожное дело», М., 1931, 11; Шадри Н., Способ сорбизации рельсов, примененный в Надеждинском з-де, «ЖРМО», 1929, 1; Alfred P., Perlitischer Mangastahl als Schienenbaustoffe, «Stahl und Eisen», 1930, H. 45; Viletaux, Pilsz, Wege zur Verbesserung des Schienenbaustoffes, ibid., 1928, H. 28. А. Чекимарев.

**РЕЛЯТИВИСТСКИЙ ЭФФЕКТ**, уменьшение (дефект) массы конгломерата протонов и электронов вследствие освобождения некоторой энергии при их соединении. По основному выводу теории относительности (см. *Относительности теории*) энергия эквивалентна массе:  $E = m \cdot c^2$ , где  $c$  — скорость света. Поэтому освобождение энергии при соединении протонов и электронов в атомное ядро эквивалентно уменьшению общей массы. Такой дефект массы обнаруживается во всех элементах кроме водорода (см. *Изотопы и Водород*). С. Вавилов.

**РЕМЕННАЯ ПЕРЕДАЧА**, передача вращения от одного вала к другому при помощи гибкой упругой связи (ремня), выполненной в виде бесконечной ленты, которая охватывает *шквивы* (см.), сидящие на валах. Характерная особенность Р. п. по сравнению с зубчатой заключается в ее плавности, внезапное увеличение крутящего момента вызывает лишь усиление скольжения ремня, благодаря чему предотвращается резкое увеличение напряжений в движущихся частях системы. Когда

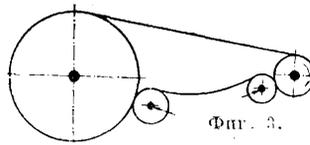


Фиг. 1.



Фиг. 2.

требуется сохранение безусловно точного отношения между числами оборотов ведущего и ведомого валов, Р. п. не может быть применена. Гибкая связь должна охватывать шквивы, сидящие на валах, с определенным натяжением, чтобы между поверхностями шкива и ремня возникла сила трения, необходимая для передачи движения. Для получения нужного для работы ременной передачи натяжения применяются гл. обр. следующие два способа: 1) ремень при надевании на шквивы растягивают настолько сильно, что сила натяжения, возникающая в ремне вследствие его упругости, оказывается достаточной для передачи нужной окружной силы (фиг. 1) и 2) натяжение ремня осуществляется специальным натяжным шкивом  $a$  (фиг. 2), к-рый с определенной силой нажимает на ремень, благодаря чему ремень находится в натянутом состоянии.

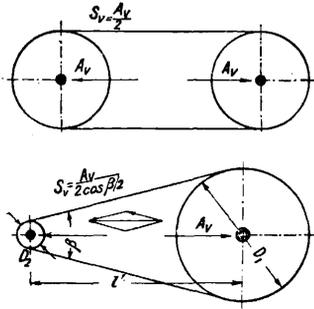


Фиг. 3.

Значительно реже применяют передачу с прижимными роликами; при этой системе ремень между шквивами свободно провисает, но прижимается особыми роликами к ведущему и ведомому шквивам (фиг. 3). Передача с прижимными роликами может хорошо

работать только при совершенно ровной толщине ремня, т. к. в противном случае неизбежны удары.

**Силы и напряжения в Р. п. Т. к. передача** силы в Р. п. осуществляется за счет трения между ремнем и шкивом, то принято как силы,



Фиг. 4.

так и напряжения отпосить к 1 см ширины ремня, а не к 1 см<sup>2</sup> его поперечного сечения; обозначая через  $c_a$ ,  $c_n$ ,  $c_f$  силу осевого давления, полезную силу и центробежную силу, отнесенные к 1 см ширины ремня, и обозначая вызываемые этими силами в поперечном сечении ремня напряжения соответственно через  $\sigma_a$ ,  $\sigma_n$  и  $\sigma_f$ , будем иметь при толщине ремня, равной  $s$  см, следующие соотношения:

$$\sigma_a = \frac{c_a}{s}, \sigma_n = \frac{c_n}{s}; \sigma_f = \frac{c_f}{s}.$$

Когда ремень находится в состоянии покоя, то сила предварительного натяжения  $S_v$  (фиг. 4) в обеих его ветвях одинакова, и при одинаковых диаметрах шкивов предварительные напряжения будут

$$\sigma_v = \frac{c_v}{s} = \frac{A_v}{2bs},$$

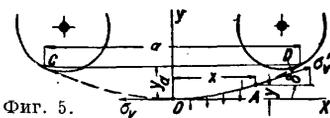
где  $A_v$ —сила осевого давления, равная  $2S_v$ , и  $b$ —ширина ремня. При различных диаметрах  $D_1$  и  $D_2$  шкивов

$$S_v = \frac{A_v}{2 \cos \beta}, \quad \sigma_v = \frac{A_v}{2bs \cos \beta},$$

причем

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{D_1 - D_2}{2l'},$$

где  $l'$ —расстояние между осями валов. Под влиянием собственного веса ремень несколько провисает; кривая провисания (провеса) (фиг. 5) м. б. принята за параболу с вершиной в точке  $O$ ; на отрезок  $OA$  ремня с поперечным сечением в 1 см<sup>2</sup>



Фиг. 5.

действует в точке  $O$  горизонтально направленное напряжение  $\sigma_v$  от предварительного натяжения, а в точке  $A$  напряжение  $\sigma'$  по направлению касательной под углом  $\delta$  к горизонту, кроме того на отрезок  $OA$  действует вертикально направленная сила тяжести, к-рая может быть принята равной

$$\frac{\gamma \cdot x \cdot l}{1000} \text{ кг},$$

где  $x$  см принято за длину дуги  $OA$  и  $\gamma$ —вес ремня в кг, отнесенный к 1 дм<sup>3</sup>. Из условия равновесия

$$\sigma_v = \sigma'_v \cos \delta \text{ и } \frac{\gamma \cdot x}{1000} = \sigma'_v \sin \delta$$

получаем

$$\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg} \delta = \frac{\gamma \cdot x}{1000 \sigma'_v},$$

что после интегрирования дает ур-ие для линии провеса

$$y = \frac{\gamma \cdot x^2}{2000 \sigma'_v} \quad (1)$$

и напряжение

$$\sigma_v = \frac{\gamma \cdot x^2}{2000 y}; \quad (2)$$

при расстоянии между точками  $C$  и  $D$  схода ремня, равном  $a$ , и при стреле провеса  $y_a$  предварительное напряжение

$$\sigma_v = \frac{\gamma a^2}{8000 y_a}. \quad (3)$$

Напряжение  $\sigma'_v$  в любой точке  $A$  будет равно

$$\sigma'_v = \frac{\sigma_v}{\cos \delta} = \sigma_v \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \delta} = \sqrt{\sigma_v^2 + \frac{\gamma^2 x^2}{1000000}}. \quad (4)$$

В точке  $D$ , в к-рой ремень сбегает со шкива, напряжение

$$\sigma'_{iD} = \sqrt{\sigma_v^2 + \frac{\gamma^2 a^2}{4000000}}. \quad (5)$$

При работе Р. п. изменяется как величина провисания, так и распределение напряжений. Зависимость величины провисания от напряжения можно получить, если в выражение длины  $l$  ремня между точками  $C$  и  $D$

$$l = a \left( 1 + \frac{8 y_a^2}{3 a^2} \right)$$

подставить из ур-ия (3) значение

$$\frac{y_a}{a} = \frac{\gamma a}{8000 \sigma_v},$$

тогда

$$l = a \left( 1 + \frac{\gamma^2 a^2}{24 \cdot 10^6 \cdot \sigma_v^2} \right)$$

и напряжение

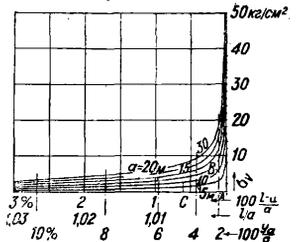
$$\sigma_v = \frac{\gamma \cdot a}{4800 \sqrt{\frac{l}{a} - 1}}. \quad (6)$$

Следовательно напряжение ремня в вершине кривой провисания зависит от расстояния  $a$  между точками схода ремня со шкивов и от отношения  $\frac{l}{a}$ . Наглядно эту зависимость дал

Кущах в виде характеристических кривых провисания (фиг. 6)

для различных расстояний  $a$ ; на диаграмме по оси ординат отложены величины  $\sigma_v$  кг/см<sup>2</sup>, по оси абсцисс величины  $\frac{l-a}{a}$  в %;  $\frac{l}{a}$  и  $\frac{y_a}{a}$  в %.

Из диаграммы, так же как из (6), следует, что напряжение  $\sigma_v$  увеличивается

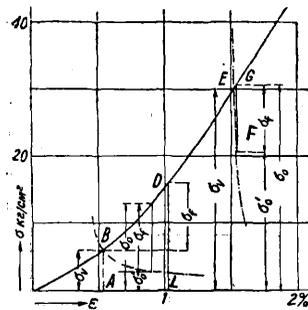


Фиг. 6.

при уменьшении значения  $\frac{l}{a}$ , следовательно и при уменьшении величины провеса.

Напряжение  $\sigma_f$  от центробежной силы не м. б. прямо складываемо с напряжением  $\sigma_v$  от предварительного натяжения, т. к. под влиянием напряжения  $\sigma_f$  изменяется удлинение ремня и следовательно изменяется величина провисания, что в свою очередь влечет за собою изменение величины  $\sigma_v$ . Для определения суммарного напряжения от предварительного натяжения ремня и от сил инерции для ременной передачи, работающей вхолостую, Кущах дает следующий графический метод, совместно применяя для расчета кривую зависимости напряжения от величины провисания и кривую, дающую зависимость напряжения от удлинения ремня. Строя для этого напр. кривую  $BDE$  удлинения кожного ремня (фиг. 7), берем на ней точку  $B$ , со-

ответствующую выбранному напряжению  $\sigma_v$  от предварительного натяжения ремня. В точке *B* строят зеркальное изображение кривой провисания согласно фиг. 6, зная расстояние между осями шкивов, причем с точкой *B* должна совпасть точка *B* кривой провисания (фиг. 6), соответствующая тому же предварительному напряжению  $\sigma_v$ . По заданному числу оборотов шкивов определяют окружную скорость *v* и затем по уравнению (7) напряжение  $\sigma_f$ ; отрезок, соответствующий величине напряжения  $\sigma_f$ , перемещают, сохраняя его параллельность оси *y* так, чтобы один конец этого отрезка находился все время на кривой *BDE*



Фиг. 7.

до тех пор, пока другой конец отрезка  $\sigma_f$  не совпадет с вычерченной кривой провисания, т. е. получают искомую величину суммарного напряжения  $\sigma_0$  и величину свободного напряжения  $\sigma'_0$ . Из изложенного явствует, что благодаря увеличению провисания, вызванного удлинением ремня под действием центробежных сил, напряжение  $\sigma_0$  от предварительного натяжения уменьшилось до величины свободного напряжения  $\sigma'_0$ . Если бы под действием сил инерции  $\sigma_0$  не уменьшалось, то суммарное напряжение  $\sigma_0$  выразилось бы отрезком  $LD = \sigma_0 + \sigma_f$ , что конечно неверно. При больших напряжениях  $\sigma_0$  от предварительного натяжения (порядка 30 кг/см<sup>2</sup>) напряжение  $\sigma_f$  почти не изменяет величины суммарного напряжения, т. е.  $\sigma_0 \approx \sigma_0$ , это объясняется тем, что кривая провисания при больших значениях  $\sigma_0$  имеет крутой подъем, как видно из диаграммы, построенной в точке *E* (фиг. 7); для этого случая

$$\sigma_0 = \sigma'_0 + \sigma_f \approx \sigma_0.$$

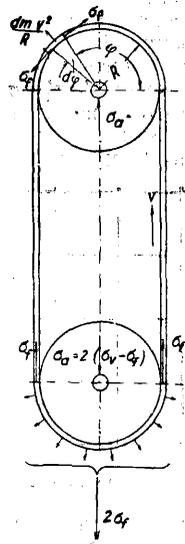
Для вертикальной *P. п.* (фиг. 8) напряжение  $\sigma_a$  осевого давления определяется из уравнения:

$$\sigma_a = 2(\sigma_v - \sigma_f),$$

откуда осевое давление

$$A = 2b \cdot s \cdot (\sigma_v - \sigma_f).$$

Сила натяжения ремня от собственного веса естественно увеличивает напряжение от предварительного натяжения или от давления натяжного шкива при горизонтальных и наклонных *P. п.* Достигнуть необходимого натяжения ремня только за счет его собственного веса нельзя, т. к. расстояние между валами в ременных передачах для этого недостаточно. Напряжение  $\sigma_0$  от предварительной натяжки ремня м. б. определено, если известна зависимость между напряжением и удлинением ремня, каковая зависимость обычно берется по найденным из опыта характеристикам ремней, как напр. по характеристи-



Фиг. 8.

кам, данным на фиг. 9, на которой даны зависимости между напряжениями  $\sigma$  в кг/см<sup>2</sup> и удлинением  $\epsilon$  в % для ремней: ординарного хлопчатобумажного 1, четырехслойного хлопчатобумажного 2, шестислойного пенькового 3, двойного пенькового 4, для ремня-балата 5, для текстильного ремня из шерсти 6 и для четырехслойного ремня из верблюжьей шерсти 7. Если характеристические кривые для ремня неизвестны, то  $\sigma_0$  определяют из уравнения

$$\sigma_0 = \frac{\epsilon}{\alpha}, \text{ где } \epsilon \text{ — относительное удлинение ремня и } \alpha \text{ см}^2/\text{кг} \text{ — средний коэф. растяжения ремня. При наличии натяжного шкива напряжение } \sigma_0, \text{ вызываемое действием этого шкива, определяется следующим образом: сила } F \text{ действия пружины (фиг. 10) на рычаг нажимного шкива м. б. заменена силой } P = F \frac{L}{L_1}, \text{ действующей на ось шкива; после определения силы } P \text{ напряжение } \sigma_0 \text{ найдется из построенного силового многоугольника } ABCD \text{ и будет равно}$$

$$\sigma_0 = \frac{CD}{b \cdot s} \text{ кг/см}^2.$$

При холостом движении ремня к рассмотренным выше напряжениям прибавляется действие центробежной силы, вызывающее дополнительное напряжение  $\sigma_f$ , величина которого м. б. определена из следующих соображений: элементарная масса  $dm$  ленты с поперечным сечением, равным 1 см<sup>2</sup>, соответствующая углу обхвата  $d\varphi$  (фиг. 8), дает элементарную силу инерции

$$\frac{dm \cdot v^2}{R} = \frac{\gamma \cdot 1 \cdot R d\varphi}{10g} \cdot \frac{v^2}{R} = \frac{\gamma v^2}{10g} d\varphi,$$

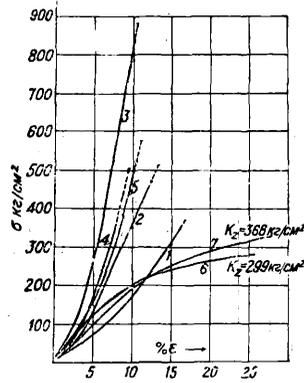
где  $g$  м/сек<sup>2</sup> — ускорение силы тяжести; выделенная элементарная масса будет находиться в состоянии равновесия под действием указанной центробежной силы и сил напряжения  $\sigma_f$

$$\frac{v^2 dm}{R} = 2\sigma_f \frac{d\varphi}{2}, \quad \sigma_f = \frac{\gamma v^2}{10g}. \quad (7)$$

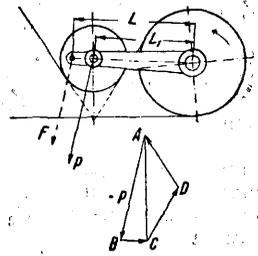
Указанное напряжение будет иметь место и в прямолинейно направленных частях ремня, т. к. проекция всех элементарных сил инерции на ось, соединяющую центры шкивов, будет равна

$$\int_0^\pi \frac{dmr^2}{R} \sin \varphi = \int_0^\pi \frac{\gamma r^2}{10g} \sin \varphi d\varphi = 2 \frac{\gamma v^2}{10g} = 2\sigma_f \quad (8)$$

и создает по всей длине ремня напряжение  $\sigma_f$ . Из ур-ия (7) следует, что  $\sigma_f$  зависит от квадрата окружной скорости, но не зависит от



Фиг. 9.

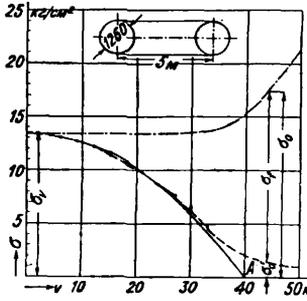


Фиг. 10.

радиуса шкива  $R$ . При критической скорости

$$v_k = \sqrt{\frac{10g \cdot \sigma_v}{\gamma}}$$

напряжение  $\sigma_f = \sigma_v$  и  $A=0$ , т. е. при  $v_k$  ремень под действием центробежной силы перестает соприкасаться со шкивом и следовательно работать не может. При горизонтальных или наклонных ременных передачах благодаря наличию провисания ремня осевое давление не м. б. равным нулю, и ремень всегда будет прижиматься к шкивам с силой, соответствующей свободной напряжению  $\sigma'_0$ . На фиг. 11 даны результаты испытания Камерера надгоризонтальной ременной передачей с двойным ремнем при расстоянии  $l=5$  м. Напряжение от предварительного натяжения равнялось  $13,3$  кг/см<sup>2</sup>, напряже-



Фиг. 11.

ние  $\sigma_f$  изменяется согласно вычерченной на диаграмме параболы и при скорости  $v=39,9$  м/сек достигло величины  $13,3$  кг/см<sup>2</sup>; однако, как показал опыт, никакого отставания ремня от шкива не было обнаружено, и Р. п. продолжала работать с свободным напряжением  $\sigma'_0$  и суммарным напряжением  $\sigma_n$ , к-рые изменялись согласно опыту по вычерченным на диаграмме кривым. Необходимо однако заметить, что, начиная со скорости  $v \approx 33$  м, свободное напряжение  $\sigma'_0$  быстро падает, а суммарное напряжение  $\sigma_n$  сильно увеличивается.

При рабочем ходе передачи, когда ремень передает окружное усилие  $P$ , разность между силой натяжения  $S_1$  ведущего конца ремня и силой натяжения  $S_2$  ведомого конца будет равна

$$S_1 - S_2 = P,$$

а сумма

$$S_1 + S_2 = A_v;$$

следовательно

$$S_1 = \frac{A_v + P}{2} \text{ и } S_2 = \frac{A_v - P}{2}, \quad (9)$$

так как сила осевого давления  $A_v = 2\sigma_v \cdot b \cdot s$ , то напряжения в ведущей и ведомой частях должны были бы быть соответственно равны:

$$\sigma_1 = \sigma_v + \frac{\sigma_n}{2} \text{ и } \sigma_2 = \sigma_v - \frac{\sigma_n}{2}. \quad (10)$$

Однако согласно детально проведенным исследованиям Камерера в действительности сила осевого давления  $A_v$  всегда больше значения, указанного выше. Причина этого явления заключается, во-первых, в том, что материал ремня не следует закону Гука и, во-вторых, влияние провисания в ведомой части ремня будет больше по сравнению с ведущей частью. Влияние отклонения ремня от закона Гука м. б. пояснено диаграммой (фиг. 12). На этой диаграмме кривая  $GBD$  дает зависимость напряжения от относительного удлинения, причем, как видно из диаграммы, увеличение удлинения отстает от увеличения напряжения  $\sigma$ . Если бы ремень с напряжением от предварительного натяжения  $\sigma_v = 12$  кг/см<sup>2</sup> (что соответствует удлинению  $AB=0,86\%$ ) должен был бы при малых скоростях переда-

вать полезное напряжение  $\sigma_n = 20$  кг/см<sup>2</sup>, то согласно ур-ию (10)

$$\sigma_1 = \sigma_v + \frac{\sigma_n}{2} = 12 + \frac{20}{2} = 22 \text{ кг/см}^2$$

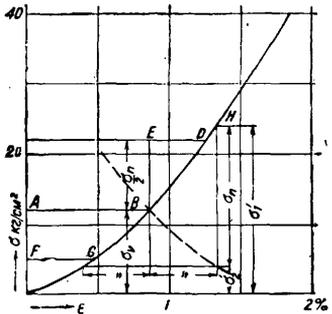
и

$$\sigma_2 = \sigma_v - \frac{\sigma_n}{2} = 2 \text{ кг/см}^2;$$

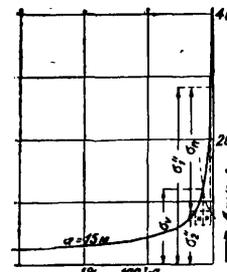
удлинение ведущей части, соответствующее напряжению  $\sigma_1 = 22$  кг/см<sup>2</sup>, определится точкой  $D$  и следовательно ведущая часть дополнительно удлинится на величину  $ED$ , но на ту же величину  $ED$  должна укоротиться ведомая часть, так как  $\sigma_2 = \sigma_v - \frac{\sigma_n}{2}$ ; уменьшив удлинение  $AB$  на величину  $ED$ , получим оставшееся удлинение ведомой части  $FG = AB - ED$ , но удлинению  $FG$  соответствует напряжение  $\sigma_2 = 5$  кг/см<sup>2</sup> и следовательно  $\sigma_1 - \sigma_2$  будет равняться

$17$  кг/см<sup>2</sup>, а не  $20$  кг/см<sup>2</sup>, как требовалось по заданию. Следовательно ур-ие (10) для действительных ремней не будет соответствовать наблюдаемым явлениям. Правильное решение мы получим, если в точке  $B$  (фиг. 12) построим зеркальное изображение кривой удлинения и на вертикальной стороне прямого угла отложим от вершины отрезок  $=\sigma_n$ ; перемещая затем вычерченный угол так, чтобы его точка  $H$  все время находилась на кривой удлинения ремня, продолжают это перемещение до того момента, когда перпендикуляр, опущенный из точки  $B$ , разделит другую сторону перемещаемого прямого угла пополам, тогда точка  $H$  дает действительное напряжение  $\sigma'_1 = 23,9$  кг/см<sup>2</sup> ведущей части ремня и  $\sigma'_2 = 3,9$  кг/см<sup>2</sup> будет действительное напряжение ведомой части ремня;  $\sigma'_1 - \sigma'_2 = \sigma_n = 20$  кг/см<sup>2</sup>, как это требовалось по заданию.

Влияние неодинакового провисания м. б. по Кудбаху определено след. обр. Если бы ремень совершенно не обладал свойством упругости, тогда напряжения в его ведущей и ведомой частях могли бы быть определены по кривой провисания (фиг. 13) путем вышеизложенного построения зеркального изображения кривой, напр. при напряжении  $\sigma_v$  предварительной натяжки для заданного полезного напряжения  $\sigma_n$  получим напряжение в ведомой части ремня равным  $\sigma'_2$  и в ведущей части ремня равным  $\sigma'_1$ . Так как в реально работающем ремне одновременно оказывают действие и эластичность (упругость) ремня и его провисание, то при любом изменении провисания вследствие изменения напряжения части ремня будут испытывать соответствующее упругое удлинение или укорачивание. В соответствии с этим Кудбах предложил для



Фиг. 12.



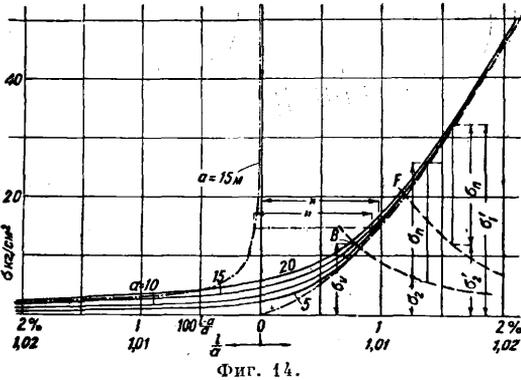
Фиг. 13.

ремня равным  $\sigma'_2$  и в ведущей части ремня равным  $\sigma'_1$ . Так как в реально работающем ремне одновременно оказывают действие и эластичность (упругость) ремня и его провисание, то при любом изменении провисания вследствие изменения напряжения части ремня будут испытывать соответствующее упругое удлинение или укорачивание. В соответствии с этим Кудбах предложил для

определения истинных величин напряжений пользоваться построенными на основе опытных наблюдений характеристическими кривыми напряжений-удлинений (фиг. 14), для построения которых соответствующие значения  $\frac{l}{a}$  (фиг. 6) для различных расстояний  $a$  между точками схода ремня со шкива увеличивают в том же масштабе на величины удлинения, соответствующие возникающим напряжениям согласно фиг. 12. Для примера это построение изображено выполненным для кривой провисания при  $a = 15$  м, начерченной на фиг. 14 пунктирной линией. Строя в точке  $B$  (фиг. 14), соответствующей заданному напряжению  $\sigma_n$ , зеркальное изображение характеристической кривой напряжений-удлинений, по заданному полезному напряжению  $\sigma_n$  легко получим напряжения  $\sigma_2$  и  $\sigma_1 = \sigma_n + \sigma_2$  в ведомом и в ведущем концах работающего ремня.

При больших скоростях влияние центробежной силы, частично уменьшающей величины напряжения от предварительного натяжения, с достаточной для практики точностью можно приближенно учесть след. образом.

Из диаграммы напряжений-удлинений (фиг. 7) определяют для заданного предварительного напряжения  $\sigma_0$  и заданного напряжения от центробежной силы  $\sigma_c$  свободное напряжение холостого хода  $\sigma'_0$  путем помещения отрезка  $GF = \sigma_c$  между кривой напряжений-удлинений  $BDE$  и проведенным через точку  $E$

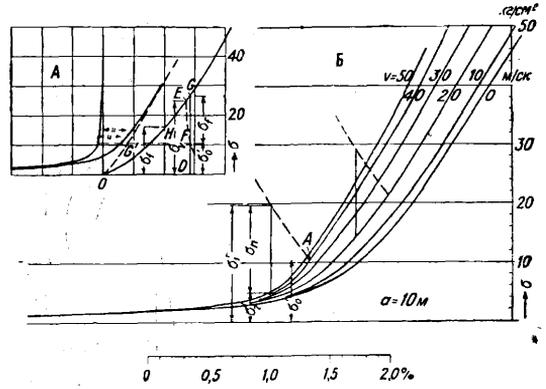


Фиг. 14.

зеркальным изображением кривой провисания  $EF$  для заданного расстояния между осями. Точку  $F$  переносят на соответствующую данному расстоянию между осями характеристику (фиг. 14); проводя затем через точку  $F$  зеркальное изображение этой же характеристики и помещая полезное напряжение  $\sigma_n$  между обеими кривыми, находим свободные напряжения  $\sigma'_1$  и  $\sigma'_2$  в обеих ветвях ремня. Максимальное напряжение будет на величину  $\sigma_f$  в каждой ветви больше.

Более точное определение напряжений, имеющих место в работающем ремне, получается по следующему способу Штиля. Зная напряжение  $\sigma_0$  от предварительного напряжения, соответствующее точке  $E$  (фиг. 15, А), и зная скорость движения ремня, подсчитав напряжение  $\sigma_c$  от центробежной силы, легко получаем свободное напряжение  $\sigma'_0 = DF$  при холостом ходе, находя и суммарное напряжение  $\sigma'_0 + \sigma_c = DG$  в обеих ветвях ремня. Для выявления изменений в напряжениях при работе ремня и определения полезного напряжения  $\sigma_n$  Штиль пользуется частью кривой

удлинения ремня, уменьшая ее на величину, соответствующую напряжению  $\sigma_f$ , и строя оставшуюся часть кривой удлинения, помещая точку  $H$  в начало координат в точке  $O$ , так что напр. отрезок  $OG'$  будет равняться отрезку  $HG$  (фиг. 15, А). Абсциссы этой новой кривой удлинения складывают с абсциссами кривой провисания и получают характеристическую



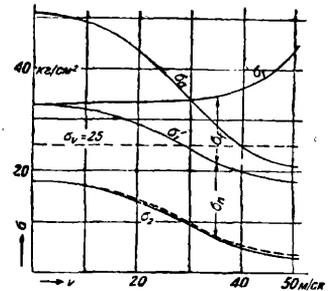
Фиг. 15.

кривую для определения напряжений в работающем ремне. При этом способе для каждого расстояния между осями валов и для каждой скорости ремня нужно строить соответствующую характеристику, т. к. кривую удлинения изменяют, как было указано, в зависимости от  $\sigma_f$ . Зная кривые характеристик, Штиль, определяя для заданного напряжения  $\sigma_n$  и для заданной скорости (напр. 40 м/сек) движения ремня напряжения  $\sigma_f$  и  $\sigma'_0$  на характеристике (для скорости 40 м/сек), находит точку  $A$ , соответствующую напряжению  $\sigma'_0$ , и по зеркальному изображению этой характеристики определяет при заданном  $\sigma_n$  неполные напряжения  $\sigma'_1$  и  $\sigma'_2$  в ведомом и ведущем концах ремня. На фиг. 15, Б даны расчетные характеристики для расстояния  $a$  между точками схода ремня со шкивов = 10 м для скоростей 10, 20, 30, 40 и 50 м/сек.

Сумма свободных напряжений  $\sigma'_1 + \sigma'_2$  дает силу осевого давления  $\sigma_a$ , относенную к 1 см<sup>2</sup> поперечного сечения ремня. На фиг. 16 для Р. п. при  $a = 10$  м даны зависимости напряжений от скоростей движения ремня. Из диаграммы видно,

что при увеличении скорости осевое напряжение  $\sigma_a$  сперва быстро, а затем медленно уменьшается, но зато напряжение  $\sigma_1$  в ведущей части ремня резко увеличивается. Пунктирной кривой на той же диаграмме даны значения для свободного напряжения  $\sigma'_2$  в ведомой части ремня, полученные по вышеизложенному приближенному способу Куцбаха (фиг. 14).

При наклонном расположении ремня влияние провисания ремня на получающиеся напряжения уменьшается, влияние это исчезает при вертикальном расположении ремня.



Фиг. 16.

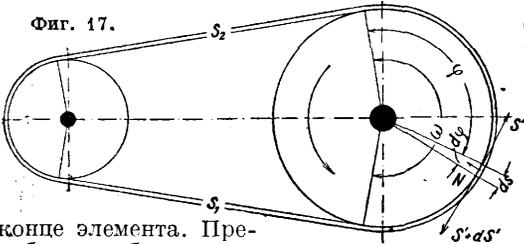
Зависимость между силами  $S_1$  и  $S_2$  натяжения ведущей и ведомой частей ремня определяется из ур-ий:

$$S'_1 = \sigma'_1 \cdot b \cdot s \text{ и } S'_2 = \sigma'_2 \cdot b \cdot s, \quad (11)$$

отношение

$$\frac{S'_1}{S'_2} = \frac{\sigma'_1}{\sigma'_2} = m \quad (12)$$

зависит от силы трения, возникающей между поверхностями ремня и шкива, благодаря к-рой сила натяжения  $S'$  на одном конце бесконечно малого элемента ремня  $ds$  (фиг. 17) увеличивается до величины  $S' + dS'$  на другом



конце элемента. Пренебрегая бесконечно малыми величинами второго порядка, можно написать ур-ие радиального давления ремня на поверхность шкива

$$N = S' \frac{d\varphi}{2} + (S' + dS') \frac{d\varphi}{2} = S' d\varphi,$$

это давление вызывает силу трения

$$\mu \cdot N = \mu \cdot S' d\varphi,$$

где  $\mu$  — коэф. трения; ур-ие равновесия будет иметь вид

$$S' + dS' - S' - \mu \cdot S' d\varphi = 0,$$

откуда]

$$\frac{dS'}{S'} = \mu d\varphi \text{ и } \ln S' = \mu\varphi_1 + C,$$

откуда

$$S' = C \cdot e^{\mu\varphi}.$$

Т. к. при  $\varphi = 0$   $S' = S_2$  и при  $\varphi$ , равном углу  $\omega$  обхвата,  $S' = S_1$ , то следовательно  $C = S_2$ , и ур-ие сил натяжения напишется в следующем виде:

$$S_1 = S_2 \cdot e^{\mu\omega}, \quad (13)$$

$$S_1 : S_2 = e^{\mu\omega}. \quad (13a)$$

Эта зависимость дана Эйтельвейном в предположении постоянства коэф. трения  $\mu$  и без учета влияния скорости  $v$ , поэтому и м. б. рассматриваема лишь как приближенная ф-ла. При учете влияния скорости  $v$  в предположений  $\mu = \text{Const}$ , при весе  $q$  погонной единицы длины связи, аналогично определяют:

$$S_1 - \frac{q}{g} v^2 = \left( S_2 - \frac{q}{g} v^2 \right) e^{\mu\omega}.$$

Так как

$$S_1 - S_2 = P,$$

то

$$S_1 = P \frac{e^{\mu\omega}}{e^{\mu\omega} - 1} + \frac{q}{g} v^2, \quad (14)$$

$$S_2 = P \frac{1}{e^{\mu\omega} - 1} + \frac{q}{g} v^2, \quad (15)$$

$$P = \left( S_1 - \frac{q}{g} v^2 \right) \cdot \frac{e^{\mu\omega} - 1}{e^{\mu\omega}} = \left( S_2 - \frac{q}{g} v^2 \right) (\mu\omega - 1). \quad (15a)$$

Пользуясь основной формулой гиперболических функций

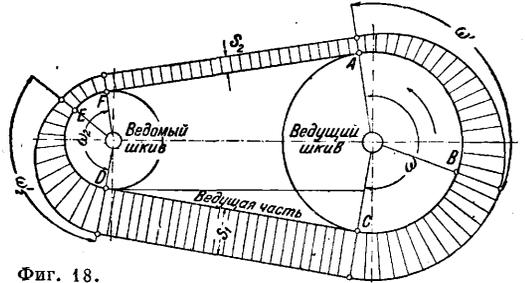
$$\text{ctgh } \varphi = \frac{e^\varphi + e^{-\varphi}}{e^\varphi - e^{-\varphi}},$$

ур-ия (14) и (15) приводят к виду

$$S_1 = \frac{P}{2} \left( \text{ctgh } \frac{1}{2} \mu\omega + 1 \right) + \frac{q}{g} v^2, \quad (16)$$

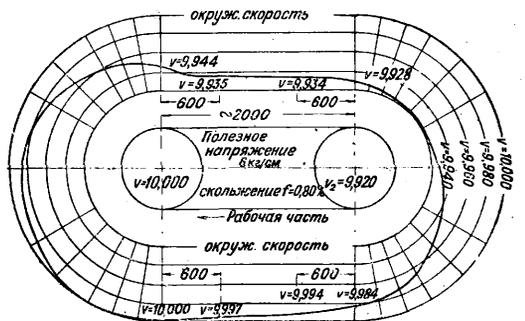
$$S_2 = \frac{P}{2} \left( \text{ctgh } \frac{1}{2} \mu\omega - 1 \right) + \frac{q}{g} v^2, \quad (17)$$

удобному для вычисления по таблицам гиперболич. функций. В работающем ремне сила натяжения  $S$  меняется от  $S_1$  до  $S_2$ ; повышение силы натяжения ремня до  $S_1$  происходит на той части ремня, к-рая идет по ведущему шкиву (фиг. 18), передающему ремню окружное усилие  $P$ ; сила  $S_1$  по мере передачи окружного усилия ведомому шкиву снова уменьшается до величины  $S_2$  в ведомой части ремня. В соответствии с увеличением силы  $S$  на ведущем шкиве ремень удлиняется, благодаря чему происходит его скольжение по шкиву; на ведомом шкиве ремень при уменьшении силы  $S_1$  до величины  $S_2$  укорачивается, вследствие чего и на ведомом шкиве также происходит проскальзывание ремня. Это скольжение ремня не происходит равномерно по всей охватываемой ремнем поверхности шкива; скольжение в зависимости от величины действующей силы распространяется по шкиву на нек-рую дугу  $AB = \omega'$  ведущего шкива, за точкой  $B$



Фиг. 18.

уже не происходит скольжения; если же область скольжения ремня распространяется на весь угол обхвата  $\omega$ , т. е. дойдет до точки  $C$  набегаия ремня на шкив, будет происходить пробуксовывание всего ремня по шкиву. На ведомом шкиве скольжение будет происходить по длине нек-рой дуги  $DE = \omega'_2$ , на дуге же  $EF$  ремень будет работать без скольжения. В силу сказанного окружные скорости ведущего и ведомого шкивов не будут равны между

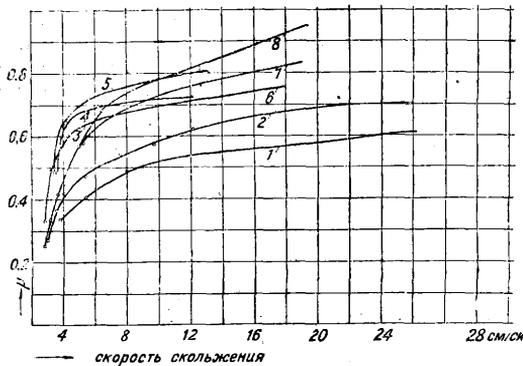


Фиг. 19.

собой; в правильно работающей передаче эта разница не должна превышать 3%. Исследования, проведенные для выявления различных скоростей в отдельных точках работающего ремня, вполне подтвердили изложенные соображения, как это видно из диаграммы (фиг. 19) результатов испытания передачи с

резиновым ремнем при окружной скорости ведущего шкива = 10 м/сек, расстоянии между осями шкивов = 2 м и при полезном напряжении  $\sigma_n$ , равном 6 кг/см.

Сила трения ремня. Исследования Льюиса, Каммерера, Стефана, Фридриха и др. показали, что коэф. трения  $\mu$  в Р. п. не является величиной постоянной, равной 0,28, как это было общепринято до недавнего времени и как это имеет место для трения кожи по железу при очень малых скоростях. При угле охвата  $\omega = \pi$  и при  $\mu = 0,28$  отношение  $S_1/S_2 = e^{\mu\omega} = e^{0,8792} = 2,41$ . Согласно проведенным опытам  $\mu$  зависит от скорости скольжения ремня по шкиву, от состояния поверхностей шкива и ремня, от скорости движения ремня, от материала и способа изготовления самого ремня и от диаметра шкивов. Закон трения твердых тел относительно сохраняет силу только для случая совершенно свободных от жира поверхностей ремня и шкива, т. е. для новых, непромасленных (непрожированных) ремней. В том случае, когда на поверхности ремня или шкива будет иметься хотя бы тончайший слой жидкости, сила трения в значительной степени будет зависеть от величины внутреннего сопротивления сдвигу этой жидкости, т. е. от переменной величины, в свою очередь зависящей от  $t^2$ , вязкости, скорости скольжения, состояния трущихся поверхностей и пр. Эти условия увеличивают коэф. трения  $\mu$  во много раз: он достигает значений, равных 1,44 и даже до 1,67, что соответствует при  $\omega = \pi$  величине  $S_1/S_2 = e^{\mu\pi} = 90$ . Свойства материала ремня влияют относительно меньше на величину  $\mu$ , и величина действующей силы определяется свойствами и количеством жировой смазки, которой пропитан ремень. Тонкий и гладкий жировой слой способствует сохранению поверхности ремня и в то же время благодаря этому слою возможно осуществить большие силы трения, возрастающие при увеличении скорости скольжения ремня; поэтому при работе ремня с большими скоростями должны применяться гибкие, мягкие и хорошо прожированные ремни. При работе хорошо прожированных ремней сила трения зависит также от величины поверхностей скольжения, поэтому выгоднее иметь



Фиг. 20.

широкие ремни и относительно большие diam. шкивов. Нужно отметить, что только при очень небольших скоростях сила трения увеличивается с шероховатостью поверхностей скольжения. На основании произведенных опытных изысканий Барт рекомендует опреде-

ление коэф-та трения  $\mu$  производить по Ф-ле:

$$\mu = 0,54 - \frac{14}{50+20v}, \quad (18)$$

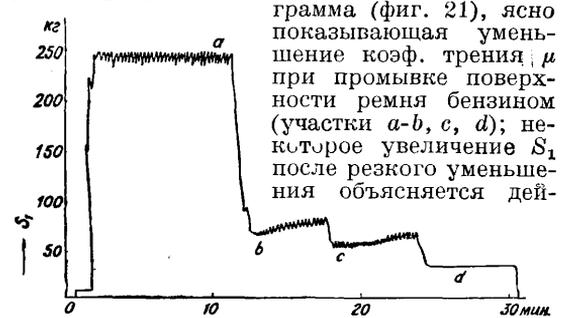
где  $v$  — скорость ремня в м/сек.

Скутти дает следующую зависимость:

$$\mu = 0,15(1 + 0,1v).$$

Диаграмма (фиг. 20) дает зависимость  $\mu$  для кожного ремня в зависимости от скорости скольжения: для чугунных шкивов кривые 1 и 2, для шкивов, оклеенных бумагой, кривые 3, 4 и 5 и для хорошо прожированных ремней кривые 6, 7 и 8.

Падение силы натяжения  $S_1$  в ведущей части ремня при уменьшении слоя смазки дает диа-



Фиг. 21.

граммой (фиг. 21), ясно показывающая уменьшение коэф. трения  $\mu$  при промывке поверхности ремня бензином (участки a-b, c, d); некоторое увеличение  $S_1$  после резкого уменьшения объясняется дей-

ствием жира, постепенно снова выступающего на поверхность ремня.

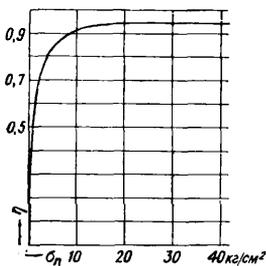
**Потери в Р. п. и ее кпд.** Потери в Р. п. обуславливаются: во-первых, имеющим место упругим скольжением ремня по шкиву, благодаря чему скорость вращения ведомого шкива будет меньше и следовательно меньшей будет и передаваемая им работа; вторым фактором потерь являются потери от сопротивления воздуха, т. к. при движении ремня последний своей поверхностью, так же как и поверхность шкивов, трется о воздух. Кроме того при работе Р. п. происходит завихрение воздуха от вращающихся спиц шкивов и от набегания ремня на шкив. При небольших скоростях эти потери незначительны, но при больших скоростях ремня ими пренебрегать нельзя, т. к. эти потери возрастают пропорционально квадрату скорости. Явления гистерезиса, происходящие при попеременном удлинении и укорачивании ремня в связи с изменением сил  $S_1$  и  $S_2$ , также являются одной из причин потерь. При колебании напряжений в ремне от 1 кг/см<sup>2</sup> до 19 кг/см<sup>2</sup> по данным Барта потери от упругого гистерезиса достигают 0,16%, при тканых ремнях вследствие потерь на трение между отдельными нитями эти потери будут несколько большими. Кроме того всегда имеют место потери от трения в подшипниках валов. При скользящих подшипниках эти потери достигают от 2 до 5%, при шариковых и роликовых подшипниках — от 1 до 2% передаваемой мощности. Ко всем этим потерям нужно прибавить еще потери от изгибания ремня. Коэффициент полезного действия Р. п.

$$\eta = \frac{N}{N + V} = \frac{\sigma_n}{\sigma_n + \sigma_v}, \quad (19)$$

где  $N$  — передаваемая полезная мощность,  $V$  — мощность, соответствующая сумме всех потерь,  $\sigma_n$  — напряжение, соответствующее сумме потерь. Зависимость кпд  $\eta$  от полезного напряжения  $\sigma_n$  дана на фиг. 22, 23 и 24 по

наблюдениям Каммерера, Нитгаммера и Чепека, на фиг. 22 для ремня, работающего при среднем коэф. удлинения,  $\alpha = \frac{1}{2250} \text{ см}^2/\text{кг}$ . Фиг.

23 дает две заштрихованные области *a* и *b*, в пределах к-рых при различных испытаниях получались значения  $\eta$  для ординарного ремня, причем область *a* относится к передаче с диам. шкива, равным 600 мм, область *b* — к передаче со шкивами, имеющими диам. 125 и 2500 мм. Из диаграммы ясно видно влияние диаметра шкива на кпд передачи; фиг. 24 дает кпд для двойного ремня. На диаграммах (фиг. 22, 23 и 24) исключено



Фиг. 22.

влияние на  $\eta$  трения в подшипниках и сопротивления воздуха движению шкивов.

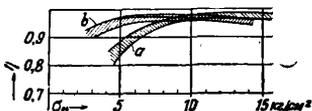
Кроме кпд удобным и наглядным коэф. для сравнения различных Р. п. служит отношение

$$\varphi = \frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2} = \frac{S_n}{2S_m} = \frac{S_n}{S_a}, \quad (20)$$

где  $S_n$  — сила полезного натяжения ремня и  $S_m = \frac{S_1 + S_2}{2}$  — сила среднего натяжения ремня;

чем больше  $\varphi$ , тем совершеннее с точки зрения «прилипания» ремня будет ременная передача при  $S_2 = 0$  и коэф.  $\varphi = 1$ .

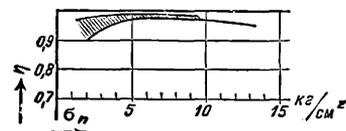
Ряд испытаний, произведенных Купбахом, дает ясно выраженную зависимость  $\varphi$  от качества ремня, его состояния и от величины скольжения ремня по шкиву. Диаграмма фиг. 25 дает зависимость  $\varphi$  от скорости скольжения для Р. п. с непрожированным, дубленным растительным дубителем ремнем, работающим по шкиву мездровой стороной, при различных напряжениях  $k_m$  от предварительного натяжения. Величины напряжений  $\varphi$  от предварительного натяжения, отнесенные к единице ширины ремня, указаны непосредственно на самих кривых. Кроме величины скольжения в % указаны скорости скольжения ( $v_{g1} + v_{g2}$ ) в м/сек, где  $v_{g1}$  есть относительная скорость скольжения ремня по ведущему шкиву и  $v_{g2}$  — по ведомому шкиву. Зависимость  $\varphi$  от скольжения



Фиг. 23.

прожированного ремня при тех же условиях опыта дана на фиг. 26; из этой последней диаграммы видно, что даже при незначительном относительно упругом скольжении (ок. 1—2%)  $\varphi$  достигает величины, близкой к 1.

Коэффициент использования  $\psi = \frac{S_n}{S_1} = \frac{S_1 - S_2}{S_1}$  также дает удобную оценку совершенства Р. п.; зависимость коэф.  $\psi$  от  $\varphi$  дана в виде кривой *b* на фиг. 27, на той же фиг. кривая *a* — соотношение между  $S_1$  и  $S_2$  в % в зависимости от  $\varphi$  и от  $\psi$ , кривая *c* указывает зависимость  $S_n$  как от величины  $\varphi$ , так и от величины  $\psi$ .

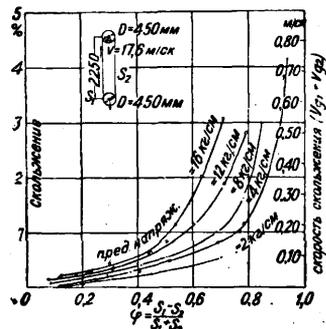


Фиг. 24.

прожированного ремня при тех же условиях опыта дана на фиг. 26; из этой последней диаграммы видно, что даже при незначительном относительно упругом скольжении (ок. 1—2%)  $\varphi$  достигает величины, близкой к 1.

Коэффициент использования  $\psi = \frac{S_n}{S_1} = \frac{S_1 - S_2}{S_1}$  также дает удобную оценку совершенства Р. п.; зависимость коэф.  $\psi$  от  $\varphi$  дана в виде кривой *b* на фиг. 27, на той же фиг. кривая *a* — соотношение между  $S_1$  и  $S_2$  в % в зависимости от  $\varphi$  и от  $\psi$ , кривая *c* указывает зависимость  $S_n$  как от величины  $\varphi$ , так и от величины  $\psi$ .

Устройство Р. п. По конструктивному выполнению различают передачи при параллельных осях валов — открытую (фиг. 28) и перекрестную (фиг. 29), при перекрещивающихся под прямым углом валах — полуперекрестную (фиг. 30) и при перекрещивающихся под любым углом валах — передачу под углом. Т. к. передаваемое передачей усилие *U*, вообще говоря, изменяется, то с изменением *U* изменяются и силы натяжения  $S_1, S_2$ . Чем меньше расстояние между шкивами, тем быстрее будет происходить изменение натяжения  $S_1$  и  $S_2$  и с тем большим скольжением ремня по шкиву оно будет связано, что может повлечь к сбрасыванию ремня. Если, с другой стороны, сделать расстояние очень значительным, то ремень при колебании нагрузки будет бить. Р. п. обычно работают или с предварительным натяжением или с натяжным шкивом, поэтому расстояния *l* между осями выполняются относительно



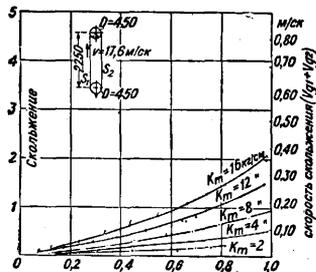
Фиг. 25.

небольшими. Только в виде исключения имеются передачи с расстояниями  $l = 20 \text{ м}$ , обычно  $l < 18 \text{ м}$ . Для открытой ременной передачи наименьшее расстояние между осями можно определить по эмпирическим  $\varphi$ -лам:

$$l = D + 80 \frac{n_1}{n_2} \text{ или } l = D + d + 200, \quad (21)$$

где  $D$  и  $d$  — диам. большого и малого шкивов в см,  $n_1$  и  $n_2$  — числа оборотов малого и большого шкивов. Геркенс рекомендует для ремней шириною  $\leq 100 \text{ мм}$  брать  $l = 5 \text{ м}$ , для более широких ремней брать  $l \geq 10 \text{ м}$ .

Если передаваемая нагрузка сильно колеблется, то расстояния  $l$  следует брать большим, чем оно получается из формул (21). При всех случаях Р. п., за исключением передач с открытым ремнем, ремень в большей или меньшей степени перекручивается, вследствие чего имеет место неравномерное удлинение и напряжения его волокон. Эта неравномерность возрастает при увеличении ширины ремня и диаметра шкива и уменьшается с увеличением расстояния  $l$  между осями шкивов. Правиль-



Фиг. 26.

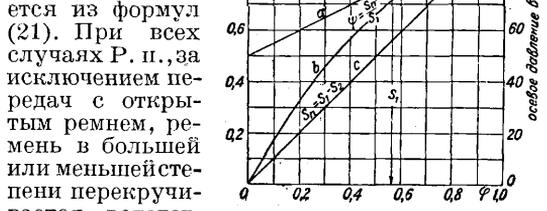
Если передаваемая нагрузка сильно колеблется, то расстояния  $l$  следует брать большим, чем оно получается из формул (21). При всех случаях Р. п., за исключением передач с открытым ремнем, ремень в большей или меньшей степени перекручивается, вследствие чего имеет место неравномерное удлинение и напряжения его волокон. Эта неравномерность возрастает при увеличении ширины ремня и диаметра шкива и уменьшается с увеличением расстояния  $l$  между осями шкивов. Правиль-

Если передаваемая нагрузка сильно колеблется, то расстояния  $l$  следует брать большим, чем оно получается из формул (21). При всех случаях Р. п., за исключением передач с открытым ремнем, ремень в большей или меньшей степени перекручивается, вследствие чего имеет место неравномерное удлинение и напряжения его волокон. Эта неравномерность возрастает при увеличении ширины ремня и диаметра шкива и уменьшается с увеличением расстояния  $l$  между осями шкивов. Правиль-

Если передаваемая нагрузка сильно колеблется, то расстояния  $l$  следует брать большим, чем оно получается из формул (21). При всех случаях Р. п., за исключением передач с открытым ремнем, ремень в большей или меньшей степени перекручивается, вследствие чего имеет место неравномерное удлинение и напряжения его волокон. Эта неравномерность возрастает при увеличении ширины ремня и диаметра шкива и уменьшается с увеличением расстояния  $l$  между осями шкивов. Правиль-

Если передаваемая нагрузка сильно колеблется, то расстояния  $l$  следует брать большим, чем оно получается из формул (21). При всех случаях Р. п., за исключением передач с открытым ремнем, ремень в большей или меньшей степени перекручивается, вследствие чего имеет место неравномерное удлинение и напряжения его волокон. Эта неравномерность возрастает при увеличении ширины ремня и диаметра шкива и уменьшается с увеличением расстояния  $l$  между осями шкивов. Правиль-

Если передаваемая нагрузка сильно колеблется, то расстояния  $l$  следует брать большим, чем оно получается из формул (21). При всех случаях Р. п., за исключением передач с открытым ремнем, ремень в большей или меньшей степени перекручивается, вследствие чего имеет место неравномерное удлинение и напряжения его волокон. Эта неравномерность возрастает при увеличении ширины ремня и диаметра шкива и уменьшается с увеличением расстояния  $l$  между осями шкивов. Правиль-



Фиг. 27.

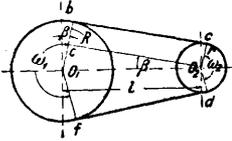
Если передаваемая нагрузка сильно колеблется, то расстояния  $l$  следует брать большим, чем оно получается из формул (21). При всех случаях Р. п., за исключением передач с открытым ремнем, ремень в большей или меньшей степени перекручивается, вследствие чего имеет место неравномерное удлинение и напряжения его волокон. Эта неравномерность возрастает при увеличении ширины ремня и диаметра шкива и уменьшается с увеличением расстояния  $l$  между осями шкивов. Правиль-

ное расстояние по мнению Баха м. б. установлено только опытным путем; для полуперекрестной передачи с диам.  $d$  ведущего шкива Фелькерс рекомендует определять расстояние  $l$  по ур-ю:

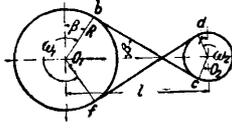
$$l \geq 10 \sqrt{bd}.$$

Геркенс для полуперекрестной передачи рекомендует брать  $l \geq 4d$  или  $l \geq 20b$ , причем  $l$  берется по большей из этих величин.

Если расстояние  $l$  получается слишком малым, прибегают к устройству с натяжным роликом, при помощи к-рого значительно м. б. увеличен угол охвата и благодаря этому

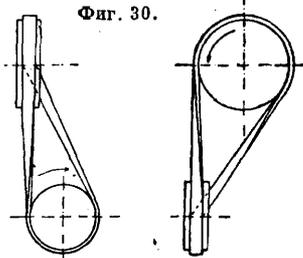


Фиг. 28.



Фиг. 29.

относительно меньшее натяжение будет достаточным; недостатком передачи с натяжным роликом является ухудшение условий работы ремня, так как ремень при работе все время перегибается в противоположных направлениях. Для правильной работы передачи необходимо расположить шкивы так, чтобы конец ремня, набегающий на шкив, двигался все время в направлении, совпадающем со средней плоскостью этого шкива; сбегающий конец может отклоняться в сторону на угол до  $25^\circ$  (обычно до  $15^\circ$ ), если это условие не будет удовлетворено, ремень будет сбежать со шкива. При скрепляющихся валах передача м. б. осуществлена без применения направляющих роликов. Для этого случая теоретически достаточно так расположить шкивы,



Фиг. 30.

чтобы линия пересечения их средних плоскостей касалась обеих окружностей в точках сбегающего ремней, как это изображено на фиг. 31. При таком устройстве передачи изменить направление вращения валов нельзя, и если нужно изменить направление вращения одного из шкивов, то нужно изменить и расположение шкивов, например так, как это указано на фиг. 32 для изменения направления вращения нижнего шкива. Указанное теоретич. требование является справедливым для ремня с бесконечно малым сечением; т. к.

в действительности ремень представляет собой упругую ленту прямоугольного сечения, часто значительной ширины, то при соблюдении указанного выше правила средняя линия набегающего конца ремня должна быть сдвинута на половину толщины ремня внутрь двугранного угла, образованного средними плоскостями шкивов, т. е. к точке скрещения осей. Кроме сдвигания внутрь ремень будет скручиваться, причем внутренняя кромка ремня, направленная к точке скрещения осей, будет все время короче внешней. Благодаря вытягиванию внешней кромки ремень при движении будет прижиматься к шкиву сильнее

внутренним краем, поэтому равнодействующая сила натяжения ремня будет расположена ближе к внутреннему краю ремня, не совпадая с его средней линией. Под влиянием указанного отклонения равнодействующей силы натяжения получаются в местах набегающего ремня боковые силы, направленные наружу, благодаря чему ведущий конец ремня, набегающий на ведущий шкив, и ведомый конец имеют стремление сдвигаться к наружному краю. Увеличение силы натяжения первоначально неравномерно напряжение ремня вызывает перемещение равнодействующей силы натяжения ближе к средней линии ремня, напротив, уменьшение нагрузки влечет за собою увеличение влияния неравномерного распределения нагрузки и следовательно вызывает дополнительное смещение линии действия сил от средней линии к внутреннему краю ремня. Поэтому чем больше передаваемая ремнем сила  $U$  при данном первоначальном натяжении  $S_0$ , тем больше  $S_1$  и тем меньше  $S_2$ ; следовательно тем меньше будет ведущий конец и тем больше ведомый смещаться наружу при прочих одинаковых условиях их работы. Поэтому целесообразнее строить передачу так, чтобы оба шкива были несколько сдвинуты наружу против их теоретич.

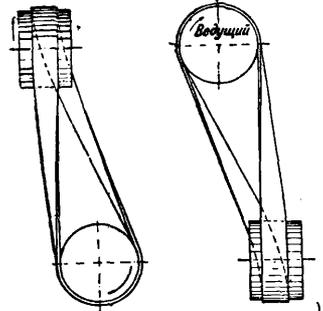


Фиг. 31.

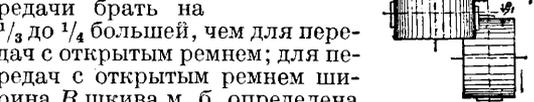


Фиг. 32.

положения, причем ведомый шкив д. б. сдвинут относительно больше ведущего. Бах рекомендует ведомый шкив сдвигать на величину  $e_2 = 0,5$  до  $0,6 b$  и ведущий шкив на величину  $e_1 = 0,1$  до  $0,2 b$  (фиг. 33);  $b$ —ширина ремня. Ширину шкивов следует для полуперекрестной передачи брать на  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{1}{4}$  большей, чем для передач с открытым ремнем; для передач с открытым ремнем ширина  $B$  шкива м. б. определена по ф-ле:  $B = 1,1 b + 1$  см. Помини рекомендует для полуперекрестных передач брать ширину шкива  $B \approx 1,5 b$ . Т. к. при полуперекрестной передаче ремень, вытягиваясь, принимает серповидную форму, то Геркенс выполняет для таких передач ступенчатые ремни с наружным краем, выступающим больше внутреннего (фиг. 34); такая форма ремня имеет целью достигнуть наибольшего напряжения ремня вблизи середины его ширины.



Фиг. 33.

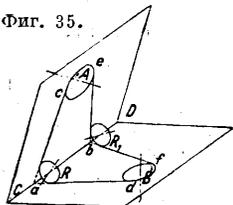


Фиг. 34.

Если при скрепляющихся валах положение шкивов задано и поэтому их нельзя расположить так, как было выше указано, то приходится пользоваться направляющими роликами, к-рые д. б. расположены в плоскостях касательных к окружностям  $A$  и  $B$  шкивов; для этого строят линию

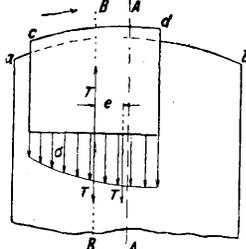
$CD$  пересечения плоскостей шкивов  $A$  и  $B$  (фиг. 35) и из любых ее двух точек, напр.  $a$  и  $b$ , проводят касательные  $ac, ad, be, bf$  к окружностям шкивов  $A$  и  $B$ . В плоскостях, определяемых прямыми  $ac, ad, be$  и  $bf$ , располагают направляющие ролики  $R$  и  $R_1$  т. о., чтобы их окружности касались указанных прямых.

Фиг. 35.



Ремень, который представляем себе в виде нити, набегают при этом на шкив прямо независимо от направления вращения шкивов. При таком устройстве каждый направляющий ролик имеет свою отдельную ось. При вращении передачи только в одну сторону направляющие ролики можно расположить на одной общей оси, располагая их в двух плоскостях, перпендикулярных линии  $CD$ , из к-рых одна должна касаться шкива  $A$  со стороны  $b$ , а другая—шкива  $B$  со стороны  $d$ ; тогда при вращении шкивов, указанном стрелками, ремень будет набегать на шкивы прямо. При обратном направлении вращения направляющие ролики при одной общей оси д. б. расположены в плоскостях, перпендикулярных к  $CD$  и касательных к шкивам  $A$  и  $B$  в точках  $c$  и  $f$ .

Предотвращение соскальзывания ремня. Так как Р. п. обычно имеют некоторые погрешности в устройстве, являющиеся следствием прогиба валов, одностороннего износа и других причин, необходимо предусмотреть меры к устранению опасности соскакивания ремня со шкива в виду наличия усилий, стремящихся сдвинуть ремень со шкива, о чем выше было изложено. Такой мерой служит применение шкивов с выпуклым ободом, на к-ром ремень удерживается автоматически. Если  $ab$ —профиль обода выпуклости шкива (фиг. 36),  $AA$ —его средняя плоскость и ремень сдвинулся влево в положение  $cd$ , то его средняя плоскость будет  $BB$ ; напряжение  $b$  в ремне изменяется от  $c$  к  $d$ , причем величина напряжения будет тем больше, чем больше окружность, огибаемая волокном; следовательно равнодействующая сила натяжения  $T$  не лежит в средней плоскости  $BB$  ремня, а приложена ближе к  $d$ ; переносим силу  $T$  в плоскость  $BB$ , получим пару с плечом  $e$ , дающую момент, к-рый будет двигать ленту к средней плоскости шкива. Очевидно, что в том случае, когда ремень, двигаясь в направлении к  $b$ , перейдет свое среднее на шкиве положение, в его сечении произойдет перераспределение внутренних сил, вследствие чего он снова будет передвинут к средней плоскости  $AA$  шкива. Но описанное преимущество выпуклого шкива имеет следующий недостаток: выпуклая форма обода растягивает середину ремня сильнее его края, что вызывает более высокое напряжение середины ремня. Для набегающего ведомого конца ремня, растягиваемого силою  $S_2$ , это увеличение напряжения будет меньше, чем для набегающего ведущего



Фиг. 36.

конца, растягиваемого силою  $S_1$ , поэтому Геркенс рекомендует для обычных ремней при скоростях ниже 25 м/сек применять выпуклый шкив в качестве ведомого, но не ведущего; при скоростях >25 м/сек он рекомендует как ведущий, так и ведомый шкивы брать выпуклыми. Вообще же можно рекомендовать во всех тех случаях, где обеспечена точность монтажа и где нельзя ожидать заметных деформаций вала, применять шкивы гладкие цилиндрические, как менее изнашивающие ремень. Перекрестные и полуперекрестные передачи как правило должны иметь цилиндрические шкивы и для полуперекрестных ремней, как было указано, шкивы д. б. относительно более широкими. Выпуклые шкивы должны иметь стрелку выпуклости настолько малой, насколько это возможно при условии достигнуть автоматического удержания ремня на шкиве; стрелка выпуклости  $W$  определяется из выражений:

$$W = \frac{1}{4} \sqrt{B} \text{ до } \frac{1}{3} \sqrt{B}$$

или

$$W = \frac{B}{60} + 1 \text{ мм,} \quad (22)$$

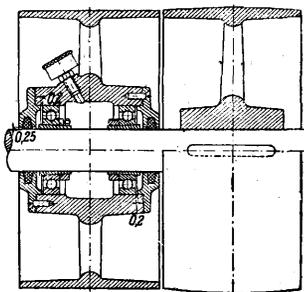
где  $B$ —ширина обода в мм.

Приспособления для остановки Р. п. Остановка Р. п. может быть осуществлена следующими четырьмя способами.

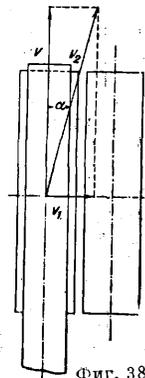
- 1) Помощью системы коренного и холостого шкивов путем передвижения ремня, в зависимости от надобности, с коренного шкива на холостой или обратно.
- 2) Употреблением натяжного шкива, увеличивающего когда нужно натяжение ведущей и ведомой частей ремня.
- 3) Путем изменения расстояния между осями валов, на которых насажены шкивы.
- 4) Применением совместно с Р. п. фрикционных муфт (см. *Муфты*).

Коренные шкивы, их конструкции и расчет—см. *Шкивы*.

Холостые шкивы. Для осуществления остановки Р. п. помощью холостого шкива на ведущий (реже на ведомый) вал сажают наглухо широкий шкив, ширина обода к-рого равна двойной ширине нормального шкива, точнее равна расстоянию между крайними внешними кромками у коренного и холостого шкивов, сидящих на ведомом (реже на ведущем) валу. Отличительной особенностью холостого шкива является его свободная посадка, благодаря чему холостой шкив свободно может вер-



Фиг. 37.

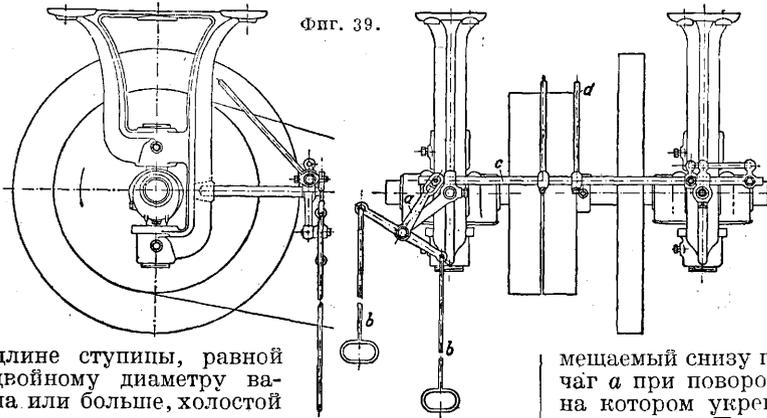


Фиг. 38.

теться на своем валу, не соприкасаясь с коренным шкивом своим ободом, чтобы уменьшить потерю работы на трение. Для предотвращения продольного перемещения холос-

того шкива вдоль вала часто применяют установочные кольца. Во время останова Р. п. ремень перемещают на холостой шкив. Чтобы ступица холостого шкива не истирала вал, ее снабжают или шариковыми подшипниками или бронзовой втулкой. Бах считает, что при

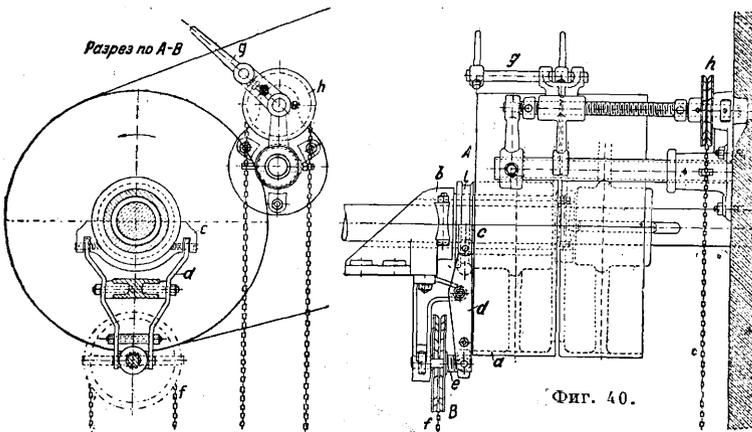
длиннее затруднения; недостатком этой системы установки холостого шкива является то обстоятельство, что при остановленной передаче холостой шкив вращается и следовательно происходит износ ремня. Стремление избежать износа ремня привело к постановке холостого шкива на ведущем валу; в этом случае при остановке передачи холостой шкив неподвижен, и ремень не изнашивается, но зато для перевода ремня требуется сначала привести холостой шкив во вращение, что требует более сложных передовных приспособлений. Конструктивное исполнение установки холостого шкива на ведомом валу дано на фиг. 39; для перевода ремня служит рычаг *a*, пере-



Фиг. 39.

длиннее ступицы, равной двойному диаметру вала или больше, холостой шкив можно сажать непосредственно на вал без всяких сменных втулок. Одна из конструкций холостого шки-

мешаемый снизу при помощи двух тяг *b*, рычаг *a* при повороте передвигает стержень *c*, на котором укреплена вилка *d*, охватывающая ремень. Примером постановки холостого шкива на ведущем валу может служить конструкция, изображенная на фиг. 40 и пред-



Фиг. 40.

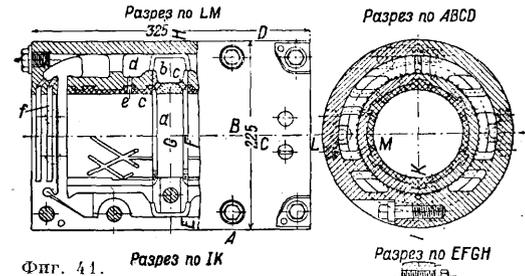
назначенная для передачи небольших мощностей. В этой установке холостой шкив *a* сидит непосредственно на ведущем валу, а на втулке кронштейна *b*. Так как для пуска в ход необходимо сначала дать вращение холостому шкиву, то при пуске передачи холостой шкив хомутом *c*, входящим в выточку *i* втулки шкива, перемещают вдоль оси и тем самым прижимают его к рабочему шкиву, благодаря чему он приводится последним в движение. Хомут *c* перемещают при помощи рычага *d*, винта *e* и цепного колеса *f*. Перевод ремня после приведения холостого шкива во вращение осуществляется вилкой *g* при помощи цепного колеса *h*. Кон-

ва на шариковых подшипниках дана на фиг. 37. Установка холостых шкивов должна иметь приспособление для передвижения ремня с рабочего шкива на холостой и обратно. Передвигать ремень со шкива на шкив можно легко только тогда, когда ремень движется. При движущемся ремне требуется очень небольшое усилие для его бокового перемещения. Передвигать следует всегда набегающий конец ремня. Если ремень набегаёт на шкив со скоростью *v* и ему сообщить боковое движение со скоростью *v<sub>1</sub>*, то его действительная скорость будет равняться *v<sub>2</sub>* (фиг. 38), причем  $v_1 = v_2 \sin \alpha$ . Сила трения *T<sub>1</sub>*, которую нужно преодолеть при боковом перемещении ремня, находится в такой же зависимости от силы трения *T* на ремне в состоянии покоя, т. е.

$$T_1 = T \sin \alpha.$$

Следовательно чем больше *v* и чем меньше *v<sub>1</sub>*, т. е. чем меньше угол  $\alpha$ , тем меньшее усилие надо приложить для перевода ремня. При постановке холостого шкива на ведомом валу холостой шкив вращается при остановленной передаче, поэтому перевод ремня на коренной шкив при пуске ведомого вала не встре-

длиннее затруднения; недостатком этой системы установки холостого шкива является то обстоятельство, что при остановленной передаче холостой шкив вращается и следовательно происходит износ ремня. Стремление избежать износа ремня привело к постановке холостого шкива на ведущем валу; в этом случае при остановке передачи холостой шкив неподвижен, и ремень не изнашивается, но зато для перевода ремня требуется сначала привести холостой шкив во вращение, что требует более сложных передовных приспособлений. Конструктивное исполнение установки холостого шкива на ведомом валу дано на фиг. 39; для перевода ремня служит рычаг *a*, пере-



Фиг. 41.

струкция втулки холостого шкива должна предусмотреть обеспечение рабочих поверхностей смазкой, причем при скользящих подшипниках смазка должна быть жидкой. На фиг. 41 дана конструкция втулки, пригодной для холостого шкива как для его посадки на ведущий вал, так и на ведомый вал. Кольцо *a*, снабженное реб-

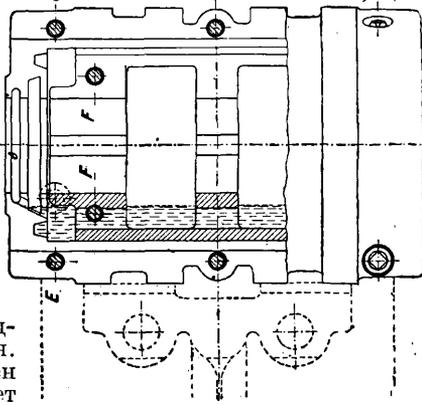
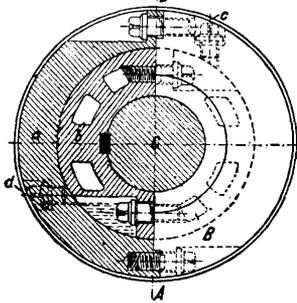
рами *b*, посаженное на вал, при вращении последнего поднимает масло вверх, и при малых скоростях масло по каналам *c* подводится к трущимся поверхностям; при больших скоростях масло под действием центробежной силы отбрасывается к ребрам *d* неподвижной

ную со стержнем *i*, на к-ром укреплены отводки (вилки) *k*. При тяге за канат *a* шкив *b* поворачивается, и собачка *d* захватывает шкив *f*, к-рый поворачивается на 180°. При помощи пальца *g* и кулисы *h* стержень *i* при этом повороте шкива *f* переместится вдоль

Разрез по EFG

Фиг. 42.

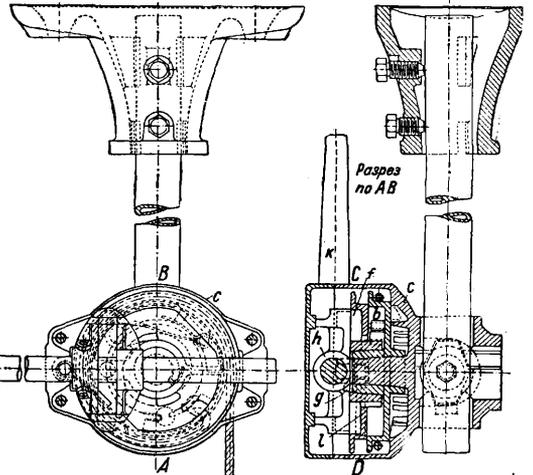
Разрез по ABCD



втулки и через отверстия *e* подводится к поверхностям трения. Если холостой шкив посажен на ведомом валу, т. е. будет вращаться вместе с втулкой, то ребра *d* вращающейся в этом случае втулки будут захватывать масло, которое при небольших скоростях будет подаваться к рабочим поверхностям через каналы *e*, а при больших скоростях масло будет отбрасываться к ребрам *b* неподвижного кольца и подаваться через отверстия *c*. Для предотвращения вытекания масла из втулки наружу предусмотрены маслоуловители *f*. Другая аналогичная конструкция дана на фиг. 42: масло, налитое в разъемную втулку *a*, при движении вала захватывается внутренней втулкой *b*, тоже разъемной, наглухо посаженной на валу. Центробежная сила способствует хорошей смазке трущихся поверхностей втулок *a* и *b*; холостой шкив укрепляется на втулке *a*. Масло наливается через канал *c*, закрываемый пробкой; за уровнем масла наблюдают с помощью канала *d*.

своей оси из одного крайнего положения в другое крайнее положение. При отпуске тягового каната пружина *e* поворачивает шкив *b* в исходное положение, т. е. на 180° назад, а шкив *f* и палец *g* остаются неподвижными; плоская пружина *l* обеспечивает шкив *f* от случайного поворота на угол, больший 180°. Если снова потянуть за тяговой канат *a*, то собачка *d* захватит уже второй зуб храповика шкива *f*, расположенный под углом 180° по отношению к первому зубу, и шкив *f* снова повернется в том же направлении на угол 180°, а кулиса *h* и отводки *k* переместятся в обратном направлении.

Р. п. с остановкой помощью натяжного ролика. При передачах с натяжным шкивом (роликом) (фиг. 2) остановка передачи осуществляется путем ослабления силы, прижимающей натяжной ролик, так что



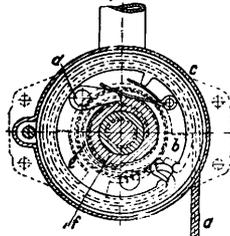
Фиг. 43.

Отводки. Применяемые для перевода ремня отводки чаще всего выполняют с двумя тягами (или двумя концами тяговой цепи); более совершенной является конструкция с одной только тягой, например, з-да Вюльфель (фиг. 43), т. к. такие отводки допускают включение и выключение ремня при движении тягового каната или цепи в одном и том же направлении, т. ч. не нужно думать, в каком направлении следует вертеть цепное колесо. В этой конструкции тяговой канат *a* закреплен на окружности шкива *b*, помещенного в картере *c*. Со шкивом связана спиральная пружина *e* и собачка *d*, упирающаяся в один из двух зубцов храповика второго шкива *f*. Палец *g* шкива *f* входит в кулису *h*, связан-

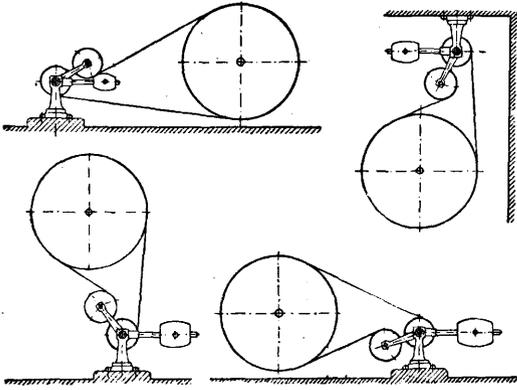
ремень будет скользить по шкивам. Этот способ остановки имеет значительные преимущества для передач с ткаными ремнями, перестановка к-рых с холостого на рабочий шкив и обратно ведет к порче кромки ремня. Натяжной ролик ставится всегда на ведомую часть ремня у меньшего шкива. Четыре

характерных расположения натяжного ролика даны на фиг. 44. При натяжном ролике угол охвата малого шкива значительно увеличивается, что дает возможность иметь малые расстояния между осями шкивов и значительно увеличить соотношения между диам. шкивов

Разрез по C-D

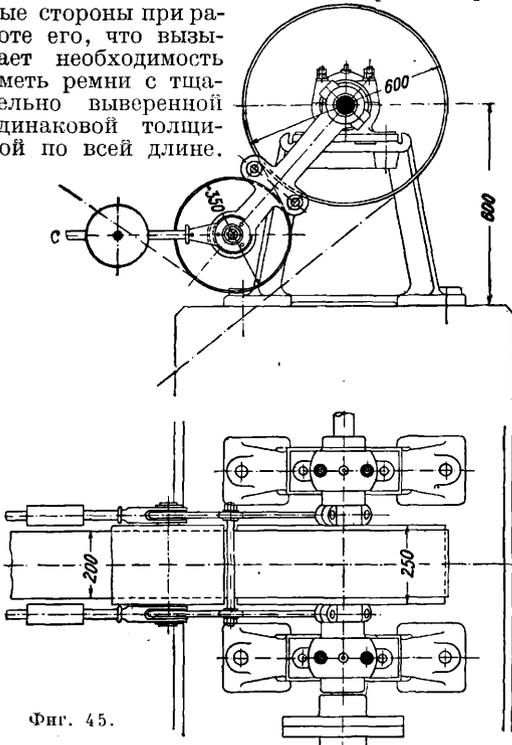


до 1 : 8 и даже до 1 : 20. Положительным качеством Р. п. с натяжным роликом является также и то обстоятельство, что сила натяжения



Фиг. 44.

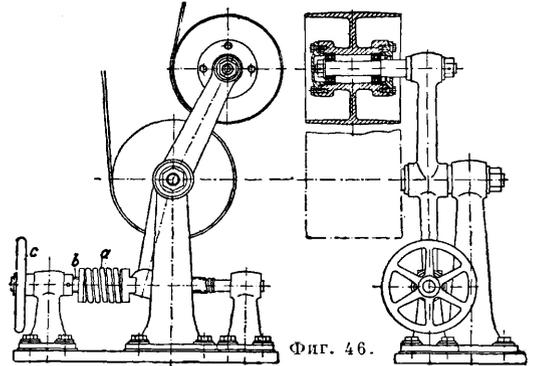
ролика выравнивает изменение натяжения ремня от темп-рных деформаций и от действия влажности, поэтому в ведомой части ремня напряжение не превышает низших пределов при значительных полезных напряжениях ремня; кроме того осевые давления ведущего и ведомого шкивов при натяжном ролике будут относительно меньше. Большим преимуществом передачи с натяжным роликом нужно считать возможность на время перерывов в работе полностью разгрузить ремень. Недостатком нужно считать постоянное изгибание ремня в разные стороны при работе его, что вызывает необходимость иметь ремни с тщательно выверенной одинаковой толщиной по всей длине.



Фиг. 45.

Ось натяжного ролика выполняют подвижной и самое натяжение осуществляют или регулируемым грузом или пружиной. Регулировку нагрузки осуществляют перемещением груза по длине рычага или путем прибавления и снятия отдельных гирь. Примером

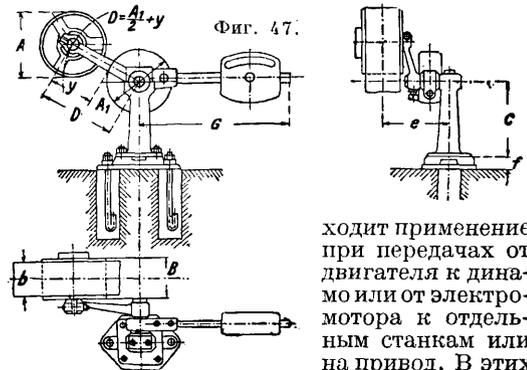
конструктивного выполнения Р. п. с натяжным роликом может служить передача, изображенная на фиг. 45, выполненная для мощности 100 НР при соотношении между диам. шкивов, равном 1 : 5,6. Примером установки с пружинной регулировкой давления ролика служит



Фиг. 46.

установка, данная на фиг. 46; натяжение пружины *a* изменяется при вращении винта *b* маховичком *c*. Конструктивное выполнение натяжного ролика дано на фиг. 47, а его размеры в табл. 1.

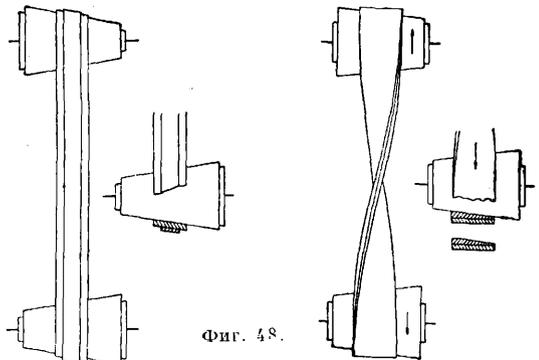
Ременная передача с остановкой посредством изменения расстояния между осями валов на-



Фиг. 47.

ходит применение при передачах от двигателя к динамо или от электромотора к отдельным станкам или на привод. В этих случаях динамо или электромотор устанавливается на салазках, при помощи которых и осуществляется изменение расстояний между валами.

Остановки при помощи Фрикционных муфт следует предпочитать при Р. п. большой мощ-



Фиг. 48.

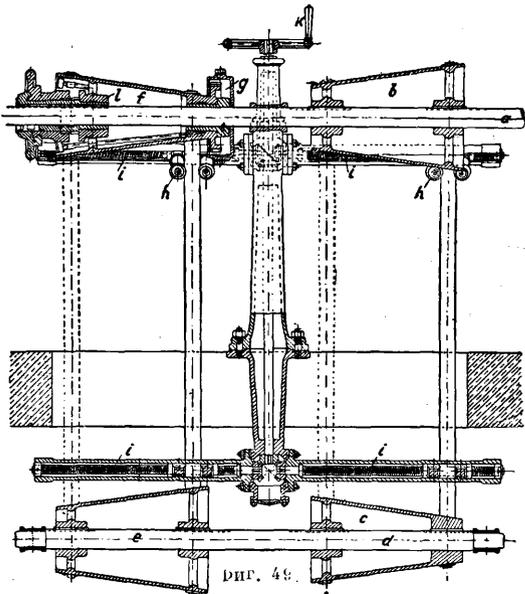
ности, требующих ремней с большой шириной и большим весом, т. к. при переводе больших ремней их кромки портятся, несмотря на то,

Табл. 1. — Размеры натяжного ролика в мм (фиг. 47).

Ширина ремня <i>b</i>	Диаметр ролика <i>A</i>	Ширина ролика <i>B</i>	Размер стойки <i>C+f</i>	Вынос <i>e</i>	<i>y</i>	Плечо ролика <i>D</i>	Плечо груза <i>G</i>
до 55	80	60	125; 225	110	60	100; 150	300
до 80	112	85	130; 230	145	80	125; 175	350
до 90	140	100	180; 230 280; 330	175	95	150; 200 250; 300	410 480; 550
до 110	160	120	235; 285	220	110	200; 250 300	510 580
до 130	200	140	335; 385 435	240	130	350 400	650 720
до 160	225	170	235; 285	280	145	250; 300 350	590 660
до 190	280	200	335; 385 435	310	170	400 450	730 800
до 210	320	230	340; 390	340	195	300	680
до 240	360	250	440; 490 540			215	350 400 450 500
до 280	400	300	340; 390	430	235	400	790
до 330	450	350	440; 490 540			260	450 500 550 600
до 370	500	400	345; 395	530	290	500	1 040
до 420	500	450	445; 495 545			600 650 700	1 040 1 110 1 180 1 250

что обычные вилки заменяют отводками с роликами. Конструктивное выполнение фрикционных муфт — см. *Муфты*.

Изменение числа оборотов ведомого вала. Для получения различных скоростей ведомого вала при постоянной скорости ведущего вала применяют взамен цилиндрич. шкивов конич. барабаны (фиг. 48).



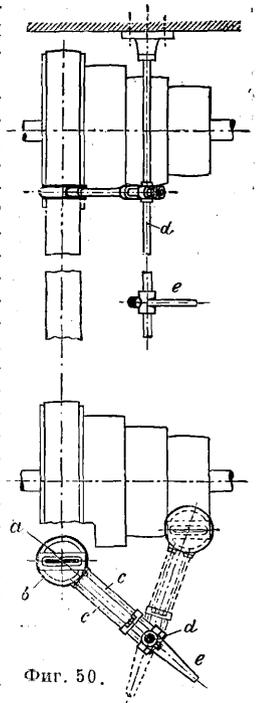
фиг. 48

При перемещении ремня вдоль оси барабанов изменяется соответственно передаточное число. Наклон образующей конического барабана не должен превышать 1:10. Ремень удовлетворительно будет работать при относительно небольших наляжениях. Т. к. обыкновенный ремень сильно загибается в этих передачах на направляющих вилках то Геркенс рекомендует применение усиленных ремней, поперечное сечение к-рых изображено на фиг. 48. Ремень

удерживается в желаемом положении помощью переводных вилок или штифтов, которые направляют набегающие концы ремня. Если при помощи конич. барабанов нужно осуществить большое передаточное отношение, напр.  $< \frac{1}{e}$ , то применяют две пары конич. барабанов, как это изображено на фиг. 49, на которой дана одна из конструкций передачи к регулятору паровой машины. Движение к регулятору передается от распределительного вала *a* через барабан *b* к барабану *c*, заклиненному на валу *d*, далее от барабана *e*, сидящего на том же валу *d*, к барабану *f*, свободно посаженному на вал *a*. Барабан *f* вы-

полнен за одно целое с зубчатой шестерней *g*, с которой непосредственно связана зубчатая передача валика регулятора. Перевод ремней осуществляется переводными роликами *h*, укрепленными на салазках, служащих гайками ходовых винтов *i*, вращение к-рых осуществляется помощью маховичка *k*; муфта *l* дает возможность непосредственного сцепления барабана *f* с валом *a*. Значительно реже для осуществления непрерывного изменения числа оборотов ведомого шкива применяются разжимные, или расширяющиеся, шкивы, обод которых состоит из отдельных сегментов, могущих перемещаться в радиальном направлении.

Т. к. в значительном большинстве случаев бывает достаточно изменить число оборотов ведомого вала по ступеням, то широкое применение нашли ступенчатые шкивы (фиг. 50). Условие неизменности натяжения требует, чтобы длина ремня  $L$  (фиг.



Фиг. 50.

28 и 29) оставалась постоянной, т. е.  $\overline{bc} + \overline{cd} + \overline{df} + \overline{fb} = \text{Const.}$

Для открытых ремней

$$L = (\pi + 2\beta) R + 2l \cos \beta + (\pi - 2\beta)r;$$

так как

$$\sin \beta = \frac{R-r}{l},$$

то имеем следующее выражение:

$$L = \pi (R + r) + 2\beta (R - r) + 2l \sqrt{1 - \left(\frac{R-r}{l}\right)^2}, \quad (23)$$

где

$$\beta = \arcsin \frac{R-r}{l}.$$

Для перекрестных ремней

$$L = (\pi + 2\beta) R + 2l \cos \beta + (\pi + 2\beta) r;$$

так как

$$\sin \beta = \frac{R-r}{l},$$

то

$$L = \pi (R + r) + 2\beta (R + r) + 2l \sqrt{1 - \left(\frac{R+r}{l}\right)^2}, \quad (24)$$

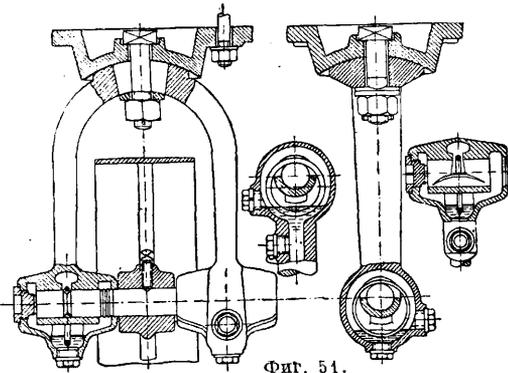
где

$$\beta = \arcsin \frac{R+r}{l}.$$

Т. к. длина  $L$  должна иметь ту же величину для другой пары сопряженных радиусов  $R_1$  и  $r_1$  ступенчатых шкивов, то для перекрестных ремней передача со ступенчатыми шкивами будет правильно работать, если будет выполнено условие

$$R_1 + r_1 = R_2 + r_2 = R_3 + r_3 = R + r,$$

т. е. если сумма сопряженных радиусов будет постоянной. Поэтому и при перекрестной передаче с конич. барабанами образующая



ведомого шкива также д. б. прямой, составляющей с осью конуса тот же угол, как и образующая ведущего конуса. Для открытых ремней д. б.

$$L = \pi (R + r) + 2(R - r) \arcsin \frac{R-r}{l} + 2l \sqrt{1 - \left(\frac{R-r}{l}\right)^2} = \pi (R_1 + r_1) + 2(R_1 - r_1) \arcsin \frac{R_1 - r_1}{l} + 2l \sqrt{1 - \left(\frac{R_1 - r_1}{l}\right)^2}. \quad (25)$$

При заданном передаточном числе  $\varphi = \frac{R_1}{r_1}$  получим

$$\frac{L}{r_1} = \pi (\varphi + 1) + 2(\varphi - 1) \arcsin \frac{\varphi - 1}{\varphi + 1} + \frac{2l}{r_1} \sqrt{1 - \left(\frac{\varphi - 1}{\varphi + 1}\right)^2}. \quad (26)$$

В виду трансцендентности этого ур-ия для определения величины  $r_1$  пользуются методом последовательных приближений. При расстоянии  $l$ , достаточно большом по сравнению

с  $(R_1 - r_1)$ , величина  $\frac{R_1 - r_1}{l}$  будет относительно небольшой, т. ч. можно принять

$$\arcsin \frac{R_1 - r_1}{l} \approx \frac{R_1 - r_1}{l}$$

и

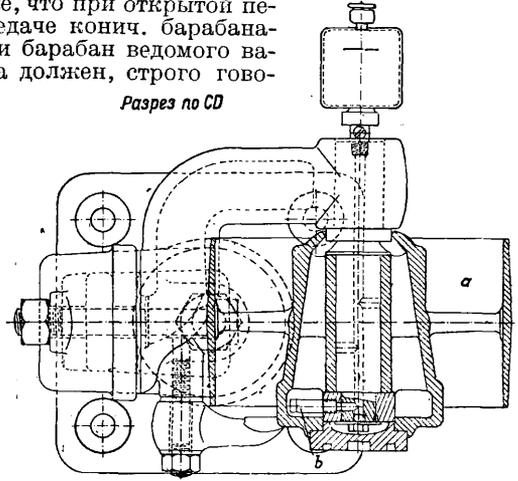
$$\sqrt{1 - \left(\frac{R_1 - r_1}{l}\right)^2} \approx 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{R_1 - r_1}{l}\right)^2;$$

таким образом согласно ур-ию (26) получим

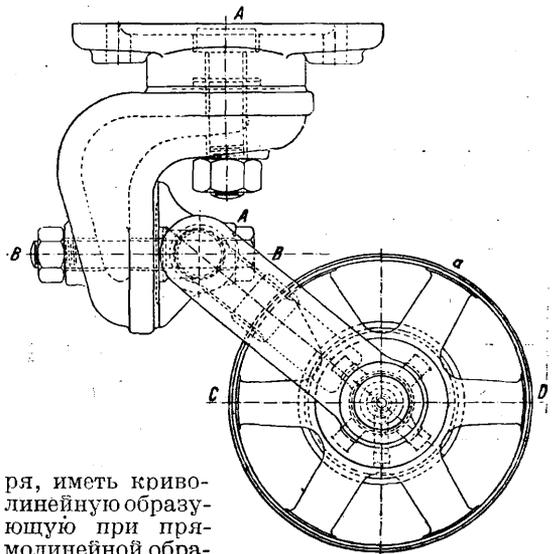
$$r_1^2 (\varphi - 1)^2 + \pi (\varphi + 1) l r_1 + 2l^2 = lL, \quad (27)$$

откуда определяют  $r_1$ . При относительно больших расстояниях  $l$  достаточно соблюдать условие  $R + r = R_1 + r_1$ . Из сказанного следует также, что при открытой передаче конич. барабанами барабан ведомого вала должен, строго гово-

Разрез по CD



Фиг. 52.

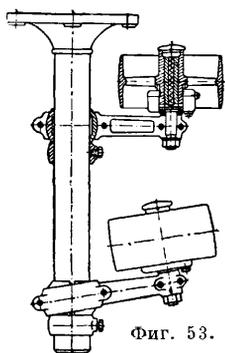


ря, иметь криволинейную образующую при прямолинейной образующей конического барабана ведущего вала.

Перевод ремня по ступенчатому валу производится отводками, одна из конструкций к-рых дана на фиг. 50. Ремень охватывается глазом  $a$ , к-рый может вращаться в кольце  $b$ , сидящем на двух стержнях  $c$ , жестко укрепленных на валу отводки  $d$ , поворачиваемом за рукоятку  $e$ .

Направляющие ролики. Как указано выше, при перекрещивающихся валах

приходится применять направляющие ролики. При узких ремнях диам.  $D$  направляющих роликов следует брать равными  $3b \div 4b$ , где  $b$ —ширина ремня, при широких ремнях  $D=2b$ . Ширина направляющего ролика д. б. на  $25 \div 50$  мм шире ремня. На фиг. 51 дана конструкция потолочного направляющего ролика с кольцевой смазкой подшипников; положение оси ролика благодаря шаровому соединению с плитой м. б. изменяемо в зависимости от условий работы ролика. Примером тангенциального направляющего ролика может служить конструкция, изображенная на фиг. 52; ось направляющего ролика  $a$  может менять свое положение, вращаясь во-

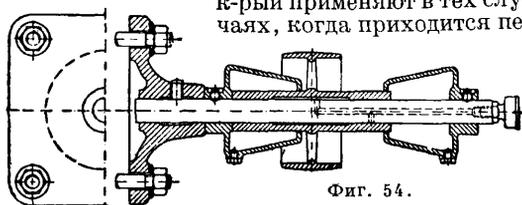


Фиг. 53.

Табл. 2.—Значения  $p$  в кг/см для обычных (о) и двойных (д) ремней в зависимости от скорости  $v$  ремня в м/сек и диаметра  $d$  малого шкива в мм.

$v$	3		5		10		15		20		25		30		40		50	
	о	д	о	д	о	д	о	д	о	д	о	д	о	д	о	д	о	д
100	2	—	2,5	—	3	—	3	—	3,5	—	3,5	—	3,5	—	3,5	—	3,5	—
200	3	—	4	—	5	—	5,5	—	6	—	6,5	—	6,5	—	6,5	—	6,5	—
300	4	5	5	6	6	7	7	8	7,5	9	8	10	8,5	10	9	10	9	10
400	5	6,5	6	8	7	9	8	10	9	11	9,5	11,5	10	12	10,5	12,5	11	12,5
500	6	8	7	9,5	8	11	9	12	10	13	10,5	13	11	13,5	11,5	14	12	14
600	7	9,5	8	11	9	12	10	13	11	15	12	15	12,5	16	13	13,5	13,5	17
750	8	11	9	12,5	10	14	11	15,5	12	17,5	12,5	17,5	13	18,5	13,5	19,5	14	20
1000	9	13	10	15	11	17	12	19	13	21	13,5	21	14	22	14,5	23	15	21
1500	10	15	11	17	12	19	13	21	13,5	23	14	25	14,5	25	15	27	15,5	28
2000	11	17	12	19	13	21	13,5	23	14	25	14,5	27	15	28	15,5	29	16	30

круг осей  $AA$  и  $BB$ , к-рые, будучи расположены под углом, в то же время являются касательными к средней окружности ролика. Смазка ролика циркуляционная: масло, налитое в резервуар втулки ролика, под действием центробежной силы поступает по каналу  $b$  к трущимся поверхностям втулки. Конструкция роликов с вертикальной осью дана на фиг. 53. Кронштейн оси роликов, будучи связан шаровым сочленением со стойкой, может в известных пределах быть переставляем. На фиг. 54 изображен отводной ролик, к-рый применяют в тех случаях, когда приходится пе-



Фиг. 54.

редвигать ремень в сторону, напр. в устройствах с рабочими и холостыми шкивами, т. к. в этих случаях целесообразно, чтобы ремень, перемещаясь в сторону, захватывал и направляющий ролик.

**Расчет Р. п.** Основным для расчета Р. п. является следующее ур-ие, полученное на основании ф-лы (14):

$$P = f \left( \sigma_2 - \frac{q_1}{g} v^2 \right) \frac{e^{\mu\omega} - 1}{e^{\mu\omega}}, \quad (28)$$

где  $\sigma_2$ —допускаемое напряжение на разрыв в кг/см<sup>2</sup>,  $f=b \cdot s$ —площадь поперечного сечения и  $q_1$ —вес единицы длины ремня, отнесен-

ный к 1 см<sup>2</sup> площади поперечного сечения. Изложенные выше данные о напряжениях, имеющих место в действительно работающем ремне, и переменнось величины трения  $\mu$ , влияющие изгиба ремня, его толщины и пр. лишают возможности аналитически определить величину допускаемого напряжения с учетом всех указанных факторов, поэтому значения допускаемой нагрузки должны браться главным образом на основании опыта работы Р. п., хорошо работавших в течение длительных сроков эксплуатации.

**Расчет кожаных ремней.** Наибольшим распространением пользуется расчет Р. п. по Геркенсу, который на основании многолетней практики рекомендует производить расчет по ф-ле:

$$b = \frac{P}{p} = \frac{75N}{v \cdot p}, \quad (29)$$

где  $p$ —окружное усилие, отнесенное к 1 см ширины ремня, берется из табл. 2, выработанной по данным з-да.

Данные в табл. 2 величины значений для  $p$  относятся к таким ременным передачам, при устройстве к-рых будут соблюдены следующие условия: 1) шкивы правильно отбочены, точно центрированы и балансированы; 2) передаточное число не превышает двух, т. е.  $\frac{R}{r} < 2$ ; 3) передача горизонтальная или почти горизонтальная; 4) расстояние между осями шкивов нормальное, т. е.  $\sim 5$  м для ремней шириной до 100 мм и  $\sim 10$  м для ремней шире 100 мм; 5) ремень кожаный и материал выбран сообразно со скоростью и диам. шкива; 6) ведущий шкив больше ведомого, т. е. передача на быстрый ход. Если эти условия не соблюдены, то ширину ремня нужно брать больше тем в большей степени, чем сильнее устанавливаемая передача отстает от указанных шести условий, при этом можно руководствоваться данными табл. 3.

Табл. 3.—Увеличение расчетной ширины  $b$  ремня в % в зависимости от рода передачи.

Род передачи	Надлежит ширину $b$ увеличить на
Вертикальная	10÷20
Малое расстояние между валами	10÷20
Полуперекрестная	до 25
Угловая	» 33
Перекрестная с конич. барабанами	» 25
Открытая с конич. барабанами	» 50
В сыром помещении	» 30
С передаточным числом $R/r > 3$	» 30
На замедление: с малого шкива на большой в зависимости от степени замедления.	20÷30

Проф. Бах считает значения  $p$ , данные Геркенсом, слишком высокими, проф. Лукин рекомендует значения  $p$  брать согласно табл. 4, более приближающейся к данным Баха.

Табл. 4. — Значения  $p$  в кг/см для обычных (о) и двойных (д) ремней в зависимости от скорости  $v$  ремня в м/сек и диаметра  $d$  малого шкива в мм (по проф. Лукину).

$v$	3—4,5		5—9		10—14		15—19		20—24		25—30	
	о	д	о	д	о	д	о	д	о	д	о	д
100—140	2	—	2,5	—	3	—	3	—	3,5	—	3,5	—
150—190	2,5	—	3,1	—	4	—	4	—	5	—	5,5	—
200—240	3	—	4	—	5	—	5,5	—	6	—	6,5	—
250—290	3,5	—	4,4	—	5,5	—	6	—	7	—	7,5	—
300—390	4	—	5	—	6	—	7	—	8	—	8,5	—
400—490	4,6	—	6	—	7	—	8	—	9	—	10	—
500—700	5	8	7	9	8	10	9	11	10	12	11	13
750—900	5,6	9,2	8	11	9	12	10	14	11	14	12	15
1000—1400	6	10	8,5	12	10	14	11	16	12	17	13	18
1500—1900	6,6	11	9,4	14	11	17	12	19	13	21	14	22
2000—3000	7	12	10	15	12	20	13	22	14	25	15	25
3000	7,5	13	11	17	13	22	14	24	15	28	17	29

жат на одной горизонтали  $v < 5$  м/сек и  $l < 40$  б, полученные расчетом размеры можно уменьшить на 5—10%. Ремень для полуперекрестной передачи рассчитывают, как для открытого ремня, на те же шкивы, причем за расстояние  $l$  между осями валов считают длину касательной к начальному окружностям обоих шкивов. Если  $l$  будет  $> 20 b$  и  $l < 4 D$ , то полученные результаты для ширины  $b$  увеличивают на 10%; если же  $l < 4 D$  и  $l < 20 b$ , то полученные размеры увеличивают на 30%.

Довольно точным является расчет по ф-ле

$$f = b \cdot s = \frac{P e^{\mu \alpha}}{(e^{\mu \alpha} - 1) \left( \sigma_2 - q_1 \frac{v^2}{g} \right)}, \quad (30)$$

При подсчетах ширины  $b$  по табл. 4 нужно увеличивать ширину ремня на 50% для всех случаев, когда ремень получается по расчету шириною меньше 5 см; нужно увеличивать ширину ремня на 30%, когда по расчету  $b$  получается от 5 до 12 см, также можно рекомендовать увеличивать ширину  $b$  на 10—20%, если не соблюдена зависимость между  $b$  и расстоянием  $l$  согласно табл. 5.

легко получаемой из ф-лы (28). По этой ф-ле при отношении  $\frac{s}{D_2} = \frac{1}{150}$  получаются относительно точные результаты, когда шкивы находятся на одной горизонтали и когда имеет место передача на быстрый ход. Т. к. в зависимости от величины  $\frac{s}{D_2}$  меняется величина изгиба ремня и следовательно меняется полезное использование допускаемого напряжения  $\sigma_2$ , то удобно учитывать это влияние добавочным числом  $u$  кг/см<sup>2</sup>, вводимым в ф-лу (30), к-рая примет следующий вид:

$$f = b \cdot s = \frac{P e^{\mu \alpha}}{(e^{\mu \alpha} - 1) \left( \sigma_2 - q_1 \frac{v^2}{g} - u \right)}. \quad (31)$$

Табл. 5. — Минимальные значения  $l$  в зависимости от ширины  $b$  ремня.

Ширина $b$ ремня, см . . . . .	5	7	10	15	20	30	50	80
Расстояние $l$ между центрами шкивов, м . . . . .	3	4	5,5	7	8	9	10	11

И наконец нужно увеличить получаемую согласно табл. 4 ширину  $b$  ремня в зависимости от взаимного расположения шкивов и направления движения ремня согласно табл. 6.

Табл. 6. — Величины поправки в % в зависимости от устройства передачи.

Расстояние между центрами шкивов	Нормальное		Малое		Нормальное		Малое		Нормальное		Малое	
	Нормальное	Малое										
Схема передачи												
При передаче по стрелке увеличить ширину ремня на	10%	30%	0%	15%	8%	25%						
При передаче против стрелки увеличить ширину ремня на . . . . .	15%	40%	5%	20%	10%	30%						

При расчете перекрестных передач расчет ведут так же, как и для открытого ремня на те же шкивы. При расстоянии  $l$  между центрами шкивов  $> 20 b$  и при  $v < 5$  м/сек полученные расчетом результаты принимают без изменений. При  $l \leq 20 b$  и при  $v$  от 5 до 10 м/сек полученные расчетом размеры ширины ремня нужно увеличить на 10—20%. При условии, что высшие точки обоих шкивов ле-

Значения  $u$  берутся по табл. 7.

Расчет ведут сначала по ф-ле (30) и определяют по ней значение  $s$ ; на основании полученного значения для  $s$  и диаметра  $D_2$  шкива по табл. 7 определяют  $u$ , после чего производят пересчет ремня по ф-ле (31) в отношении ширины  $b$  ремня, оставляя его толщину  $s$  без изменения. Значения  $\frac{q_1 v^2}{g}$  и  $e^{\mu \alpha}$  в зависимости от скорости  $v$  берут по готовым таблицам. В размеры ремня, полученные по ф-ле 31, д. б. внесены коррективы согласно табл. 6 и 5. Для быстрого определе-

ния и проверки размеров ремня, работающих в обычных заводских условиях, можно пользоваться без расчета табл. 8, дающей шири-

Табл. 7. — Значения величины  $u$  в зависимости от отношения  $s : D_2$ .

$s : D_2$	1/400	1/200	1/150	1/100	1/80	1/70	1/60	1/50	1/40	1/35	1/30	1/25
$u$ в кг/см <sup>2</sup>	-1,3	-0,5	0,0	0,1	1,8	2,3	3,0	4,0	5,6	6,6	8,0	10,0

Табл. 8. — Характеристика стан:

Ширина b в мм	Толщина s в мм	Сечение f в см <sup>2</sup>	Передаваемая ремнем мощность (в лр)														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
20	3,5	0,7	0,09	0,19	0,29	0,39	0,50	0,62	0,74	0,85	0,98	1,10	1,22	1,34	1,46	1,57	1,69
25	3,5	0,87	0,11	0,23	0,36	0,49	0,63	0,77	0,92	1,06	1,23	1,36	1,51	1,66	1,81	1,95	2,10
30	3,5	1,05	0,13	0,28	0,43	0,59	0,76	0,93	1,10	1,28	1,47	1,65	1,83	2,01	2,19	2,35	2,53
35	3,5	1,22	0,16	0,32	0,50	0,69	0,88	1,08	1,28	1,49	1,71	1,91	2,12	2,33	2,54	2,71	2,94
40	3,5	1,40	0,18	0,37	0,58	0,79	1,01	1,24	1,47	1,71	1,96	2,20	2,44	2,68	2,92	3,14	3,38
45	3,5	1,57	0,20	0,42	0,65	0,88	1,16	1,39	1,65	1,92	2,20	2,46	2,73	3,00	3,27	3,52	3,78
50	4	2,0	0,23	0,53	0,82	1,13	1,44	1,77	2,10	2,44	2,80	3,14	3,48	3,82	4,16	4,48	4,82
60	4	2,4	0,31	0,54	0,99	1,35	1,73	2,12	2,53	2,93	3,36	3,76	4,17	4,59	5,00	5,38	5,78
70	4	2,8	0,36	0,75	1,15	1,58	2,02	2,47	2,95	3,42	3,92	4,38	4,87	5,35	5,83	6,28	6,75
75	4	3,0	0,39	0,80	1,21	1,69	2,16	2,66	3,16	3,66	4,20	4,71	5,21	5,73	6,24	6,73	7,22
80	4	3,2	0,41	0,85	1,32	1,80	2,31	2,83	3,37	3,91	4,47	5,02	5,56	6,11	6,66	7,18	7,71
50	7	3,7	0,45	0,93	1,44	1,97	2,53	3,10	3,68	4,27	4,89	5,49	6,09	6,63	7,28	7,85	8,44
85	4,5	3,8	0,49	1,01	1,56	2,14	2,74	3,36	4,00	4,64	5,31	5,96	6,61	7,26	7,91	8,52	9,15
90	4,5	4,0	0,51	1,06	1,65	2,25	2,83	3,51	4,21	4,89	5,59	6,27	6,96	7,61	8,32	8,97	9,61
60	7	4,2	0,54	1,12	1,73	2,33	3,03	3,71	4,42	5,13	5,87	6,58	7,30	8,02	8,74	9,42	10,12
95	4,5	4,3	0,55	1,14	1,77	2,42	3,10	3,80	4,53	5,25	6,01	6,71	7,48	8,22	8,95	9,65	10,38
100	4,5	4,5	0,58	1,20	1,85	2,54	3,25	3,98	4,74	5,50	6,29	7,05	7,82	8,60	9,36	10,10	10,85
70	7	4,9	0,63	1,30	2,02	2,76	3,54	4,33	5,16	5,98	6,85	7,68	8,52	9,36	10,20	11,00	11,81
75	7	5,2	0,67	1,38	2,14	2,93	3,75	4,59	5,47	6,35	7,27	8,15	9,04	9,93	10,82	11,67	12,53
115	4,5	5,2	0,67	1,33	2,14	2,93	3,75	4,59	5,47	6,35	7,27	8,15	9,04	9,93	10,82	11,67	12,53
80	7	5,6	0,72	1,49	2,30	3,15	4,01	4,91	5,89	6,84	7,83	8,78	9,74	10,70	11,65	12,58	13,50
125	5	6,2	0,80	1,65	2,56	3,49	4,47	5,48	6,52	7,57	8,66	9,72	10,79	11,85	12,90	13,90	14,95
85	8	6,8	0,87	1,81	2,80	3,83	4,90	6,01	7,15	8,30	9,50	10,67	11,82	13,00	14,28	15,25	16,40
90	8	7,2	0,92	1,92	2,96	4,05	5,20	6,33	7,53	8,79	10,07	11,30	12,51	13,76	14,98	16,15	17,38
15	5	7,5	0,96	2,00	3,09	4,22	5,41	6,63	7,89	9,16	10,49	11,75	13,05	14,32	15,60	16,82	18,10
95	8	7,6	0,98	2,02	3,12	4,28	5,48	6,72	8,00	9,28	10,61	11,91	13,21	14,51	15,80	17,05	18,31
100	8	8,0	1,03	2,13	3,30	4,50	5,77	7,07	8,42	9,77	11,19	12,52	13,91	15,29	16,65	17,95	19,29
115	8	9,2	1,18	2,44	3,73	5,17	6,64	8,13	9,68	11,24	12,87	14,40	16,00	17,59	19,15	20,62	22,19
175	5,5	9,6	1,23	2,56	3,95	5,40	6,92	8,48	10,10	11,72	13,42	15,05	16,70	18,33	19,98	21,53	23,18
200	5,5	11,0	1,41	2,93	4,53	6,19	7,93	9,72	11,59	13,42	15,39	17,26	19,13	21,07	22,90	24,70	26,52
125	9	11,2	1,44	2,98	4,61	6,31	8,08	9,89	11,80	13,68	15,66	17,58	19,48	21,40	23,30	25,18	27,00
225	5,5	12,4	1,59	3,30	5,10	6,98	8,94	10,98	13,07	15,30	17,32	19,45	21,53	23,70	25,80	27,80	29,90
150	9	13,5	1,73	3,59	5,55	7,60	9,74	11,94	14,21	16,50	18,88	21,19	23,48	25,80	28,10	30,30	32,53
250	5,5	13,5	1,76	3,64	5,64	7,10	9,88	12,12	14,41	16,74	19,45	21,47	23,82	26,20	28,50	30,75	33,00
275	5,5	15,1	1,94	4,02	6,21	8,50	10,90	13,36	15,90	18,45	21,10	23,70	26,26	28,85	31,40	33,90	36,40
300	5,5	16,5	2,12	4,39	6,79	9,23	11,90	14,59	17,38	20,18	23,07	25,90	28,70	31,52	34,39	37,00	39,79
175	9,5	16,6	2,13	4,42	6,83	9,34	11,98	14,68	17,49	20,28	23,20	26,10	28,85	31,75	34,53	37,20	40,00
200	9,5	19,0	2,44	5,05	7,82	10,70	13,71	16,80	20,00	23,21	26,59	29,80	33,05	36,30	39,58	42,60	45,80
225	9,5	21,4	2,75	5,69	8,81	12,06	15,45	18,91	22,55	26,17	29,90	33,53	37,20	40,90	44,50	48,00	51,60
250	9,5	23,7	3,04	6,30	9,75	13,68	17,10	20,98	24,96	28,95	33,18	37,20	41,20	45,30	49,35	53,20	57,10
275	9,5	26,1	3,35	6,94	10,75	14,70	18,82	23,10	27,48	31,90	36,50	40,90	45,40	49,90	54,30	58,50	62,90
300	9,5	28,5	3,66	7,53	11,72	16,10	20,59	25,20	30,00	34,80	39,80	44,70	49,53	54,50	59,30	64,00	68,60

Дертовых кожаных ремней.

$$N = f \frac{(e^{\mu a} - 1) \left( \sigma_2 - q_1 \frac{v^2}{g} \right)}{75 e^{\mu a}} \text{ в при скорости ремня } v \text{ в м/сек}$$

Ширина  
b в мм

Толщина  
s в мм

Сечение  
f в см<sup>2</sup>

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
1,79	1,60	2,00	2,09	2,18	2,23	2,32	2,38	2,44	2,48	2,50	2,52	2,54	2,51	2,49	20	3,5	0,7
2,23	2,36	2,49	2,60	2,71	2,80	2,88	2,96	3,02	3,08	3,11	3,14	3,16	3,11	3,09	25	3,5	0,87
2,69	2,85	3,00	3,14	3,27	3,38	3,48	3,57	3,65	3,72	3,75	3,78	3,82	3,76	3,73	30	3,5	1,05
3,13	3,31	3,48	3,64	3,80	3,93	4,04	4,15	4,24	4,32	4,33	4,39	4,43	4,37	4,33	35	3,5	1,22
3,59	3,80	4,00	4,18	4,36	4,51	4,63	4,76	4,87	4,96	5,00	5,04	5,09	5,01	4,97	40	3,5	1,40
4,02	4,26	4,48	4,69	4,88	5,06	5,20	5,31	5,46	5,56	5,61	5,65	5,70	5,62	5,57	45	3,5	1,57
5,12	5,42	5,72	5,97	6,22	6,44	6,62	6,80	6,95	7,08	7,14	7,20	7,26	7,16	7,10	50	4	2,0
6,15	6,51	6,85	7,16	7,47	7,73	7,94	8,16	8,35	8,50	8,57	8,61	8,72	8,59	8,52	60	4	2,4
7,17	7,59	8,00	8,36	8,71	9,02	9,26	9,52	9,71	9,91	10,00	10,10	10,19	10,02	9,94	70	4	2,8
7,68	8,14	8,53	8,96	9,33	9,66	9,93	10,20	10,45	10,62	10,72	10,80	10,90	10,75	10,66	75	4	3,0
8,20	8,68	9,14	9,55	9,95	10,31	10,60	10,89	11,15	11,32	11,41	11,52	11,63	11,47	11,38	80	4	3,2
8,97	9,49	10,00	10,47	10,90	11,28	11,60	11,90	12,39	12,40	12,51	12,60	12,72	12,53	12,43	50	7	3,7
9,74	10,30	10,87	11,36	11,82	12,50	12,58	12,92	13,22	13,48	13,59	13,99	13,81	13,61	13,50	85	4,5	3,8
10,25	10,85	11,45	11,95	12,45	12,88	13,24	13,60	13,91	14,18	14,30	14,40	14,54	14,32	14,20	90	4,5	4,0
10,76	11,38	12,00	12,55	13,08	13,52	13,90	14,30	14,61	14,86	15,00	15,21	15,27	10,05	14,91	60	7	4,2
11,02	11,65	12,30	12,85	13,39	13,85	14,24	16,62	14,96	15,22	15,39	15,21	15,62	15,40	15,29	95	4,5	4,3
11,52	12,20	12,87	13,45	14,00	14,50	14,90	15,30	15,65	15,92	16,18	16,20	13,36	13,11	15,98	100	4,5	4,5
12,55	13,29	14,00	14,64	15,25	15,79	16,22	16,66	17,05	17,35	17,51	17,61	17,80	17,51	17,40	70	7	4,9
13,32	14,10	14,87	15,51	16,19	16,75	17,20	17,68	18,10	18,40	18,50	18,72	18,90	18,31	18,48	75	7	5,2
13,32	14,10	14,87	15,51	16,19	16,75	17,20	17,68	18,10	18,40	18,59	18,72	18,90	18,61	18,48	115	4,5	5,2
14,35	15,19	16,00	16,72	17,42	18,05	18,50	19,01	19,50	19,81	20,00	20,16	20,38	20,05	19,90	80	7	5,6
15,90	16,80	17,70	18,51	19,60	20,00	20,50	21,10	21,59	21,95	22,19	22,32	22,54	22,20	22,00	125	5	6,2
17,40	18,42	19,45	20,30	21,19	21,90	22,50	23,12	23,67	24,07	24,30	24,48	24,70	24,38	24,18	85	8	6,8
18,42	19,51	20,60	21,50	22,40	23,20	24,00	24,44	25,10	25,50	25,75	25,92	26,18	25,79	25,60	90	8	7,2
19,20	20,32	21,40	22,40	23,35	24,18	24,80	25,50	26,10	26,58	26,80	27,00	27,21	26,85	26,60	15	5	7,5
19,48	20,60	21,70	22,70	23,62	24,48	25,18	25,82	26,42	26,92	27,18	27,36	27,60	27,21	27,09	95	8	7,6
20,50	21,68	22,83	23,90	24,90	25,76	26,42	27,20	27,80	28,32	28,60	28,80	29,00	28,61	28,40	100	8	8,0
23,60	24,98	26,30	27,50	28,60	29,62	30,40	31,28	32,00	32,57	32,89	33,12	33,40	32,98	32,68	115	8	9,2
24,60	26,10	27,40	28,67	29,85	30,92	31,78	32,62	33,40	33,98	34,30	34,56	34,90	34,47	34,10	175	5,5	9,6
28,20	29,80	31,40	32,80	34,21	35,42	36,40	37,40	38,27	38,91	39,30	39,60	39,98	39,39	39,10	200	5,5	11,0
28,72	30,39	32,00	33,44	34,85	36,08	37,10	38,10	38,95	39,62	40,00	40,32	40,68	40,10	39,70	125	9	11,2
31,30	33,61	35,40	37,02	38,60	39,98	41,08	42,20	43,15	43,90	44,30	44,64	45,00	44,40	44,00	225	5,5	12,4
34,60	36,60	38,58	40,30	42,00	43,50	44,70	45,90	46,95	47,80	48,20	48,60	49,00	48,40	47,90	150	9	13,5
35,10	37,18	39,18	40,90	42,60	44,15	45,40	46,60	47,60	48,50	48,90	49,32	49,70	49,05	48,60	250	5,5	13,5
38,70	40,95	43,20	45,01	47,00	48,60	50,00	51,40	52,50	53,50	53,90	54,36	54,90	54,10	53,60	275	5,5	15,1
42,25	44,70	47,20	49,30	51,32	53,20	54,60	56,10	57,40	58,10	58,90	59,40	59,90	59,10	58,60	300	5,5	16,5
42,60	45,00	47,40	49,60	51,60	53,50	55,00	56,44	57,70	58,76	59,30	59,76	60,30	59,40	58,98	175	9,5	16,6
48,70	51,50	54,30	56,70	59,10	61,20	62,90	64,60	66,10	67,20	67,90	68,40	69,00	68,00	67,50	200	9,5	19,0
51,80	58,00	61,01	63,90	63,60	68,99	70,90	72,78	74,40	75,70	76,40	77,04	77,70	76,60	76,00	225	9,5	21,4
60,70	64,30	67,70	70,80	73,70	76,40	78,50	80,60	82,50	84,00	84,60	85,32	86,10	84,90	84,20	250	9,5	23,7
66,90	70,75	74,50	78,00	81,17	81,10	86,50	88,74	90,70	92,40	93,20	93,96	94,70	93,50	92,60	275	9,5	26,1
73,00	77,30	81,50	85,10	88,70	91,90	94,40	97,00	99,10	100,89	100,00	102,60	103,50	102,00	101,25	300	9,5	28,5

Табл. 9.—Значения  $e^{\mu\alpha}$  для резиновых ремней.

Угол обхвата $\alpha^\circ$	Скорость $v$ в м/сек														
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
200	3,67	4,05	4,40	4,70	5,20	5,47	6,10	6,63	7,39	8,17	8,45	9,02	10,00	11,00	12,00
190	3,43	3,70	4,05	4,35	4,75	5,05	5,60	6,05	6,65	7,23	7,50	8,20	8,80	9,80	10,70
180	3,20	3,30	3,70	4,05	4,30	4,70	5,10	5,47	5,90	6,30	6,63	7,39	7,60	8,60	9,10
170	3,00	3,15	3,45	3,75	4,00	4,35	4,70	4,90	5,50	5,75	6,08	6,75	7,00	7,60	8,30
160	2,75	3,05	3,20	3,50	3,70	4,05	4,30	4,48	4,95	5,20	5,47	6,05	6,30	6,68	7,30
150	2,60	2,85	3,00	3,30	3,45	3,70	3,90	4,10	4,50	4,70	4,95	5,35	5,60	5,95	6,50
140	2,43	2,70	2,75	3,10	3,20	3,32	3,50	3,70	4,05	4,20	4,40	4,70	4,95	5,20	5,70
130	2,30	2,50	2,60	2,75	2,95	3,05	3,25	3,40	3,70	3,85	4,00	4,30	4,50	4,80	5,30
120	2,15	2,35	2,40	2,55	2,70	2,75	3,00	3,05	3,32	3,45	3,50	3,75	4,00	4,27	4,95
110	2,00	2,17	2,25	2,37	2,50	2,57	2,72	2,80	3,05	3,10	3,20	3,37	3,55	3,79	4,15
100	1,90	2,00	2,10	2,20	2,30	2,40	2,45	2,55	2,70	2,75	2,90	3,00	3,10	3,32	3,40
90	1,80	1,87	1,95	2,05	2,10	2,20	2,27	2,35	2,45	2,53	2,65	2,73	2,80	2,93	3,05
80	1,70	1,75	1,80	1,90	1,95	2,00	2,10	2,15	2,20	2,30	2,40	2,46	2,50	2,65	2,70

Табл. 10.—Значения  $q_1 \frac{v^2}{g}$  для резиновых ремней.

Значения $q_1 \frac{v^2}{g}$	Скорость $v$ в м/сек														
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Для ремней с обкладкой . . . . .	0,0076	0,03	0,08	0,12	0,19	0,27	0,37	0,49	0,60	0,76	0,90	1,10	1,28	1,49	1,70
Для ремней без обкладки . . . . .	0,0064	0,026	0,03	0,09	0,16	0,23	0,31	0,41	0,52	0,64	0,77	0,92	1,03	1,25	1,44

ну  $b$  ремня, его толщину  $s$  и площадь сечения  $f$  для передаваемых мощностей от 0,09 до 100 HP при скоростях  $v$  ремня от 1 до 30 м/сек; толщина  $s$  до 5,5 мм указывает на

для  $\alpha \sim 0,9\pi$  ( $\alpha \approx 160^\circ$ ), при горизонтальной передаче, при  $\frac{s}{D_2} = \frac{1}{150}$  и  $\sigma_s = 20$  кг/см<sup>2</sup>. Эти условия делают таблицу 8 пригодной для расчета почти всех заводских трансмиссий.

Табл. 11.—Размеры резиновых ремней (ширина  $b$  в см  $\times$  на число прокладок) и передаваемая ими мощность  $N$  в зависимости от скорости  $v$ .

Резиновые ремни рассчитывают по ф-ле:

Мощность $N$ в HP	Скорость $v$ в м/сек														
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
2	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	50	24	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	75	36	22	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	100	48	30	22	17	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	125	60	37	27	22	18	15	—	—	—	—	—	—	—	—
15	190	90	55	40	32	27	23	21	18	16	15	14	—	—	—
20	250	120	75	55	43	36	30	28	24	21	20	18	17	16	16
25	310	150	90	70	54	45	37	35	30	26	25	22	21	20	20
30	375	180	110	85	65	51	44	42	36	32	30	26	25	21	21
35	440	210	130	100	75	63	51	49	42	38	35	31	30	28	28
40	500	240	150	110	87	72	59	56	48	44	40	36	35	33	32
45	560	270	170	130	98	81	67	63	54	50	45	41	40	38	36
50	620	300	190	140	110	90	75	70	60	53	50	46	45	43	40
60	750	360	225	165	130	103	90	83	72	66	60	55	54	51	48
70	880	420	260	190	155	126	105	96	84	75	70	61	63	59	56
80	—	480	300	215	175	114	120	109	96	83	80	75	72	67	64
100	—	600	380	270	220	180	150	135	120	110	100	92	90	85	80
125	—	750	460	340	275	225	185	165	150	135	125	115	112	105	100
150	—	900	560	410	330	270	210	195	180	160	150	140	134	125	120
175	—	—	655	480	385	315	215	225	210	185	175	150	156	145	140
200	—	—	740	550	440	360	280	280	240	215	200	185	180	165	160
225	—	—	830	620	510	405	320	295	270	245	225	210	205	185	180
250	—	—	920	690	585	450	360	330	300	275	250	235	225	205	200
275	—	—	—	760	655	495	400	365	330	305	275	260	250	225	220
300	—	—	—	830	730	540	450	405	360	335	300	280	270	250	240
350	—	—	—	900	805	630	540	470	420	385	350	325	315	290	280
400	—	—	—	—	880	720	500	535	450	410	400	370	360	330	320
450	—	—	—	—	—	810	675	605	510	495	450	415	405	375	330
500	—	—	—	—	—	900	750	670	600	550	500	460	450	420	400

$$b \cdot n = \frac{Pe^{\mu\alpha}}{(e^{\mu\alpha} - 1) \left( \frac{v^2}{g} - q_1 \frac{v^2}{g} \right)}$$

здесь  $b$  — ширина, а  $n$  — число прокладок толщиной 1,25 мм; значения  $\mu$  берут по эмпирической формуле:  $\mu = 0,35 + 0,012 v$ ;  $\sigma_s$  — допустимая максимальная нагрузка в кг на 1 см ширины одной прокладки, принимаемая равной 5 кг;  $q_1$  — вес ремня 1 м длины для одной прослойки его шириною в 1 см и толщиной в 0,125 см. При удельном весе ремня без обкладки, равном 1,25, и резинового ремня с обкладкой, равном 1,5, значения  $q_1$  будут соответственно равны 0,0156 кг/м см для ремня без обкладки и 0,0188 кг/м см для ремня с обкладкой. Значения  $e^{\mu\alpha}$  для различных скоростей и различных  $\alpha$  берут по таблице 9, а значения  $q_1 \frac{v^2}{g}$  берут в соответствии с таблицей 10. Полученные расчетные данные нужно еще корректировать согласно приведенной выше на стб. 573 таблице 6.

ординарные ремни, толщина от 7 мм и больше указывает на двойные ремни; в табл. 8 передаваемая мощность определена по ф-ле:

$$N = f \cdot \frac{(e^{\mu\alpha} - 1) \left( \sigma_s - q_1 \frac{v^2}{g} \right)}{75e^{\mu\alpha}} v$$

Для определения размеров резиновых ремней можно пользоваться данными табл. 11, рассчитанной для  $\sigma_s = 5$  кг на 1 см ширины одной прокладки для горизонтальной передачи с углом обхвата  $\alpha = 160^\circ$  для  $\frac{s}{D_2} = \frac{1}{100}$ . Ремни шириною > 50 мм должны иметь не менее трех прокладок.

Табл. 12.—Значения величин  $e^{\mu\alpha}$  для текстильных ремней.

Угол обхвата $\alpha^\circ$	Скорость $v$ в м/сек														
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
200	3,05	3,39	3,55	4,04	4,33	4,64	5,13	5,52	6,13	6,58	7,05	7,83	8,40	9,12	9,99
190	2,89	3,17	3,37	3,76	3,98	4,30	4,75	5,01	5,60	5,98	6,40	7,07	7,55	8,34	8,91
180	2,73	3,00	3,20	3,51	3,74	3,98	4,37	4,66	5,12	5,45	5,80	6,38	6,70	7,46	7,94
170	2,58	2,82	3,00	3,27	3,47	3,69	4,03	4,27	4,67	4,96	5,26	5,75	6,10	6,67	7,07
160	2,44	2,66	2,81	3,05	3,23	3,41	3,71	3,92	4,27	4,51	4,77	5,19	5,71	5,96	6,31
150	2,31	2,50	2,63	2,85	3,00	3,16	3,42	3,50	3,90	4,11	4,33	4,68	4,93	5,33	5,62
140	2,18	2,35	2,47	2,66	2,79	2,92	3,15	3,31	3,56	3,74	3,93	4,22	4,43	4,77	5,01
130	2,07	2,21	2,31	2,48	2,59	2,71	2,90	3,04	3,21	3,40	3,53	3,31	3,99	4,27	4,46
120	1,95	2,08	2,17	2,31	2,41	2,51	2,67	2,79	2,97	3,10	3,23	3,44	3,59	3,82	3,98
110	1,85	1,96	2,03	2,15	2,24	2,33	2,46	2,53	2,71	2,82	2,93	3,11	3,22	3,42	3,55
100	1,74	1,84	1,91	2,01	2,08	2,15	2,26	2,35	2,47	2,57	2,66	2,80	2,90	3,05	3,16
90	1,65	1,73	1,79	1,87	1,93	2,00	2,14	2,17	2,26	2,33	2,41	2,53	2,61	2,73	2,82
80	1,53	1,63	1,68	1,75	1,80	1,84	1,98	2,06	2,12	2,12	2,18	2,28	2,34	2,44	2,51

Табл. 13.—Значения  $q_1 \frac{v^2}{g}$  для хлопчатобумажных ремней.

Тип ремня	Скорость $v$ в м/сек														
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Ординар. ремень	0,05	0,19	0,43	0,77	1,20	1,73	2,36	3,08	3,90	4,81	5,82	6,93	8,13	9,43	10,83
Двойной ремень	0,04	0,15	0,35	0,62	0,97	1,39	1,9	2,48	3,14	3,87	4,69	5,58	6,54	7,59	8,71

Табл. 14.—Значения  $q_1 \frac{v^2}{g}$  для ремня из верблюжьей шерсти.

Тип ремня	Скорость $v$ в м/сек														
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Ремень в 3 слоя, шириною от 50 до 89 мм . . . . .	0,05	0,2	0,43	0,81	1,23	1,82	2,48	3,24	4,09	5,06	6,12	7,28	8,54	9,91	11,4
Ремень в 4 слоя, шириною от 101 до 228 мм . . . . .	0,04	0,15	0,35	0,62	0,97	1,39	1,9	2,48	3,14	3,87	4,69	5,58	6,54	7,59	8,71
Ремень в 5 слоев, шириною от 228 мм и выше . . . . .	0,04	0,15	0,33	0,59	0,92	1,32	1,8	2,35	2,97	3,70	4,44	5,28	6,20	7,19	8,26

Если ширина ремня задана, то число прокладок определяют путем деления числа, указанного в таблице, на ширину ремня в см; если число прокладок получается дробным, то оно округляется до единицы в сторону, большую при дроби  $\geq 0,2$ , и сторону, меньшую при дроби  $< 0,2$ .

Расчет текстильных ремней (хлопчатобумажных и верблюжьей шерсти) можно производить по ф-ле:

$$f = b \cdot s = \frac{P e^{\mu\alpha}}{(e^{\mu\alpha} - 1) \left( \sigma_2 - q_1 \frac{v^2}{g} \right)}$$

Коэф. трения  $\mu$  в зависимости от  $v$  определяют по ф-ле:

$$\mu = 0,3 + 0,012 v,$$

напряжение  $\sigma_2$  с учетом ослабления в месте стыка м. б. принято равным  $25 \text{ кг/см}^2$ .

Для ординарных хлопчатобумажных ремней шириною  $25 \div 175 \text{ мм}$  вес  $q_1 \text{ кг/м см}^2$  принимают равным  $0,118 \text{ кг/м см}^2$ , для ремней двойных шириною  $50 \div 500 \text{ мм}$   $q_1$  соответственно равняется  $0,095 \text{ кг/м см}^2$ . Для ремней верблюжьей шерсти при ремне в 3 слоя шириною до  $100 \text{ мм}$   $q_1$  берут равным  $0,124 \text{ кг/м см}^2$ , для ремней в 4 слоя шириною от  $100$  до  $228 \text{ мм}$   $q_1 = 0,095 \text{ кг/м см}^2$ , для ремней в 5 слоев шириною  $\geq 228 \text{ мм}$   $q_1 = 0,09 \text{ кг/м см}^2$ . Угол обхвата  $\alpha$  определяется по ур-ию  $\alpha = 180^\circ - 115^\circ \left( \frac{R-r}{l} \right)$ , где  $l$ —расстояние между

центрами шкивов. Значение  $e^{\mu\alpha}$  в зависимости от скорости  $v$  и угла  $\alpha$  для текстильных ремней берется по табл. 12; величину  $q_1 \frac{v^2}{g}$  для хлопчатобумажных ремней определяют по табл. 13, а для ремней верблюжьей шерсти—по табл. 14.

Приведенная ф-ла дает хорошие результаты для горизонтальной передачи при отношении толщины ремня  $s$  к  $D_2$ , равном  $\frac{s}{D_2} = \frac{1}{109}$ . При иных условиях необходимо вносить соответствующие коррективы по табл. 5 и 6, о чем указано выше. При отношении  $\frac{s}{D_2} < \frac{1}{100}$  нужно производить расчет по формуле (31), причем первоначально определяют толщину ремня по ф-ле (30), а затем производят перерасчет по ф-ле (31), увеличивая площадь сечения ремня на соответствующий процент в зависимости от отношения  $s : D_2$  согласно табл. 15.

Табл. 15.—Значения поправок в % к расчетному сечению.

$s : D_2$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{1}{70}$	$\frac{1}{60}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{35}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{25}$
Величина поправки . . .	0	3,9	6,4	10,3	16,2	27,2	32,1	48	71,2

Табл. 16.—Характеристика ordinарных хлопчатобумажных ремней:

Table with 14 columns: Width (b), Thickness (s), Section (f), and 11 speed columns (2-30). Rows list various belt specifications and their corresponding power transmission values.

Табл. 17.—Характеристика двойных хлопчатобумажных ремней.

Table with 14 columns: Width (b), Thickness (s), Section (f), and 11 speed columns (2-30). Rows list double belt specifications and their corresponding power transmission values.

Табл. 18.—Характеристика верблюжьих ремней.

Table with 14 columns: Width (b), Thickness (s), Section (f), and 11 speed columns (2-30). Rows list camel belt specifications and their corresponding power transmission values.

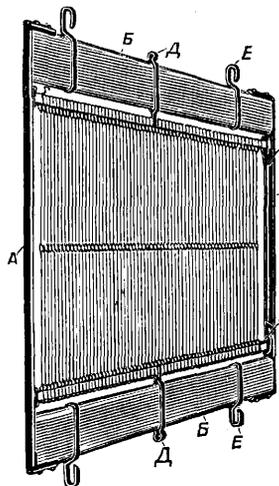
Для быстрого определения размеров ordinарных и двойных хл.-бум. ремней в зависимости от передаваемой ремнем мощности можно пользоваться табл. 16 и 17.

Для быстрого определения сечения верблюжьих приводных ремней можно пользоваться табл. 18, высчитанной по ф-ле для угла обхвата 160°, при горизонтальной передаче.

для отношения s : D2 = 1 : 100, при допуске напряжении sigma\_2 = 25 кг/см^2.

Лит.: Бах К., Детали машин, пер. с нем., М., 1931; Бобарыков И., Детали машин, М.—Л., 1931; Сидоров А., Курс деталей машин, ч. 2, М.—Л., 1926; ВСНХ СССР, сектор рационализации труда и себестоимости, Приводные ремни, М., 1931; Röttscher F., Die Maschinenelemente, В. 2, В., 1929. Б. Шпринг.

**РЕМИЗ**, прибор для проборки основных нитей в ткацком производстве и для подъема и опускания нитей основы с целью образова-



ния зева. Р. состоит из определенного числа ремизок в зависимости от заправки и способа переплетения (фигура). Число ремизок бывает от 2—для простого миткалевого переплетения и редкой заправки и до 24 и более—для заправки мелкоузорчатых тканей. Ремизка состоит из рамки, состоящей из 2 хорошо простроганных деревянных планок *Б, Б*; с торцов планки соединены железными полосомами *Д, А*, к последним приклепаны пластинки *В*, в отверстие которых входят железные прутки *Г* круглого или прямоугольного сечения. На прутки надеваются ушками галева. Ремизка имеет 2 хомута *Д, Д*, которые не позволяют пруткам прогибаться под действием натяжения галев. Для подвязки ремизки к ремизоподъемному прибору на каждой планке имеется по 2 крючка *Е, Е*. Помещенная на фигуре ремизка имеет металлич. галева. Нитяные галева прикрепляются к планкам проще—без прутков.

Лит.: Потанин П. В., Бердо-ремизное пр-во, М., 1930; Рутман Ф. Ю., Текстильщик, Ремизное и бердоное пр-ва, 2 изд., М., 1925.

**РЕМИЗНОЕ ПРОИЗВОДСТВО.** Применяемый в качестве *ремиз* (см.) бывает нитяной и металлический. Нитяная ремизка вяжется или механическим путем—*галева* (см.) вяжутся непрерывно во всю длину ремизки—или ручным путем—каждое галево (две нитяные петли, между которыми укреплен глазок, через который продевается основа) вяжется отдельно. Второй способ вязки ремиза имеет еще некое значение при выработке нестандартных тканей, при перезаправках к-рых меняется расчет прибора и число галев в ремизке. Основным является механич. способ производства ремизок. В виду ответственной работы, к-рую несет ремизка на ткацком станке, она д. б. сделана из пряжи хорошего качества, аккуратно связана и подвергнута соответствующей отделке. Для изготовления галев употребляется х.л.-бум. пряжа, реже льняная и шелковая. Наибольшее распространение имеет х.л.-бум. пряжа из хлопка хорошего качества. Номера применяемой пряжи—24, 32, 40, 60; она должна иметь следующие показатели:

№ пряжи . . . . .	24	32	40	60
Крепость при разрыве, кг . . . . .	38	28	25	18
Удлинение . . . . .	5,5	5,0	5,0	4,5
Число кручений на 1'' . . . . .	19	22	25	27

Пряжа тростится в несколько концов и скручивается на крутильной машине. Тонина ремизной пряжи, т. е. количество концов и № пряжи, из к-рой д. б. сработана ремизная пряжа, должна находиться в соответствии с плотностью ремизного прибора, в свою оче-

редь зависящей от плотности вырабатываемой ткани и № пряжи основы. Различные виды ремиз приведены ниже в табл. 1. Крученая пряжа д. б. равномерно скрученной, не иметь петель, узлов, тонких мест.

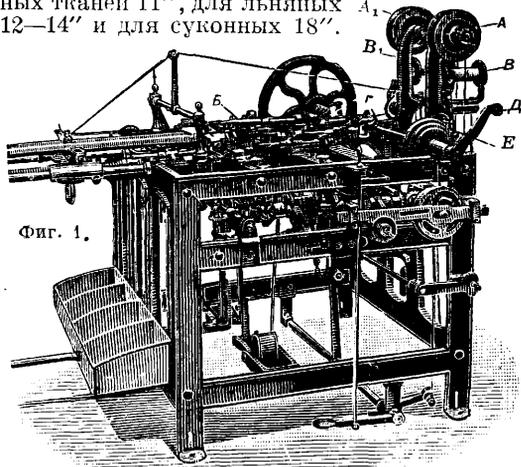
Вязка питяной ремизки производится на специальной машине (фиг. 1), состоящей из следующих главных частей: на четырехугольной раме укреплены катушки с ремизной пряжей *В, В* и с пожилиной *А, А*. Последняя обычно делается из льняной пряжи №  $\frac{6}{4}$ , дающей меньшую вытяжку, чем хлопчатобумажная, что важно для сохранения ширины ремиза. Рабочие органы машины состоят из вязального аппарата для галев и для вязки ремизки с пожилиной и из каретки *Б*, к-рая имеет медленное движение и отводит готовый ремиз от вязального аппарата. Все эти органы получают движение от вала *Г*, к-рый приводится во вращение от рукоятки *Д* или от ступенчатого шкива *Е*. Соотношение между скоростью вязки ремиза и скоростью ползуна, что определяет плотность ремиза, т. е. число галев на 1'' длины ремиза, регулируется сменой двух шестерен, число зубцов к-рых изменяется: первой—от 65 до 40 и второй—от 40 до 110; в соответствии с этим и число галев

Табл. 1.—Виды ремиз.

Плотность ремизки *1	34	35—58	59 *2	35—58	59—80	81 *2	до 60	61 *2	110
№ ремизной пряжи . . . . .	24/12	32/12	40/12	32/12	40/12	60/12	40/12	60/12	60/12

\*1 число галев на 1''. \*2 И более.

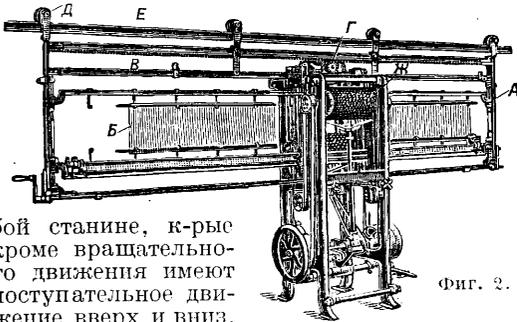
на 1'' (плотность ремиза) изменяется от 5 до 36,7. Высота ремизки (мах) делается в зависимости от рода ткани, подъемного механизма на ткацком станке. Стандартные величины для хлопчатобумажных тканей 11'', для льняных *А*<sub>1</sub> 12—14'' и для суконных 18''.



Фиг. 1.

Связанная ремизка подвергается отделке: закрахмаливанию и лачению (пропитке и покрытию лаком), что делает нитку гладкой и она не мнит основу при трении. Процесс закрахмаливания производится или на горизонтальной машине с одновременной сушкой ремиза при помощи нагревательных батарей или на вертикальной машине для лачения. Последняя (фиг. 2) состоит из рамы *А*, на которой надеты в натянутом состоянии (с по-

мощью планок) ремизки *Б*. Рама *А* покоится на каточках *Д* и с помощью рейки *В* и шестерни *Г* передвигается по брусу *Е* вправо и влево. Рабочий орган машины состоит из двух щеточных валиков *Ж*, смонтированных на ос-



Фиг. 2.

бой станине, к-рые кроме вращательного движения имеют поступательное движение вверх и вниз.

Закрахмаливание производится следующим образом. Сваренный крахмальный клей равномерно наносится на ремизку при помощи ручной щетки. Машина приводится в движение, ремизки проходят между щетками, и крахмал втирается в нитяную часть ремизки, покрывая ее по всей ее высоте. Процесс закрахмаливания имеет целью не только сделать нить гладкой, но и предохранить ее от вредного действия некр-рых составных частей лака.

Совершенно аналогично производится на машине и покрытие пряжи лаком, к-рый также наносится на галева ручной щеткой. Состав ремизного лака различен. Первое лачение проводят подогретым до 45° жидким лаком, в состав к-рого входит (по весу) 35% скипидара и 45% масла; остальную часть составляют копалы и сикативы. Для последующих лачений (их бывает от 2 до 4) применяют нередко ремизный лак следующего состава (весовые %): копала 20, глета 1,8, скипидара 20,0, спирта нефтяного 1,2, олифы 40,0 и сикативов 17,0. Число лачений определяется номером пряжи и ее плотностью. После каждого лачения ремизка поступает в сушилку, где остается около 3 ч. Лак должен быстро высушаться, в течение 2 ч. он должен ложиться гладким равномерным слоем, после высыхания придавать ремизке блестящую гладкую поверхность, к-рая не должна лущиться. При перегибе лаченая пряжа не должна давать трещин.

Металлический ремиз. В последнее время благодаря прочности и удобству в работе все большее распространение получает металлич. ремиз, приготовляемый или из проволоки с запаянными глазками или цельным из стальной ленты—пластинчатый ремиз. Одним из основных условий получения хорошего металлич. ремиза является хорошее качество проволоки и ее соответствующая подготовка. Для производства требуется стальная проволока равномерная по тонине и с определенными механич. свойствами. Для производства галев обычно берется двойная проволока, т. е. спаянная оловом в два конца и луженая. Приготовленная т. о. проволока

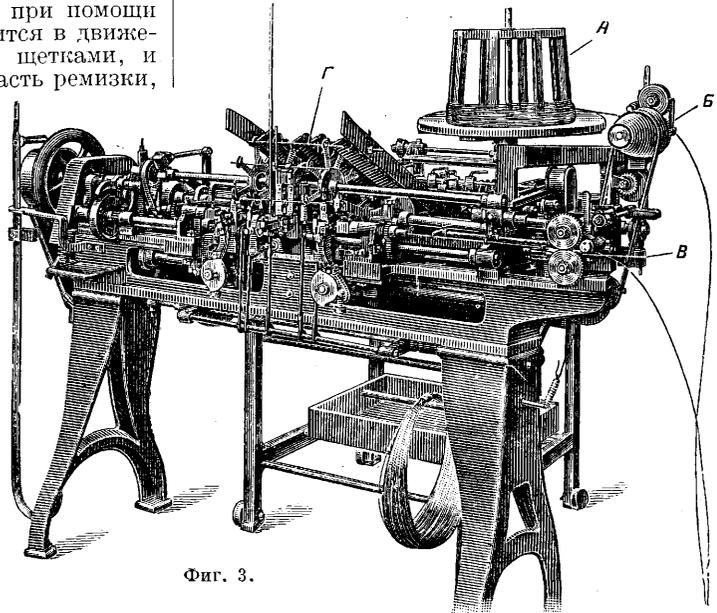
д. б. хорошо пропаяна, гладка, блестяща и иметь показатели, приведенные в табл. 2.

Табл. 2.—Свойства проволоки для ремизов.

№ *1	∅, мм	Шир., мм	Сопрот. разр. *2	Удли., %	*3
24	1,55	1,16	64	8	56
26	0,75	0,91	59	6	68
28	0,35	0,71	33	4	76

\*1 По Стубеу. \*2 В кг. \*3 Число изгибов на 180°.

Вязка проволочных галев производится на автоматич. машине (фиг. 3). Вязка состоит в следующем: моток паяной проволоки одевается на барабан *А*, затем конец проволоки пропускается через регулирующие каточки *Б*, приемные ролики *В*, подающие проволоку к вязальному аппарату *Г*; последний одновременно раскалывает проволоку в местах



Фиг. 3.

образования глазка и ушка, производит крутку обоих отверстий и загибку проволоки. Форма и размер глазка (фиг. 4) зависят от формы и размера пробойника. После вязки галева пропаявают оловом в местах крутки глазков и ушков и промывают в теплой мыльной воде для удаления остатков (после пропайки) к-ты. Металлич. ремизки имеют следующие главные размеры:

№ проволоки . . . . .	25	26	28	31	35
Диаметр проволоки в мм . . . . .	0,55	0,50	0,40	0,31	0,22
Расстояние между крайними внутренними точками ушков в мм . . . . .	355	305	—	267	—
Высота ремизок в мм . . . . .	480	420	420	—	—

Расстояние между крайними точками ушков для хлопчатобумажных тканей равно 267 мм; для хлопчатобумажных, льняных и камвольных тканей 305 мм, для тяжелых льняных, пеньковых и джутовых тканей 355 мм; высота ремизок для суконных тканей 420 и 480 мм. Размеры и формы глазков, а также формы и размеры ушков приведены в табл. 3 и 4.

Табл. 3.—Размеры в мм и форма глазков (по внутреннему просвету).

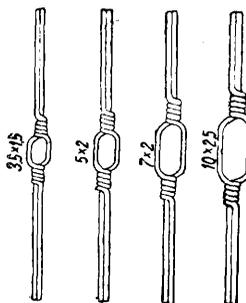
Форма глазка	Глазки без пайки			Форма глазка	Паяные глазки		
	№ *1	а *2	б *3		№ *1	а *2	б *3
Продолговатая	3,5	3,5	1,5	Овальная } Продолговатая }	А	4	2
	5	5	2		Б	6	3
Овальная	7	7	2		В	8	4
	10	10	2,5		Г	5	1

\*1 Условный номер. \*2 Длина. \*3 Ширина.

Табл. 4.—Размеры и форма ушков (по внутреннему просвету).

Тип ушка	Размер	Условный №
Круглое с надеванием на прутки в 1 ряд	Д-6 мм	У 1
Круглое с надеванием на прутки в 2 ряда	Д-3 мм	У 2
Круглое с надеванием петель на планку	Д-2 мм	У 3
Продолговатое с надеванием на плоский прутки	15×5 мм	У 4

Для хл.-бум. и легких льняных тканей применяют ушко У 1, У 2, У 3, для камвольных, льняных и пенько-джутовых—У 1, У 4, для суконных—У 3, У 4. Вязальные автоматы имеют производительность в среднем 11 000—12 000 галев за 8 ч. и требуют ~1,5 Нр. Готовые галева сортируются. В брак поступают галева: 1) с заметным глазком (неправильное прикосновение олова к месту пайки); 2) с плохо закругленными глазками или ушком; 3) с непропайкой у глазка и ушком; 4) с раздвоенной проволокой между глазком и ушком (слабая пайка проволоки); 5) с заусенцами и налетами в местах спайки (загрязненное олово); 6) с ржавыми местами (плохая промывка после пайки); 7) с неправильным расположением глазков и ушков.



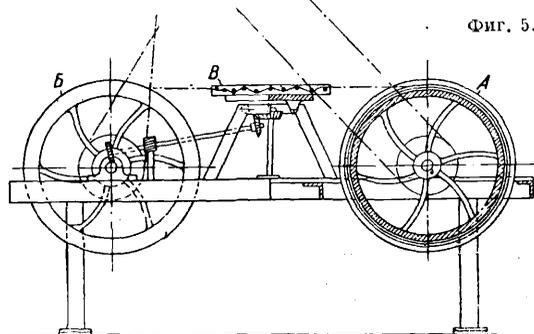
Фиг. 4.

Швейцарская фирма Гроб и Ко усовершенствовала ремизы для тонких основ из искусственного и натурального шелка и вырабатывает ремизы со вставными глазками.

Бердочное производство. Производство берд до последнего времени в значительной степени проводилось на самих ткацких ф-ках, имевших бердо-вязальные машины и получавших бердочный зуб готовым. В настоящее время бердочное производство развивается в виде самостоятельного производства. Сырьем для него служит железная катаная проволока, к-рая д. б. хорошего качества, не иметь трещин, расслоений, закатанных пленок и т. д. Для получения из нее плоского бердочного зуба проволока подвергается продолжительной обработке и пропускается через плющильную машину. Первой операцией является декатировка—травление проволоки в подогретом растворе серной к-ты для удаления окислы и придания проволоке гладкой и чи-

стой поверхности. После травления проволока промывается (для нейтрализации) в известковом растворе; такая промывка предупреждает и хрупкость проволоки, появляющуюся при травлении, после чего проволока просушивается и вторично протравляется к-той с последующей обработкой щелочью и сушкой. Далее проволока подвергается волочению до требуемого №, причем для придания проволоке мягкости и предупреждения хрупкости и жесткости между операциями волочения ее подвергают отжигу в стальных горшках в течение 1—2 ч. и при  $t^{\circ}$  в 500°.

Готовая проволока проверяется на механич. свойства: крепость, удлинение, способность изгибаться, способность закручиваться и равномерность по тонине диаметра. Просмотренная и проверенная проволока поступает на плющильную машину, где и плющится до плащетки и требуемого №. Обычно требуется



Фиг. 5.

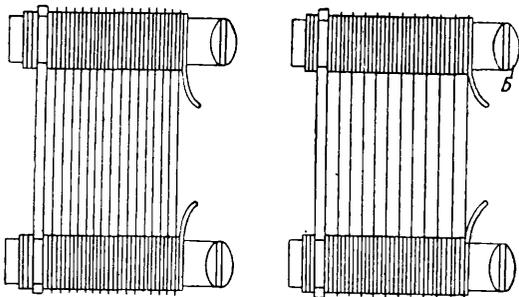
многочисленный пропуск через плющильную машину—до четырех раз и даже более. Плащетка, полученная с плющильной машины, подвергается отделке на зубодельной машине. Последняя (фиг. 5) состоит из двух колес А и В, к-рые имеют самостоятельное движение и каждое—по рабочему и холостому шкиву; такое устройство дает возможность перенести плащентку с колеса А на колесо В и обратно. В первом случае ремень на колесе В должен находиться на рабочем шкиве, а ремень на шкиве колеса А—на холостом. Для наматывания же проволоки на колесо А, наоборот, на колесе А ремень должен находиться на рабочем шкиве, а на колесе В—на холостом. Орган, обрабатывающий плащентку, находится на станине в середине машины и представляет собою сменный инструмент, зависящий от той операции, к-рой подвергается материал. Первая операция—выравнивание плащетки и удаление волнистых изгибов. Достигается это пропуском плащетки через шпильчатую решетку В. В отверстия решетки вставлены 22—24 круглые стальные шпильки  $\varnothing$  2,5 мм. Плащетка проходит последовательно то над шпилькой то под шпилькой. При быстром движении плащетки через шпильки она выравнивается и волнистость ее пропадает. После плющения проволока точно калибруется ширины плащетки путем срезы излишней части, полученной при плющении. Это осуществляется особым прибором, но ж н и ц а м и. Чтобы получить более правильную ширину и правильные боковые стороны зуба плащетки, приходится пропускать ее по нескольку раз через ножницы. Следующая операция—выпрямление линий боковых сторон зуба. Операция эта производится на приборе, состоящем из двух чугун-

ных пластин с просверленными дырами, в к-рые вставлены шпильки; расстояние между шпильками соответствует ширине зуба. Зуб пропускается между пластинками, причем края его выпрямляются. Четвертая операция—округление острых углов зуба при работе на ткацком станке, могущих мшнить и портить основу. Для округления или окатки применяется особый инструмент, т. н. графчик, состоящий из стамески полукруглой формы с заточкой внутри. Для получения хорошего зуба он пропускается через графчики несколько раз. После графчиков зуб поступает в шлифовку. Сначала зуб шлифуется подпилками, причем пропускается через прибор 8—15 раз, и наконец шлифуется наждачной шкуркой. Благодаря тому что после первой правки шпильчатой решетки зуб проходит шесть операций и результаты первой правки могут быть значительно уничтожены последующими операциями, после шлифовки на наждаке зуб еще раз прогоняют через шпильчатую решетку и вторично шлифуют наждаком. Порядок прохождения различных операций разными № зуба указан в табл. 5.

Табл. 5.—Число и порядок прохождения операций.

Порядок операций	Номер зуба								
	19/12	21/12	23/12	25/12	27/12	29/12	31/12	33/12	35/12
Решетка . . .	—	—	—	—	1	1	1	2	2
Ножницы . . .	—	—	—	—	1	2	2	2	3
Рёбровая машина . . .	1	1	1	1	2	2	3	3	4
Графчики . . .	2	2	2	2	4	4	2	2	2
Ножницы . . .	—	—	—	1	1	1	1	1	1
Подпилки . . .	8	8	8	8	8	8	11	14	15
Наждак . . .	5	5	5	5	6	6	8	10	10
Решетка . . .	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Наждак . . .	1	1	1	1	1	1	1	1	1

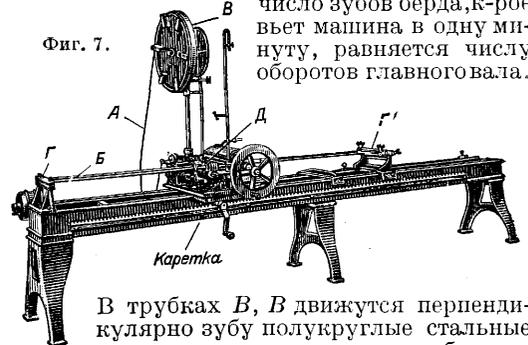
Приготовление, или вивка, берд (фиг. 6) производится на специальной бердочной машине (фиг. 7). Она состоит из станины, на которой движется каретка *Д*. Заготовленная для зуба проволока *А* надевается на круг *В*, легко вращающийся на оси. Вдоль станины в зажимах *Г*, *Г* укрепляются слачки *Б*—полу-



Фиг. 6.

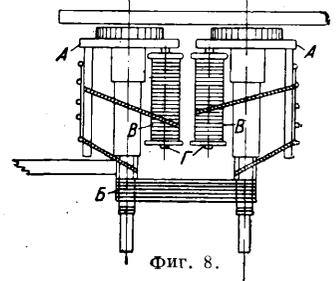
круглые деревянные (сосновые) планки, сечение к-рых имеет особую форму (фиг. 6) и между к-рыми вставляются пластинки зуба *А*. С каждой стороны заправляется по два слачка, всего четыре. Вивка берда заключается в том, что каждый отрезок бердочного зуба, заправляемый между двумя парами слачков, перевивается крученой хл.-бум. пряжей, называемой перевивкой. Толщина пряжи должна

точно соответствовать расстоянию между отрезками бердочного зуба. Бердочный зуб подается с помощью эксцентрика на определенную длину (4—7 см) при каждом обороте главного вала машины, перевивка *Б* (фиг. 8) обвивает промежутки между зубами также при каждом обороте главного вала. Перевивка намотана на катушки *Г*, *Г*, укрепленные на эксцентриках *А*. При вращении эксцентриков катушки вращаются около трубок *В*, обвивая перевивку вокруг слачков. Как было указано, одному обороту главного вала соответствует один оборот перевивки, в свою очередь соответствующий одному зубу берда; т. о.



Фиг. 7.

число зубов берда, к-рое вьет машина в одну минуту, равняется числу оборотов главного вала. В трубках *В*, *В* движется перпендикулярно зубу полукруглые стальные пластинки, при движении обрезающие зуб после закрепления его перевивкой. Длина отрезка зуба называется резкой зуба, расстояние между внутренними сторонами слачков—махом берда. Номером берда по метрич. системе  $N_M$  называется число зубов на длине 10 см, номером берда по сист. Стоккорта  $N_C$ —число зубов на длине 1 дм., умноженное на 2; т. о.  $N_M = 1,96928 N_C$ . Производительность бердочной машины составляет в 1 ч. при вивке в 1 перевой примерно 5 500 зубов, при вивке в 2 перевоя—2 500, при вивке в 3 перевоя—1 750. Расход силы на одну машину — 0,75 НР. По длине берда обычно 60% длины берда занимает перевивка и 40%—зуб. Зависимость № зуба от № берда и зависимость перевивки от плотности берда приведены в табл. 6 и 7.



Фиг. 8.

Табл. 6.—Зависимость номера зуба от берда.

Хл.-бум. ткани с резкой зуба 47/8''		Льняные ткани с резкой зуба 5''		Сунонные ткани с резкой зуба 6 1/2''	
№ берда	№ зуба	№ берда	№ зуба	№ берда	№ зуба
34—41	25/12	6—9	19/6	14—17	19/11
42—51	27/12	10—11	21/6	18—21	21/11
52—65	29/12	11—12	23/6	25—28	23/11
66—77	31/12	12—13	25/6	—	—
78—93	33/12	14—18	17/12	—	—
94—111	35/12	19—23	19/12	—	—
—	—	24—26	21/12	—	—
—	—	27—34	23/12	—	—
—	—	35—43	25/12	—	—

Числитель—толщина, знаменатель—ширина зуба.

Табл. 7.—Зависимость номера зуба и перевивки от плотности берда.

Число зубов на 1 см	Число переводов	№ зуба по Стубусу	№ перевивки	Число зубов на 1 см	Число переводов	№ зуба по Стубусу	№ перевивки
1,31	5	18	24/56	7,39	1	25	21/50
2,50	3	19	21/48	9,0	1	27	24/31
3,10	3	19	24/42	10,0	1	27	24/31
3,82	2	21	21/52	12,0	1	31	24/30
4,50	2	21	24/44	16	1	33	40/24
5,20	2	23	21/38	20,4	1	35	
5,65	2	23	24/32				

После вивки бердо проверяется в отношении счета зубов и ширины. На бердо кладется клеймо, указывающее № берда, счет зубов, ширину берда и время его изготовления. Заклейменное бердо поступает в отделку, где разгоняются слишком уплотненные места берда, называемые кустами, заменяются волнистые зубы, бердо вторично просматривается и поступает в смолку, производящуюся в большом корыте длиной 2 м и шириной 0,5 м, в котором находится в нагретом состоянии вар с кашифолью. Берда партиями по 16 шт. опускаются в замасливающую смесь слячками и выдерживаются в ней до тех пор, пока перевитые пряжей места совершенно не покроются варом. Для придания осмоленным местам гладкости их сглаживают специальными каточками или ручным способом—при помощи буксовых вальков, после чего бердо поступает в контрольную комнату для проверки расположения зубов (находятся ли они все в одной плоскости). Проверка производится или наощупь (рукою) или при помощи электрической лампы, к-рая ставится на бердо, наклоненное под углом в 35°. Лампочка заключена в особый футляр, направляющий ее лучи на поверхность берда. Все неровности в расположении отдельных зубов легко м. б. замечены по их тени. Выступающие зубы исправляются плоскогубцами. Работа эта очень ответственна и кропотлива. Такая правка берда называется выгибкой. От выгибальщика бердо переходит к отделяльщику, исправляющему все пропущенные дефекты,—расстояния между зубами, перекосы, помарки, царпины,—и сдающему бердо в оклейку; после этого бердо поступает в окончательную браковку.

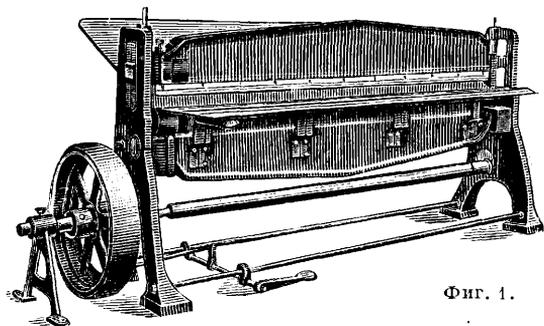
П а я н ы е б е р д а. Для тканей особо плотных и специальных варные берда недостаточно прочны; в этом случае применяются берда с перевивкой металлич. проволокой, с пропайкой оловом между зубами. В качестве перевивки применяется железная проволока диам. 0,1—0,4 мм; проволока д. б. гладкой, мягкой и одинаковой толщины; иногда для очень тонких берд и для большей надежности перевивку применяют латунную или из красной меди. Слячки применяются железные шириною 5 мм и толщиной 2 мм. Вивка берда производится на машинах, аналогичных машине с хл.-бум. перевивкой. Пропайка производится опусканием берда в корыто с разогретым оловом с примесью (обычно) свинца в размере 30% общего веса. Места пропайки д. б. хорошо вычищены и протравлены соляной к-той. Паляные берда имеют наибольшее распространение в шелковой промышленности, при выработке мельничных сит и в тех районах Союза, где температура слишком высока для варных берд (Ашхабад, Фергана).

Лит.: Потанин Н. В. Бердо-ремизное производство, М., 1930; Рутман Ф. Ю., Текстильщик, Ремизное и бердоное производство, М., 1925; Woodhouse T., Healds a. Reeds for Weaving, Setts a. Porters, Manchester, 1920.

В. Линде.

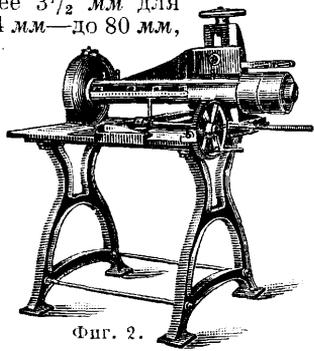
**РЕМНИ ПРИВОДНЫЕ**, гибкая связь для передачи движения от одного вала другому, работающая на растяжение и сделанная из полос кожи или ленты специальной ткани. По роду материала различают Р. п. кожаные, резиновые, «балата», верблюжий, хлопчатобумажные, льняные и стальные.

Кожаные Р. п. изготовляют из кожи особой выделки, т. н. ремневого чепрака (ОСТ 231 и 233). Для выработки ремневого чепрака употребляют особо тяжелое и равномерно плотное кожаное сырье. Из сырья СССР наиболее пригодны отборные шкуры украинской бычины. Плоские ремни (ОСТ 232 и 233) получают сращиванием отдельных полос, вырезанных из ремневого чепрака. Из двух или трех ординарных ремней, склеенных и пропитанных или только склеенных в одно целое по всей поверхности полос, получают двойные и



Фиг. 1.

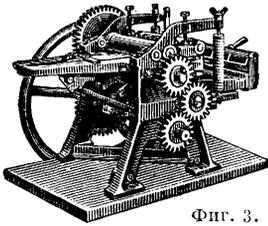
тройные ремни. Чепраки, идущие на изготовление ремней, сортируют по толщине, т. к. при последующем раскрое на полосы различной толщины соответствует различная ширина полос. Затем делают топографич. разметку, позволяющую установить, к какой части чепрака относится данная полоса, а также отмечают дефектные места чепрака. Перед раскроем производят обрубку на гильотине (фиг. 1) для получения одного прямолинейного края. Чепрак раскраивают на полосы в соответствии с толщиной: не менее 3½ мм для ширины до 45 мм, 4 мм—до 80 мм, 4½ мм—до 115 мм, 5 мм—до 150 мм и 5½ мм—свыше 150 мм. Отдельные места в полосе могут отличаться от средней толщины не более 0,5 мм. Раскройку производят на циркулярном ноже (фиг. 2) или на гильотине. Подобранные для ремня



Фиг. 2.

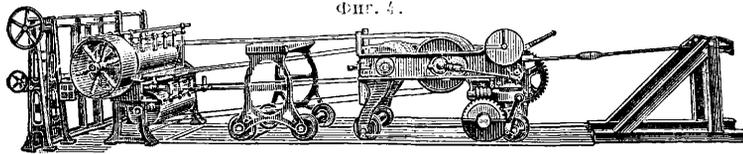
полосы обрубать для получения концов, строго перпендикулярных к кромкам. Перед склейкой концы полос срезают на шпальтмашине (фиг. 3), подправляют вручную циклей и взъерошивают посредством кардоленты на шершавочной машине. Клеевые составы на мездровом клее с добавлением глицерина для большей пластичности вполне удовлетворительны для ремней, работающих в сухих условиях.

Широкие ремни склеивают преимущественно на гидравлич. прессах, узкие—на ручных винтовых прессах. Склеенный стык прессуют между резиновыми или кожаными прокладками, поддерживая давление, пока покрывают клеем следующий стык. Для водоупорной склейки применяются гл. обр. растворы нитроцеллюлозы и целлюлоида в ацетоне и спирте (клей АГО и др.), причем требуется предварительная смазка стыков более разбавленным клеем. Эти клеи дают менее прочную склейку (2—3 кг/мм<sup>2</sup> вместо 3—4 кг/мм<sup>2</sup>).



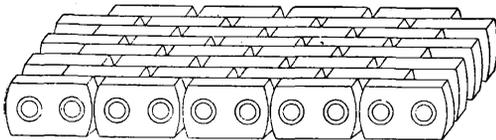
Фиг. 3.

Готовый ремень подвергают испытанию под нагрузкой, в несколько раз превышающей нормальные производственные нагрузки. При этом ремень получает предварительную вытяжку (до 3—4%). Применяемая для этой цели установка «Геркулес» показана на фиг. 4. Левая часть установки, на которой помещен привод, неподвижная. Правая часть (каретка) перемещается по рельсам в зависимости от длины испытываемого ремня. Перемещение каретки производится имеющейся на ней лебедкой с динамометром для измерения натяжения ремня. После испытания ремень скатывают в круг под рабочим натяжением. Очистку кантов производят обычно в кругах циклей. Товарная мера ремней определяется произведением см ширины на м длины. При изготовлении двойных и тройных ремней стыки



Фиг. 4.

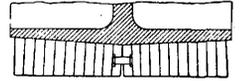
располагают так, что каждый стык приходится по середине полосы соседнего слоя. Склейку обычных ремней в двойных и тройные лучше всего производить после строжки склеиваемых поверхностей. В Америке пользуются для этого целлюлоидной лентой, которая, пройдя через растворитель, запрессовывается между верхним и нижним слоями ремня при пропуске через вальцы. Если склеиваемые поверхности не строгуются, то требуется дополнительное сшивание сыромятными шивками (ушивальниками). Из одного тяжелого ремневого чепрака получается 100—120 см.м гото-



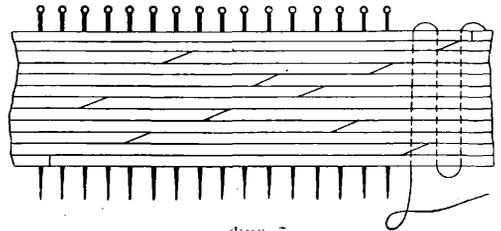
Фиг. 5.

вого ремня. Вес полученных ремней составляет около 70% веса взятых чепраков. Звенчатые, или звеньевые (шарнирные), ремни (фиг. 5) изготовляют из мелкой высечки обувных фабрик и шорных мастерских. На обыкновенных вырубочных прессах вырубают звенья ок. 15 × 30 мм. При вырубке звена или отдельной операцией прорубают 2 круглые дыры диам. ок. 3 мм для шпилек, на к-рые на-

бирают звенья. Для работы на выпуклых шкивах звенчатые ремни набирают из звеньев разной высоты (фиг. 6). Звенчатые ремни работают хорошо лишь при тщательном подборе звеньев по толщине и однородности свойств товара; поэтому необходима тщательная сортировка звеньев после вырубки, а также дополнительная жировка, если они сделаны не из ремневого чепрака. Ребристые ремни образуются из узких кожаных полос на ребро склейкой их по всей длине, а также шивкой и одновременно сращиванием шпильками на заклепках (фиг. 7). Подготовку ребристого ремня для соединения показана



Фиг. 6.



Фиг. 7.

на фиг. 8. Ребристые ремни можно изготовлять из сырья, непригодного для изготовления плоских ремней. Круглые и овальные ремни изготовляют из тяжелых ременных чепраков. Из кожаного круга вырезают по спирали узкую полосу прямоугольного или квадратного сечения. Для этого круг насаживают отверстием, пробитым в его центре, на ось, имеющую кроме вращения некоторое поступательное движение. Отрезанную полосу округляют протягиванием ее после увлажнения через круглое отверстие с суживающимися поверхностями. Круглый ремень можно отполировать смазкой маслом и протягиванием между кожаными поверхностями. Круглые ремни применя-

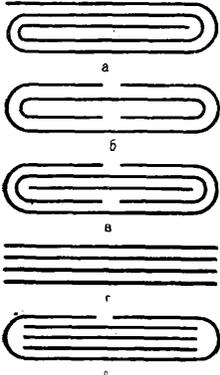


Фиг. 8.

ют на желобчатых шкивах. Из одного тяжелого ремневого чепрака выходит около 200 м круглого ремня среднего размера. Наибольший размер для обычных ремней 8 × 9 мм, а для двойных и тройных, получаемых путем склейки и сшивки, наибольший диам. ок. 20 мм.

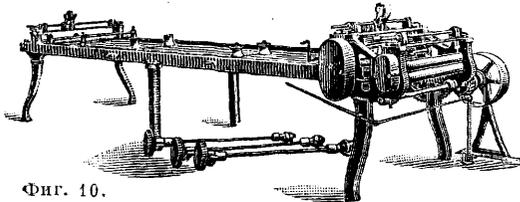
**Резиновые Р. п.** (ОСТ 689) состоят из нескольких слоев хл.-бум. ткани (белтинг), поверхности к-рой связаны между собой вулканизованной резиной. Хл.-бум. ткань полотняного переплетения изготавливается из крученой пряжи № 16/16. Иногда снаружи ремни покрывают более толстым слоем резины и получают ремни с резиновой обкладкой. По форме различают резиновые ремни плоские и трапециевидные. Конструкция плоского ремня м. б. следующих видов. Свернутый ремень (фиг. 9, а) изготовляют из ткани, покрытой резиновой смесью, на шпредер-каландре (фрикционном каландре)

путем свертывания, ткани вручную и прокатки роликом. С л о ж е н н ы й р е м е н ь (фиг. 9, б и в) изготовляют на специальных машинах (фиг. 10) из полос, по ширине равных двойной ширине ремня. Машина загибает и прокатывает полосу. Для заполнения стыка вкладывают полоску резины. П л а с т и н ч а т ы й р е м е н ь (фиг. 9, г) образуется на тех же машинах из полос одинарной ширины. Во избежание растрепывания кромки часто такой ремень обертывают полосой (фиг. 9, д) двойной ширины. Заготовленные одним из указанных способов ремни подвергают вулканизации в прессах, нагреваемых паром (давление пара 3—4 atm). Число прокладок (слоев резины) в резиновом ремне 2—6. Для очень легких передач применяют ремни с 2 прокладками, ремни с 3 и 4 прокладками заменяют обычные, а с 5 и 6 прокладками—двойные кожаные ремни. Толщина слоя ткани и резины составляет 1,3 мм, толщина наружной обкладки—0,6 мм. Т р а п е ц о и д а л ь н ы е р е м н и состоят из свернутой хл.-бум. ткани с провулканизированной резиновой прокладкой и толстой наружной резиновой обкладки (фиг. 11).



Фиг. 9.

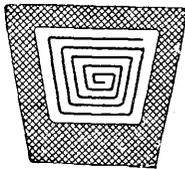
с 5 и 6 прокладками—двойные кожаные ремни. Толщина слоя ткани и резины составляет 1,3 мм, толщина наружной обкладки—0,6 мм. Т р а п е ц о и д а л ь н ы е р е м н и состоят из свернутой хл.-бум. ткани с провулканизированной резиновой прокладкой и толстой наружной резиновой обкладки (фиг. 11).



Фиг. 10.

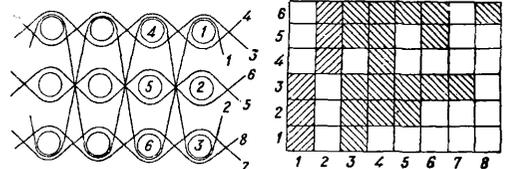
Ремни балата отличаются от резиновых ремней только тем, что связующая смесь состоит из невулканизированной массы балата (см.) и слои спрессовываются под значительно большим давлением. Количество прокладок 3—8. С нерабочей стороны ремень имеет обычно резиновую обкладку.

**К. Тканые Р. п.** Верблюжьи ремни и делают многослойными с двумя основами: стоевой из верблюжьей шерсти и прижимной из хл.-бум. пряжи. Главное значение имеет шерстяная основа и шерстяной уток. Применяется пряжа № 4 и 6 англ. нумерации. Прочность на разрыв одиночной нити при зажимной длине в 20 см д. б. не менее 1,65 кг и удлинение—20%. Верблюжьи ремни делают трех-, четырех- и пятислойными. Трехслойная ткань работает на 8 ремизках. Заправочный рисунок и порядок движения ремиз и прокидки утка показан на фиг. 12. В 6 ремизах пропробрана стоевая шерстяная основа (нити 3, 4, 5, 6, 7 и 8 на заправочном рисунке), а в 2 ремизах—прижимная хл.-бум. основа (нити 1 и 2). Порядок движения ремиз следующий: при 1-й прокидке поднимаются 1-я и 3-я нитки, при 2-й—1, 3, 4 и 5-я нитки, при 3-й—1, 3, 4, 5, 6



Фиг. 11.

и 7-я нитки, при 4-й—2-я и 4-я, при 5-й—2, 3, 4 и 6-я, при 6-й прокидке—2, 3, 4, 5, 6 и 8-я нитки. Раппорт утка—6 прокидок. Порядок прокидок утка: 1-я прокидка—верхнее полотно; 2-я—среднее полотно; 3-я—нижнее; 4-я прокидка,—как 1-я. Построение четырех- и пятислойных тканей осуществляется аналогично, но с большим числом ремиз и с большим раппортом по утку. После выработки на ткацком станке верблюжьи ремни пропитывают мездровым клеем и окрашивают снаружи суриком. Пропитка придает ремням большую крепость. Пропитанный ремень меньше



Фиг. 12.

вытягивается и меньше страдает от атмосферных влияний. Толщина каждого слоя ремня около 2 мм.

**Хлопчатобумажные ремни** изготовляют из крученой пряжи (основа № 24/6, уток № 24/24 и № 16/20) и пропитывают озокеритовым составом. Обычные ремни имеют толщину 6 мм и ширину до 150 мм, двойные—толщину в 8 мм и ширину 75—250 мм. Хл.-бум. ремни типа балата составляют из нескольких слоев хл.-бум. материи и пропитывают специальным масляным составом, а снаружи окрашивают суриком. Слои прошиваются между собой по длине ремня хл.-бум. ниткой. Число слоев 2—16. Толщина слоя—около 1 1/2 мм.

**Стальные Р. п.** представляют собой тонкие ленты из закаленной специальной стали; они изготовляются шириной 80—150 мм и толщиной 0,3—1,1 мм.

**Свойства ремней.** Плоские кожаные ремни менее равномерны по ширине и толщине, чем резиновые и тканые. У обычных этот недостаток больше, чем у двойных. Вследствие гигроскопичности они изменяют свою длину в условиях большой и неравномерной влажности и при высоких (>50°) и колеблющихся t°, благодаря чему уступают при этих условиях резиновым ремням. При работе в вилках, на ступенчатых шкивах и натяжных роликах кожаные ремни являются наилучшими. Наибольшая ширина кожаных ремней—1 м. Толщина ремня не д. б. больше 0,01—0,02 диаметра шкива. Вообще большая ширина нежелательна, особенно на быстром ходу. Значительная и неравномерная растяжимость кожаных ремней дает перекосы и проскальзывание, вызывающие относительно частые перебивки. Коэф. трения в зависимости от смазки 0,12—0,38. Хромовые ремни более эластичны, но сильнее вытягиваются и потому непригодны для сильного натяжения и неравномерной нагрузки толчками. В вилках они работают хуже обыкновенных. Они лучше сопротивляются химическим и темп-рным воздействиям. выдерживая t° до 80°. Сделанные из одного и того же сырья хромовые ремни тоньше обыкновенных, но имеют большее сопротивление разрыву. Звенчатые кожаные ремни легко переносят переменную нагрузку и толчки и хорошо работают на шкивах малых диаметров;

в сырых условиях применяются лишь при половинной нагрузке. Ребристые ремни отличаются полной однородностью по толщине и плотности и имеют различные соединения; благодаря этому они работают очень плавно. Они почти не теряют прочности и гибкости в соединении и могут применяться на шкивах меньшего, чем обычно, диаметра.

Резиновые ремни без обкладки пригодны для работы при температуре до  $60^\circ$  и нормальной влажности, ремни с обкладкой не чувствительны к колебаниям температуры, легко переносят влагу и хорошо сопротивляются химич. воздействиям. Благодаря одинаковой упругости по всей длине отличаются плавностью работы и вполне пригодны при колеблющейся нагрузке. На переводных вилках и вообще в условиях дополнительного трения по кромке работают хуже кожаных; однако резиновые ремни с обкладкой м. б. допущены для перекрестных передач в сырых помещениях, где применение кожаных ремней нецелесообразно. Разрывное усилие для резино-



Фиг. 13.

вого ремня д. б. не менее  $50 \text{ кг/см}$  на  $1 \text{ см}$  ширины на  $1$  прокладку. По требованиям НКПС удлинение при разрыве не должно превышать  $25\%$ . Коэф. трения  $0,35-0,50$ .

Ремни балата отличаются большой гибкостью и потому хорошо прилегают к шкивам. Они хорошо работают в сырых помещениях и даже под водой, но при очень сухом воздухе и  $t^\circ$  свыше  $35^\circ$  применение их не рекомендуется. В остальном, а также по сопротивлению на разрыв ремни балата не отличаются от резиновых.

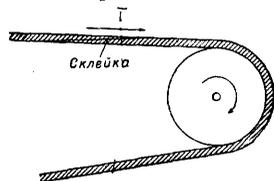
Верблюжьи ремни благодаря специальной пропитке мало чувствительны к изменениям влажности и  $t^\circ$ , достаточно упруги и мало растяжимы; поэтому легко переносят неравномерную нагрузку. Вследствие легкости они производят незначительное давление на подшипники. При перекрестных передачах, ступенчатых шкивах и частых переводах применение верблюжьих ремней нецелесообразно. Сопротивление на разрыв составляет  $300 \text{ кг/см}^2$ , коэф. трения  $0,38-0,59$ .

Хл.-бум. ремни применяются в сухих помещениях и при  $t^\circ$  до  $70^\circ$ . В переводных вилках они изнашиваются меньше верблюжьих. Сопротивление на разрыв— $350 \text{ кг/см}^2$ . Ремни типа балата особенно хорошо выдерживают неравномерную нагрузку; в остальном не отличаются от хл.-бум. тканых ремней. Из всех видов ремней эти ремни изготавливаются наибольшей ширины—до  $2 \text{ м}$ .

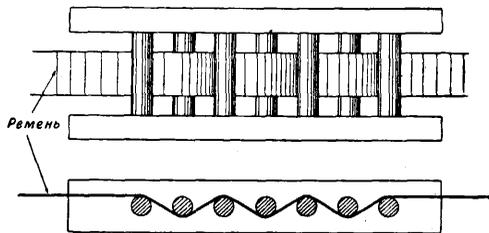
Стальные ремни обладают легкостью, незначительной шириной благодаря высокой прочности ( $130-150 \text{ кг/мм}^2$ ), малой чувствительностью к колебаниям температуры и абсолютной нечувствительностью к влажности, способностью работать при больших скоростях и небольших расстояниях между шкивами. Стальные ремни не применяют на шки-

вах диам. меньше  $500 \text{ мм}$ , а также на ступенчатых шкивах и для полуперекрестных передач. Для устранения скольжения шкивы для стальных ремней рекомендуется покрывать резиной или пробковой массой.

**Монтаж ремней и уход за ними.** Ремень должен быть уже обода шкива. Перед надеванием на шкив ремень д. б. хорошо очищен от пыли и грязи. Для натяжки и для удобства соединения концов ремня необходимо пользоваться натяжными приборами (фиг. 13). Концы ремня должны быть обрезаны строго перпендикулярно к кромкам и так же д. б. установлены колодки прибора. Прижимные болты колодок необходимо все время подтягивать, т. к. ремень при натяжке утончается. Ремни со склеенными концами следует надевать, как показано на фиг. 14. В течение первых  $10-14$  дней работы ремень сильно удлиняется и требует поэтому особенно внимательного наблюдения в течение этого срока. Для устранения проскальзывания ремня приходится прибегать к его перешивке, но так как частая перешивка ослабляет ремень, то по возможности устраняют буксование смазкой. Для этой цели должны применяться исключительно бескислотные мази. Канифоль и другие смолистые и липкие вещества не должны допускаться ни в коем случае. Кожаные, верблюжьи и хл.-бум. ремни смазывают бычьим салом с добавлением



Фиг. 14.



Фиг. 15.

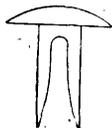
ворвани. Резиновые ремни и ремни балата вообще не смазываются, так как они не могут впитывать никакую мазь. Для устранения скольжения их просто протирают сухой тряпкой. Частая смазка ведет к ухудшению упругих качеств ремня. Ремень, сброшенный во время хода со шкива на вал, нагревается трением о последний и портится. Ремень, работающий в переводных вилках, должен касаться их только в моменты включения и выключения.



Фиг. 16.

Необходимо тщательно оберегать ремни от попадания на них минерального масла и вообще содержать ремни в чистоте. Временно работающие ремни д. б. сняты со шкивов. Ремни, лежащие на складах, с течением времени грубеют и уменьшаются по длине. Поэтому для придания ремню надлежащей эластичности перед постановкой на шкивы его протаски-

вают несколько раз в приборе, показанном на фиг. 15. Для устранения усадки по длине, достигающей для кожаных, резиновых и хл.-бум. ремней 0,75%, а для верблюжьих—1,25%, ремень перекидывают через специальный брус diam. не менее 500 мм и подвешивают к концам ремня грузы, оставляя его в таком положении в течение 2—3 дней. Соединение концов ремня производится склейкой, сшиванием, склепыванием и соединением встык при по-

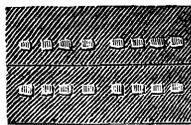
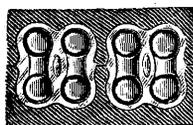


Фиг. 17.



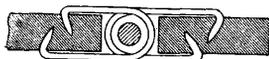
Фиг. 18.

мощи специальных скреп. Концы кожаного ремня срезаются для склейки на клин. Конец клина следует оставлять толщиной не менее 1 мм для того, чтобы при прессовке концы склейки получили наибольшее уплотнение. После склейки выступающая часть счищается. Склеиваемые поверхности «пушатся»



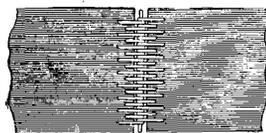
Фиг. 19.

стальной щеткой. Клей д. б. нечувствителен к действию жиров и масел. Один из сортов клея имеет следующий состав: 20 ч. мездрового клея, 5 ч. желатины и 8 ч. осетрового клея. Для склейки резинового ремня концы ремня срезают уступами (фиг. 16) и очищают поверхности уступов от приставших частей резиновой смеси. Для того чтобы соединение не получилось жестким, оставляют в стыках прокладок просвет в 1 мм. Склейку производят резиновым тшарамовым клеем.



Фиг. 20.

Тот же способ применяется для склейки ремней балата лишь с употреблением гуттаперчевого клея. Сшивка ремней сыромятными ремешками применяется только для кожаных ремней. Концы ремня срезаются, как для склейки. Стык м. б. предварительно склеен обыкновенным клеем с добавлением 2% глицерина и 3% двуххромосилок калия. Ремешки для сшивки имеют диаметр 8—12 мм в зависимости от ширины сшиваемого ремня. Для сшивки хл.-бум.



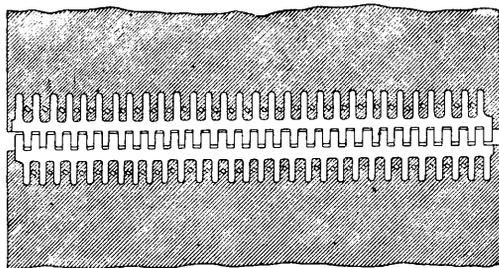
Фиг. 21.



Фиг. 22.

ремней типа балата концы ремня срезаются уступами по слоям ткани и прошиваются по линиям продольных швов ремня проволочной дратвой или специальной хлопчатобумажной нитью. Соединение заклепками пригодно для всех типов ремней, кроме тканых верблюжьих и хлопчатобумажных. Концы ремня отделяют подобно указанному выше.

Заклепки применяются из красной меди или алюминийевые. Особая форма заклепок показана на фиг. 17. Для соединения концов ремня встык существует много различных патентованных соединителей. На фиг. 18 показан соединитель Джексона для тканых и резиновых ремней. В соединителе Кресцента (фиг. 19) пластинка крепится к ремню заклепками, аналогичными показанным на фиг. 17. Соединитель Буффало представляет собой скобку из мягкой стали, концы которой загнуты после вбивания в ремень. Устройство соединителя Рекорд (фиг. 20 и 21) понятно из рисунка. Соединители Аллигатор (фиг. 22 и 23) сделаны



Фиг. 23.

из штампованных полос мягкого железа, согнутых в виде буквы V и снабженных крючками. Надлежащей длины полосы надеваются на концы ремня и плотно сжимаются ударами молотка. Соединение концов производится штифтом.

Лит.: Приводные ремни и рациональный уход за ними, под ред. М. Батуева, Л.—М., 1931; Мельник, Производство технич. кож и приводных ремней, М., 1930; Садов М., Технич. ткани, Изв.-Вознесенск, 1929; Ринмон М., Производство приводных ремней, пер. с нем., М.—Л., 1931; Приводные ремни и рациональный уход за ними, М., 1930; Американский кожаный завод, «Вестник Кожепромышленности и Торговли», Москва, 1931, 3—4; «Журнал Резиновой промышленности», Москва, 1928, 1, стр. 32, 2—3, стр. 96, 12, стр. 652, 1929, 2, стр. 75, 8—9, стр. 421; Stepha n P., Treibriemen und Riementriebe, Leipzig, 1920; D i t m a r R., Die Technologie des Kautschuks, Wien—Leipzig, 1915; D u n k l e y W. G., Belts for Power Transmission, L., 1920.

Л. Горбунов, В. Линде и С. Рам.

**РЕНИЙ**, Re, химич. элемент VII группы периодич. системы, открытый в 1925 г. одновременно с мазурием [1, 2]; порядковый номер 75, ат. в.  $186,31 \pm 0,02$ ;  $t_{пл} 3170 \pm 60^\circ$  [3]; уд. в. от 10,5 (в порошкообразном виде) до 20,5 [4] в зависимости от способа получения и механич. обработки.

Полученный путем восстановления его соединений (окислов, солей и пр.) водородом при высоких  $t^\circ$ , Р.—серый порошок, сильно поглощающий водород. Путем прессования и спекания при  $t^\circ \sim 2500^\circ$  из порошка получают палочки (ср. с вольфрамовой проволокой). Сплавленный в вольтовой дуге Р.—очень твердый, блестящий парамагнитный металл белого цвета. Ренийевую проволоку получают из газовой фазы путем на р а щ и в а н и я, т. е. пропускания паров хлористых соединений Р. над нагретой до 800—1400° тонкой нитью из другого металла (Pt, W). Можно также получить металл Р. путем электролиза растворов или расплавленных его солей. В холодном виде Р. хрупок, но после сильного обжига или же при высоких  $t^\circ$  он несколько поддается механич. обработке. Нарощенная проволока Р. мягка, поддается ковке и волочению и напоминает по механич. свойствам

мель. Сопротивление на разрыв Р. (проволоки)  $50,6 \text{ кг/мм}^2$  при удлинении в 24%. Теплоемкость  $0,0346 \text{ [}^5\text{]}$ . Коэффициент расширения  $(5 \div 12) \cdot 10^{-6}$ . Электрич. сопротивление проволоки при  $0^\circ - 0,108$ , при  $293^\circ - 0,211$ , при  $2495^\circ - 1,25$ , при  $2985^\circ \text{ абс.} - 1,34 \cdot 10^{-4} \text{ } \Omega\text{-см}$ . Температурный коэф. сопротивления между  $20$  и  $100^\circ - 3,11 \cdot 10^{-3}$ . Добавка  $0,5\%$  Р. к вольфраму повышает сопротивление последнего на  $10-15\%$ . Электронная эмиссия Р. ниже, чем вольфрама: для достижения одинаковой эмиссии проволоку из Р. необходимо нагреть на  $150-200^\circ$  выше, чем вольфрамовую [6, 7]. При нагревании в кислороде или воздухе Р. сгорает, образуя окислы. В воздухе разрушение проволоки начинается при  $1000^\circ$ , в смеси  $10\%$  кислорода и  $90\%$  азота — при  $1600^\circ$  (при обычном давлении); влажный азот начинает разрушать проволоку при  $1900^\circ$ . Обжиг при  $2000^\circ$  во влажном водороде, а потом во влажном азоте пассивирует проволоку; после такой обработки разрушение начинается лишь выше  $2500^\circ$ . При параллельных опытах с проволоками из Re и W последние перегорали вдвое или втрое быстрее. Металлич. Р. легко растворяется в азотной к-те (окисляясь в ренийевую к-ту), медленнее — в конц. серной (при продолжительном кипячении) и очень трудно — в соляной и плавиковой кислотах.

**Химические свойства** Р. соответствуют положению его в VII группе периодич. системы между W и Os. Наиболее стабильными при обычных условиях являются соединения семивалентного Re, из к-рых кислородные обнаруживают ярко выраженные кислотные свойства; затем следуют соединения четырехвалентного Re. С кислородом Re образует ряд соединений:  $\text{Re}_2\text{O}_8$ ,  $\text{Re}_2\text{O}_7$ ,  $\text{ReO}_3$  (в свободном виде еще неизвестен),  $\text{ReO}_2$ , а также вероятно  $\text{Re}_5\text{O}_{16}$ ,  $\text{Re}_3\text{O}_8$  и др. [8]. При сжигании металлич. Р., если кислород или воздух не нагрелся до  $1^\circ$  выше  $150^\circ$ , образуется белый туман  $\text{Re}_2\text{O}_8$ , к-рый сгущается в виде медленно кристаллизующихся капелек, легко растворяющихся в воде с кислой реакцией. Раствор этот со щелочами образует соли, с соединениями титана и ванадия дает желтую и оранжевую окраски (как перекись водорода). При нагревании выше  $150^\circ$   $\text{Re}_2\text{O}_8$  разлагается с образованием желтого кристаллического, плавящегося ок.  $220^\circ$   $\text{Re}_2\text{O}_7$ . Последний легко растворяется в воде с образованием ренийевой к-ты  $\text{HReO}_4$ , из к-рой при упаривании выше  $160^\circ$  получаются вновь кристаллы  $\text{Re}_2\text{O}_7$ . Соли ренийевой к-ты  $\text{MReO}_4$  почти все бесцветны и хорошо растворимы, за исключением  $\text{KReO}_4$ ,  $\text{AgReO}_4$  и  $\text{TiReO}_4$ . Последние две соли предложено использовать для весового определения Re наравне с также трудно растворимой солью нитрона и метиленовой сини [9, 10]. При восстановлении растворов ренийевой к-ты или ее солей появляется оранжево-красная окраска вследствие наличия окрашенных ионов  $\text{ReO}_4^-$  (гидрата  $\text{ReO}_3$ ). Изучена мало устойчивая соль  $\text{BaReO}_4$ . При дальнейшем восстановлении раствор окрашивается последовательно в зеленый, синий и фиолетовый цвет и выпадает черный осадок  $\text{ReO}_2$  [11]. Промежуточные ярко окрашенные окислы считают комплексными соединениями окислов разной валентности. Сероводород осаждает из растворов ренийевой к-ты или ее солей осадок состава  $\text{Re}_2\text{S}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , при нагревании разла-

гающийся с образованием более стабильного соединения  $\text{ReS}_2$  [12, 13]. С галоидами Р. соединяется, образуя при разных  $t^\circ$  ряд соединений, из которых наиболее изучены  $\text{ReCl}_3$  (летучие зеленые кристаллы),  $\text{ReCl}_6$  и  $\text{ReCl}_4$  [14].

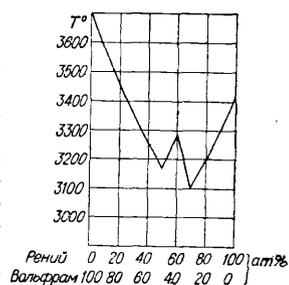
Для определения Re в сырье пользуются преимущественно спектральными и рентгено-спектрографич. методами. Для микрохимич. анализа предложено использовать хорошо кристаллизующиеся ренийевокислый цезий и ренийевокислую метиленовую синь.

Данные о распространении Р. в природе [15] основываются на анализах  $1600$  минералов и горных пород и  $60$  метеоритов. Специфич. ренийевых минералов не найдено. Содержание Р. в минералах колеблется от  $2,1 \cdot 10^{-6}$  (в некоторых молибденитах) до  $1 \cdot 10^{-9}$  (предел чувствительности анализа). На основании анализов метеоритов определяют среднее содержание Р. в доступной части вселенной (и во всем земном шаре) в  $3,6 \cdot 10^{-9}$ . Одну из линий Р. нашли в спектре солнца. Содержание Р. в литосфере  $1 \cdot 10^{-9}$ . Р. находится в литосфере во многих первичных сульфидных породах (самые богатые — молибдениты), нек-рых силикатах (альвит, гадолинит), в ниобиевых, танталовых и других минералах, а также в самородных металлах (платина).

В силу низкой концентрации Р. в рудах промышленное извлечение его непосредственно из них практически не имеет значения [16]. В 1930 г. в Германии (з-д Vereinigte Chemische Fabriken, Leopoldschall) началось промышленное производство ренийевокислого калия, рассчитанное на  $120 \text{ кг}$  продукта в год, из металлургич. отбросов, в к-рых Р. скопляется вместе с молибденом [17]. Для отделения Р. от молибдена существует ряд способов, из к-рых важнейшие: 1) фракционированная разгонка окислов [18] и 2) осаждение сульфидов, растворение их в к-тах и фракционированное осаждение молибдена в виде фосфорномолибденовоаммонийной соли [19]. Рыночная цена  $1 \text{ г}$  ренийевокислого калия (ок.  $65\%$  Re)  $12$  герм. марок. Возможность применения Р. в химич. промышленности определяется высокими каталитич. свойствами самого металла и его соединений [20]. В электротехнике Р. может быть использован (в чистом виде или в сплавах) для изготовления нитей электронных [и калильных] ламп вследствие своих исключительно благоприятных механич., электрич. и химических свойств.

В этом направлении уже ведется исследовательская работа (в Германии).

Из сплавов Р. с другими металлами изучена пока только система Re-W. Кривая спидуса этой системы (см. фиг.) обнаруживает при  $3280^\circ$  (абс.) максимум, соответствующий соединению  $\text{Re}_3\text{W}_2$ . Наличие этого соединения подтверждается однородностью кристаллич. структуры микрошлифа, а также отличаем ее от структур чистого Р. или вольфрама, обнаруженным путем рентгенографич. исследования, и стойкостью сплава данного состава к щелочам, превышающей стойкость компонентов.  $\text{Re}_3\text{W}_2$  образует эвтектику: с вольфрамом при

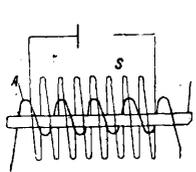


50% Re (3 165° абс.), с Р. при 67% Re (3 095° абс.).  $Re_3W_2$  растворяет и Р. и вольфрам, но растворяется (ограниченно) только в последнем [21].

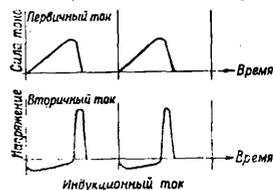
Лит.: 1) Noddack J. W., Tacke J., Berg O., «Sitzungsberichte d. Preuss. Akad. d. Wissenschaften», В., 1925, p. 400; «Die Naturwissenschaften», В., 1925, Jg. 17, p. 567; «Metallbörse», В., 1925, Jg. 15, p. 1597; «Z. ang. Ch.», 1925, Jg. 38, p. 1157; «Deutsche Forschung», В., 1927, H. 2, p. 354; 2) Hönigsmidt O., Sachtleben R., «Ztschr. f. anorg. Chemie», Lpz., 1930, В. 191, p. 309; 3) Agte C., Alferthum H., Becker K., Heyne C., Moers K., ibid., 1931, В. 196, p. 129; 4) Goldschmidt V. M., «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1929, В. 142, p. 244; 5) Noddack J., «Ztschr. Elektrochemie», В., 1928, В. 34, p. 629; 6) Goldschmidt V. M., «Die Naturwissenschaften», В., 1929, Jg. 17, p. 93; Meidinger W., «Ztschr. f. Physik», В., 1931, В. 68, p. 331; 7) Berg O., «Ztschr. f. techn. Physik», Lpz., 1925, 6, p. 599; Beuthe H., «Ztschr. f. Physik», В., 1928, В. 47, p. 422; 8) Noddack J. W., «Ztschr. f. anorg. Chemie», Lpz., 1929, В. 181, p. 1; «Die Naturwissenschaften», В., 1929, Jg. 17, p. 134; 9) Krauss, Steinfeld H., «Ztschr. f. anorg. u. allgem. Chemie», Lpz., 1931, В. 197, p. 52; 10) Geilmann W., Voigt V., ibid., 1930, В. 193, p. 311; Geilmann W., Weibke F., ibid., 1931, В. 195, p. 289; 11) Krauss, Steinfeld H., ibid., 1930, В. 193, p. 385; 12) Juza R., Biltz W., «Ch.-Ztg.», Jg. 55, p. 416; 13) Feit W., «Z. ang. Ch.», 1931, Jg. 44, p. 65; 14) Enk E., «В», 1931, В. 64, p. 791; 15) Noddack J. W., «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1931, В. 154, p. 207; 16) Noddack J. W., «Ztschr. f. anorg. u. allgem. Chemie», Lpz., 1929, В. 183, p. 353; 17) Feit W., «Z. ang. Ch.», 1930, Jg. 43, p. 459; 18) Г. П. 483495/1925; 19) Ан. П. 332627/1929; 20) Тропсч Н., Kessler R., «В», 1930, В. 63, p. 2148; Ф. П. 682446/1929; 21) Becker K. u. Moers K., «Metallwirtschaft», 1930, 9, p. 1065.—Кронман Е. С., Рений, М.—Л., 1932; его же, «Элемент рений», «Журн. хим. пром.», 1932, 5; Schröter W., Das Rhenium, Stg., 1932.

Е. Кронман.

**РЕНТГЕНОВЫ АППАРАТЫ** м. б. или индукторные или трансформаторные. В момент замыкания и размыкания тока в первичной цепи *A* индуктора (фиг. 1) во вторичной цепи *S* возникает ток индукции (фиг. 2). Токи раз-

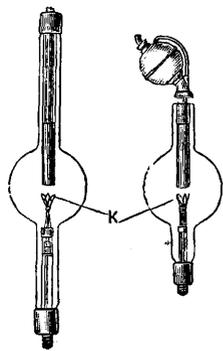


Фиг. 1.

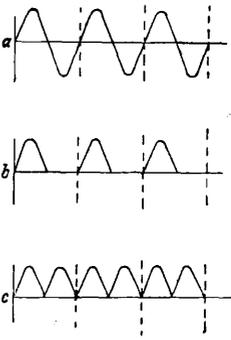


Фиг. 2.

мыкания сильнее токов замыкания и потому первыми и пользуются для питания рентгеновых трубок. Обратные токи размыкания устраняются или механич. или электронными (кенотрон) выпрямителями. Для размыкания и замыкания первичного тока в первичную



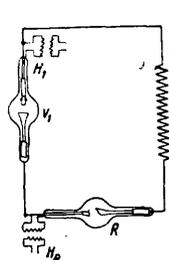
Фиг. 3.



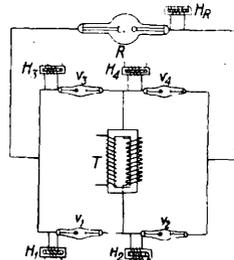
Фиг. 4.

цепь вставляются прерыватели (механические или электролитические). Индукторные аппараты м. б. или для постоянного тока или для

переменного. В последнем случае прерывателем является механический ртутный, приводимый во вращение синхронным двигателем. Значительно более удобными в работе являются трансформаторные Р. а. (отпадает необходимость чистки прерывателя и является возмож-

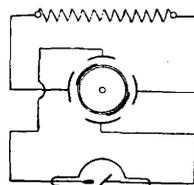


Фиг. 5.

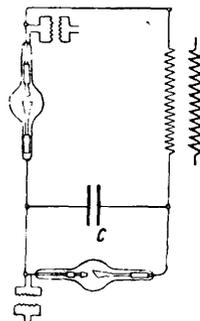


Фиг. 6.

ность освободиться от вращающихся частей). Необходимой составной частью всех трансформаторных Р. а. (за исключением имеющих механич. выпрямители) является кенотрон (фиг. 3); он представляет собой сосуд с двумя изолированными друг от друга электродами; катодом *K* является накаливаемая ток вольфрамовая спираль. Вакуум внутри сосуда  $10^{-6}$ — $10^{-8}$  мм Hg. Проводимость односторонняя, при падении потенциала в направлении

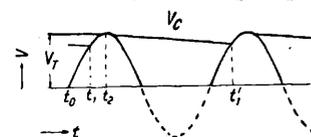


Фиг. 7.

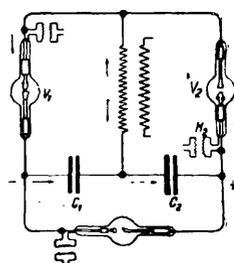


Фиг. 8.

анод—катод не больше 2 000 V. Трансформаторные Р. а. дают во вторичной цепи или пульсирующий ток или ток постоянного напряжения. Простейшей схемой для получения пульсирующего тока (фиг. 4—в первичной цепи кривая тока *a*, во вторичной—*b*) является схема с одним кенотроном (фиг. 5). Здесь *T*—трансформатор высокого напряжения, *v*<sub>1</sub>—кенотрон, *R*—рентгенова трубка, а *H*<sub>1</sub> и *H*<sub>2</sub>—трансформаторы накала. Более сложной схемой является схема с четырьмя кенотронами, позволяющая использовать обе полуволны (фиг. 6): *v*<sub>1</sub>, *v*<sub>2</sub>, *v*<sub>3</sub> и *v*<sub>4</sub>—кенотроны, *R*—трубка и *H*<sub>1</sub>, *H*<sub>2</sub>,



Фиг. 9.

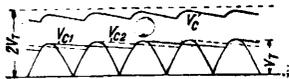


Фиг. 10.

*H*<sub>3</sub>, *H*<sub>4</sub> и *H*<sub>5</sub>—трансформаторы накала. Через трубку идет ток, кривая к-рого с изображена на фиг. 4. Пульсирующий ток м. б. получен и при помощи механич. выпрямителя, работающего по схеме фиг. 7. Он представляет собой диск из изоляционного материала с ме-

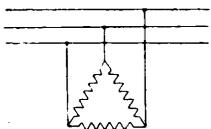
таллич. контактами, вращаемый при помощи синхронного двигателя с 1 500 об/м.

Для получения тока постоянного напряжения необходимо иметь схему или с одним или с двумя конденсаторами. На фиг. 8 С—конденсатор, включенный параллельно рентгено-

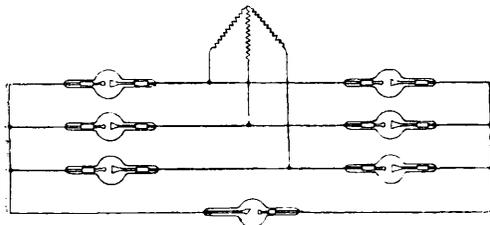


Фиг. 11.

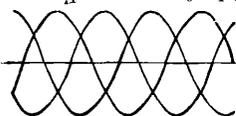
вой трубке. Вследствие униполярной проводимости кенотрона одна обкладка конденсатора заряжается положительно, вторая—отрицательно. Кривая напряжения имеет небольшие колебания, изображенные на фиг. 9. В промежутке времени от  $t_1$  до  $t_2$  конденсатор заряжается до разности потенциалов  $V_T$  и в промежутке от  $t_2$  до  $t_3$  конденсатор разряжается до разности потенциалов  $V_C$ . Следующей схемой конденсаторного аппарата является аппарат с двумя кенотро-



Фиг. 12.



нами  $v_1$  и  $v_2$  и двумя конденсаторами  $C_1$  и  $C_2$  (фиг. 10). Эта схема позволяет удвоить напряжение  $V_T$ , даваемое трансформатором. Кривая напряжения изображена на фиг. 11. Емкость конденсаторов, употребляемых при этих схемах, составляет 0,05—0,1  $\mu$ F. В целях получения весьма сильных мгновенных нагрузок на рентгенову трубку (до 1 А) в практику



Фиг. 13.



Фиг. 14.

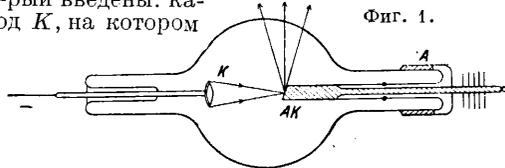
входят аппараты трехфазного тока с шестью кенотронами (фиг. 12). Кривые напряжения, даваемые трехфазным трансформатором, изображены на фиг. 13, а кривая напряжения на рентгеновой трубке представлена на фиг. 14. Колебания составляют ок. 6% от максимального.

Медицинские Р. а. строятся или до 100 kV (диагностические), дающие мгновенные нагрузки на трубку 200—600 mA и больше, или до 220 kV (терапевтические) с нагрузкой до 10 mA. Р. а. для структурного и химич. анализа дают максимальное напряжение до 100 kV при одном заземляющемся полюсе. Для просвечивания материалов употребляют-ся те же Р. а., что и при терапии.

Лит.: Grossmann G., Physikalische und technische Grundlagen d. Röntgentherapie, В.—W., 1925; Glockner R., Materialprüfung mit Röntgenstrahlen unter besonderer Berücksichtigung der Röntgenmetallographie, В., 1927. Н. Сепяков.

**РЕНТГЕНОВЫ ЛУЧИ**, электромагнитные колебания (открытые в 1895 г. В. К. Рентгеном и названные им X-лучами), отличающиеся от видимого света значительно более ко-

роткою длиною волны: для видимого света длина волны  $\lambda = 0,4 \div 0,8 \cdot 10^{-4}$  см, для Р. л.  $\lambda = 10^{-7} \div 10^{-9}$  см. Р. л. получаются при внезапной остановке быстро летящих электронов в специальной рентгеновой трубке (см.), состоящей (фиг. 1) из откаченного сосуда, в к-рый введены: катод К, на котором



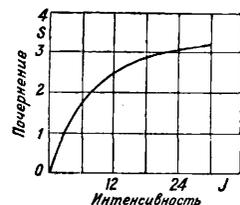
Фиг. 1.

электроны образуются, и антикатод АК, в который электроны ударяют, пройдя ускоряющую разность потенциалов в несколько десятков тысяч V (А—анод). При столкновении электронов с веществом антикатада и получаются Р. л.

**Методы обнаружения и основные свойства**

Р. л. могут быть обнаружены по следующим действиям: 1) Флуоресценция. Р. л. вызывают свечение многих веществ, напр. платиносинеродистого бария, светящегося под действием Р. л. зеленым светом, к к-рому глаз особенно чувствителен. Из этого вещества, нанесенного тонким слоем на картон, готовят флуоресцирующие экраны, широко применяемые в физич. лабораториях и с диагностич. целями в медицине. Проходя через просвечиваемое тело, Р. л. поглощаются (и притом различно) в зависимости от плотности вещества, через к-рое они проходят, и от его толщины. Наименее проникаемым для Р. л. из металлов оказывается свинец, наиболее проникаемым—алюминий. Кости менее пропускают Р. л., чем мускулы, что позволило Рентгену впервые наблюдать скелет живого человека сквозь его внешний покров. При больших напряжениях (>100 kV) получаются жесткие Р. л. с большой проникающей способностью, для к-рых различные плотностей (напр. кости и ткань) сказывается уже не так сильно. Картина на экране получается мало контрастной. При напряжениях порядка 50 kV получаются мягкие Р. л., настольно поглощаемые, что они дают на экране лишь очертания внешних контуров предмета.

2) Фотографическое действие. Р. л. вызывают фотографич. реакции более активно, чем видимый свет. Проявленная после соответствующей экспозиции фотографич. пластинка дает почернение, возрастающее при не слишком больших экспозициях, пропорционально упавшей на нее энергии Р. л. Затем почернение идет медленнее. Знание кривой почернения позволяет сравнить интенсивности Р. л. (фиг. 2). Ее вид зависит от сорта пластинок, состава проявителя и времени проявления. Почернение определяется как натуральный логарифм отношения количества света, падающего на пластинку, к количеству света, сквозь нее прошедшего. Эти величины измеряются с помощью специальных фотометров. Однако такое сравнение допустимо лишь для лучей одинаковой жесткости, т. к. фотографич. действие Р. л. разной жесткости раз-

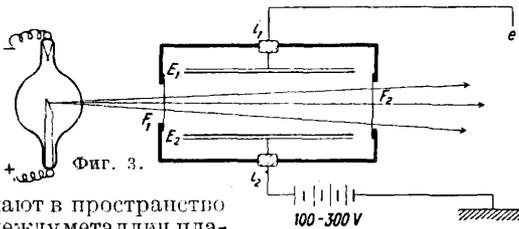


Фиг. 2.

падающего на пластинку, к количеству света, сквозь нее прошедшего. Эти величины измеряются с помощью специальных фотометров. Однако такое сравнение допустимо лишь для лучей одинаковой жесткости, т. к. фотографич. действие Р. л. разной жесткости раз-

лично. Фотохимич. действие Р. л. возрастает с количеством поглощенной веществом лучистой энергии, поэтому жесткие Р. л. слабо действуют на фотоземлюсию; для усиления эффекта чувствительный слой делается по возможности толще. Выгодно также употреблять не пластинки, а пленки, покрытые эмульсией с обеих сторон. Действие очень жестких Р. л. на пленку можно в несколько раз повысить, если к чувствительному слою на время экспозиции приложить у с и л и в а ю щ и й э к р а н, покрытый слоем вольфрамвоокислого кальция, флуоресцирующего под действием Р. л. синим цветом, активно действующим на фотография. эмульсию. К фотохимич. действия Р. л. нужно отнести и их биологич. действия. В общем действие Р. л. на организм при достаточно больших дозах резко отрицательное. Особенно страдают железы внутренней секреции, даже не подвергавшиеся непосредственно облучению Р. л. (повидимому под влиянием вырабатываемых в организме токсинов). Особенно опасно действие на организм сильно поглощаемых мягких Р. л. Под влиянием их развиваются трудно заживающие язвы и злокачественные опухоли (рентгеновский рак), требующие ампутации пораженного органа. Поэтому работа с рентгеновыми лучами должна удовлетворять определенным условиям безопасности [1].

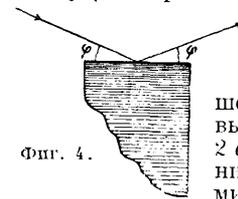
3) И о н и з и р у ю щ е е д е й с т в и е Р. л. Под влиянием проходящих Р. л. воздух и другие газы делаются проводящими благодаря возникающим в них ионам. Если между электродами создать ионизацию воздуха, то ион направится к электроду обратного знака по отношению к заряду иона, и возникает электрич. ток. При возрастании потенциала между электродами этот ток увеличивается, однако до определенного предела (ток насыщения), который наступает, когда все образующиеся ионы будут достигать электрода, не успев уничтожиться путем соединения с ионом противоположного знака (р е к о м б и н а ц и я). Ток насыщения может служить мерой интенсивности Р. л. По международному соглашению в Стокгольме (в 1928 г.) постановлено считать интенсивность Р. л. равной единице, если при полном использовании энергии возникших в воздухе вторичных электронов они вызывают появление тока насыщения в одну электростатич. единицу ( $3,3 \cdot 10^{-10}$  А). Измерения производятся с помощью и о н и з а ц и о н н о й к а м е р ы (фиг. 3): Р. л. посту-



пают в пространство между металлич. пластинами—электродами— $E_1$  и  $E_2$  через окошко  $F_1$ , сделанное в стенке камеры. Электроды укреплены на изоляторах  $i_1$  и  $i_2$ ; электрод  $E_2$  соединен с батареей в несколько сот В, электрод  $E_1$ —с чувствительным электротетром  $e$ . Пространство между пластинами заполнено воздухом или другим газом. Выгодно брать тяжелые сильно поглощающие Р. л. газы ( $SO_2$ ,  $C_2H_5Br$ ,  $CH_3J$ ), так как ионизационные

действия в этом случае больше. Выводное окошко сделано для того, чтобы лучи, попадая на стенки камеры, не вызывали дополнительного образования зарядов (см. ниже фотоэффект). Работа с ионизационной камерой дает наибольшую точность и простоту измерения интенсивности Р. л.

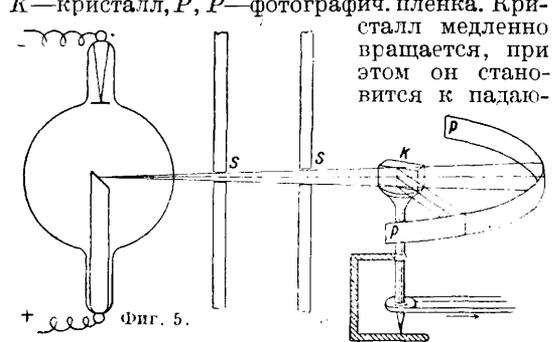
**Диффракция Р. л.** от кристаллов была осуществлена в 1912 г. по мысли Лауэ. Р. л. рассеиваются отдельными атомами (электронами) вещества, на которое падают. Отдельные рассеянные волны Р. л. между собой интерферируют. В кристаллах атомы расположены упорядоченно, образуя пространственную решетку (см. Кристалл). Интерференция Р. л.,



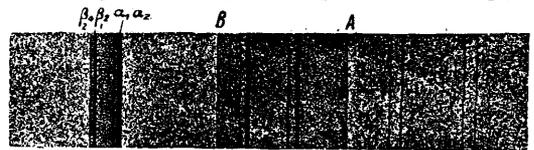
Фиг. 4.

рассеянных от такой решетки, дает эффект как бы отражения от систем атомных плоскостей решетки. При этом необходимо выполнять условие Брайга:  $2d \sin \varphi = n\lambda$ , где  $d$ —расстояние между атомными слоями,  $\varphi$ —угол падения, равный углу отражения (фиг. 4),  $\lambda$ —длина волны Р. л.,  $n$ —целое число—порядок спектра (см. Рентгенографический анализ).

Для фотографирования спектров Р. л. применяются специальные спектрографы. На фиг. 5 приведена схема спектрографа Брайга:  $S, S$ —щели, вырезающие узкий пучок Р. л.,  $K$ —кристалл,  $P, P$ —фотографич. пленка. Кри-



сталл медленно вращается, при этом он становится к падающему пучку под различными углами  $\varphi$ . В каждом положении он может отразить Р. л. лишь определенной длины волны, удовлетворяющей ф-ле Брайга. Отраженный луч попадает на определенное место пленки. В результате получится спектр, напоминающий обычные оптич. спектры. На фиг. 6 изображена спектрограмма излучения рентгеновой труб-



Фиг. 6.

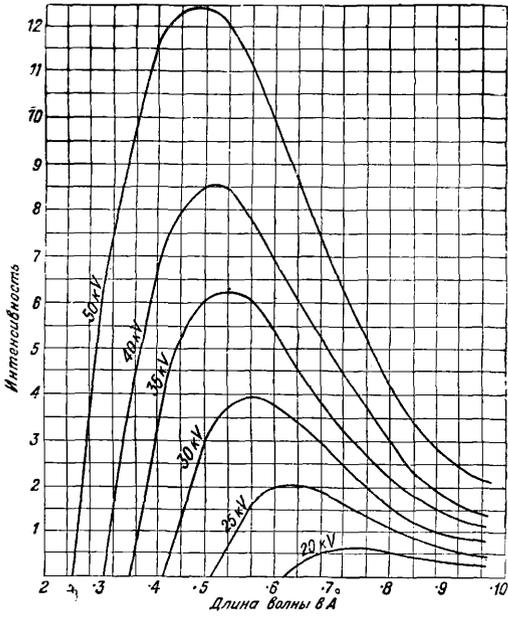
ки с вольфрамовым антикатодом. Видны отдельные спектральные линии ( $K$ -серия в разных порядках) на фоне непрерывного спектра. Заменяя фотографич. пленку ионизационной камерой, можно весьма точно промерять распределение интенсивностей в спектре рентгеновых лучей.

**Спектры Р. л.** 1) Непрерывный спектр (фиг. 7—получен с вольфрамовым антикатодом) имеет распределение интенсивностей по

длинам волн с максимумом и резким обрывом со стороны коротких волн. Граница непрерывного спектра зависит от напряжения на рентгеновой трубке и определяется равенством, полученным из теории квант Эйнштейном:

$$\lambda = \frac{12,3}{V}$$

( $V$ —напряжение в кВ;  $\lambda$  в Å). Длина волны с максимальной энергией равна  $\sim \frac{3}{2}$  предельной. Т. о. при повышении напряжения спектр удлиняется в сторону коротких жестких волн.



Фиг. 7.

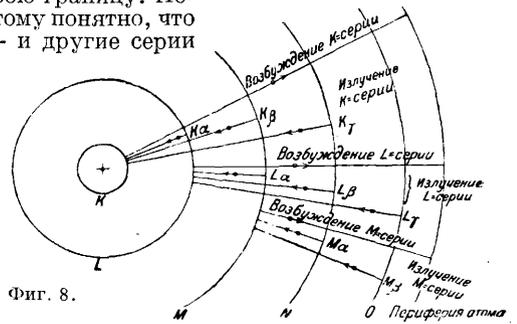
Полное количество энергии  $J$ , заключенное в непрерывном спектре, зависит от напряжения  $V$ , порядкового номера  $Z$ , материала антиматоды и силы тока  $i$  в трубке:  $J$  пропорционально  $iV^2Z$ . Величина  $iV$ —мощность катодного пучка в трубке. Тогда величину  $\frac{J}{iV}$  пропорциональную  $VZ$ , можно назвать кпд рентгеновой трубки, т. е. доля энергии катодных лучей, превращенная в рентгеновы лучи, растет пропорционально напряжению на трубке. Вообще эта величина меньше 1%, т. е. полезная отдача рентгеновой трубки весьма мала.

2) **Линейчатый спектр.** Кроме непрерывного спектра в излучении рентгеновой трубки содержится ряд монохроматич. лучей, характерных для веществ антиматодов. Эти спектральные линии группируются в серии. Наиболее короткими волнами отличается  $K$ -серия, затем следует  $L$ -,  $M$ -,  $N$ -серии. Их происхождение объясняется так. По современным представлениям электроны вокруг ядра располагаются на определенных энергетич. уровнях, обозначаемых буквами, начиная от ядра ( $K$ ,  $L$ ,  $M$  и т. д.). Если удалить электрон с одного из уровней, то на его место будет перескакивать электроны с других уровней, теряя при этом часть своей энергии, которая перейдет в порцию (квант) электромагнитной энергии определенной частоты. Этому событию будет соответствовать появление определенной линии в спек-

тре. Частота эта определится из уравнения

$$\nu = \frac{W_a - W_e}{h}$$

где  $W_a$  и  $W_e$ —энергия электрона на начальном (до перескока) и на конечном уровнях,  $h$ —универсальная постоянная Планка, равная  $6,55 \cdot 10^{-27}$  эрг. ск. Переходы на  $K$ -уровень дают  $K$ -серию, на  $L$ -уровень дают  $L$ -серию и т. д. Каждая серия состоит из определенного числа линий, относительное расположение и интенсивность (яркость)  $k$ -рых вполне определены. Линия, образованная при переходе с ближайшего, более высокого уровня, обозначается буквой  $\alpha$ , со следующего— $\beta$  и т. д. При обратном процессе поднятия электрона на более высокий уровень соответствующая энергия должна поглотиться. Удалить электрон с его уровня можно либо подняв его на более высокий уровень либо же выбросив его вовсе из атома. В нормальном состоянии все места на уровнях электронами заняты. Остается последнее. Работа  $W$  вырывания электрона из атома м. б. выражена в  $V$  ( $W = eV$ ;  $e$ —заряд электрона) и определяет тот потенциал (потенциал возбуждения), который нужно приложить к рентгеновой трубке, чтобы выбить электрон с данного уровня и тем самым получить соответствующую ему серию линий. До достижения этого критич. напряжения линии серии отсутствуют. При увеличении напряжения выше—интенсивность линий быстро растет [по Вебстеру и Кларку пропорционально  $(V - V')^{3/2}$ , где  $V'$ —потенциал возбуждения], делаясь значительно больше, чем интенсивность окружающего линию фона непрерывного спектра. Схема электронных перескоков и полученных при этом серий дана на фиг. 8. Энергия электрона  $V'$  вольт равна энергии кванта  $R. \lambda$  длиной волны  $\lambda = \frac{12,3}{V'}$ , который определяет границу данной серии. Этот квант получился бы при падении электрона извне атома на соответствующий уровень. Обратно, поглощаясь электроном на соответствующем уровне, этот квант может выбить электрон из атома. Детальное изучение спектров показало, что уровень  $K$ —одиночный, уровень  $L$  распадается на три подуровня, уровень  $M$ —на пять, каждый из  $k$ -рых имеет свой потенциал возбуждения и свою границу. Поэтому понятно, что  $L$ - и другие серии



Фиг. 8.

должны быть более сложного строения, чем  $K$ -серия. Эта последняя содержит две более яркие линии  $K\alpha$  и  $K\beta$ , из  $k$ -рых первая двойная ( $K\alpha_1$  и  $K\alpha_2$ ). Интенсивности их относятся, как

$$K\alpha_1 : K\alpha_2 : K\beta = 100 : 50 : 35.$$

Из многочисленных линий  $L$ -серии особенно ярки две  $L\alpha$  и  $L\beta$  с отношением интенсивностей

2:1. Частоты спектральных линий разных элементов находятся в простой зависимости от атомного номера элемента по закону Мозли:

$$\frac{V}{R} = (Z - a)^2,$$

где  $R$  и  $a$ —постоянные. Ф-ла выполняется в большинстве случаев настолько точно, что позволяет предсказать длины волн еще неоткрытых элементов и по этим линиям их разыскать. Т. о. в последние годы были открыты новые элементы: гафний (72), мазурий (43), рений (75), иллиний (61). Для целей химич. анализа исследуемое вещество помещается на поверхности антикатада, и получающиеся в трубке Р. л. исследуются с помощью вращаю-

Табл. 1.—Длины волн в инс-единицах важнейших линий К-серии.

Z	Элемент	V'	$\lambda_{K\alpha_2}$	$\lambda_{K\alpha_1}$	$\lambda_{K\beta}$	$\lambda'_{\text{гранич.}}$
92	U	115	131,0	126,4	111,9	107,5
78	Pt	78,1	190,1	185,3	163,4	157,8
74	W	69,3	213,52	208,85	184,36	178,06
47	Ag	25,5	562,64	558,21	496,33	481,8
42	Mo	20,0	712,08	707,8	631,24	618,48
29	Cu	8,86	1 541,16	1 537,26	1 389,33	1 377,65
26	Fe	7,10	1 936,51	1 932,30	1 752,72	1 740,5
24	Cr	5,98	2 288,55	2 284,81	2 080,45	2 066,3
13	Al	1,55	8 319,40	—	7 910,5	7 917,0

U и Al хотя и не употребляются обычно для антикатодов, но приведены как крайние случаи большого и малого Z.

Табл. 2.—Длины волн в инс-единицах важнейших линий L-серии.

Z	Элемент	V*	$\lambda_{L\alpha}$	$\lambda_{L\beta}$	$\lambda'_{L_1}$	$\lambda'_{L_2}$	$\lambda'_{L_3}$
92	U	21,7	908,33	718,07	721,4	591,8	568,5
78	Pt	13,9	1 340,03	1 117,22	1 070,4	932,1	892,1
74	W	12,1	1 473,48	1 276,17	1 213,6	1 072,6	1 021
47	Ag	3,79	4 145,64	3 926,64	3 684,4	3 504,7	3 260,5

\* Потенциал возбуждения дан для наиболее жесткого подуровня.

щегося кристалла. Табл. 1 и 2 дают длины волн важнейших линий К- и L-серий ряда элементов, наиболее употребляемых в практике как материал для антикатада.

**Рассеяние и поляризация Р. л.** Падал на вещество, Р. л. рассеиваются входящими в его состав электронами по всем направлениям, но с неодинаковой интенсивностью. Наименьшее рассеяние наблюдается в направлении, перпендикулярном падающему пучку (фиг. 9, где  $Al$ —алюминиевый экран, перпендикулярно к к-рому падает пучок Р. л.; пунктир—вычисленное значение интенсивностей; сплошная линия—наблюдаемое значение). Длина радиуса-вектора показывает яркость лучей, рассеянных в направлении под углом  $\theta$  к падающим. Теоретическая зависимость такова:  $J = J_1(1 + \cos^2 \theta)$ . При малых углах рассеяние больше, чем вытекает из теории. Если пренебречь поглощением, то каждый г вещества рассеивает около 0,2 падающей на него энергии (табл. 3).

Табл. 3.—Коэффициент рассеяния на 1 г вещества.

$\lambda$ в Å	C	Al	Cu	Ag	Pb
0,12	0,14	0,14	0,18	0,35	0,67
0,71	0,18	0,20	0,29	0,47	0,82

Наличие рассеянных (вторичных) Р. л. указывает на необходимость работающим с Р. л. защищать себя от действия не только прямого пучка Р. л., но и от вторичных лучей, рассеянных предметами, на к-рые падают первичные Р. л. (напр. стены). Спектральный состав вторичных Р. л. в основе совпадает с составом первичных, отличаясь однако рядом особенностей. В спектре вторичных лучей кроме линий; имеющих в спектре первичных, заметны линии, несколько смещенные в сторону длинных волн (э ф ф е к т К о м п т о н а), а также линии, характерные для рассеивающего вещества (радиатора). Эффект Комптона объясняется с квантовой точки зрения след. образом. Столкновение кванта с электроном рассматривается как столкновение упругих шариков. Если электрон слабо связан, то по законам упругого удара он испытывает явление отдачи и вылетит за пределы атома (электроны отдачи). Отразившийся от него квант потеряет при этом часть энергии, а так как энергия кванта  $\epsilon$  связана с частотой соотношением  $\epsilon = h\nu$ , то длина волны  $\lambda$  должна при этом увеличиться. Изменение  $\Delta\lambda$  (в Å) связано с углом рассеяния  $\theta$  соотношением:

$$\Delta\lambda = 0,048 \sin^2 \frac{\theta}{2}.$$

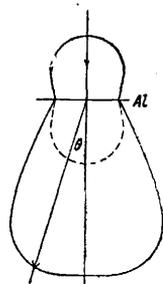
Появление характеристич. линий радиатора, или спектра флуоресценции, представляет вторичный процесс. Сначала квант первичного луча выбрасывает электрон из атома рассеивающего вещества (фотозеффект), а затем на освободившееся место падают электроны с более высоких уровней, давая сериальные излучения. Исследование вторичного излучения годится для производства химич. анализа в том случае,

если вещество столь летуче, что не м. б. помещено на антикатод рентгеновой трубки и подвергнуто там электронной бомбардировке. Для получения спектра флуоресценции необходимо, чтобы в спектре первичных лучей были длины волн, равные или меньше  $\lambda'$ —границы серии. Рассеяние Р. л. связано с их поляризацией. Лучи, рассеянные под углом  $90^\circ$  к первичному пучку, вполне поляризованы. В них электрич. колебания происходят параллельно падающему пучку. Их поляризацию можно исследовать, снова рассеив от другого тела и исследуя яркость третичных лучей по разным направлениям. Было показано, что лучи флуоресценции не поляризованы. Непрерывный спектр выходящих из трубки Р. л. поляризован отчасти. Сериальное излучение вовсе не поляризовано.

**Поглощение (абсорбция) Р. л.** При прохождении через тела Р. л. теряют интенсивность по закону

$$J = J_0 e^{-\mu d},$$

где  $\mu$ —коэффициент поглощения,  $d$ —толщина



Фиг. 9.

пройденного слоя вещества. Иногда этот закон выражают так:

$$J = J_0 e^{-\bar{\mu} m},$$

где  $\bar{\mu}$  — массовый коэффициент поглощения,  $m$  — масса вещества, пронизываемого пучком Р. л. сечением в  $1 \text{ см}^2$ ;

$$\bar{\mu} = \frac{\mu}{\rho},$$

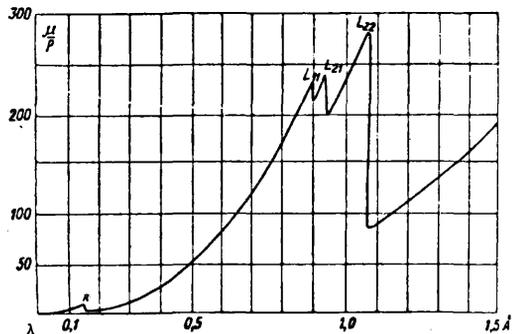
$\rho$  — плотность вещества. Массовыми коэффициентами поглощения удобно пользоваться для вычисления поглощения сплавов, соединений или просто смесей разных элементов. Поглощение Р. л. есть свойство атомное, не зависящее от того, в какую комбинацию с другими атомами входят атомы рассеивающего элемента. Поэтому если в просвечиваемое тело входят элементы в весовых количествах в  $p_1\%$ ,  $p_2\%$  и т. д. и их массовые коэф-ты абсорбции равны  $\mu_1$ ,  $\mu_2$ , то массовый коэф. абсорбции смеси равен

$$\bar{\mu} 100 = \bar{\mu}_1 p_1 + \bar{\mu}_2 p_2.$$

В таблицах иногда дается  $d_{1/2}$  — глубина, на к-рой Р. л. поглощаются наполовину:  $d_{1/2} = \frac{\ln 2}{\bar{\mu}} = \frac{0,69}{\bar{\mu}}$ . Поглощение  $\bar{\mu}$  сильно зависит от длины волны и от атомного номера  $Z$  поглощенного тела: оно растет приблизительно пропорционально кубу обеих величин

$$\frac{\mu}{\rho} = k Z^3 \lambda^3. \quad \text{A)}$$

Защита от Р. л. основана на поглощении соответствующими экранами. Наиболее удобным для этого материалом оказывается свинец (по удобству обработки и высокой поглощающей способности;  $Z=82$ ). Нормы защиты от Р. л. выражают через толщину свинца (свинцовый эквивалент). Чем больше напряжение на трубке, тем жестче Р. л. и тем толще д. б. от них защита. При работе с напряжением до 100 кВ достаточно защита 2 мм свинца = 6 мм просвинцованной резины = 10 мм свинцового стекла = 30 мм баритового бетона (баритовый бетон составляется из смеси измельченного барита  $\text{BaSO}_4$  и цемента). При работе с большим напряжением (до 200 кВ) достаточно защита, эквивалентная 4 мм свинца. Спектры поглощения для Р. л. отличаются



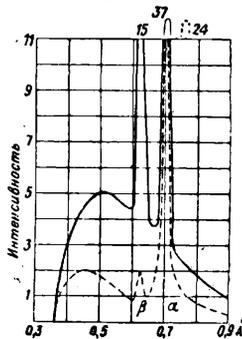
Фиг. 10.

следующей особенностью: линий поглощения нет, но есть полосы, имеющие резкую границу со стороны длинных волн. Поглощение особенно сильно для тех лучей, к-рые способны вырывать из атома электроны. Эти лучи должны со стороны длинных волн иметь границу, совпадающую с границей серии  $\lambda'$  (см. выше),

дающую границу полосы поглощения. Для  $K$ -слоя такая граница одна, для  $L$ -слоя их три, для  $M$ -слоя — пять. Положение их настолько определено, что может служить для химич. анализа. Правда, для легких элементов, напр. Р, Cl, S, положение границы несколько меняется в зависимости от химич. соединения, в к-рое входит элемент. Более того, по резкости, с какою вытвляется эта граница, можно с большой точностью (до  $1/2\%$ ) определить содержание данного элемента в поглощающем слое. Общее его количество м. б. несколько мг. Фиг. 10 дает ход кривой поглощения с длиной волн для платины. С обеих сторон от границы справедлив закон (А), но значение  $k$  при переходе через границу резко меняется, увеличиваясь скачком от  $k_1$  до  $k_2$ .

Для R-серии . . . . .	Pt(78)	W(74)	Ag(47)	Cu(29)
$\frac{k_2}{k_1}$ . . . . .	5,3	6,0	7,1	8,0

Для  $L$ -серии эта величина гораздо меньше: для платины границы  $L_1, L_2, L_3$ , для  $\frac{k_2}{k_1}$  соответственно 1,4; 1,8; 2,8. На фотографиях непрерывного спектра (фиг. 6) часто видны как бы границы  $A$  и  $B$  поглощения даже при отсутствии поглощающего тела. Они соответствуют длинам волн, особенно поглощаемых бромистым серебром, фотографич. действие к-рых поэтому особенно велико. Резким различием поглощения в различных местах спектра пользуются для поглощения определенных линий в спектре, делая его более однородным. Так, при пропускании Р. л.



Фиг. 11.

от трубки с медным антиматодом через тонкую пластинку никеля (фильтр) весьма сильно поглощается  $K\beta$  меди и более яркая коротковолновая часть непрерывного спектра, остается почти чистое излучение  $K\alpha$  меди. Для получения однородного излучения от др. антикатодов обыкновенно употребляются фильтры (табл. 4). Действие цирконового фильтра на спектр трубки с молибденовым антикатодом показано на фиг. 11 (сплошная линия — без фильтра, пунктир — с фильтром).

Табл. 4.—Фильтры для получения однородного излучения для различных антикатодов.

Материал антикатада	Вещество фильтра	Толщина фильтра в мм	Длина волны монохроматич. лучей в $\text{A}^*$
Хром . . . . .	Ванадий	—	2,237
Железо . . . . .	Марганец	5	1,935
Медь . . . . .	Никель	7	1,539
Молибден . . . . .	Цирконий	30	0,710
Серебро . . . . .	Палладий	30	0,530

\* После фильтрации.

Наоборот, применяя фильтры, для которых граница сильного поглощения лежит вне исследуемой области спектра, мы можем уничтожить в спектре лучи с большой длиной

волны, и чем толще фильтр, тем менее мягких лучей останется после его прохождения. Такие фильтры применяются в рентгенотерапии, чтобы избавиться от обжигающих кожу мягких Р. л. Для получения непрерывного спектра Р. л. используются трубки с вольфрамовыми антикатадами. Если напряжение на трубке меньше 69,3 kV, то К-серия вольфрама в спектре отсутствует, L-серия ( $\lambda = 1,5 \div 1,1 \text{ \AA}$ ) почти сплона поглощается стеклянными стенками трубки. Весьма мягкие Р. л. ( $\lambda > 2,5 \text{ \AA}$ ) уже настолько сильно поглощаются воздухом, что работа с ними должна производиться в вакууме, для чего конструируются допускающие откачку приборы. Необходимое разрежение порядка 0,1 мм Нг. Для Р. л. с длиной волны порядка 10 Å требуются уже высокие разрежения (табл. 5).

Табл. 5.—Толщина  $d_2$  слоя разных веществ, поглощающая Р. л. наполовину (в см).

$\lambda$ в Å	Воздух*	H <sub>2</sub> O	C	Al	Cu	Ag	Pb
0,2	—	3,31	1,75	0,977	0,0508	0,0107	0,0151
0,4	—	1,92	1,25	0,241	0,00778	0,00171	0,00187
0,6	723	0,965	0,753	0,0795	0,00248	0,00338	0,00353
0,8	350	0,177	0,126	0,0352	0,00107	0,00152	—
1,0	195	0,252	0,21	0,0152	0,00546	0,00896	—
1,5	69	0,0792	0,0816	0,0353	—	0,00256	—
2,0	32,7	0,0342	0,0353	0,021	—	0,00113	—
2,5	17,9	0,0175	0,0191	0,0122	—	0,000588	—
5,0	2,9	0,00231	0,00275	0,00135	—	—	—
10,0	0,478	0,001302	0,003397	—	—	—	—

\* При 0° и 760 мм давления ртутного столба.

**Фотоэффект Р. л.** При столкновении кванта света с электроном он либо как бы упруго отражается от последнего (эффект Комптона), отдавая электрону часть своей энергии, либо же поглощается электроном, отдавая свою энергию сплона (фотоэффект). При этом электроны (вторичные катодные лучи) вылетают с весьма большими скоростями, сравнимыми со скоростями первичных катодных лучей в рентгеновой трубке.

Скорости фотоэлектронов зависят от  $\lambda$  их вызвавшего луча и от того энергетического уровня, с которого сорван электрон, поглотивший энергию кванта. Количественно это явление объясняется с точки зрения теории квантов. Именно при фотоэффекте поглощается квант лучистой энергии, равный  $h\nu$ . Часть его энергии идет на вырывание электрона с его уровня  $V'$ . Остальная энергия переходит в кинетич. энергию  $k$  вырванного электрона, т. е.

$$k = h\nu - V'$$

Для кинетич. энергии быстро летящего электрона теория относительности дает выражение

$$k = m_0 c^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right),$$

где  $m_0$ —масса покоящегося электрона,  $c$ —скорость света. При малых скоростях формула переходит в обычную  $k = \frac{1}{2} m v^2$ . В ионизации воздуха вырывание фотоэлектронов есть процесс первичный. Эти последние, сталкиваясь с молекулами, и производят всю ионизацию, вызванную освещением газа Р. л. Количество вырванных фотоэлектронов определяется числом поглощенных квантов. В нек-рых слу-

чаях число фотоэлектронов м. б. больше числа поглощенных квантов (сложный фотоэффект, эффект Оже). Фотоэффект играет также основную роль и в фотохимич. действиях Р. л.

**Отражение и преломление Р. л.** Показатель преломления Р. л. меньше единицы и весьма мало от нее отличается. Поэтому от полированной поверхности Р. л. способны отражаться, давая явления полного внутреннего отражения лишь при небольших углах, ограниченных предельным углом  $\theta$ , по значению которого показатель преломления м. б. определен. Так как показатель преломления  $n < 1$ , то для рентгеновых лучей тела являющегося как бы менее плотным, чем пустота (или воздух), так что «внутреннее» отражение для рентгеновых лучей имеет вид внешнего (табл. 6). Отличие показателя преломления от единицы

пропорционально плотности вещества зеркала и квадрату длины волны Р. л. В призме с весьма тупым углом рентгеновы лучи преломляются (к вершине призмы) на весьма незначительный угол (всего в несколько секунд). Малость этих величин и некоторая трудность наблюдения отражения и преломления объясняют, почему считалось до последнего времени, что Р. л. в отличие от света только рассеиваются, но не отражаются правильно. Заставляя Р. л. падать под очень острым углом на обыкновенную дифракционную решетку, можно получить известные из оптики дифракционные спектры Р. л. и произвести по ним абсолютное измерение длины волны. В основу измерений длин волн Р. л. положен полученный из вычислений параметр каменной соли, принятый равным 2,81400 Å. Определенный т. о.

Табл. 6.—Значение  $n$  в зависимости от  $\lambda$  и  $\theta$ .

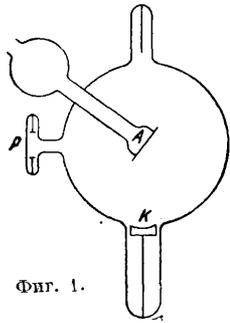
Вещество	$\lambda$ в Å	$1-n$	$\theta$
Стекло . . . . .	1,279	$4,2 \cdot 10^{-6}$	10'
" . . . . .	0,52	$0,4 \cdot 10^{-6}$	4'
Сталь . . . . .	1,539	$24,4 \cdot 10^{-6}$	21'
Серебро . . . . .	1,279	$21,5 \cdot 10^{-6}$	22,5'

ангстрем, которых промерены все длины волн Р. л., называется рентгенологическим. Сравнение его путем измерений длин волн обыкновенной дифракционной решетки с обычным ангстремом дало совпадение с точностью до 1%.

Лит.: <sup>1)</sup> Постановление Наркомтруда СССР от 9/IV 1925 г., 233/389.—Кей Г., Рентгеновские лучи, пер. с англ., М.—Л., 1928; Зоммерфельд А., Строение атома и спектра, пер. с нем., ч. 1, М.—Л., 1926; Глокер Р., Рентгеновские лучи и испытание материалов, пер. с нем. (печатается); Kirchner F., Allgemeine Physik d. Röntgenstrahlen, Handb. d. Exper. Physik, herausgegeben v. W. Wien u. F. Harms, B. 24, Leipzig, 1930. В. Лашкарев.

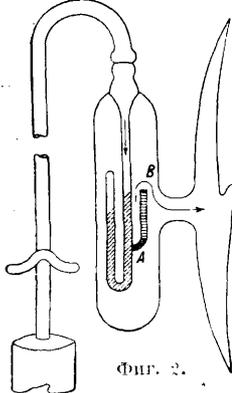
**РЕНТГЕНОВЫ ТРУБКИ.** Существуют два главных способа получения электронов: газовый разряд и накаленная вольфрамовая нить в вакууме. Отсюда два типа Р. т.: трубки газовые с холодным катодом и трубки Кулиджа с горячим катодом. Фиг. 1 изображает схематически газовую Р. т. Давление газа внутри Р. т.  $10^{-2}$ — $10^{-3}$  мм Нг. Основные части газовой Р. т.: антикатод А, катод К и регенератор Р. При наложении достаточно большой раз-

ности потенциалов положительные ионы, образовавшиеся вследствие ионизации газа внутри Р. т., ударяются о катод, вызывая при этом поток электронов, называемый к а т о д н ы м и л у ч а м и. Вогнутый алюминиевый катод фиксирует катодные лучи на антикатоде на небольшой площадке (фокус). Почти вся энергия электронов за исключением 0,1% идет на нагревание антикатода. Поэтому антикатод д. б. охлаждаем. Жесткость рентгеновых лучей определяется вакуумом Р. т.; чем лучше вакуум, тем более жесткие лучи дает Р. т., и наоборот. При работе давление в газовой Р. т.

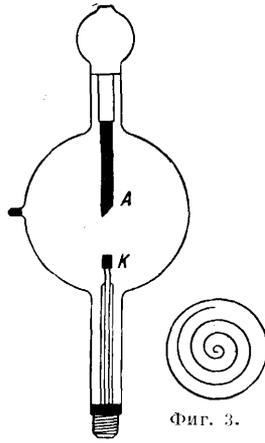


Фиг. 1.

вследствие распыления катода (алюминий распыляется меньше всех металлов) уменьшается и для поддержания постоянства режима Р. т. необходимо ввести в нее нек-рое количество газа. Это достигается при посредстве регене-

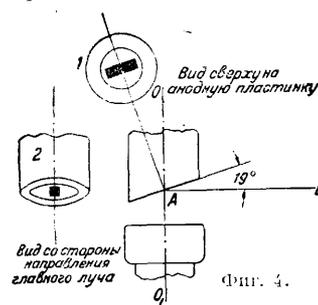


Фиг. 2.



Фиг. 3.

ратора Р, к-рый м. б. или угольно-слюдяной, или осмотический, или Бауера (фиг. 2). Уголь сильно поглощает газы, отдавая их при нагревании. Нагретый палладий имеет способность пропускать водород. Наиболее употребительный регенератор Бауера основан на пористости обожженной глины, кусочки к-рой впаивают в месте А и В капилляра.

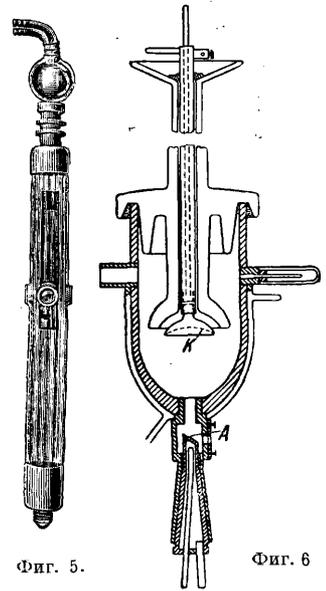


Фиг. 4.

Понижая уровень ртути ниже А, мы этим самым даем возможность небольшой порции газа войти внутрь Р. т. Недостатками газовой Р. т. являются легкоплавкость алюминиевого катода и трудность поддержания постоянства режима. Отсюда этот тип Р. т. все больше вытесняется трубками Кулиджа (фиг. 3). Трубка Кулиджа представляет собою сосуд с двумя изолированными друг от друга электродами: антикатод А и катод К. Катодом является вольфрамовая спираль, накаливаемая электрич. током до  $t^{\circ}$  ок. 2 500° и помещаемая в металлич. цилиндре (или другой формы). Да-

вление газа внутри трубки  $10^{-5}$ — $10^{-8}$  мм Нг. Практически газ при таком давлении является изолятором. При накале вольфрамовой нити катод испускает электроны, к-рые фокусируются на антикатоде окружающим нить цилиндром. Проводимость трубки, Кулиджа одно-сторонняя. Жесткость лучей определяется приложенным напряжением, а сила тока в трубке—током накала катода или температурой нити катода.

Мощность Р. т. для данного материала антикатода определяется величиной фокуса. Требование резкости рисунка для диагностич. Р. т. и возможно большей интенсивности пучка параллельных рентгеновых лучей для физич. целей заставляет конструкторов дать Р. т. или с малой величиной фокуса (о с т р о ф о к у с н ы е) или с линейчатым фокусом (фиг. 4, 1—вид сверху на анодную пластинку, 2—вид со стороны направления главного луча,  $OO_1$ —ось трубки, АВ—главный луч). В последнем случае удается значительно повысить мощность Р. т., обычная мощность к-рых невелика, достигающая 1—2 kW длительного действия. Кратковременные же нагрузки при напряжениях не больше 50 kV в диагностич. Р. т. доходят до 1 А. Максимальное напряжение, на которое строятся современные медицинские и технич. Р. т., не превосходит 250 kV при 10—20 mA нагрузки. В самое последнее время для увеличения мощности Р. т. стали прибегать к вращению антикатода при эксцентricности оси катода и антикатода.



Фиг. 5.

Фиг. 6

Физические Р. т. строятся или для исследования структуры веще-



Фиг. 7.

ства или для спектрометрии. Первые имеют своим назначением дать определенную длину волны, по преимуществу  $K\alpha$  какого-либо

тугоплавкого металла. Р. т. с антикатадами Ag, Rh и Mo ничем не отличаются от обыкновенных диагностич. трубок. Наиболее желательными антикатадами являются Cu, Fe и Cr, дающие длины волн 1,5—2 Å. Так как

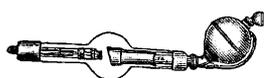


Фиг. 8.



Фиг. 9.

стекло сильно поглощает лучи этой области длины волн, то или делаются окна из линдмановского стекла (стекло, в котором K и Na заменены Li и Be, фиг. 5) или же конструируются особые Р. т., напр. газовая Хаддингга (фиг. 6), состоящая из сменного на шлифе антикатада А, вставляемого в металлич. тело трубки, и фарфорового изолятора с катодом К.

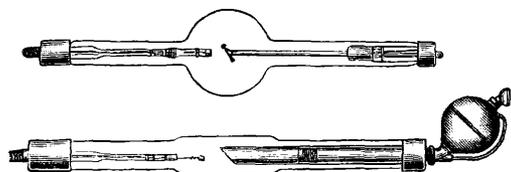


Фиг. 10.



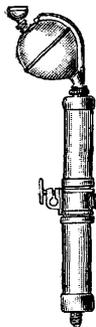
Фиг. 11.

Тело Р. т. и катод соединяются с изолятором при помощи п и ц е н а. Против антикатада расположены окна, закрываемые тонкими листочками алюминия (0,05 мм). Антикатод, катод и тело Р. т. охлаждаются проточной



Фиг. 12.

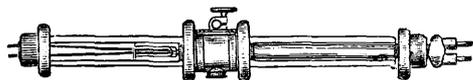
водой. Преимущества Р. т. Хаддингга: сменяемость антикатада и близость к фокусу трубки. Р. т. для спектрометра имеют своей целью дать возможность наносить на антикатод любое вещество, спектр к-рого желательно изучить. Одной из таких трубок является Р. т. З и г б а н а (фиг. 7). Тело ее имеет форму куба, на передней стороне которого имеется узкая щель S ( $< 0,1$  мм) для выхода лучей. Катод К соединяется с телом при помощи металлич. шлифа. Антикатод А соединяется с телом при помощи стеклянного шлифа, являющегося изолятором между антикатодом и катодом. Все части Р. т. охлаждаются проточной водой, что дает возможность повысить мощность трубки до 2—3 kW.



Фиг. 13.

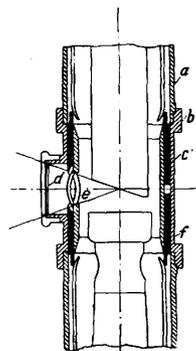
Медицинские Р. т. делят на два рода: диагностические—для просвечивания и фотографирования человеческого тела и терапевтические—для лечения. Диагностические (фиг. 8, 9 и 10) рассчитаны до 100 kV, с острым фокусом, терапевтические—до 200 kV (фиг. 11 и 12), с тупым фокусом. Первоначальная форма шара была позднее заменена цилиндром, что позволило сконструировать самозащитную Р. т. (фиг. 13, 14). Для напряжений  $> 100$  kV близость стекла к антикатоде является опасной

в отношении пробоя, и потому средняя часть Р. т. с внешней защитой делается металлической (феррохром); Р. т. Ф и л и п с а (фиг. 15): а—бакелитовая гильза, б—латунная оболочка,

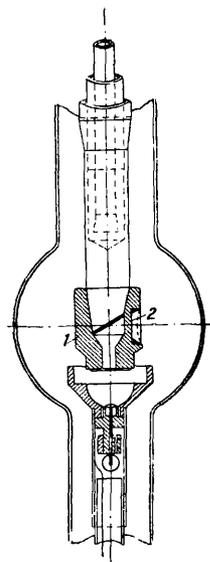


Фиг. 14.

с—свинцовая оболочка, d—фильтр, e—оконце для выпускания лучей, f—цилиндр из хромистого железа. В Р. т. М ю л л е р а (фиг. 14) защита достигается свинцовой прокладкой в 4 мм толщины в средней части и свинцовым стеклом по концам. Возможна и внутренняя защита (Р. т. С и м е н с а, фиг. 16), когда антикатод окружается толстым непроницаемым для рентгеновых лучей куском 1 металла, имеющим окно 2 для выхода рентгеновых лучей. Окно 2 закрыто бериллием,



Фиг. 15.



Фиг. 16.

непрозрачным для видимых лучей. Р. т. для просвечивания материалов отличаются от терапевтических лишь большей остротой фокуса.

Лит.: G l o c k e r R., Materialprüfung mit Röntgenstrahlen, В., 1927; S i e g b a h n M., Spektroskopie d. Röntgenstrahlen, В., 1924.

Н. Селянов.

## РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, наука,

возникшая в 1913 г. после открытия интерференции рентгеновых лучей (Лауэ, Фридрих и Книппинг), занимающаяся изучением строения вещества методами, основанными на интерференции рассеянных рентгеновых лучей. При освещении вещества рентгеновыми лучами электроны, из которых построены атомы данного вещества, становятся сами центрами излучения колебаний той же длины волны. Происходит р а с с е я н и е рентгеновых лучей. Освещенный образец становится следовательно сам источником излучения. Колебания, идущие от отдельных электронов, складываются. Суммарная интенсивность определяется фазовыми соотношениями между колебаниями, испускаемыми отдельными центрами, которые в свою очередь зависят от расположения рассеивающих центров данной системы и от положения по отношению к ней направления первичного пучка и направления, в котором рассматривается рассеянный (вторичный) пучок. Т. о. распределение интенсивности рассеянных лучей по направлениям

является функцией расположения рассеивающих центров. Методы Р. а. сводятся к изучению этого распределения и к определению расположения рассеивающих центров или систем центров (атомов, молекул) на основании этого распределения.

Рассеивание рентгеновых лучей кристаллами. Вследствие правильного расположения атомов в кристалле (см.) рассеивающие ими лучи, интерферируя, имеют значительную интенсивность только по вполне определенным направлениям. Брэгги показали, что эти интерференционные максимумы можно рассматривать как простые отражения от граней кристаллов. При этом отражения могут произойти только при определенных углах  $\varphi_n$ , к-рые данная грань составляет с направлением первичного пучка и которые определяются ур-нем Брэгга:

$$2d \sin \varphi_n = n\lambda. \quad (1)$$

Отражения могут происходить и в том случае, когда угол  $\varphi$  весьма мало отличается от  $\varphi_n$ . Величина  $\Delta\varphi_n$  очень мала и практически может быть наблюдаена при специальных условиях. Одним из существенных факторов, определяющих величину  $\Delta\varphi_n$ , является число рассеивающих центров, т. е. величина кристалла: она увеличивается с уменьшением размеров кристалла. Практически заметной  $\Delta\varphi_n$  делается при размерах порядка  $10^{-6}$  см и ниже. Формула (1) является основной для изучения строения кристаллов. Величины  $d$  связаны определенным образом с размерами элементарной ячейки кристалла и миллеровскими индексами данной грани. Под последними понимают 3 целых числа  $h_1, h_2, h_3$ , которые обозначают, что ближайшая к началу координат плоскость, параллельная данной грани, отсекает на осях отрезки  $\frac{a_1}{h_1}, \frac{a_2}{h_2}, \frac{a_3}{h_3}$ , где  $a_1,$

$a_2, a_3$ —ребра элементарной ячейки. Величины определяются следующей ф-ией, имеющей для общего случая (триклинная система) вид:

$$\frac{1}{d^2} = k_{11}h_1^2 + k_{22}h_2^2 + k_{33}h_3^2 + 2k_{12}h_1h_2 + 2k_{23}h_2h_3 + 2k_{31}h_3h_1, \quad (2)$$

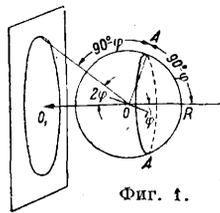
где величины  $k$  зависят от  $a_1, a_2, a_3$  и углов между ними  $\alpha, \beta, \gamma$ . Для прямоугольных систем  $k_{12} = k_{23} = k_{31} = 0$ , напр. для ромбич. системы:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h_1^2}{a_1^2} + \frac{h_2^2}{a_2^2} + \frac{h_3^2}{a_3^2}. \quad (3)$$

Интенсивность отражений для различных граней неодинакова и зависит от ряда факторов, вытекающих как из природы самого рассеивания, так и из строения кристалла и условий опыта. Изучение соотношения интенсивностей отдельных отражений играет весьма важную роль при определении структуры, о чем будет сказано ниже.

Методы анализа строения кристаллов. При рассмотрении связи между структурой кристалла и рентгенограммой, полученной тем или другим методом, удобно пользоваться т. н. шаровой проекцией кристалла. Такую проекцию получим, окружив кристалл сферой и проведя из центра нормали ко всем граням. Точки пересечения нормалей с поверхностью шара называются полюсами граней и представляют шаровую проекцию. Если  $RO$ —направление пучка

(фиг. 1) лучей длины волны  $\lambda$ , то какая-либо грань ( $h_1 h_2 h_3$ ) отразит лишь в том случае, если нормаль к ней составляет с осью пучка угол  $90^\circ - \varphi$  ( $\varphi$ —угол Брэгга), т. е. нормаль лежит на конусе с осью  $RO$  и раствором  $90^\circ - \varphi$ , иначе говоря, если полюс этой грани лежит на круге  $AA$  (отражающий круг полюсов). Для каждой грани условием отражения будет нахождение полюса на соответствующем круге. При произвольном положении пучка по отношению к осям кристалла вероятность положения какой-либо грани на отражающем круге весьма мала, и в общем случае мы отражения не получаем. Для того чтобы иметь полюсы



Фиг. 1.

на отражающем круге, необходимо иметь перпенными или ориентацию кристалла по отношению к пучку или длину волны. В первом случае или вращают кристалл (метод вращения) или берут образец мелкокристаллический (метод порошков). Во втором случае пользуются сплошным спектром (метод Лавуэ). Эти три метода являются основными методами изучения строения кристаллов.

Метод Дебая-Шеррера-Хелла (метод порошков). Образец для исследования является мелкокристаллич. агрегатом. При достаточной малости величины кристалликов последние имеют какую угодно ориентацию, т. е. полюсы любой грани лежат во всех точках сферы, а следовательно и на отражающем круге. Т. о. для каждой грани мы получим отраженные лучи. Так как весь отражающий круг для данной грани в этом случае заполнен полюсами, то все отраженные от этой грани лучи идут по образующим конуса с осью  $RO_1$  и углом  $2\varphi$  (фиг. 1). Каждой грани ( $h_1 h_2 h_3$ ) с расстоянием между плоскостями  $h_1 h_2 h_3$  соответствует свой конус отраженных лучей с углом  $2\varphi_{h_1 h_2 h_3}$ . На пластинке, поставленной перпендикулярно первичному пучку, получится ряд кругов. Если расстояния пластинки от образца  $D$  и радиусы кругов  $r$ , то

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{r}{D}. \quad (4)$$

Обычно же образец устанавливают на оси цилиндрич. камеры; на цилиндре помещается фотографич. пленка. На пленке получается ряд линий (пересечение конусов с цилиндром), симметрично расположенных относительно плоскости, проходящей через направление пуч-



Фиг. 2.

ка и ось цилиндра (фиг. 2). По расстояниям между симметричными линиями  $l$  определяют углы отражений:

$$4\varphi = \frac{360}{2\pi R} l, \quad (5)$$

где  $R$ —радиус цилиндра. Рентгенограмма Дебая позволяет следовательно определить углы отражений для всех граней (у которых  $\frac{\lambda}{2d} < 1$ ) и по ф-ле Брэгга вычислить расстоя-

ния между плоскостями. Неизвестными остаются индексы соответствующих граней. Для определения симметрии и размеров элементарной ячейки на основании расстояний между плоскостями или же по углу  $\varphi$  пользуются квадратичной ф-ией. Ф-ла Брэгга переписывается так:

$$\sin^2 \varphi = \frac{\lambda^2}{4} \cdot \frac{1}{d^2}. \quad (6)$$

Подставив  $\frac{1}{d^2}$  из (2), получаем:

$$\sin^2 \varphi = \frac{\lambda^2}{4} f(a_1, a_2, a_3, \alpha, \beta, \gamma, h_1, h_2, h_3). \quad (7)$$

Вид квадратичной функции определяется формой элементарной ячейки, т. е. кристаллографической системой; для кубической системы:

$$\sin^2 \varphi = \frac{\lambda^2}{4a^2} (h_1^2 + h_2^2 + h_3^2); \quad (8)$$

для тетрагональной системы:

$$\sin^2 \varphi = \frac{\lambda^2}{4a^2} (h_1^2 + h_2^2) + \frac{\lambda^2}{4c^2} h_3^2; \quad (9)$$

для гексагональной системы:

$$\sin^2 \varphi = \frac{\lambda^2}{3a^2} (h_1^2 + h_2^2 + h_1 h_2) + \frac{\lambda^2}{4c^2} h_3^2. \quad (10)$$

Если параметры заданы, то, подставляя различные комбинации чисел  $h_1, h_2, h_3$ , получим всевозможные углы отражений.

Расчет рентгенограмм Дебая сводится к определению такой квадратичной функции от  $h_1, h_2, h_3$ , в к-рую укладываются все найденные углы  $\varphi$ . Подыскание квадратичной ф-ии довольно легко для кубич. системы, не очень сложно для тетрагональной, гексагональной и ромбоэдрической, где в квадратичную ф-ию входят два коэффициента, и весьма сложно для остальных систем. Кубическая система легко узнается потому, что по (8) отношению  $\sin^2 \varphi$  д. б. отношением целых чисел 1 : 2 : 3 : 4 : 5... Определение квадратичной функции связано с индифицированием рентгенограммы, т. е. приписыванием каждой линии (каждому углу  $\varphi$ ) определенного триплета  $h_1, h_2, h_3$ . Индифицирование рентгенограмм для систем с двумя параметрами (тетрагональной, гексагональной и ромбоэдрической) упрощается применением графич. метода Хелла. Если рентгенограмма проиндифицирована и квадратичная ф-ия найдена, то вопрос о кристаллографич. системе и о размерах элементарной ячейки (из коэф-та  $k$ ) решен. В случае простой решетки, т. е. в случае, когда на элементарную ячейку приходится только один атом, этим задача и исчерпывается. В случае сложной решетки для решения вопроса о расположении атомов элементарной ячейки пользуются соотношением интенсивности между линиями. Интенсивность линий на дебаевских рентгенограммах определяется ф-лой:

$$J = \psi^2 |S|^2 n \frac{1 + \cos^2 2\varphi}{\sin^2 \varphi \cos \varphi} W(T, \varphi). \quad (11)$$

Величина  $1 + \cos^2 2\varphi$  учитывает зависимость рассеивания отдельным электроном от направления; фактор  $\psi^2$  называется атомным и определяется распределением электронов в атоме;  $\frac{1}{\sin^2 \varphi \cos \varphi}$  — фактор Лоренца, учитывающий отражение от какой-либо грани рентгеновых лучей, падающих под углом, несколько отличным от брагговского угла; увеличение интенсивности, происходящее при этом, различно в зависимости от угла  $\varphi$ . Фак-

тор  $W(T, \varphi)$  называется тепловым. Он возникает вследствие того, что атомы не сидят точно в углах решетки, а находятся в тепловом движении, колеблясь около узлов как центров равновесия. Его действие сводится к уменьшению интенсивности с увеличением угла  $\varphi$ . Все перечисленные факторы дают непрерывную зависимость от угла  $\varphi$ . Характерными для структуры кристалла являются факторы  $|S|^2$  и  $n$ ;  $|S|^2$  называется структурным фактором. Он определяется расположением атомов в элементарной ячейке и равен квадрату модуля комплексного выражения:

$$S = \sum A_k e^{2\pi i(a_{1k}h_1 + a_{2k}h_2 + a_{3k}h_3)}; \quad (12)$$

$h_1, h_2, h_3$  — индексы грани,  $a_{1k}, a_{2k}, a_{3k}$  — координаты  $k$ -го атома,  $A_k$  — число электронов в атоме. Для центрированной решетки, координаты узлов к-рой 0 0 0 и  $\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}$ , он равен

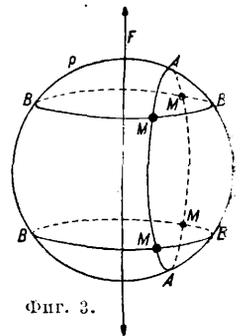
$$S = 1 + e^{\pi i(h_1 + h_2 + h_3)}, \quad (13)$$

откуда видно, что для случая, когда  $h_1 + h_2 + h_3$  — нечетное число,  $S = 0$ , т. е. для таких граней отражения нет. Для решеток с центрированными гранями выпадают отражения для граней, у которых индексы смешанные, т. е. к-рые в триплете  $h_1, h_2, h_3$  — четные и нечетные числа,  $n$  — фактор повторяемости грани и равен числу комбинаций чисел  $h_1, h_2, h_3$ , для к-рых квадратичная ф-ия, а также и структурный множитель, неизменны. Все такие грани дают одну и ту же линию. В кубической решетке для грани куба  $n = 6$ , для грани октаэдра 8, для грани додекаэдра 12 и т. д. Расположение атомов в ячейке можно считать установленным, если вычисленное соотношение интенсивностей между линиями согласуется с найденными экспериментально. При расчете весьма существенно значение плотности исследуемого вещества  $\rho$ , к-рая позволяет вычислить число атомов или молекул в элементарной ячейке из ф-лы

$$\rho = \frac{S \times M \times 1,649 \times 10^{-24}}{V}, \quad (14)$$

где  $S$  — число атомов в элементарной ячейке,  $M$  — ат. вес,  $V$  — объем элементарной ячейки, выраженной в  $\text{\AA}^3$ ,  $M \times 1,649 \times 10^{-24}$  — вес атома в г. Основной ход расчета следующий: 1) определение углов отражений квадратичной ф-ии и индифицирование; 2) вычисление размеров элементарной ячейки; 3) определение числа атомов (молекул) в ячейке из (14); 4) определение центрированности (трансляционной группы) на основании выпадающих отражений; 5) определение координат атомов на основании изучения интенсивностей.

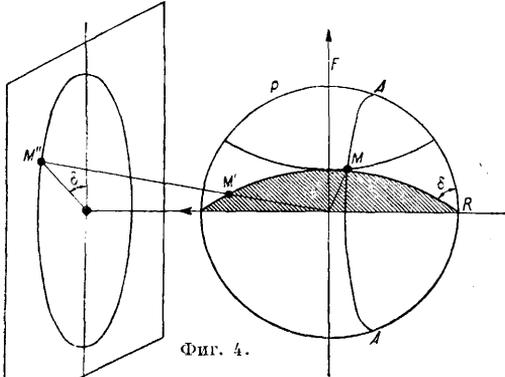
Метод вращения. Образцом для исследования служит монокристалл. На фиг. 3  $AA$  — отражающий круг для какой-либо грани, нормаль к к-рой составляет с осью вращения угол  $\varphi$ . При вращении полюс этой грани описывает круги  $BB$ . Очевидно, что грань может отражать при четырех положениях, соответствующих пересечениям кругов  $AA$  и  $BB$ . Если перпендикулярно пучку поставить пластинку для каждой грани,



мы в общем случае получим 4 пятна, лежащих на дебаевском круге для данной грани. Пятна характеризуются углом  $\delta$  и расстоянием пятна до центрального пятна (радиус дебаевского круга). Последний определяет угол  $\varphi$ . Зная  $\varphi$  и  $\delta$ , находим  $\rho$  из ф-лы:

$$\cos \rho = \cos \varphi \cos \delta, \quad (15)$$

к-рая становится понятной из фиг. 4. Так, обр-если вращать кристалл вокруг какого-либо направления, то легко определить угол любой грани с осью вращения, чем пользуются для



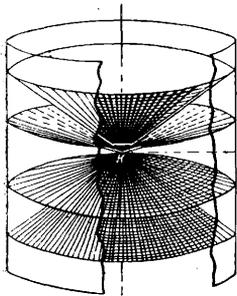
Фиг. 4.

определения ориентации монокристаллов металлов, у которых отсутствует внешнее ограничение.

Если  $M'$ —шаровая проекция отраженного луча (фиг. 4) и  $FM' = \mu$  есть угол, к-рый отраженный луч составляет с осью вращения, если  $l$  есть индекс данной грани, отнесенный к оси вращения, то оказывается, что

$$\cos \mu = \frac{l a}{a}, \quad (16)$$

где  $a$ —расстояние между атомами (период идентичности) по оси вращения. Это значит, что все отражения от граней, у которых индекс по оси вращения один и тот же, лежат на конусе, ось которого совпадает с осью вращения (фиг. 5). Если снимок сделать на цилиндрич. пленку, то на ней мы получим пятна (фиг. 6), расположенные по линиям. Пятна, лежащие на одной линии, согласно (16) имеют один и тот же индекс к оси вращения. Индекс на экваториальной линии пятен ( $\mu = 90^\circ$ ) есть нуль



Фиг. 5.

на первой, 1 на второй и т. д. (фиг. 6); расстояние  $m_i$  между линиями пятен и экваториальной определяет угол:

$$\text{ctg } \mu_i = \frac{m_i}{R}, \quad (17)$$

где  $R$ —радиус цилиндра. Так, обр. расстояние между линиями дает непосредственно (16) расстояние между атомами по оси вращения.

В том случае, когда по внешней форме кристалла размеры его м. б. около  $1/2$  мм, можно узнать основные кристаллографич. направления; определение структуры можно вести след. обр. Сделав 3 рентгенограммы с вращением вокруг (100), (010) и (001), определяем параметры по трем осям. Далее определяем транс-

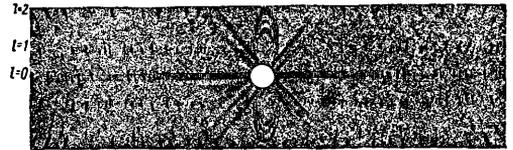
ляционную группу, что легко делается с помощью добавочных рентгенограмм с вращением вокруг нек-рых направлений, напр. в случае кубич. решетке соотношения между периодами идентичности по направлению (100), (110) и (111) являются характерными для той или иной центрированности:

	(100)	(110)	(111)
Простая кубич. решетка . . .	$a$	$a\sqrt{2}$	$a\sqrt{3}$
Центрированная решетка . .	$a$	$a\sqrt{2}$	$a\frac{\sqrt{3}}{2}$
С центрирован. гранями . . .	$a$	$a\frac{\sqrt{2}}{2}$	$a\sqrt{3}$

Дальнейшее индцирование рентгенограммы не представляет затруднений, т. к., зная размер элементарной ячейки (углы можно определить с помощью гониометра), получаем квадратичную функцию. Для случая, когда кристаллографич. измерения нельзя произвести и нельзя так просто определить размеры элементарной ячейки, определение квадратичной ф-ии и индцирование рентгенограммы вращения упрощаются тем обстоятельством, что для каждой линии пятен один из индексов определяется номером линии пятен. Для экватора он нуль, вследствие чего квадратичная ф-ия для пятен, лежащих на экваторе, даже для триклинной системы имеет простой вид:

$$\sin^2 \varphi = \frac{\lambda^2}{4} (k_{11}h_1^2 + k_{22}h_2^2 + 2k_{12}h_1h_2);$$

при этом период идентичности по третьему направлению мы уже имеем.



Фиг. 6.

При изучении сложных решеток после индцирования рентгенограмм выявляются те грани ( $h_1 h_2 h_3$ ), к-рые не дали отражений. Затем в таблицах выбирают те пространственные группы, относящиеся к данной трансляционной группе, для которых характерно найденное выпадение отражений. Это упрощает отыскание координат атомов в элементарной ячейке, которое производится на основании соотношения интенсивностей отдельных отражений.

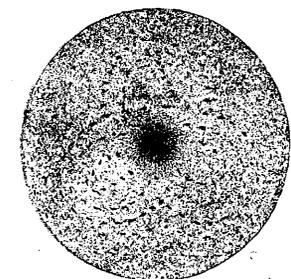
Дальнейшее развитие метода вращения дал Вейсенберг. Прибор, сконструированный им, называется гониометром Вейсенберга. Сущность метода заключается в следующем. Из всех линий пятен выделяется с помощью диафрагмы только одна (напр. экваториальная). Во время съемки цилиндр с пленкой движется вдоль оси, причем его движение связано с вращением кристалла. В результате мы получаем рентгенограмму, все пятна к-рой можно расположить на двух системах кривых. На каждой кривой один из индексов постоянен. При переходе от одной кривой к другой (той же системы) индексы грани изменяются на 1. Т. к. третий индекс известен (номер выбранной линии пятен), то индцирование такой рентгенограммы весьма несложно. Метод Вейсенберга позволяет непосредственно определить положение каждой отражающей грани по отношению к трем направлениям в пространстве, т. к. кроме угла с осью вращения (15) он дает еще и азимуталь-

ный угол. Методы вращения являются наиболее мощными методами анализа. С их помощью определены весьма сложные структуры.

**Метод Лауэ.** Кристалл освещается сплошным спектром и во время экспозиции неподвижен. На пластинке, поставленной перпендикулярно к первичному пучку, мы получим отражение от какой-либо грани, составляющей с пучком угол Брэгга лишь в том случае, если в спектре имеется длина волны, удовлетворяющая условию:

$$2d \sin \varphi = n\lambda.$$

Т. о. расположение пятен на рентгенограмме будет зависеть только от взаимного расположения граней, а не от расстояний между плоскостями граней.



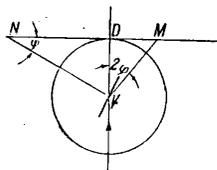
Фиг. 7.

Тогда при совпадении первичного пучка с какой-либо кристаллографич. осью расположение пятен будет иметь симметрию, соответствующую этой оси (фиг. 7). Для индирования рентгенограмм пользуются тем обстоятельством, что лучи, отраженные от всех граней, принадлежащие одной и той же зоне  $[u_1, u_2, u_3]$ , пойдут по образующим конуса, ось к-рого совпадает с направлением  $[u_1, u_2, u_3]$ , а угол раствора равен углу между  $[u_1, u_2, u_3]$  и направлением пучка. Поэтому пятна, принадлежащие определенной зоне, лежат на эллипсе, близком к окружности и проходящем через первичное пятно. Если пятна (направления отраженных лучей) перенести на стереографич. проекцию, то они расположатся на кругах; центры этих кругов дают направления  $[u_1, u_2, u_3]$ .

Более просто индировать рентгенограммы построением на основании рентгенограмм Лауэ гномонич. проекции кристалла. Связь между положением на рентгенограмме отражения от данной грани и ее точкой на плоскости проекции видна из фиг. 8;  $DM$  определяет положение пятна на рентгенограмме,  $DN$  — положение проекции соответствующей грани:

$$DN = KD \operatorname{ctg} \varphi.$$

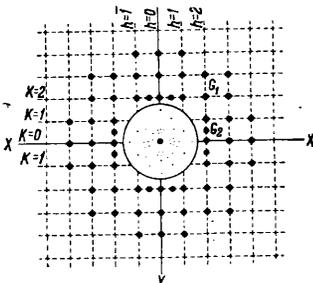
Грани, принадлежащие одной зоне, дают на проекции точки, лежащие на одной прямой. Если пучок лучей совпадает с кристаллографич. направлением, то построенная проекция должна иметь вид сетки. Все точки проекции располагаются на двух системах прямых. Номера прямых дают индексы граней (фиг. 9). Если по внешней форме кристалла нельзя узнать основных кристаллографич. направлений, то устанавливают кристалл с помощью светящегося экрана, меняя положение его до тех пор, пока не получают симметричного расположения пятен. Метод Лауэ непосредственно дает только взаимное расположение граней вследствие того, что длина волны для каждого отражения неизвестна. Этим методом пользуются гл. обр. для определения симметрии кристалла. При этом метод позволяет из 32 классов различать только 11 групп. Классы,



Фиг. 8.

различающиеся между собой наличием центра инверсии, дают одну и ту же картину.

Применения Р. а. Возможность определения взаимного расположения атомов в кристаллах сделала Р. а. весьма мощным оружием для изучения как структуры твердого тела, так и процессов, происходящих в нем. Весьма плодотворно оказалось применение Р. а. в металлографии. Возможность каждую фазу характеризовать определенной решеткой, возможность замечать весьма малые изменения параметров, происходящие наприм. при образовании твердых растворов, обеспечивали широкое поле деятельности для методов Р. а. при изучении строения сплавов и тех изменений в их строении, которые



Фиг. 9.

возникают при термической обработке сплава. В этой области применяется гл. обр. метод Дебая-Шеррера, а в последнее время, с развитием выращивания монокристаллов металлов и твердых растворов, и др. методы. Большие возможности открыл Р. а. для изучения пластич. деформации, позволив определять без труда плоскости и направление скольжения при деформации монокристаллов, определять ориентацию (текстуру) кристаллитов, возникающую при волочении проволок или прокатке металла и т. п. Для изучения волокнистой структуры, образующейся при механич. обработке металла (протяжка, вальцовка), а также волокнистых структур органич. веществ (целлюлозы), методы Р. а., описанные выше, были видоизменены в соответствующем направлении. Зависимость ширины интерференционных максимумов от величины кристаллов позволила определить величину кристалликов субмикроскопич. размеров, что нашло себе применение в коллоидной химии.

Рассеяние рентгеновых лучей аморфными телами, жидкостями и газами. Интерференционные явления получаются не только при рассеянии лучей кристаллич. телами. Для случая некристаллич. веществ на пластинке, поставленной перпендикулярно первичному пучку, образуются кольца, подобные кольцам и от мелкокристаллического вещества, но весьма размытые. Интенсивность их быстро убывает с углом рассеяния. Теоретич. расчет, произведенный Дебаем, показал, что подобная картина должна обуславливаться строением молекулы. Именно, если осветить пучком рентгеновых лучей вещество, в к-ром имеются беспорядочно ориентированные молекулы, то интенсивность рассеянных лучей в направлении, составляющем с первичным углом  $\theta$ , определяется ф-той:

$$J = \frac{1 + \cos^2 \theta}{2} \sum_i \sum_k \psi_i \psi_k \frac{\sin x_{ik}}{x_{ik}}. \quad (18)$$

Величины  $x_{ik}$  связаны с расстоянием между атомами в молекуле  $l_{ik}$  и углом  $\theta$  след. обр.:

$$x_{ik} = \frac{2\pi}{\lambda} 2l_{ik} \sin \frac{\theta}{2}; \quad (19)$$

$\psi$  — рассеивающая способность атомов. В слу-

чае жидкостей и аморфных тел, как показали детальные исследования, картина усложняется вследствие интерференции лучей, рассеянных целыми молекулами. Образуются добавочные кольца, к-рые соответствуют среднему расстоянию между молекулами. В чистом виде интерференция от молекул была получена при освещении газов, для к-рых расстояния между молекулами достаточно велики по сравнению с размерами самих молекул. Пользуясь рассеянием рентгеновых лучей газами, Дебай определил структуру некоторых молекул.

Лит.: Брэгг У. Г. и Брэгг У. Л.: Рентгеновские лучи и строение кристаллов, пер. с нем., М.—Л., 1929; Селяков Н. Я.: Рентгеновы лучи и структура вещества, П., 1923; е го же, Техника и рентгеновы лучи, Л., 1925; Glocker R., Materialprüfung mit Röntgenstrahlen, В., 1927; Mark H., Die Verwendung d. Röntgenstrahlen in Chemie u. Technik, Handbuch d. angewandten physikalischen Chemie, hrsg. v. G. Bredig, В. 14, Lpz., 1926; Ott H., Strukturbestimmung mit Röntgeninterferenzen, Handbuch d. Experimentalphysik, herausgegeben v. W. Wien und F. Harms, В. 7, Teil 2, Leipzig, 1928.

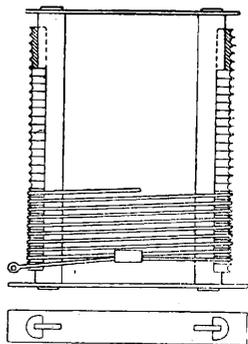
Г. Курдюмов.

**РЕНТГЕНОГРАФИЯ**, см. *Рентгенографический анализ*.

**РЕОСТАТ**, прибор, включаемый в цепь электрич. тока для понижения напряжения или изменения силы тока; основной частью Р. является омич. сопротивление, величину к-рого можно изменять (регулировать). Омич. сопротивление в Р. служит для поглощения электрич. энергии и превращения ее в тепло по закону Джоуля. По своему назначению реостаты подразделяются на следующие основные группы: 1) пусковые Р., служащие для ограничения силы тока за время пуска в ход двигателей, 2) регулирующие Р.— для регулирования силы тока или падения напряжения в той цепи электрич. тока, в к-рую они включены. К этой группе Р. относятся: Р. для регулировки скорости вращения электродвигателей; Р. для регулировки напряжения генераторов путем соответствующих изменений силы тока возбуждения; Р. для дуговых ламп и ламп накаливания, назначение к-рых состоит в поддержании или постоянства напряжения на зажимах источников света или постоянства силы тока для увеличения устойчивости горения ламп с вольтовой дугой, а также в регулировке силы света в определенных пределах; нагрузочные Р. и целый ряд других специальных Р. Все эти Р. в свою очередь разделяются на два основных типа: металлические Р. и жидкостные. В Р. первого типа регулируемое омич. сопротивление выполняется из металла или специальных металлич. сплавов, в Р. второго типа омич. сопротивлением служит жидкость (раствор соды в воде или чистая вода) с погруженными в нее металлич. электродами. Основное различие Р. этих двух типов помимо материала сопротивлений заключается в том, что при помощи жидкостных Р. можно достигать вполне плавного изменения сопротивления, тогда как в металлич. Р. сопротивление возможно изменять лишь ступенями б. или м. величины в зависимости от числа контактов Р.

**1. Устройство Р.** 1. Устройство металлических Р. Основные части металлич. Р. нормального типа: а) элементы сопротивления, б) внутренние соединительные проводники и зажимы для присоединения внешних проводов, в) переключатель ступеней, г) кожух и остов, д) автоматич. предохра-

нительные приспособления, защищающие и Р. и электрич. машину от чрезмерных перегрузок. Основные требования к материалам для изготовления сопротивлений следующие: высокая  $t_{м.л.}$ , способность выдерживать длительное время нагрев до 250—300°, высокое уд. сопротивление, способность выдерживать механич. сотрясения при рабочей  $t$  и высокая стоимость. Эти материалы разбиваются на группы в зависимости от уд. сопротивления. Основные группы следующие: а) сплавы со средним уд. сопротивлением  $\rho = 0,5 \Omega \text{ мм}^2/\text{м}$ : константан, рестап, манганин, крупин и другие; б) сплавы со средним уд. сопротивлением  $\rho = 1,0 \Omega \text{ мм}^2/\text{м}$ : хром-никель, хром-никель-железо, железоникель; в) сплавы со средним уд. сопротивлением  $\rho = 0,3 \Omega \text{ мм}^2/\text{м}$ : нейзильбер, мельхиор; г) наиболее часто применяемый материал— никелин, для которого  $\rho = 0,4 \Omega \text{ мм}^2/\text{м}$ . Все эти материалы применяются или в виде круглой проволоки или в виде лент. Кроме того для изготовления сопротивлений пусковых Р. допускается



Фиг. 1.

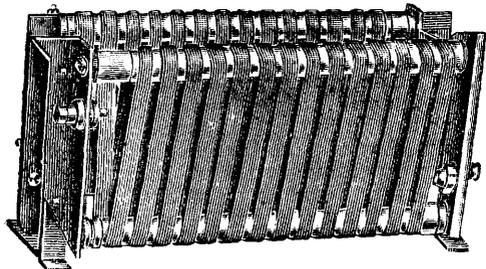
оцинкованная или луженая железная проволока диаметром не меньше 0,5 мм; вследствие большого  $t$ -ного коэф-та применение ее в регулирующих Р. не допускается. Наконец для изготовления сопротивлений, предназначенных для больших сил тока, в тех ступенях Р., где не требуется постоянства сопротивления, применяется чугун, уд. сопротивление к-рого  $\rho \approx 0,8 \Omega \text{ мм}^2/\text{м}$ ;  $t$ -ный коэф. его также велик. Элементы сопротивления Р. изготовляются различных видов в зависимости от материала, формы его и назначения и рода охлаждения Р. В стационарных установках они могут изготовляться в виде спиралей из проволоки или ленты, закрепленных на металлич. рамах; в установках же, где возможны сотрясения и толчки, спираль наматывается на цилиндры из изолирующего теплоустойчивого материала. Еще лучше для стационарных установок натягивать круглый провод или ленту на железные рамы, на внешних гранях к-рых укреплены рифельные фарфоровые полуцилиндры.



Фиг. 2.

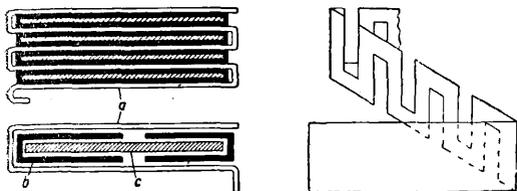
Иногда для экономии места и большей стойкости в отношении сотрясений круглую проволоку малых диаметров наматывают в спираль, а последнюю в свою очередь навивают на рифельный фарфоровый цилиндр. На фиг. 1—3 изображены различные виды элементов сопротивления, выполненные из круглой проволоки и ленты. Для увеличения постоянной времени нагрева элементов сопротивления последние выполняют иногда в виде дисковых катушек или пакетных сопротивлений. В первом случае сложенные вместе тонкая металлич. лента и

более толстая железная лента с прокладками между ними в виде тонких полосок асбеста наматываются в виде плоской спирали. Во втором случае металлич. лента складывается так, как это показано на фиг. 4 (а—проводник, б—



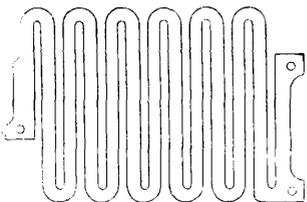
Фиг. 3.

слюда, с—железная пластина). В обоих случаях для увеличения сопротивления в металлич. ленте вырезаются пазы, что дает возможность кроме того изменить сопротивление ленты и для различных сопротивлений пользоваться лентой одной и той же ширины и толщины. Чугунные сопротивления, применяемые для Р. с воздушным охлаждением, состояются из ряда отдельных секций зигзаго-



Фиг. 4.

образной формы (фиг. 5) с ушками для закрепления этих секций на стержнях, изолированных слюдой, а между секциями прокладываются или металлич. или изолирующие шайбы, соединяющие их последовательно или параллельно. Допускаемые нагрузки для проволочных или ленточных сопротивлений выражаются в  $A/мм^2$  и в зависимости от конструкции элемента сопротивления, способов охлаждения, размеров и удельного сопротивления применяемого материала колеблются



Фиг. 5.

при продолжительной нагрузке от 3 до 31  $A/мм^2$ , причем для меньших сечений берется большая плотность тока; для чугунных же сопротивлений допускаемые нагрузки обычно выражаются посредством мощности, приходящейся на единицу всей внешней поверхности секции. Для чугунных сопротивлений, охлаждаемых воздухом, эти нагрузки составляют в среднем 35  $W/дм^2$  при продолжительной нагрузке и 470  $W/дм^2$  при кратковременной нагрузке. При допуске до повышения на 200° температуры круглых проволок из материала с удельным сопротивлением  $\rho = 0,5 \Omega мм^2/м$  допускаемая плотность тока для такой проволоки, выполненной в виде спиралей или натянутой на раму, при достаточном охлаждении воздухом

может быть приближенно подсчитана по эмпирической формуле:

$$j_s = \frac{4\beta}{\pi \sqrt{d}} \Delta/мм^2,$$

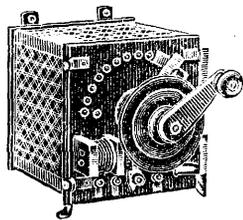
где  $d$ —диаметр проволоки в мм, а  $\beta$ —коэффициент (для продолжительн. нагрузки  $\beta_d = 3,5$ , для прерывистой продолжительной нагрузки

$\beta_a = \beta_d \sqrt{t_a + t_b}$ ;  $t_a$  и  $t_b$ —периоды нагрузки и паузы, для сопротивлений с песочным или

масляным охлаждением  $\beta_0 = \beta_d \sqrt{20} = 15,6$ ). Для спиралей, навитых на фарфоровые цилиндры, значения плотности тока м. б. несколько выше или ниже определяемых по приведенным ф-лам в зависимости от мощности, приходящейся на единицу поверхности цилиндра и принимаемой равной при продолжительной нагрузке и воздушном охлаждении  $\sim 40 W/дм^2$ . В качестве внутренних соединений отдельных секций Р. между собою или с контактами переключателя ступеней применяется круглая или полосовая медь (голая или с изоляцией). Голая медь применяется в тех случаях, когда пространство между отдельными секциями Р. достаточно велико, чтобы можно было не опасаться замыканий; в противном случае применяют асбестовую, реже хлопчатобумажную, изоляцию. Для круглых проводов пользуются также изоляцией в виде фарфоровых или стеклянных бус. Круглые провода диаметром свыше 8 мм не применяют, а в случае надобности пользуются двумя или более параллельными ветвями. Соединительные провода в случае чугунных сопротивлений прикрепляются болтами, а в случае проволочных или ленточных—при помощи специальных зажимов и пайки. Допускаемые плотности тока при продолжительной нагрузке: 13—3,2  $A/мм^2$  для круглых проводов диам. 1—8 мм, 3,8—1,8  $A/мм^2$  для полосовой меди с поперечным сечением 60—480  $мм^2$ , причем в обоих случаях большие значения плотности тока соответствуют меньшим поперечным сечениям проводников. Присоединение Р. к цепи тока производится при помощи выводов в виде сквозных болтов с газовой нарезкой, укрепленных на коммутаторной или контактной доске Р., причем все выводы должны иметь соответствующие обозначения. В зависимости от характера проводки (провода уложены в изоляционных стальных или газовых трубках и т. д.) применяются и соответствующие типы выводов. Материалом для болтов служат: для больших сил тока—медь, для меньших—латунь. Плотности тока в болтах допускаются при продолжительной нагрузке 5—30  $A/мм^2$  для болтов диаметром от 4 до 20 мм.

Переключатели ступеней служат для изменения числа ступеней Р., включенных в цепь, обслуживаемую Р.; основные части переключателя—подвижной контакт и ряд неподвижных контактов, соединенных электрически с отдельными ступенями Р. Главнейшие виды переключателей ступеней: плоские, барабанные, вальковые (контроллерного типа) и контакторные. Плоский переключатель ступеней состоит из ряда неподвижных медных или латунных с накладками из красной меди контактов, укрепленных на мраморной или шиферной доске толщиной 10—20 мм и расположенных или прямолинейно или по дуге окружности, по к-рой перемещается подвиж-

ной контакт. Форма контактов для прямолинейно расположенных по дуге окружности — круглая для небольших сил тока (до ~45 А) и трапецевидная для сил тока свыше 45 А. Плотность тока в контактах при продолжительной нагрузке принимается в  $0,4 \text{ А/мм}^2$  для круглых контактов диам. 8—12 мм и порядка  $0,2 \text{ А/мм}^2$  для трапецевидных контактов. Кроме рабочих неподвижных контактов в пусковых Р. имеется еще один холостой контакт из изолирующего материала (фарфор, фибра), дающий возможность размыкать цепь тока. Подвижной контакт для малых пусковых Р. выполняется из сплошного куска латуни, перемещаемого при помощи рукоятки с пружиной, прижимающей его к неподвижным контактам; обычно же он выполняется в виде щетки, набранной из отдельных латунных полос, наклоненных к плоскости неподвижных контактов под углом в  $30^\circ$  (для увеличения площади соприкосновения контактов). Плотность тока в слоистых подвижных контактах различной ширины в среднем принимается ок.  $0,9 \text{ А/мм}^2$ , для сплошных подвижных контактов около  $0,1 \text{ А/мм}^2$ . Удельное нажатие контакта выбирается порядка  $0,5 \text{ кг/см}^2$ . Подвод тока к подвижному контакту производится при помощи специальной щетки, скользящей по токопроводящему кольцу, расположенному concentрично с контактными рядам; подвод тока через ось подвижного контакта в настоящее время не допускается. Обычный тип плоского переключателя ступеней показан на фиг. 6, где



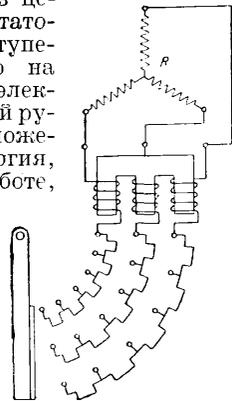
Фиг. 6.

изображен пусковой Р. обычного типа. Барабанный переключатель ступеней по внешнему своему виду напоминает коллектор электрической машины. Неподвижные контакты его образуют цилиндр, по поверхности которого перемещается подвижной контакт. В случае тяжелых условий работы Р., т. е. при частых пусках в ход двигателей (напр. пуско-регулирующие Р. для трамвайных и крановых электродвигателей), наблюдается быстрый износ контактов Р., и в этих случаях предпочтительнее применять вальковые переключатели ступеней контроллерного типа (см. *Контроллер*). При еще более тяжелых условиях работы (напр. в установках горных предприятий, заводских и портовых кранах и т. д.) еще лучше применять контакторные переключатели ступеней (см. *Контактор*), обеспечивающие меньший износ контактов и представляющие собой удобство для осуществления схем автоматич. пуска в ход двигателей. Для уменьшения оборота контактов в момент разрыва тока переключатели ступеней снабжаются специальными магнитными искрогасителями. Остов Р., служащий для закрепления на нем отдельных деталей Р., в зависимости от конструкции элементов сопротивления, размеров и способа охлаждения имеет различное конструктивное оформление и выполняется из чугуна или углового и полосового железа, причем мраморная или шиферная доска переключателя ступеней не должна нести никаких скрепляющих функций. Для предохранения Р. от загрязнения, от внешних повреждений и от соприкосновения обслуживающего пер-

сонала с токоведущими частями Р. как правило закрыт кожухом, и переключатель ступеней нередко снабжен крышкой, на к-рой указываются направления вращения рукоятки для пуска или регулировки, с отверстием для вывода оси подвижного контакта.

В зависимости от назначения Р. существуют следующие способы защиты, различающиеся между собою по устройству крышек кожухов и вводов, а именно: открытый, защищенный, закрытый, полугерметический, с масляной защитой и безопасный от взрыва. Кожуха Р. приведенных типов различаются между собою степенью защищенности Р., т. е. если для первых двух типов кожуха выполняются из листового железа с отверстиями для свободной циркуляции воздуха, то в закрытых и полугерметич. типах кожуха уже не имеют отверстий. В Р. с масляной защитой кожуха выполняются из сплошного листового железа и имеют внизу отверстие для возможности спуска масла при чистке Р. и специальное устройство для определения уровня масла. Все элементы сопротивления должны лежать на 2—3 см ниже уровня масла, если же и контакты переключателя ступеней находятся под маслом, то они д. б. погружены настолько глубоко, чтобы при выключении самой большой рабочей мощности на поверхности масла не могло получиться никаких всплесков. Масляная защита предохраняет металлич. части от действия водяных паров и различных газов. При установке Р. в помещениях, где м. б. взрывчатые газы, кожуха Р. выполняются безопасными от взрыва, причем это может достигаться или масляной защитой, или герметическим кожухом, выдерживающим большие давления, или закрытым кожухом с защитой из металлич. пластинок. Все металлич. части остова и кожуха, доступные прикосновению, д. б. надежно соединены электрически между собою и иметь общий зажим для соединения с землей. Зажимы выполняются из латуни, и диаметр болтов их для малых Р. д. б. не меньше 6 мм, для больших — не меньше 12 мм. На доске переключателя ступеней пусковых Р. нередко устанавливаются и автоматич. приспособления, защищающие установку от повреждений и представляющие собой обыкновенные электромагнитные реле. Назначение их состоит в том, чтобы при спадении или полном исчезновении напряжения или, наоборот, при чрезмерной перегрузке двигателя вернуть рукоятку Р. в начальное положение, соответствующее или максимальному сопротивлению цепи или полному выключению тока. Рукоятка пускового Р. снабжается пружиной, к-рая по мере выведения Р. натягивается и способна свободно перевести рычаг в начальное положение. При нормальной работе рукоятка Р. при выведенном Р. удерживается в этом положении специальной собачкой или ленточным тормозом, в случае же перегрузки или исчезновения напряжения реле отпускают собачку, и рукоятка возвращается в исходное положение. В качестве таких реле применяют одно — шунтовое, другое — серьезное; непосредственно на собачку действует лишь одно шунтовое. В этом случае под действием перегрузки серьезное реле замыкает коротко шунтовое, отпускающее собачку. При исчезновении напряжения шунтовое реле непосредственно отпускает собачку. В асинхронных двигателях для включения приме-

няют электромагнит, удерживающий рычаг Р. и подключаемый через дополнительное сопротивление непосредственно к сети рабочего напряжения. У высоковольтных двигателей для питания электромагнита применяют или понижающие трансформаторы или подключают их к цепи ротора, где напряжение низкое; вследствие низкой частоты здесь приходится пользоваться трехфазным электромагнитом (фиг. 7, R—ротор), сила притяжения к-рого не зависит от частоты. Для предохранения двигателя от перегрузки в последнем случае применяют и максимальный электромагнит, вводимый в цепь статора также вследствие низкой частоты ротора. При равномерной нагрузке всех фаз достаточно включить электромагнит в одну из цепей, подводящих ток к статору. На переключателе ступеней Р., изображенного на фиг. 6, виден серийный электромагнит, удерживающий рукоятку Р. в крайнем положении. Вся электрич. энергия, поглощаемая Р. при работе, превращается в тепловую, причем часть ее отдается в окружающее пространство посредством различных видов теплоотдачи, другая часть затрачивается на повышение  $t^\circ$  самого Р. Применяя тот или иной способ охлаждения Р., можно установить желаемое соотношение между обеими частями и это естественно следует учитывать при выборе конструкции и расчете сопротивлений Р.

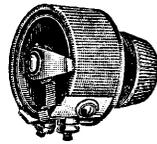


Виды охлаждения металлич. Р. бывают следующие: а) воздушное охлаждение, б) масляное охлаждение с естественным отводом тепла и водяным охлаждением масла, в) песочное охлаждение. Воздушное охлаждение применяется для Р. и пусковых и регулирующих. В этом случае конструкция Р. должна быть такова, чтобы элементы сопротивления могли свободно обтекаться воздухом, для чего в кожухе Р. делаются отверстия и элементы сопротивления располагаются достаточно далеко друг от друга, чтобы не нарушать циркуляции воздуха. В тех случаях, когда естественного обмена холодного и нагретого воздуха недостаточно, прибегают к искусственному охлаждению при помощи вентиляторов или, для усиления тяги воздуха, выполняют кожуха Р. из сплошного листового железа в виде трубы. Повышение  $t^\circ$  нагретого воздуха в месте его выхода из Р. не должно превышать  $175^\circ$ , а повышение  $t^\circ$  самого кожуха в наиболее нагретом месте не д. б. выше  $125^\circ$ . Масляное охлаждение применяется для Р., подвергающихся кратковременным нагрузкам, так как в этих случаях при воздушном охлаждении теплоотдача в окружающую среду не успевает проявить себя и Р. получают громоздкими. Р. с масляным охлаждением, имея гораздо большую теплоемкость, оказываются для такого вида нагрузки более компактными, чем Р. с воздушным охлаждением, рассчитанные на ту же мощность. Объем масла и система охлаждения выбираются с таким расчетом, чтобы повышение  $t^\circ$  масла в наиболее нагретом его месте (приблизительно на  $\frac{2}{3}$  высоты

уровня масла) не превышало  $80^\circ$ . Недостаток масляных Р.: период охлаждения их очень велик и в больших пусковых Р. достигает 8 ч. и более, что позволяет производить пуск всего 1—3 раза в день. Чтобы избежать этого, в больших Р. применяется искусственное охлаждение масла, для чего нагретое масло по трубам поступает в специальный охладитель в виде полого цилиндра, внутри к-рого по трубам протекает охлаждающая вода. При помощи таких охладителей можно весьма значительно сократить период охлаждения масляных реостатов. Реостаты с песочным охлаждением применяются только для редкого пуска в ход двигателей. В этом случае все пространство, занимаемое элементами сопротивления, засыпается чистым кварцевым песком, к-рый весьма негигроскопичен. Поверхность контактов д. б. защищена от возможности попадания на нее отдельных песчинок. Максимальное повышение  $t^\circ$  песка не должно превышать  $150^\circ$ . Достоинства Р. с песочным охлаждением: безопасность в пожарном отношении, дешевизна и простота обслуживания, т. к. песок почти никогда не приходится заменять. Эти Р. широко применяются в подвижных установках, где применение масляных Р. невозможно; кроме того они чрезвычайно удобны в с.-х. и других установках, где Р. с воздушным охлаждением могут быстро засориваться легко воспламеняющимися отбросами производства.

Управление Р. производится от руки (непосредственно или посредством приводов и штанг) или м. б. применено электрическое управление, когда Р. вводится и выводится при помощи специальной электромоторной установки. Электрич. управление может быть различных видов: а) процесс м. б. начал и произвольно остановлен от руки; б) процесс м. б. начал от руки и проведен автоматически; в) процесс начинается и проходит полностью автоматически. Электрич. управление применяется также в тех случаях, когда ручное управление слишком громоздко или требует больших усилий для перемещения подвижного контакта, а также в тех случаях, когда пуск в ход должен производиться по строго определенному закону.

Из группы металлич. Р. следует отметить получившие широкое распространение в радиотехнике и составляющие почти неотъемлемую принадлежность любой ламповой радиоустановки Р. со скользящим контактом, так наз. Р. н а к а л а (электронных ламп). Его назначение—вводить дополнительное сопротивление в цепь нити таких ламп и т. о. регулировать эмиссию электронов из накаленной нити. Одна из конструкций таких Р. дана на фиг. 8.



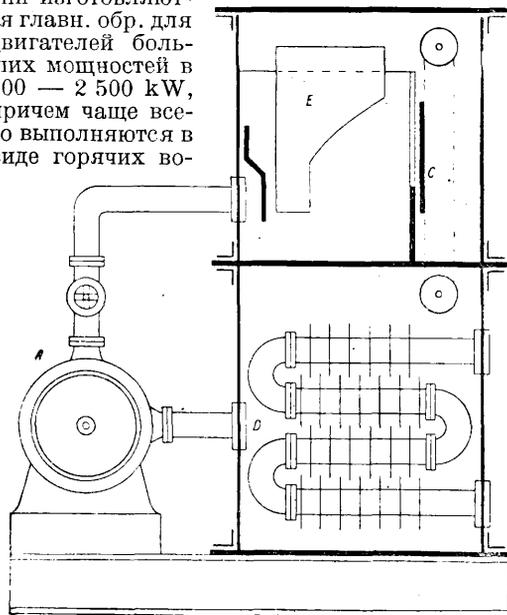
Фиг. 8.

2. У с т р о й с т в о ж и д к о с т н ы х Р. В жидкостных Р., к-рые гл. обр. употребляются в качестве пусковых или нагрузочных, особенно в случае больших мощностей, когда металлич. Р. оказываются чрезвычайно громоздкими, роль элементов сопротивления и переключателя ступеней играет жидкость с погруженными в нее металлич. электродами. Постоянный ток, проходящий через жидкость, производит электролиз раствора и образует большие количества гремучего газа, к-рый легко может взорваться от искр, полу-

чающихся при размыкании тока; кроме того электродные пластины быстро разъедаются постоянным током и в Р. получаются большие илестые отложения. Поэтому жидкостные Р. в мощных установках постоянного тока не применяются. При переменном же токе жидкостные Р. работают достаточно надежно и устойчиво. По характеру устройства и роду работы современные жидкостные Р. можно подразделить на следующие основные группы: а) Р. с неподвижным уровнем жидкости и перемещающимися электродами; б) Р. с неподвижными электродами и перемещающимся уровнем жидкости и в) горячие водяные Р. В тех случаях, когда в жидкостных Р. электролитом служит раствор какой-либо соли (обычно соды) в воде, максимальное повышение  $t^\circ$  раствора не должно превышать 80—90°, так как кипение жидкости способствует образованию отложений, нарушающих нормальную работу Р., и изменению концентрации раствора, что в свою очередь сильно сказывается на сопротивлении Р. Кроме того удельная проводимость электролита сильно изменяется от  $t^\circ$  (при 100° она приблизительно в 2,7 раза больше, чем при 20°). Поэтому такие Р. на большую мощность необходимо снабжать особыми охладителями, по трубам к-рых пропускается охлаждающая раствор вода. Для больших мощностей гораздо более экономичными оказываются горячие водяные Р., в которых электролитом служит чистая вода, нагреваемая до  $t^\circ_{кип.}$ , и т. о. энергия, поглощаемая Р., отводится в виде пара. Такие Р. более громоздки вследствие большого уд. сопротивления чистой воды (проводимость 10%-ного раствора соды в воде приблизительно в 84 раза больше, чем простой воды) и необходимости вследствие этого увеличивать поверхность электродов, но зато расход воды в горячих водяных Р. в 7—15 раз меньше (по сравнению с обычными реостатами).

Жидкостные Р. представляют собою сосуд (один — в случае постоянного, однофазного или трехфазного тока при включении треугольником или три — в случае трехфазного тока при соединении звездой). При подвижных электродах и неподвижном уровне жидкости электроды укреплены на общем хорошо изолированном валу, к-рый вращают при помощи рукоятки к червячной передаче, обладающей, как известно, свойством самоторможения и дающей вследствие этого возможность остановить электроды в любом положении. В Р. с перемещающимся уровнем жидкости сосуд выполняется в виде двух баков (фиг. 9). В верхнем баке укреплены неподвижные электроды *E*, и из нижнего в верхний нагнетается насосом *A* (с постоянной скоростью) вода, причем уровень воды регулируется специальной заслонкой *C*. По окончании пуска заслонка откидывается, и вода быстро сливается в нижний бак, к-рый по объему раза в 3—4 больше верхнего, чтобы установленный в нем охладитель *D* работал с большим использованием и в рабочий период времени, когда жидкость нагнетается в верхний бак. Горячие водяные Р. выполняются с неподвижными электродами и подвижным уровнем жидкости. Т. к. рабочий процесс их происходит все время при  $t^\circ_{кип.}$  воды (100°), то уд. проводимость Р. остается постоянной. В данном случае отпадает необходимость в охлаждающем приспособлении,

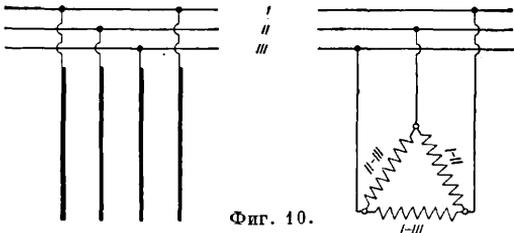
но зато все время приходится добавлять воду взамен испаряющейся. Чтобы избежать осадков при добавлении не дистиллированной воды, иногда используют для этой цели воду, получаемую от конденсации пара, для чего Р. снабжается специальной конденсационной установкой; в этом случае очень редко приходится пополнять Р. водой для поддержания необходимого уровня. Надежность работы, редкие осмотры и чистка Р., небольшой расход воды и отсутствие охладителей — преимущества горячих водяных Р. и потому они находят большое применение в мощных установках, например для пуска и регулирования скорости вращения асинхронных двигателей больших прокатных станов. Единственный недостаток их — большие размеры. Р. с подвижными электродами выполняются как для двигателей малых мощностей, так и для двигателей мощностью до 1 500 kW; что же касается Р. с неподвижными электродами, то они изготовляются главн. обр. для двигателей больших мощностей в 500 — 2 500 kW, причем чаще всего выполняются в виде горячих во-



Фиг. 9.

дяных Р., т. к. при больших мощностях электроды получаются тяжелыми и неудобными для перемещения. Сосуды для электродов бывают изолированные и неизолированные, отлитые из чугуна или сделанные из листового железа, причем в последнем случае расстояние между электродами и стенками сосуда *д. б.* достаточно велико во избежание образования больших сил тока, замыкающегося через стенки сосуда и вызывающего неравномерную нагрузку отдельных фаз Р. Электроды Р. выполняются из толстого листового железа (редко чугунные). Для предохранения электродных пластин от обгорания нижняя часть их наращивается пластинами четырехугольной формы, образующими т. н. предварительную ступень сопротивления, но вообще полное выключение электродов под нагрузкой не рекомендуется, т. к. кроме износа пластин могут получиться взрывы гремучего газа. Форма электродов выбирается такая, чтобы при опускании их в жидкость или при повышении уровня последней с постоян-

ной скоростью достигалось достаточно плавное изменение сопротивления. Сопротивление жидкостного Р. должно плавно уменьшаться до некоторого значения, при котором без опасного толчка тока Р. можно было бы замкнуть накоротко при помощи специального металл. контактного приспособления. При больших мощностях и малых сопротивлениях Р. обычно ставят ряд параллельно включенных электродных пластин с равномерным чередованием полярности или фаз, причем при постоянном токе берут на  $n$  пластин одного полюса  $n+1$  пластин другого полюса, благодаря чему можно не так удалять стенки сосуда от электродов, так как оба крайних электрода имеют одну полярность. При трехфазном токе при соединении треугольником, когда все электроды помещены в одно сосуде, число электродов берется равным  $n+1$ , где  $n$ —число фаз (фиг. 10), что создает равномер-



Фиг. 10.

ную нагрузку фаз вследствие использования второй половины электрода третьей фазы. Управление жидкостными Р. может производиться от руки или электрическим способом. Здесь также возможен автоматический пуск в ход при помощи специальных моторных реле в виде небольших асинхронных двигателей, вращающий момент которых при нормальном пусковом токе уравновешивает или подвигает электроды или заслонку, снабженные противовесом. При уменьшении тока в сети вращающий момент моторного реле также уменьшается, и электроды начинают погружаться в жидкость, что вызывает новое возрастание тока и т. д. Таким образом достигается плавный пуск в ход двигателя. Предохранительные устройства в жидкостных реостатах обычно не делаются, а выносятся в виде отдельных реле, действующих непосредственно на главные рубильники.

**II. Расчет элементов сопротивлений на нагрев.** Расчет всех ступенчатых металл. Р. сводится прежде всего к определению числа ступеней и сопротивления каждой из них, а также к определению длины и поперечного сечения материала, из которого д. б. изготовлены элементы сопротивления. Определение основных размеров материала производят: 1) на основании подсчитанного предварительно сопротивления этой ступени и 2) на основании допускаемого повышения темп-ры при заданной мощности, учитывая при этом конструкцию Р., способ охлаждения и род нагрузки. Как правило все регулирующие Р. рассчитываются на продолжительную нагрузку максимальной для каждой ступени мощности; в частности для регуляторов возбуждения генераторов максимальная мощность ступени наступает тогда, когда подвижной контакт стоит именно на данной ступени. Пусковые Р. рассчитываются или на кратковременную нагрузку или на прерывистую в том случае, если пуск двигателя производится относительно часто. В случае продолжительной нагрузки поперечное сечение материала элемента сопротивления м. б. определено или по допускаемой плотности тока для данного случая (см. выше) или более точно по Ф-ле

$$P = S \sigma_s \tau_{\text{дон.}}$$

где  $P$ —максимальное значение продолжительной мощности для данной ступени в  $W$ ,  $S$ —поверхность охлаждения в  $cm^2$ ,  $\tau_{\text{дон.}}$ —максимальное установившееся повышение  $t^\circ$ , равное допускаемому значению,  $\sigma_s$ —коэф. теплоотдачи в  $W/cm^2$   $^\circ C$ , учитывающий теплоотдачу ду-

чейпусканием, конвекцией и теплопроводностью. Значения коэф-та  $\sigma_s$ , вообще говоря, различны и кроме рода материала и состояния его поверхности зависят также до нек-рой степени от формы и конструкции сопротивления и повышения  $t^\circ$ , т. е. пользование им без наличия достаточного опытного материала несколько затруднительно. Приближенно значения  $\sigma_s$  для обычно допускаемых значений повышения  $t^\circ$  можно брать из приводимой таблицы, в к-рой указано также, что надо считать за

Значения коэффициента теплоотдачи  $\sigma_s$ .

Род нагретого тела	В $W/cm^2$ $^\circ C$	$S$ в $cm^2$
Элементы сопротивления из никелиновой проволоки . . . . .	$\frac{1}{150} - \frac{1}{500}$	Общая поверхность
Трубчатые сопротивления:		
вертикальные . . . . .	$\frac{1}{150} - \frac{1}{400}$	} Внешняя поверхность
горизонтальные . . . . .	$\frac{1}{100} - \frac{1}{300}$	
Чугунные сопротивления . . . . .	$\frac{1}{1000}$	Общая поверхность
Пакетные сопротивления из никеля . . . . .	$\frac{1}{100} - \frac{1}{200}$	Внешняя поверхность
Масляные пусковые реостаты . . . . .	$\frac{1}{500}$	Поверхность кожуха

поверхность охлаждения в каждом отдельном случае. Мощность, поглощаемая данной ступенью, м. б. выражена как  $P = I^2 r$ , где  $I$ —сила тока,  $r$ —сопротивление данной ступени. Отсюда, зная уд. сопротивление материала  $\rho$ , можно найти напр. диаметр круглой проволоки, равный

$$d = \frac{1}{\pi} \sqrt[3]{\frac{4 I^2 \rho}{\sigma_s \tau_{\text{дон.}}}} \text{ см.}$$

При кратковременной нагрузке объем материала м. б. приближенно определен по Ф-ле  $Pt = G q \tau_{\text{дон.}}$ , где  $t$ —время в сек.,  $G$ —вес материала в  $g$  и  $q$ —уд. теплоемкость материала в  $J/g$   $^\circ C$ , если известен уд. вес применяемого материала. В данном случае предполагается, что все тепло, выделяющееся в сопротивлении, идет исключительно на создание повышения  $t^\circ$  элемента сопротивления, т. е. не учитывается нек-рая отдача тепла в окружающую среду. Точнее расчет элемента сопротивления на нагрев при кратковременной прерывистой или перемежающейся нагрузке может быть произведен путем подсчета расчетного значения мощности  $P_p$ , к-рая создавала бы то же самое повышение  $t^\circ$ , но при продолжительной нагрузке, по Ф-ле  $P_p = \frac{P}{p}$ , где  $p$ —коэф. перегрузки, и путем дальнейшего пользования формулой  $P_p = S \sigma_s \tau_{\text{дон.}}$ . Коэф. перегрузки  $p$ , представляющий собой отношение максимального установившегося повышения  $t^\circ$  при продолжительной нагрузке сопротивления мощности  $P$  к тому значению повышения  $t^\circ$ , к-рое получается в конце периода кратковременной нагрузки или при установившемся режиме при продолжительной прерывистой или перемежающейся нагрузках, м. б. для каждого отдельного случая подсчитан на основании ур-ий кривых нагрева и охлаждения

$$\tau = \tau_m \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) \text{ и } \tau = \tau_m e^{-\frac{t}{T}},$$

где  $\tau_m$ —максимальное повышение  $t^\circ$ ,  $\tau$ —повышение  $t^\circ$ , соответствующее моменту времени  $t$  от начала нагрева, и  $T = \frac{Gq}{S \sigma_s}$ —постоянная времени нагрева. Значением  $T$  в этих случаях приходится сначала задаваться на основании предполагаемой конструкции сопротивления, а затем проверить его после окончательного расчета. В частном случае для кратковременной нагрузки

$$p = \frac{1}{1 - e^{-\frac{t_a}{T}}},$$

для продолжительной прерывистой нагрузки

$$p = \frac{1 - e^{-\frac{t_a + t_b}{T}}}{1 - e^{-\frac{t_a}{T}}},$$

где  $t_a$ —период нагрузки,  $t_b$ —период охлаждения. Отсюда видно, что для расчета пусковых Р. необходимо кроме всего прочего знать время включения каждой

ступени и период времени охлаждения до следующего пуска. Об определении времени выключения каждой ступени будет сказано ниже; значение же периода паузы  $t_b$  легко определяется на основании значений частоты пуска  $h$ ,  $k$ -рое по германским нормам устанавливается 10-3 для Р. с воздушным охлаждением для двигателей мощностью соответственно в 1,5-100 kW и означает число пусков двигателя в час при установившемся тепловом режиме, при котором повышение  $t^{\circ}$  не превышает допускаемого значения, т. е.  $t_b = \frac{3600}{h} - t_a$  ск. Повышение

$t^{\circ}$  сопротивлений Р. за один пуск м. б. приблизительно подсчитано по формуле  $\tau_1 = \frac{\tau_{don}^{\circ}}{Z}$ , где  $Z$ —п у с к о в о с ч и с л о, или число последовательных пусков с паузами между ними, равными двойному времени пуска, при  $k$ -ром повышение  $t^{\circ}$  Р. достигает допустимого значения  $\tau_{don}^{\circ}$ . Для Р. с воздушным охлаждением для двигателей мощностью в 1,5-100 kW значения  $Z$  устанавливаются германскими нормами соответственно 4-2. Существующие точные аналитич. методы расчета на нагрев элементов сопротивлений отличаются своею сложностью, и пользование ими целесообразно лишь в особо ответственных случаях. При расчете на нагрев масляных пусковых Р. принимается, что все тепло, выделяющееся в Р. за период пуска и равное приблизительно половине всей энергии  $W_m$ , потребляемой двигателем за период пуска, идет на нагрев масла, повышение  $t^{\circ}$   $k$ -рого не должно превышать нек-рого определенного значения. Т. к. за период пуска различные слои масла нагреваются по-разному и допустимое повышение  $t^{\circ}$  масла, равное  $80^{\circ}$ , устанавливается для наиболее нагретого слоя, то в качестве допускаемого среднего повышения  $t^{\circ}$  для всего объема масла принимают несколько меньшее значение, равное обычно  $\tau^{\circ}_{don} = 60^{\circ}$ . Отсюда, зная уд. теплоемкость масла, время пуска в ход и потребляемую двигателем при пуске мощность, нетрудно подсчитать необходимый объем масла, учитывая число пусков  $Z$ . С другой стороны, зная среднее повышение  $t^{\circ}$  масла по сравнению с  $t^{\circ}$  окружающей среды за период пуска, равное

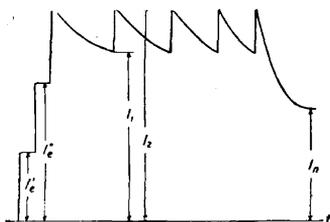
$$\tau_{cp.} = \tau^{\circ}_{don} \cdot \left(1 - \frac{1}{2Z}\right),$$

период охлаждения  $t_b$  и коэф. теплоотдачи поверхности масляного бака  $o_s$ , можно подсчитать необходимую поверхность масляного бака по ф-ле:

$$S = \frac{W_m}{2o_s t_b \tau_{cp.}}$$

Для масляных пусковых Р. к двигателям мощностью в 3-100 kW соответствующие значения числа пусков и частоты пуска по герм. нормам таковы:  $Z=5-3$  и  $h=4-0,6$ . Поперечное сечение материала элементов сопротивления для масляных реостатов может быть подсчитано по приведенным выше значениям допускаемой плотности тока.

**III. Расчет пусковых Р.** Назначение пускового Р. заключается в ограничении силы тока при пуске в ход двигателя, которая в первый момент включения, когда двигатель еще неподвижен, и в дальнейшем, пока скорость вращения двигателя остается значительно ниже номинальной, может достигать весьма высоких значений, опасных для самого двигателя и вызывающих значительные толчки тока в питающей сети. Вводя в первый момент пуска в цепь якоря двигателя Р. и постепенно уменьшая сопротивление последнего по мере нарастания скорости вращения двигателя, получают возможность поддерживать силу тока при пуске в определенных пределах, превышающих номинальное значение тока, не опасных для установки, но достаточных для преодоления начального вращающего момента и создания ускорения вращающихся масс, сцепленных с двигателем. При плавном пуске в ход, когда сопротивление Р. можно изменять плавно (напр. жидкостные Р.), сила тока за весь период пуска остается постоянной, и лишь после того, как все сопротивление Р. оказывается введенным, что происходит несколько ранее достижения двигателем номинальной скорости вращения, ток постепенно спадает до своего номинального значения. При ступенчатом пуске в ход, имеющем место в случае металлического Р., когда сопротивление Р. приходится изменять ступенями, сила тока за период пуска не остается постоянной, а изменяется скачками при переключении ступеней Р., оставаясь при этом все время



Фиг. 11.

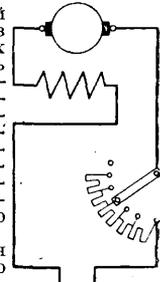
в определенных пределах, и спадает до номинального значения после выключения всех ступеней Р. Характер изменения тока в данном случае изображен на фиг. 11,

где  $I_2$ —значения максимального пускового тока, а  $I_1$ —значения тока переключения в момент перед переходом с одной ступени Р. на другую. В двигателях большой мощности во избежание резкого толчка тока в сети при включении, когда двигатель еще неподвижен, в Р. устраиваются т. н. предварительные ступени, благодаря  $k$ -рым сила тока не нарастает сразу до значения  $I_2$ , а получает значения  $I_e, I_e$  и т. д. в зависимости от числа предварительных ступеней. Сопровождение предварительных ступеней выбирается такое, чтобы при включении их двигатель не мог еще начать вращаться. Величинами, характеризующими пусковое условие и имеющими значение при расчете числа ступеней пускового Р. и сопротивления каждой ступени, кроме основных данных двигателя являются также следующие:

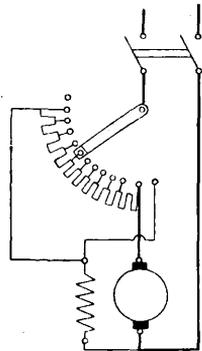
$$j_1 = \frac{I_1}{I_n} \text{ и } \lambda = \frac{I_2}{I_1}, \text{ (иногда также) } j_2 = \frac{I_2}{I_n}$$

и т. н. тяжесть пуска, т. е. отношение средней пусковой мощности к мощности, потребляемой двигателем при полной нагрузке; это отношение м. б. выражено ф-лой  $j \sqrt{\lambda}$ . Значения  $j_1$  и  $j_2$  для двигателей мощностью 1,5-100 kW обычно берутся соответственно: для асинхронных двигателей  $j_1=1,02-1,12$  и  $j_2=1,84-1,53$ , причем эти значения относятся к силам тока ротора, а для двигателей постоянного тока  $j_1=1,11-1,17$  и  $j_2=1,53-1,45$ . Самое определение числа ступеней и сопротивления их может быть произведено различными методами как графическими, так и аналитическими, различающимися между собой большей или меньшей степенью точности, но в основном все они вытекают из основных ур-ий двигателя, дающих зависимость между напряжением на зажимах двигателя  $E_k$ , силой тока  $I$  и сопротивлением  $R$  цепи якоря и противоэлектродвижущей силой  $E$  как для вращающегося, так и для неподвижного двигателя. Ниже приводятся наиболее употребительные способы определения числа ступеней и их сопротивления пусковых Р. для двигателей постоянного тока и асинхронных двигателей.

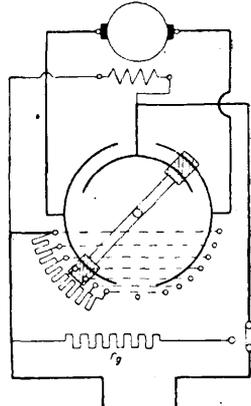
а) Расчет пусковых Р. для двигателей постоянного тока. Принципиальные схемы включения пусковых Р. показаны на фиг. 12 (для серийного двигателя) и на фиг. 13 (для шунтового); в последнем случае необходимо, чтобы цепь возбуждения перед включением якоря находилась под полным напряжением сети, так как при этом двигатель может развить необходимый крутящий момент при меньшей силе тока в цепи якоря. На фиг. 14 изображена схема включения специального пускового Р. для реверсивного шунтового двигателя. В этом случае при перемене направления движения рукоятки изменяется направление тока в цепи якоря, тогда как направление тока в цепи возбуждения остается постоянным, благодаря че-



Фиг. 12.



Фиг. 13.

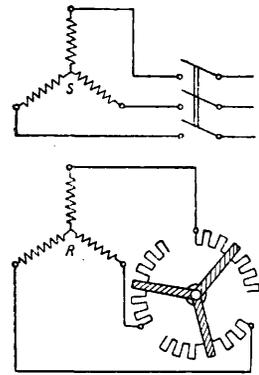


Фиг. 14.

му можно изменять направление вращения двигателя. Число ступеней такого Р. остается одинаковым по сравнению с обычными Р., но число неподвижных контактов приходится увеличивать вдвое. При всех схемах включения пусковых Р. необходимо учитывать и устранять возможность пробоя обмотки возбуждения вследствие возникающих в ней перенапряжений при выключении тока. С этой целью или устраивают так, чтобы в момент выключения тока обмотка возбуждения оказывалась замкнутой на Р. (фиг. 13) или включают в ее цепь добавочное сопротивление  $r$  (фиг. 14). Графический метод расчета, предложенный Геггессом, основывается на следующих соображениях: так как в любой момент времени



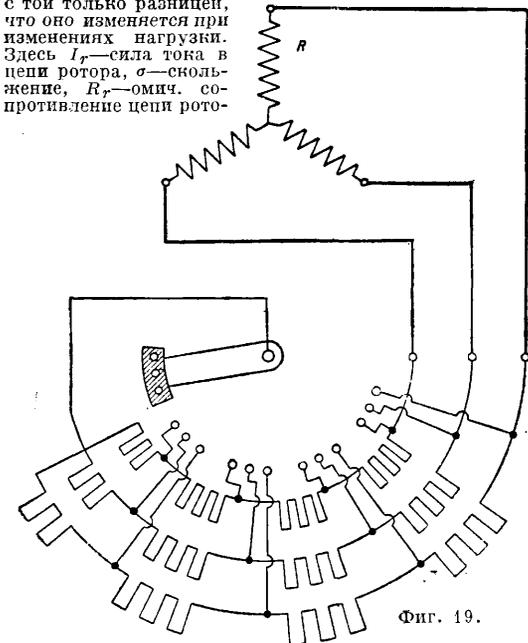
способа выключения, предложенная впервые Калленбергом, изображена на фиг. 19. Этот способ выключения вследствие получающейся при этом неравномерности нагрузки отдельных фаз может применяться лишь в тех случаях, когда не требуется строгого выполнения последнего условия. Пусковые Р. для реверсивных двигателей могут выполняться по общим схемам включения, причем схема аналогична схеме для двигателей постоянного тока. В случае редкого изменения направления вращения двигателя рациональнее применять обычный пусковой Р., а переключение фазовых цепей статора производить при помощи специального рубильника. Для определения числа ступеней и их сопротивления для каждой фазы трехфазного асинхронного двигателя используются метод, предложенным Гьргесом и основанным на видоизмененной диаграмме Гейланда, построенной не для сил токов в цепи статора, а для напряжений в цепи Р., при допущении, что омич. сопротивление статора ничтожно и потери холостого хода настолько малы, что ими можно пренебречь. При этом за вертикальную ось координат берется направление вектора напряжения на зажимах статора, а диаметром круга служит отрезок АВ, изображающий в масштабе трансформаторное напряжение холостого хода  $E_{or}$  (фиг. 20). Для любой точки С данной окружности один из катетов прямоугольного тр-ка  $ABC$   $AC = I_r X_{or}$  представляет в масштабе напряжений вектор силы тока ротора, повернутый на  $90^\circ$ , а катет  $BC = I_r \frac{R_r}{\sigma} = E_{kr}$  представляет напряжение ротора, компенсирующее омическое падение напряжения в цепи ротора. Напряжение  $E_{kr}$  м. б. удобно напряжению на зажимах двигателя постоянного тока, с той только разницей, что оно изменяется при изменениях нагрузки. Здесь  $I_r$ —сила тока в цепи ротора,  $\sigma$ —скользяжение,  $R_r$ —омич. сопротивление цепи рото-



Фиг. 18.

ра и  $X_{or}$ —индуктивное сопротивление цепи ротора при  $\sigma = 1$ . Напряжение  $E_{kr}$  можно представить как бы состоящим из двух слагающих: омич. падения напряжения, к-рое имеет место в действительной цепи ротора  $I_r R_r = CS$ , и напряжения  $E_r = I_2 \frac{R_r}{\sigma} (1 - \sigma) = SB$ . Т. о.

$E_{kr} = I_r R_r + E_r$ , где  $E_r$  по аналогии с такой же формулой для двигателей постоянного тока можно считать как бы противоэлектродвижущей силой, наводимой в роторе.  $OA$  и  $OC$ —токи статора при холостом ходе и при нагрузке, пересчитанные на ротор в масштабе напряжений,  $CC$ —вращающий момент двигателя. Нетрудно доказать, что  $\angle \alpha$  не зависит от нагрузки и изменяется лишь в зависимости от сопротивления цепи ро-

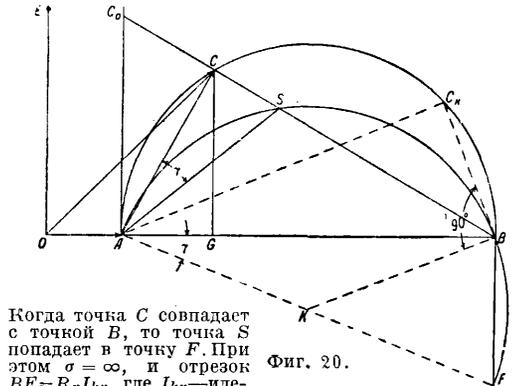


Фиг. 19.

ра и  $X_{or}$ —индуктивное сопротивление цепи ротора при  $\sigma = 1$ . Напряжение  $E_{kr}$  можно представить как бы состоящим из двух слагающих: омич. падения напряжения, к-рое имеет место в действительной цепи ротора  $I_r R_r = CS$ , и напряжения  $E_r = I_2 \frac{R_r}{\sigma} (1 - \sigma) = SB$ . Т. о.

$E_{kr} = I_r R_r + E_r$ , где  $E_r$  по аналогии с такой же формулой для двигателей постоянного тока можно считать как бы противоэлектродвижущей силой, наводимой в роторе.  $OA$  и  $OC$ —токи статора при холостом ходе и при нагрузке, пересчитанные на ротор в масштабе напряжений,  $CC$ —вращающий момент двигателя. Нетрудно доказать, что  $\angle \alpha$  не зависит от нагрузки и изменяется лишь в зависимости от сопротивления цепи ро-

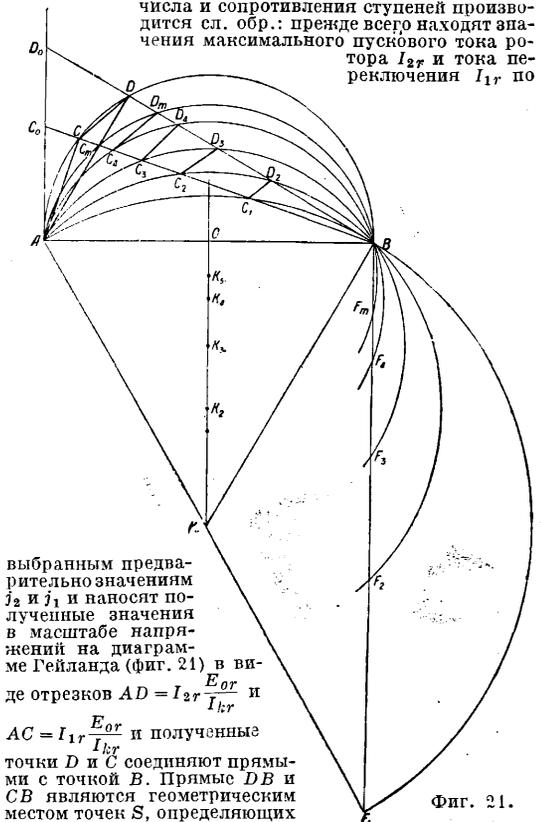
тора, откуда следует, что при изменениях нагрузки при постоянстве сопротивления цепи ротора точка  $S$  перемещается по окружности, проходящей через точки  $A$ ,  $B$  и  $S$ . Если при возрастании нагрузки точка  $C$  приходится в точку  $C_k$ , то точка  $S$  совпадает с точкой  $B$ , тогда  $E_{kr} = I_r R_r$  и следовательно  $\sigma = 1$ , что соответствует моменту пуска в ход, когда двигатель еще не начал вращаться.



Фиг. 20.

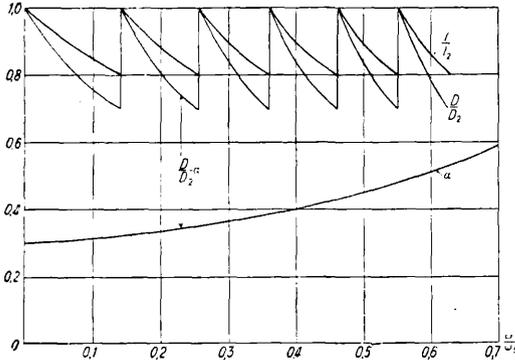
Когда точка  $C$  совпадает с точкой  $B$ , то точка  $S$  попадает в точку  $F$ . При этом  $\sigma = \infty$ , и отрезок  $BF = R_r I_{kr}$ , где  $I_{kr}$ —идеальный ток короткого замыкания, значение которого нетрудно подсчитать на основании данных двигателя, необходимых для построения круговой диаграммы. Отсюда легко подсчитать масштаб для сопротивлений цепи ротора. Отрезок  $AC_0$ , получающийся в результате пересечения прямой  $BC$  с перпендикуляром, восстановленным в точке  $A$  к оси абсцисс, равен  $\sigma \cdot \frac{E_{or}^2}{I_{kr} \cdot K_r}$  и следовательно в определенном масштабе (различном для каждого значения  $R_r$ ) выражает скольжение двигателя при данных условиях. Самое определение числа и сопротивления ступеней производится сл. обр.: прежде всего находят значения максимального пускового тока ротора  $I_{2r}$  и тока переключения  $I_{1r}$  по

выбранным предварительно значениям  $j_2$  и  $j_1$  и находят полученные значения в масштабе напряжений на диаграмме Гейланда (фиг. 21) в виде отрезков  $AD = I_{2r} \frac{E_{or}}{I_{kr}}$  и  $AC = I_{1r} \frac{E_{or}}{I_{kr}}$  и полученные точки  $D$  и  $C$  соединяют прямыми с точкой  $B$ . Прямые  $DB$  и  $CB$  являются геометрическим местом точек  $S$ , определяющих сопротивление цепи ротора при постоянной силе тока  $I_{2r}$  или  $I_{1r}$ . В момент пуска ротор двигателя неподвижен и  $\sigma = 1$ , сопротивление же ротора д. б. таково, чтобы сила тока была равна  $I_{2r}$ . При  $\sigma = 1$  прямая, проведенная из точки круга напряжений Гейланда, соответствующей пуску (точка  $D$ ), в точку  $B$ , является касательной к кругу скольжения, соответствующему сопротивлению цепи ротора при полностью включенном Р., т. е. максимальному сопротивлению цепи ротора  $R_{1r}$ .



Фиг. 21.

Центр этого круга скольжения находится так: из точки *B* восстанавливают перпендикуляр к *DB* и находят точку пересечения его *K*<sub>1</sub> с перпендикуляром, восстановленным из центра круга Гейланда. Эта точка и является центром искомого круга радиуса *AK*<sub>1</sub>=*BK*<sub>1</sub>. Точка пересечения *F*<sub>1</sub> этого круга с перпендикуляром, восстановленным к *AB* в точке *B*, отсекает на последнем отрезок *F*<sub>1</sub>*B*=*I*<sub>1r</sub>*R*<sub>1r</sub>, откуда т. о. находится сопротивление *R*<sub>1r</sub>. При возрастании скорости вращения ротора сила тока в роторе уменьшается, и точка *S* перемещается по наибольшему кругу скольжения от точки *B* по направлению к точке *A*, и когда сила тока оказывается равной *I*<sub>1r</sub>, то точка *S* совпадает с точкой *C*<sub>1</sub>. В этот момент производится выключение первой ступени *P*<sub>1</sub>, причем сила тока должна возрасти опять до значения *I*<sub>2r</sub>, что возможно лишь при определенном значении сопротивления цепи



Фиг. 22.

ротора *R*<sub>2r</sub>. В данном случае точка *S* должна совпасть с точкой *D*<sub>2</sub>, к-рая в свою очередь должна находиться на прямой *DB* и на окружности скольжения, соответствующей новому сопротивлению цепи ротора *R*<sub>2r</sub>. Точка *D*<sub>2</sub> находится, если из точки *C*<sub>1</sub> провести прямую, параллельную *CD*. Проведя через точки *A*, *B* и *D*<sub>2</sub> окружность, находят точку *F*<sub>2</sub>, дающую в масштабе значение *R*<sub>2r</sub>. При дальнейшем увеличении скорости вращения точка *S* перемещается по данной окружности от *D*<sub>2</sub> к *C*<sub>2</sub> и, когда она приходит в точку *C*<sub>2</sub>, производится выключение второй ступени *P*. Для определения числа ступеней *P* и сопротивлений каждой из них аналогичные построения производятся до тех пор, пока полученное сопротивление не окажется в точности равным сопротивлению фазовой обмотки ротора и соединительных проводов *R*<sub>m</sub>. Если такого совпадения не получается, то слегка изменяют значения *I*<sub>1r</sub> или *I*<sub>2r</sub>. Скольжение в любой момент времени может быть найдено, если из точки *B* провести прямую через любую точку, лежащую на участке *CD* круга Гейланда и соответствующую силе тока ротора в данный момент, до пересечения с вертикалью *AD*<sub>0</sub>. Тогда отрезок от точки *A* до точки пересечения даст значение скольжения в масштабе, различном для одной и той же силы тока, но при различных сопротивлениях цепи ротора. Расчет *P* для асинхронных двигателей м. б. произведен также и аналитич. методом. Если напряжения, соответствующие силам тока *I*<sub>2r</sub> и *I*<sub>1r</sub> и выражаемые отрезками *DB* и *CB*, обозначить соответственно через *E*<sub>2kr</sub> и *E*<sub>1kr</sub> и ввести обозначение  $\epsilon = \frac{E_{2kr}}{E_{1kr}}$ , то нетрудно доказать, что сопротивление  $\nu$ -той ступени м. б. выражено через максимальное сопротивление цепи ротора *R*<sub>1r</sub> следующей ф-лой:

$$R_{\nu} = R_{1r} \left( \frac{\epsilon}{\lambda} \right)^{\nu-1},$$

где  $\lambda = \frac{I_{2r}}{I_{1r}}$ , сопротивление же  $R_{1r} = \frac{E_{kr}}{I_{kr}}$ .

Кроме указанных способов существует еще целый ряд других, б. или м. различающихся друг от друга, но результаты, получаемые при пользовании ими, весьма близки друг к другу.

в) Определение периода пуска двигателя и времени включения отдельных ступеней *P*. Периодом пуска *t*<sub>m</sub> называется время, в течение к-рого ток протекает только по пусковым ступеням реостата. Ясно, что период пуска всегда меньше того времени, в течение которого скорость двигателя достигает номинальной. Приближенно вычисление периода пуска двигателя мощностью до 200 кВт при нормальных условиях можно производить по эмпирич. ф-ле  $t_m = 4 + 2\sqrt{P_n}$ , где *P*<sub>n</sub>—номинальная мощность двигателя в кВт. В случае приведения двигателем в движение больших масс значение *t*<sub>m</sub> следует подсчитывать более точно. Аналитические методы подсчета значений *t*<sub>m</sub> и времени включения отдельных ступеней весьма сложны и кропотливы даже в случае,

если пуск происходит при постоянном нагрузочном моменте; если же последний изменяется в зависимости от скорости вращения, то такой подсчет представляет весьма большие затруднения. Поэтому весьма удобно пользоваться графич. методом, к-рый пригоден для обоих случаев и одинаково м. б. применен как в случае двигателей постоянного тока, так и асинхронных. Ускоренное движение вращающихся масс математически можно выразить следующим ур-нем

$$\theta \cdot \frac{d\omega}{dt} = D - M,$$

где  $\theta$ —момент инерции вращающихся частей двигателя и сцепленных с ним масс, *D*—момент, развиваемый двигателем, и *M*—противодействующий, или нагрузочный, момент. Обозначая через *D*<sub>2</sub> момент, развиваемый двигателем при максимальном пусковом токе *I*<sub>2</sub>, и выражая нагрузочный момент как некоторую часть этого момента, а именно *M* = *aD*<sub>2</sub>, причем *a* м. б. или постоянной величиной или переменной, на основании предыдущего ур-ня получаем

$$t = \theta \int \frac{d\omega}{I_2 - aD_2} = T_s \int \frac{d\omega}{\frac{D_2}{D_2} - a},$$

где  $T_s = \frac{\theta \omega_s}{D_2}$ — постоянная в времени разбег а, а  $\omega_s$ —синхронная угловая скорость вращения двигателя. Дальнейшие преобразования дают

$$\frac{t}{T_s} = \int y d \frac{\omega}{\omega_s},$$

где  $y = \frac{1}{\frac{D_2}{D_2} - a}$ . Для решения последнего ур-ня графич.

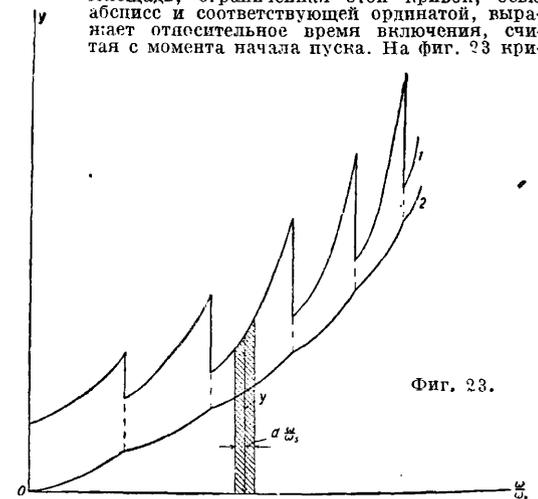
способом по оси ординат откладывают значения  $\frac{I}{I_2}$ ,

а по оси абсцисс—значения  $\frac{\omega}{\omega_s}$ , найденные для каждого значения  $\omega$  по приведенным выше пусковым диаграммам Гёргеса (фиг. 22). Имея данные кривые, нетрудно построить также и кривые  $\frac{D}{D_2} = f\left(\frac{\omega}{\omega_s}\right)$ . Если известен закон изменения *a* в зависимости от  $\omega$ , то на этой же диаграмме м. б. нанесена также и кривая  $a = \varphi\left(\frac{\omega}{\omega_s}\right)$ .

Разность между ординатами кривых  $\frac{D}{D_2} = f\left(\frac{\omega}{\omega_s}\right)$  и  $a = \varphi\left(\frac{\omega}{\omega_s}\right)$ , равная  $\frac{D}{D_2} - a$ , дает для каждого значения  $\frac{\omega}{\omega_s}$  соответствующее значение  $\frac{1}{y}$ , на основании к-рых на

фиг. 23 построена кривая *I*, ур-ие которой  $y = \varphi\left(\frac{\omega}{\omega_s}\right)$ .

Площадь, ограниченная этой кривой, осью абсцисс и соответствующей ординатой, выражает относительное время включения, считая с момента начала пуска. На фиг. 23 кри-



Фиг. 23.

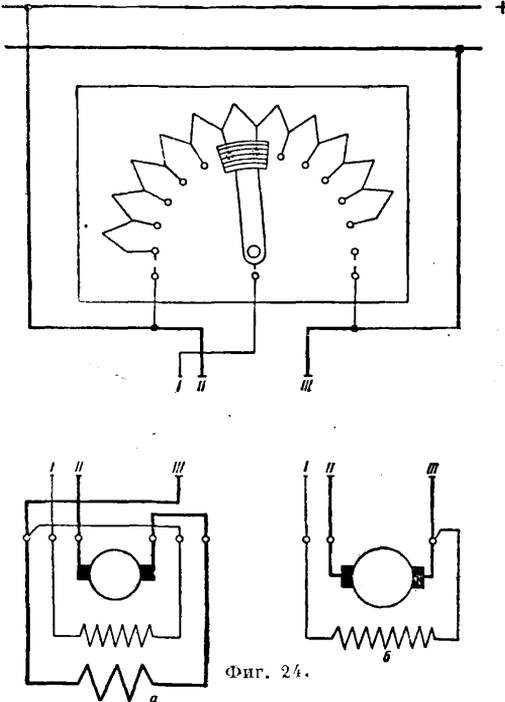
вая 2 изображает зависимость  $\frac{t}{T_s} = f_1\left(\frac{\omega}{\omega_s}\right)$ , пользуясь

к-рой находят как полный период пуска, так и время включения отдельных ступеней *P*.

IV. Расчет регулирующих *P*. сводится к определению числа ступеней и сопротивлений их в зависимости от требований, предъявляемых относительно характера измененй величины, подлежащей регулировке.

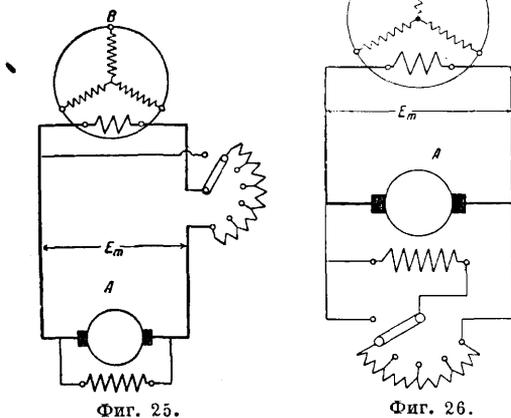
Что же касается расчета на нагрев, то все ступени регулирующих  $P$ . рассчитываются исключительно на продолжительную нагрузку, максимальную для каждой из них мощности.

а) Расчет  $P$ . для регулировки напряжения электрических машин. Принципиальные схемы выключателя подобных  $P$ . изображены для машины с самовозбуждением на фиг. 24



Фиг. 24.

(а—компаунд генератор, б—шунтовой генератор), для машин с посторонним возбуждением—на фиг. 25, 26 (А—возбудитель, В—генератор).  $P$ . для поддержания постоянства напряжения должны давать возможность при неизменном или повышенном на 10% числе оборотов поддерживать напряжение генератора постоянным от холостого хода до полной нагрузки, причем нормальные допустимые отклонения от номинального напряжения при регулировке принимаются следующие:  $\pm 2-3\%$  для генераторов мощностью до 100 kW и  $\pm 1-2\%$  для мощности свыше 100 kW. Для расчета необходимо иметь характеристические кривые генератора: холостого хода и нагрузочную (кривые 1 и 2 на фиг. 27), т. е. зависимости напряжения на зажимах генератора от силы тока

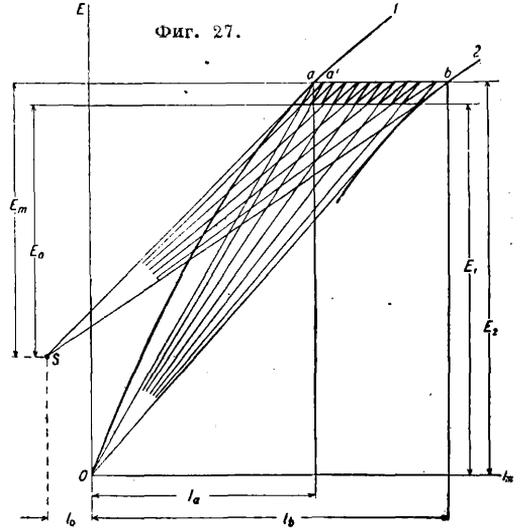


Фиг. 25.

Фиг. 26.

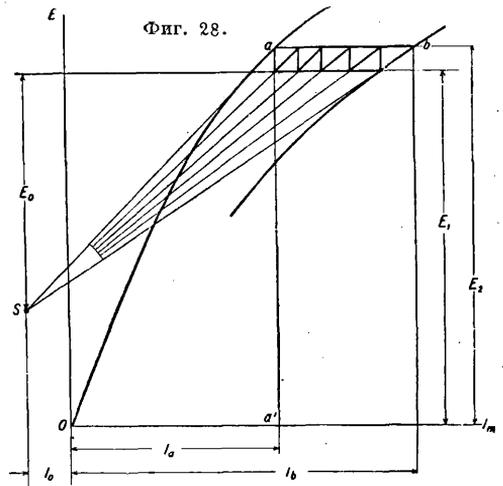
возбуждения для обоих случаев. Тогда, если в пределах от холостого хода до полной нагрузки напряжение при регулировке должно поддерживаться приблизительно постоянным, изменяясь лишь в пределах от  $E_2$  до  $E_1$ , то для генератора с самовозбуждением получается следующая картина (фиг. 27). Если

соединить точку  $a$  с точкой  $O$ , то полученная прямая определяет не только сопротивление цепи возбуждения для этого момента (тангенс угла  $aOI_m$ ), но и изменения напряжения на зажимах в зависимости от тока возбуждения при постоянном сопротивлении цепи возбуждения, так как при этом последнем условии вышеупомянутая прямая является внешней характеристикой. Т. о. при возрастании нагрузки уменьшение напряжения происходит по этой прямой. В момент, когда напряжение достигает значения  $E_1$ , выключают первую ступень  $P$ , отчего уменьшается сопротивление цепи возбуждения и увеличивается ток возбуждения. Это вызывает возрастание напряжения, которое происходит



Фиг. 27.

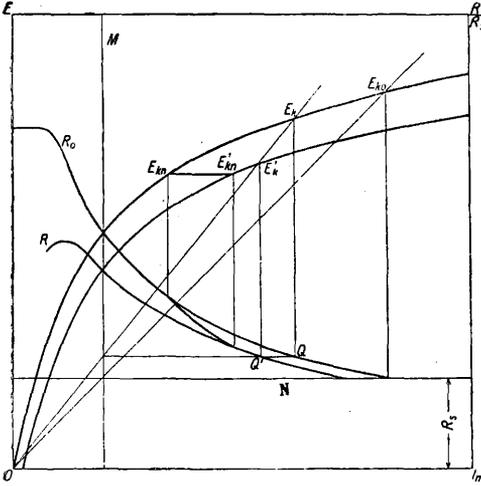
по соответствующей нагрузочной кривой, причем для того, чтобы значение его не превысило  $E_2$ , необходимо в цепи возбуждения иметь сопротивление, значение которого определяется тангенсом угла наклона прямой, проведенной из точки  $O$  через точку  $a'$  пересечения нагрузочной кривой с горизонталью, проведенной через точку  $a$  с ординатой, равной  $E_2$ . При дальнейшем повышении нагрузки изменения напряжения происходят по прямой  $Oa'$ , и предыдущие построения повторяются до тех пор, пока не приходит в точку  $b$  на нагрузочной кривой для полной нагрузки. Ход построения диаграммы на фиг. 27 ясен из чертежа, если отметить, что для простоты участки нагрузочных кривых



Фиг. 28.

в пределах колебаний напряжения с достаточным приближением м. б. приняты за отрезки прямых, касательных к соответствующим нагрузочным кривым и пересекающихся в одной точке  $S$ . В случае независимого возбуждения (фиг. 28) весь ход рассуждения остается тот же, с той только разницей, что уменьшение напряжения при увеличении нагрузки происходит по вертикали  $aa'$ , т. к. при постоянном сопротивлении цепи возбуждения и постоянном напряжении возбудителя ток возбуждения при изменениях нагрузки

остаётся также постоянным. На основании этих диаграмм легко находится необходимое число ступеней  $P$ , а по тангенсам углов наклона, выходящих из точки  $O$ , легко найти сопротивления цепи возбуждения для каждого положения подвижного контакта  $P$ . Последнее однако удобнее сделать, если построить кривые сопротивления в зависимости от тока возбуждения. Для этого проводят прямую  $M$  (фиг. 29), параллельную оси ординат; тогда ордината пересечения этой прямой с лучом  $OE_{k0}$ , тангенс угла наклона к-рою равен сопротивлению обмотки возбуждения, даёт в



Фиг. 29.

нек-ром масштабе сопротивление обмотки возбуждения  $R_0$ . Через полученную т. о. точку пересечения проводят горизонталь  $N$  и на правой оси ординат наносят масштаб сопротивлений, принимая сопротивление обмотки возбуждения за единицу. Теперь в случае машины с самовозбуждением из точки  $O$  проводят прямую  $OE_k$  под любым углом к оси абсцисс, соответствующую нек-рому сопротивлению  $R_1$ . Из точки пересечения этого луча с прямой  $M$  проводят горизонталь, а из точки пересечения с кривой холостого хода  $E_k$  опускают перпендикуляр до пересечения с данной горизонталью в точке  $Q$ , ордината к-рой и даёт значение сопротивления  $R_1$  для кривой холостого хода. Точно так же можно найти значение сопротивления  $R_1$  для полной нагрузки, определяемое точкой  $Q'$ , для чего необходимо опустить перпендикуляр из точки  $E_k$  пересечения луча  $OE_k$  с нагруженной кривой. Произведя ряд аналогичных построений, находят кривые сопротивлений  $R_0$  и  $R$  для холостого хода и полной нагрузки. Кривая сопротивлений для участка, где напряжение должно оставаться постоянным, находится таким же способом, если из точки  $O$  провести ряд лучей до пересечения с прямой  $E_{k0}E'_{k0}$ . В случае машин с постоянным возбуждением кривая сопротивлений как для холостого хода, так и для нагрузки остаётся одна и та же, и построение ее производится так же, как и в предыдущем случае, т. е. из точки  $O$  проводится ряд лучей до пересечения с горизонталью, ордината к-рой равна напряжению возбудителя, если последнее постоянно, или с кривой зависимости напряжения возбудителя от силы тока возбуждения, если напряжение возбудителя перемено. Из полученных точек пересечения опускают перпендикуляры до пересечения с горизонталью, проведенными через точки пересечения соответствующих лучей с прямой  $M$ . Если на диаграммах фиг. 27, 28 нанести подобные кривые сопротивлений, то нетрудно видеть, что с помощью их легко можно найти сопротивление ступеней  $P$ . как для случая поддержания постоянства напряжения, так и для изменения его при холостом ходе или при полной нагрузке. В последнем случае необходимо лишь задать характер этих изменений и, опустив перпендикуляры на соответствующие кривые сопротивления, найти по полученным точкам сопротивления для каждого положения подвижного контакта  $P$ . Графич. метод определения числа ступеней весьма кропотлив и требует большой точности построений, поэтому часто удобнее пользоваться графоаналитич. методом, основанным на тех же диаграммах фиг. 27, 28. В случае машин с постоянным возбуждением, когда генератор работает с постоянным напряжением, число ступеней  $P$  находится по ф-ле

$$n = \frac{\ln(I_b + I_0) - \ln(I_a - I_0)}{\ln(1 + \lambda)}$$

где  $\lambda = (1 - \epsilon) \varphi$ ,  $\epsilon = \frac{E_1}{E_2}$  и  $\varphi = \frac{E_2}{E_0}$ . Все остальные обозначения понятны из чертежа, причем если точка  $S$  находится слева от оси ординат, то  $I_0$  положительно, а если—справа, то  $I_0$  отрицательно. Если при независимом возбуждении генератор работает с переменным напряжением, причем при переключении каждой ступени напряжение должно изменяться на  $\zeta$ -ую часть от предыдущего значения, т. е.

$$E_v = E_1(1 + \zeta)^{v-1},$$

то число ступеней

$$n = \frac{\ln E_v - \ln E_1}{\ln(1 + \zeta)}$$

Для определения сопротивления каждой ступени практически поступают так. Все ступени  $P$  для области регулировки разбивают на секции I, II и т. д. и в каждой секции ступени выполняют с одинаковым сопротивлением. Границы секций выбираются в зависимости от допустимой нагрузки для различных сортов материалов, идущего на изготовление сопротивлений, и для каждой секции находят число ступеней. При постоянном напряжении возбудителя  $E_m$  сопротивление цепи возбуждения в начале первой секции равно  $R_I = \frac{E_m}{I_I}$ , а в конце секции  $R_{II} = \frac{E_m}{I_{II}}$ , где  $I_I$  и  $I_{II}$ —ток возбуждения в начале и конце секции. Общее сопротивление всех ступеней данной секции

$$r_I = E_m \cdot \frac{I_I - I_{II}}{I_I I_{II}}$$

а сопротивление каждой ступени  $r = \frac{r_I}{n}$ , где  $n_I$ —число ступеней секции. Если напряжение возбудителя перемено (фиг. 26), то необходимо знать еще зависимость напряжения возбудителя от силы тока возбуждения возбудителя  $I_m$ . Тогда сопротивление цепи возбуждения возбудителя в начале первой секции д. б.  $R_I = \frac{E_m I_m}{I_m I}$ ,

а в конце секции  $R_{II} = \frac{E_m I_{II}}{I_m I_{II}}$ , откуда аналогично предыдущему сопротивление каждой ступени первой секции  $r = \frac{R_I - R_{II}}{n_I}$ . Значения  $E_m$  для соответствующих

точек кривых характеристик генераторов находятся по формуле  $E_m = I R_m$ , где  $R_m$ —сопротивление обмотки возбуждения генератора, а  $I$ —сила тока главной цепи возбуждения генератора. Для шунтовых генераторов графоаналитический метод расчета  $P$  для поддержания постоянства напряжения основан на диаграмме фиг. 27. Если принять во внимание обозначения на этой диаграмме, то число ступеней определяется по ф-ле

$$n = \ln \frac{I_b \cdot \frac{N \cdot \varphi \cdot x}{1 - x^2} \cdot \frac{1}{I_a - 1 - x^2} \cdot \frac{1}{\ln x}}$$

где  $x = 1 + k$ ;  $\varphi = 2 + k$  и в свою очередь

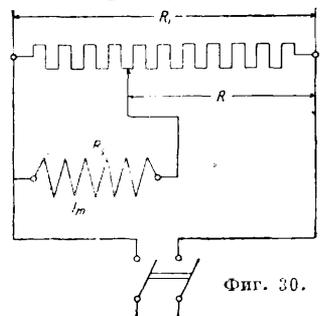
$$k = \frac{\epsilon}{\epsilon_m} - 1 \text{ и } N = I_0 \left( \frac{1}{\epsilon_m} - 1 \right),$$

причем

$$\epsilon = \frac{E_1}{E_2} \text{ и } \epsilon_m = \frac{E_0}{E_m}$$

Следует иметь в виду, что значения  $\epsilon$ ,  $x$  и  $\epsilon_m$  должны вычисляться с возможно большей точностью. Относительно  $I_0$  остаётся в силе предыдущее замечание.

В тех случаях, когда напряжение машины желательно регулировать в очень широких пределах, начиная от нуля, машины с самовозбуждением не применяются и пользуются независимым возбуждением от некоторого источника тока с постоянным или переменным напряжением. Применять в данном случае обыкновенный регулятор возбуждения было бы весьма невыгодно, так как потребовалось бы очень большое сопротивление  $P$ , материал сопротивления был бы плохо использован и  $P$  получил бы слишком большие размеры. В этом случае  $P$  выключают потенциометром (фиг. 30:  $R_1$ —реостат,  $R_2$ —обмотка возбуждения). Очевидно, что в этом случае напряжение машины можно регулировать от полного максимального



Фиг. 30.

значения до нуля. На основании закона Ома для данного случая следует

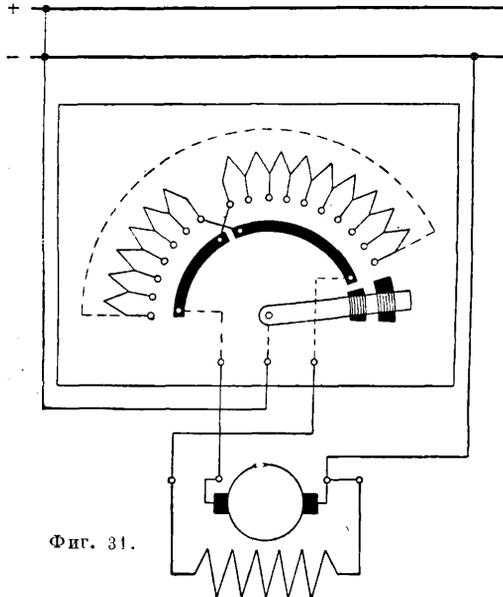
$$I_m R_s = E_k - IR = (I - I_m)(R_1 - R),$$

где  $I_m$  — сила тока возбуждения, а  $I$  — сила тока в неразветвленной цепи. Отсюда

$$I_m = \frac{E_k(R_1 - R)}{RR_1 - R^2 + R_1 R_s} \quad \text{и} \quad I = \frac{E_k(R_1 - R + R_s)}{R_1 R - R^2 + R_1 R_s}.$$

Первое ур-е дает возможность для каждого значения тока возбуждения  $I_m$  найти соответствующее значение сопротивления  $R$ , а второе ур-е позволяет найти максимальное значение силы тока для каждой ступени, по которому следует рассчитывать данную ступень на нагрев.

б) Расчет  $R$  для регулировки скорости вращения электродвигателей. Различают два основных вида  $R$ : регуляторы тока главной цепи двигателя, к-рые включаются аналогично с пусковыми  $R$  и при помощи к-рых можно понижать число оборотов двигателя ниже номинального, и регуляторы поля шунтовых двигателей, включаемые в цепь возбуждения и позволяющие уменьшать силу тока возбуждения и т. о. повышать число оборотов двигателя. Весьма часто регулирующий  $R$  комбинируется в одном кожухе с пусковым; такие  $R$  называются пускорегулирующими. Схема включения такого  $R$  для шунтового двигателя изображена на фиг. 31. С помощью



подобных  $R$  для шунтовых и серийных двигателей возможно понижать число оборотов двигателя до 75%, а для шунтовых двигателей еще и повышать число оборотов на 15, 50, 100 или 200% от номинальной скорости вращения двигателя при условии, что крутящий момент или мощность остаются постоянными за все время процесса регулировки. Если при возрастании скорости двигателя крутящий момент также возрастает, то предел регулировки скорости = 15%. В случае асинхронных двигателей с контактными кольцами понижение числа оборотов при помощи регуляторов возможно до 25, 50 и 75% от номинального, причем данная регулировка д. б. возможна и при пониженном до 80% от номинального крутящем моменте. Конструкция регуляторов поля д. б. такова, чтобы их ни в коем случае нельзя было выключить и тем самым разорвать цепь возбуждения, во избежание разноса двигателя. При расчете регуляторов тока главной цепи двигателей, предполагая, что вращающий момент (а следовательно и сила тока) постоянны, получают следующие соотношения для двух соседних ступеней:

$$E_{kn} = E_p + IR_p = E_{p+1} + IR_{p+1},$$

откуда следует, что

$$E_{kn} = \frac{\omega_p}{\omega_s} E_{kn} + IR_p = \frac{\omega_{p+1}}{\omega_s} E_{kn} + IR_{p+1}$$

и окончательно

$$\frac{R_{p+1}}{R_p} = \frac{\omega_s - \omega_{p+1}}{\omega_s - \omega_p},$$

где  $E$ ,  $R$  и  $\omega$  с индексами и  $p+1$  означают произведенную силу, сопротивление цепи якоря и угловую скорость вращения для  $p$ -той и  $p+1$ -ой ступени, а  $\omega_s$  — синхронная скорость вращения. Задаваясь изменением скорости вращения при переходе с одной ступени  $R$  на другую, легко подсчитать необходимые для этого

сопротивления ступеней. Расчет этих  $R$  можно производить также и графически, применяя для этого диаграммы Гёргеса, описанные при расчете пусковых  $R$ , в особенности при изменяющемся со скоростью вращения крутящем моменте. При этом для удобства рекомендуется сначала построить кривую оборотов двигателя при помощи магнитной характеристики и нанести на ней желаемые ступени скорости вращения. Для понижения скорости вращения двигателей можно пользоваться также и пусковыми  $R$ , только в этом случае последние д. б. рассчитаны на продолжительную нагрузку, а получающиеся при этом ступени скорости вращения м. б. найдены непосредственно по диаграммам Гёргеса. Расчет регуляторов поля для шунтовых двигателей с целью поддержания постоянства числа оборотов в пределах от холостого хода до полной нагрузки м. б. произведен графически, если известны кривые зависимости магнитного потока двигателя (или, что то же, эдс) при холостом ходе и при полной нагрузке. При расчете регуляторов для повышения числа оборотов шунтовых двигателей обычно принимают, что при переходе с одной ступени  $R$  на другую скорость двигателя изменяется в одном и том же отношении, после чего нетрудно подсчитать ступени  $R$ .

в) Специальные типы  $R$ . Что касается регулирующих  $R$  для различных специальных целей, то расчет их, часто в достаточной мере сложный, зависит от их назначения и требуемого характера изменения величины, к-рую они предназначены регулировать. Сюда относятся: регуляторы для заданного тока возбуждения для серийных машин, регуляторы силы света ламп накаливания, регуляторы для дуговых ламп,  $R$  с экономичным использованием материала,  $R$  для зарядки аккумуляторных батарей,  $R$  для грубой и тонкой регулировки,  $R$  со скольжением контактом и т. д., указания относительно расчета к-рых можно найти в прилагаемом списке литературы. Сюда же м. б. отнесены и нагрузочные  $R$ , расчет к-рых впрочем весьма прост.

Лит.: Кулебакин В. С., Пусковые и регулирующие реостаты, М.—Л., 1929; J a s s e E., Anlass-u. Regelwiderstände, 2 Aufl., B., 1924; G a r g a r d C., Electric Switch a. Controlling Gear, 3 ed., N. Y., 1927; J a m e s H., Controllers for Electric Motors, N. Y., 1927; R z u c h a E. u. S e i d e n e r J., Starkstromtechnik, Taschenbuch f. Elektrotechniker, B. 1, 7 Aufl., B., 1930; S c h u p p E., Elektrisches Schaltzeug, B., 1927; E d l e r R., Schalterbau, B. 1, Lpz., 1923. А. Сенинцев.

**РЕОСТАТИЧЕСКАЯ МАШИНА**, емкостный преобразователь тока, позволяющий производить самые разнообразнейшие превращения тока в отношении его напряжения и частоты при помощи зарядки и разрядки системы конденсаторов. Первоначально этот прибор служил для опытного доказательства тождества гальванич. и статич. электричества, т. к. после преобразования  $R$  м. (из постоянного в постоянный же) ток 800-элементной аккумуляторной батареи Плате давал искру 4 см, подобную искре от электростатической машины. Конденсаторы  $R$  м. Плате в виде т. н. досок Франклина, числом 30—40, состояли из слюдяных или эбонитовых пластинок площадью каждая по 300 см<sup>2</sup>, оклеенных с обеих сторон станюлем. При помощи специального коммутатора, приводимого в быстрое движение зубчатой передачей (первоначально просто рукою), конденсаторы соединялись то параллельно то последовательно; зарядка производилась при параллельном соединении, а разрядка — при последовательном, вследствие чего напряжение повышалось. Плате не взял патента на изобретенную машину: поэтому она не сделалась предметом производства. В поисках за источником высокого напряжения для рентгеновых трубок Траубридж (Trowbridge, 1898) обратился к полузабытой  $R$  м. и построил машину на 1 200 kV, дававшую искру в 150 см. Преимущество емкостного преобразования видно из того, что при  $\frac{1}{3}$  НР эта машина производила эффекты, для к-рых при пользовании катушкой Румкорфа требуется 30 НР. Подобные приборы выгодно отличаются от других источников постоянного тока (напр. выпрямителей и электромагнитных преобразователей) отсутствием потерь на искрообра-

зование, джоулево тепло, магнитный гистерезис и токи Фуко. В связи с намечающимся в настоящее время стремлением перевести силовые передачи на постоянные токи высокого напряжения и невозможностью пользоваться при этом электромагнитными трансформаторами Р. м. получают данные на успех и за пределами лабораторий и потому требуют к себе особого внимания.

Подобные приборы и теория их разработаны Б. Л. Розингом (1926—27 гг.). Общая электрическая схема этих преобразователей представлена фиг. 1. Система последовательных соединенных конденсаторов снабжается отводами от мест соединения; отводы эти идут к контактам  $1_1, 1_2, 1_3, \dots, 1_n$ , которые соприкасаются со щетками А и В, движущимися непрерывно относительно этих контактов.

Соприкосновение щеток и контактов конструктивно осуществляется либо движением контактов либо движением щеток. Соединения производятся с двумя последовательными контактами таким образом, что при вращении коммутатора щетки электрически соединяются с обкладками каждого из последовательно соединенных конденсаторов одной и той же емкости, а по прохождении всего ряда возвращаются к первому конденсатору. Щетки присоединяются к источнику преобразуемого тока, тогда как преобразованный ток берется с каких-либо двух обкладок конденсаторов с помощью отводов 2 и 3, причем (если преобразуется постоянный ток) напряжение будет тем больше, чем дальше отстоит друг от друга эти обкладки в ряде конденсаторов. Подобные приборы выполняют: 1) задачу о повышении или понижении напряжения постоянного тока при преобразовании его в постоянный; 2) то же — в отношении переменного тока, причем частота м. б. изменяема, и 3) задачу о преобразовании постоянного тока в переменный, и наоборот, с изменением при этом напряжения. Регулирование высокого напряжения более грубо м. б. производимо путем присоединения отводящих проводов к той или другой паре обкладок, а более тонко — путем изменения напряжения источника (реостатом, потенциометром).

При преобразовании постоянного тока в постоянный и о м и а л ь н а я эдс  $E'_0$  преобразованного тока равна эдс источника, умноженной на число конденсаторов  $n$ , находящихся между отводами. Однако при расходе энергии эдс падает, т. к. за время  $\tau$ , проходящее между двумя последовательными зарядками одного и того же конденсатора, падает разность потенциалов этого конденсатора. Если  $E'_a$  — наивысшая разность потенциалов, получающаяся в приборе, а  $E'_b$  — наименьшая,  $E'$  — эдс источника,  $C$  — емкость отдельного конденсатора,  $n$  — число конденсаторов, а  $R$  — сопротивление внешней цепи, то приближенно

$$E'_a = nE' \left(1 - \frac{n-1}{2} \frac{\tau}{RC}\right);$$

$$E'_b = nE' \left(1 - \frac{n+1}{2} \frac{\tau}{RC}\right).$$

Т. о. действительная средняя эдс  $E''$  повыша-

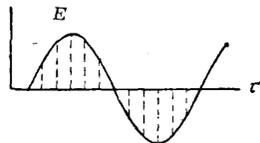
теля и колебание ее  $\Delta E''$  выражаются соответственно:

$$E'' = nE' \left(1 - \frac{n}{2} \frac{\tau}{RC}\right);$$

$$\Delta E'' = nE' \frac{\tau}{2RC}.$$

Преобразованный ток может рассматриваться как сумма постоянного и с напряжением  $E''$  и переменного с амплитудой  $\Delta E''$  и периодом  $\tau$ . В практич. осуществлении это дает напр. (при  $n=10, \tau=1/500$  ск.,  $R=10^6 \Omega, C=1/2 \mu F$ )  $E'' = 0,8E'_n, \Delta E'' = 2,5\%$  от  $E''$  при частоте 500.

Подсчеты в случае преобразования переменного тока основаны на том, что распределение напряжений на последовательных конденсаторах представляет в пространстве изменение напряжения источника во времени. Если для простоты сначала рассмотреть случай, когда время полного оборота коммутатора в точности равно периоду источника, а напряжение с машины не снимается, то напряжения в конденсаторах можно считать стационарными. Поэтому преобразованная номинальная эдс  $E'_0$  при синусоидной волне источника (фиг. 2) выражается:



Фиг. 2.

При весьма значительном  $n$  можно считать

$$E''_0 = \sum_1^{n/2} k'E'_0 \sin \frac{2\pi}{n} k = \frac{E'_0 n}{2\pi} \sum_1^{n/2} k \frac{2\pi}{n} \sin \frac{2\pi}{n} k.$$

Здесь  $E''_0$  вообще неравна амплитуде  $E$  эдс генератора переменного тока, присоединенного к щеткам; в некоторых случаях  $E''_0$  может оказаться превосходящей  $E$  в силу резонанса колебаний в системе генератор—конденсатор, т. к. можно считать цепь генератора (с самоиндукцией  $L$ , сопротивлением  $R$  и угловой частотой  $\omega$ ) замкнутой на один конденсатор Р. м. (с емкостью  $C$ ); поэтому

$$E''_0 \cong \frac{E'_0 n}{2\pi} \int_0^{\pi} \sin x \cdot dx = \frac{1}{\pi} E'_0 n.$$

При условиях  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$  и  $\omega < \frac{1}{CR}$  получается

$$E' = \frac{E}{\omega C \sqrt{k^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}.$$

Действительная эдс  $E''$ , т. е. при отдаче тока машиною, менее номинальной  $E'_0$ , и притом периодически несколько изменяется. В среднем

$$E' > E.$$

где  $r$  — сопротивление внешней цепи, на которую работает Р. м. На основании предыдущих ф-л

$$E'' = E''_0 \left(1 - \frac{\pi n}{4r\omega C}\right),$$

где  $A'$  — амплитуда колебаний эдс преобразуемого тока. Амплитуда колебаний около среднего значения  $E''$

$$\Delta E'' = \frac{A'}{\pi\omega CR} \left(1 - \frac{\pi n}{4r\omega C}\right),$$

где  $\Delta E'' = \frac{E'n}{4r\omega^2 C^2 R}$ .

В примере, взятом из практики, числовые данные были:  $A'=80$  В,  $n=24$ ,  $\omega=300$  пер/ск.;  $C=1/2 \mu F$ ,  $R=1500 \Omega$ ,  $r=10^6 \Omega$ ; в соответствии с ними  $E''=23$  600 В,  $\Delta E''=280$  В, т. е. 1,18% от  $E''$ .

При помощи Р. м. напряжение постоянного тока может не только повышаться, но и понижаться, т. ч. при помощи двойного преобразования возможно осуществить передачу энергии постоянным током. Такая передача была осуществлена Б. Л. Розингом на опытной линии в 2 992  $\Omega$ , эквивалентной линии передачи ок. 75 км. Первичное напряжение могло изменяться от 0 до 240 В, а повышение было до 1 000—2 000 В. Переданная энергия до 12 Вт. Как выяснилось из этих опытов, наибольшая отдача получалась при больших полезных сопротивлениях ок. 3 000  $\Omega$ ; ей соответствовал кпд, равный 67%, т. ч. в каждой Р. м. потери были около 17%. Построенные Розингом преобразователи рассчитаны на малую мощность (до 20 Вт); но при использовании электролитич. конденсаторов можно по мнению изобретателя увеличить эту мощность до сотен кВА. Р. м. типа Розинга могут давать также переменный ток в случае, если время полного оборота щеток некратно периоду первичной эдс. Тогда во вторичной цепи Р. м. возникает переменный ток частоты  $\nu$ , причем  $\nu = n_1 - kn_2$ , где  $n_1$ —частота первичного тока,  $n_2$ —частота вращения щеток, а  $k$ —целое число единиц в отношении периода тока к периоду вращения щеток.

Лит.: Розинг Б. Л., Емкостный повышатель напряжения постоянного тока, «Труды Ленинградской экспериментальной электротехнич. лаборатории», Л., 1926, вып. 4, стр. 77—81; его же, Емкостный преобразователь переменного и постоянного тока, «Электричество», М., 1930, 13, стр. 559—562; Н о л з В., «Poggendorffs Annalen», Lpz., 1875, В. 155, p. 639; P l a n t é С., «La Nature», P., 1877, année 5, sem. 1, dec., p. 13; P l a n t é С., Les effets du courant électrique produits par la machine rhéostatique, ibid., 1886, sem. 1, p. 149—150; G u i l l a u m e Ch. Ed., La machine rhéostatique, ibid., 1898, sem. 1, p. 235; Frick's, Physikalische Technik, 7 Aufl., В. 2, Abt. 1, p. 155—156, Birschw., 1907. П. Флоренский.

**РЕОТАН**, группа металлических медно-цинково-никелево-марганцевых сплавов, (иногда с присадкой железа) серебристого цвета и высокого электросопротивления, отличающихся известной химич. стойкостью. По своим свойствам Р. стоит между группой *нейзильбера* (см.), *никелина* (см.) и *константана* (см.), с одной стороны, и *манганина* (см.), с другой. В таблице приведены по П. Ч. Томпсону (1916 г.) данные об уд. сопротивлении тройных сплавов Cu-Zn-Ni с присадкой Mn.

Удельное сопротивление тройных сплавов Cu-Zn-Ni.

Содержание, %				Уд. сопротивление, $\mu\Omega$ -см	
Cu	Ni	Zn	Mn	до отжига	после отжига при 500°
60,6	7,62	31,7	0,0	22,2	18,4
63,2	7,80	31,8	0,25	18,3	16,6
61,8	16,4	21,7	0,0	30,2	30,1
61,2	15,5	23,2	0,25	27,5	27,2
61,6	22,4	15,85	0,0	32,6	33,0
61,6	19,6	18,5	0,25	29,5	31,6
57,7	17,4	21,7	0,0	27,5	27,0
54,3	15,75	29,7	0,25	27,7	28,3
56,2	16,3	27,6	1,5	30,4	30,8
61,2	28,6	9,8	0,0	41,5	41,0
60,4	27,9	11,4	0,25	38,5	40,0
60,9	26,7	13,15	1,5	38,5	40,0

Сравнение этих данных с подобными же данными К. Фюснера для двойных сплавов Cu-Ni позволяет установить, что в двойных сплавах с содержанием никеля до 25% замена части меди цинком ведет к повышению электрич. сопротивления (В. Фойгт, С. Ф. Жемчужный

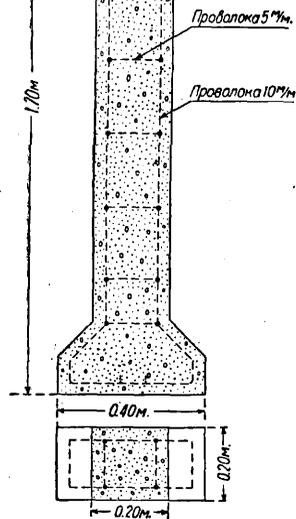
и С. А. Погодин). Т. о. для реостатных металлов тройная система представляет некое преимущество перед двойной как со стороны повышенного сопротивления, так и в отношении дешевизны и легкости производства. Не содержащий железа Р. называется просто Р. или Р. I, а железосодержащий—Р. II. Реотан характеризуется составом (в %): Cu 84, Zn 4, Mn 12, а Р. II—составом: Cu 52, Zn 18, Ni 25, Fe 5. Существуют также варианты последнего состава, как например Cu 53,28; Zn 16,89; Ni 25,31; Fe 4,46; Mn 0,37. Для этого последнего сплава уд. сопротивление составляет 52,5  $\mu\Omega$ -см, тепловой коэф. 0,00041, уд. в. 8,7. Другой вариант реотана, германского производства, марки CN, обладает уд. сопротивлением 47  $\mu\Omega$ -см, при тепловом коэффициенте его 0,00003 и удельном весе 8,8;  $t_{пл}$  Р. марки CN 1 274°, при удельном сопротивлении 50  $\mu\Omega$ -см, уд. в. 8,90 (а наивысшая допустимая  $t^\circ$  нагрева 500°); при уд. в. 8,60  $t_{пл}$  1 135°, а наивысшая допустимая  $t^\circ$  нагрева 400° (уд. сопротивление 50  $\mu\Omega$ -см). Термоэдс в отношении к меди в последнем случае 13,80  $\mu V/^\circ C$ . Длительного нагрева Р. не выносит, хотя он и более стоек, чем никелин и нейзильбер. От нагревания, как показали опыты К. Фюснера (1891 г.), все эти сплавы становятся хрупкими и несколько увеличиваются в объеме. Поэтому применение Р. возможно только в тех случаях, где нагрев длится короткое время, как напр. в пусковых реостатах. В измерительной технике применение Р. тоже ограничено в виду значительности теплового коэф-та электросопротивления и сравнительно большой термоэдс в отношении меди.

Лит.: Жемчужный С. Ф. и Погодин С. А., Сплавы для электрических измерительных и нагревательных приборов, Л., 1928; V o i g t W., «Ztschr. f. anorg. u. allgem. Chemie», Lpz., 1922, В. 120, p. 309; F ü s s n e r K., «ETZ», 1891, В. 12, p. 250; M e r i c a P., Miscellaneous Alloys of Nickel, «Chemical a. Metallurgical Engineering», 1921, v. 24, p. 649; J a r u s E. G., 1001 Alloys Formulas, N. Y., 1927; T o m p s o n P. C., «Journ. of the Institution of Electrical Engineering», 1916, v. 54, p. 222. П. Флоренский.

**РЕПЕР**, каменный, железобетонный, деревянный или металлический, установленный на поверхности земли столб, на который при производстве нивелировок ставится рейка для отсчета. По окончании нивелировок репер остается как точка с определенно вычисленной высотой, от которой возможно вести всякого рода нивелирные работы. Расставленные на нек-рой площади Р. являются опорной высотной сетью. Р. также могут служить точки каких-либо постоянных местных предметов, четко отмеченные относительно окружающих предметов (точек), например точки на верхней линии цоколей церквей и каменных зданий, специально вбитые горизонтально в стены железные болты особой формы, которые называются в отличие от Р. (столбов) м а р к а м и. Положение высотных точек на поверхности земли в силу разных обстоятельств может измениться или совершенно затеряться, поэтому точка с определенной высотой отмечается на устанавливаемом знаке или на местном предмете. Высота относится к уровню моря (в СССР Балтийского) или к условно принятому для данной нивелировки уровню.

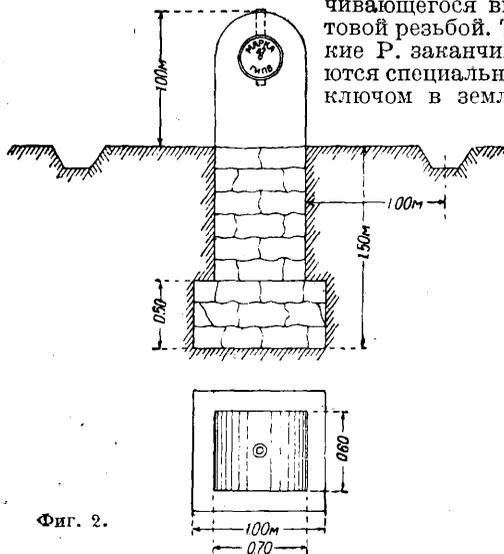
Р. как знаки разделяются на грунтовые и стальные (марки). Г р у н т о в ы е Р. устанавливаются в земле в специально вырытых ямах вдоль оси продольного или поперечного нивелирования; при нивелировке по квадратам—в

вершинах последних. Грунтовый Р. состоит из столба, в нижней части с крестовиной или утолщением (фиг. 1), не позволяющими вытащить его из земли; в верхней части делается небольшая площадка для установки Р. как точки определенной высоты. Размер грунтового Р.—от 2 м и меньше, в зависимости от степени важности сохранения в данном месте высотной отметки. Грунтовые Р. делаются также из обрезков рельсов, причем верхняя часть рельса спиливается частично для установки рейки, а нижняя, имеющая крестовину, устанавливается на цементе. Грунтовыми Р. могут служить также каменные кладки, колодцы канализации, водопроводные трубы и т. п. В целях предупреждения повреждений грунтовых Р. последние часто делают потайные, т. е. Р. устанавливается вровень с поверхностью земли, а сверху насыпается курган диаметром ок.  $1\frac{1}{2}$ —2 м и оканчивается кругом канавой. При изысканиях в степных местностях, где бывает трудно найти материал для Р., применяют специальные железные Р., состоящие из железного стержня, оканчивающегося винтовой резьбой. Такие Р. заканчиваются специальным ключом в землю.



Фиг. 1.

Стенные Р. (марки) в большинстве случаев устанавливаются в городах, поселках; иногда стенные Р. (марки) также вделываются в грунтовые Р., если грунтовой Р. представляет собой каменную кладку (фиг. 2). Стенной



Фиг. 2.

Р. состоит из чугунной отливки—ш е й к и, к-рая укрепляется в стене каменного дома на цементе. Для предотвращения уничтожения марки на шейке делаются ерши, или уступы, препятствующие удалению Р. с места его установки. Наружная часть стенного Р. представляет собой металлич. диск, треугольник, квадрат или иную фигуру, на к-рой имеется выступ с площадкой для установки рейки (фиг. 3). Иной вид имеют стенные Р. (марки), устанавливаемые для прецизионного нивелирования (фиг. 3, 4). Часть

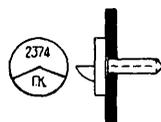
марки, заделываемая в каменную кладку, однотипна со стенными Р., наружная же представляет собою металлический диск, в центре к-рого имеется отверстие для вставки шпильки, на которую подвешивается специальная рейка. Т. о. при прецизионном нивелировании рейка не ставится на Р.; высота (отметка) Р. приурочивается к центру имеющегося отверстия. Как правило стенные Р. делаются из чугуна, за исключением Р., устанавливаемых на деревянных зданиях; эти Р. выковываются из железа по образцу чугунных. Независимо от характера установки Р. в них делаются насечкой следующие надписи: год установки, название учреждения, установившего Р., порядковый номер и иногда высота его (отметка) с указанием, к какому уровню она отнесена.

В зависимости от требований Р. устанавливаются через 2—3 км друг от друга, Р. прецизионного нивелирования, как основные, реке. Номера, место расположения и отметки Р. регистрируются в специальном журнале, называемом «Ведомость реперов». В целях сохранения Р., а следовательно высотных отметок в натуре, СНК СССР постановлением от 16 марта 1921 г. возложил охрану их на представителей местной власти. Фактическая охрана Р. производится во всех местностях Союза органами милиции, коей сдаются эти знаки по актам.

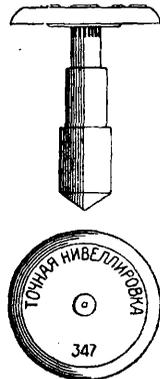
Лит.: Курс геодезии, под ред. Ф. Н. Красовского, т. 1, М.—Л., 1930; Витковский В. В., Топография, 3 изд., Москва, 1928; Соловьев С. Н., Курс нижней геодезии, 3 изд., М., 1914; Орлов П. М., Курс геодезии, 2 издание, М., 1929; Практика нижней геодезии, под ред. П. М. Орлова, 8 издание, М.—Л., 1930; Бик А. Н. и Чеботарев А. С., Учебник нижней геодезии, 9 изд., М.—Л., 1928. В. Платон.

**РЕПРОДУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ**, фотомеханич. процессы, способы воспроизведения художественных и текстовых оригиналов механич. путем или при помощи фотографии для изготовления печатных форм для печатания.

**Классификация Р. п.** Современные Р. п., как и печатные способы, подразделяются на три основные группы: рельефный, глубокий и плоский способы. На фиг. 1, 2 и 3 представлены поперечные разрезы рельефной, глубокой и плоской печатной формы до и после нанесения краски и готовый оттиск с этих форм, где видно, что на рельефной печатной форме печатающиеся места стоят выше остальной поверхности пластины; при глубокой печати, наоборот, рисунок лежит углубленным в печатную форму и наконец при плоской печати

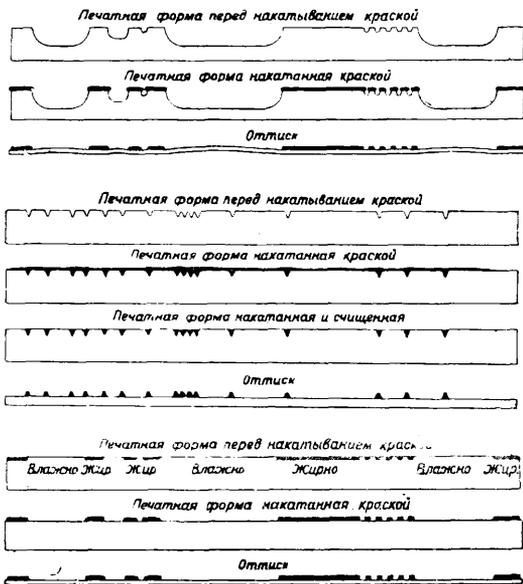


Фиг. 3.



Фиг. 4.

элементы рисунка находятся на гладкой поверхности формы. Наиболее просто происходит печатный процесс при рельефной печати, т. е. после накачивания формы краской сейчас же без каких-либо промежуточных операций м. б. сделан оттиск, между тем как при



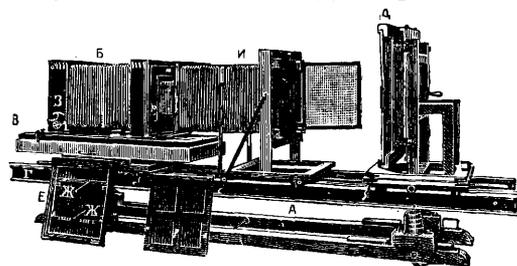
Фиг. 1, 2 и 3.

плоской печати д. б. включено увлажнение печатной формы перед накачиванием ее краской, а при глубокой печати поверхность печатной формы должна быть очищена от излишка краски.

Главнейшими и наиболее распространенными в настоящее время Р. п., воспроизводимыми при помощи фотографии, являются следующие: для рельефной печати—штриховая фотоцинкография (штриховое клише), полутоновая фотоцинкография (автотипное клише), трехцветная автотипия; для глубокой печати—тифдрук, или меццо-тинто, гелиографюра; для плоской печати—фотолитография, офсет, фототипия. При помощи перечисленных выше способов м. б. воспроизведены штриховые и полутоновые изображения. В большинстве Р. п. впечатление полутона вызывается тем, что изображение состоит из мелких точек, как напр. а в т и п и я, где снимок делается через сетку (растр), включаемую перед фотографич. пластинкой. На автотипных оттисках эта сетка ясно видна даже невооруженным глазом. При офсетной печати, где также применяется сетка, разложение изображения на отдельные растровые точки не так ясно видно, еще менее заметны эти точки на оттисках, отпечатанных способом глубокой печати; отличить их можно лишь при помощи лупы. При последних двух способах смягчению точек способствует то обстоятельство, что для печати в большинстве случаев применяются матовые бумаги в отличие от автотипии, где лучшие результаты получаются на гладких сортах бумаги. Р. п., дающими оттиски с полутонами, более всего приближающимися к тем чистым полутонам, какие напр. получаются на фотографич. отпечатках, являются фототипия и гелиографюра. В фототипии

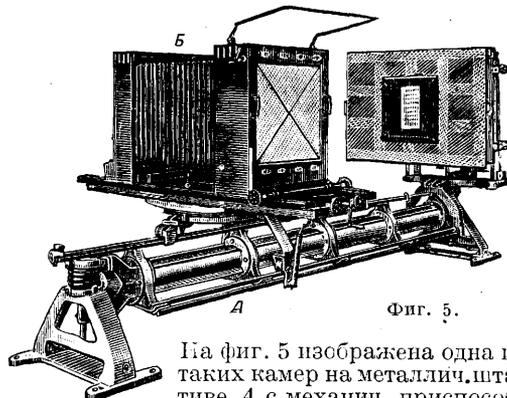
тона образуются из несимметричного, очень мелкого корешка (мельчайшие складочки в желатиновой поверхности формы); в гелиографюрах также имеется корешок, но образующийся от припудривания металлич. пластины мельчайшим порошком смолы. Иногда для воспроизведения цветных рисунков пользуются одновременно несколькими способами печати, так называемая комбинационная печать, при к-рой напр. одна краска, черная (контур), печатается на типографской машине (рельефная печать), между тем как цветные тона печатаются на литографской машине.

**Аппараты.** Самая важная часть фотомеханич. мастерской—фотографич. репродукционные аппараты. Современные репродукционные аппараты отличаются от других фотоаппара-



Фиг. 4.

тов тем, что камера и экран для укрепления оригинала поставлены на общем очень устойчивом качающемся штативе А (фиг. 4). Камера В, поставленная на полость В, двигается на основной части штатива по рельсам Г; по тем же рельсам двигается так же доска с экраном Д. Конструкции и размеры фотокамер бывают различные: для формата пластинок 30×40, 40×50, 50×60, 70×80, 80×100 см; встречаются также камеры-гиганты для формата 100×120 см и даже до 120×150 см. Длина штатива соответствует размеру камеры. Средний штатив в длину имеет 5 м. Он ставится на пружинах для того, чтобы от сотрясения пола не нарушалась резкость снимка. В последнее время штативы и даже основные части камеры делаются из металла.

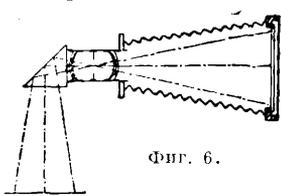


Фиг. 5.

На фиг. 5 изображена одна из таких камер на металлич. штативе А с механ. приспособлением для передвигания камеры и доски с оригиналом. Необычная установка камеры В поперек штатива объясняется здесь тем, что она переставлена для сетки оригинала через призму (см. ниже). Кассеты Е (фиг. 4) репродукционных аппаратов гораздо массивнее, чем обыкновенные кассеты для сухих пластинок; предназначены они для одной пласти-

ки, к-рая устанавливается между двумя передвижающимися поперечными планками ЖЖ. Нижняя планка автоматически задерживается боковыми пружинами около цифр, указывающих размеры пластинок. Внутри камеры перед матовым стеклом находится рама с передвижающимися планками для растра. Снаружи камеры, с правой стороны, имеется приспособление для передвижения растровой рамы и для точного регулирования расстояния растра от пластинки, т. н. микрометрич. установка З. Универсальная репродукционная камера снабжена еще диапозитивной приставкой И, устанавливаемой на штативе между камерой и экраном. Для освещения оригиналов пользуются исключительно электрич. светом. Для этой цели 2 или 4 дуговые лампы силою в 15—20 А, до 3 000 свечей каждая, устанавливаются по обеим сторонам оригинала.

Оптические инструменты. Главнейшей частью фотоаппарата является объектив. Он д. б. абсолютно свободен от ряда недостатков, присущих объективам, как напр. хроматич. и сферич. aberrации, астигматизма, комы и пр., чтобы рисунки при съемке получались совершенно резкими до краев пластинок и без каких-либо искажений. Лучшими репродукционными объективами считаются сложные шестилинзовые конструкции под названием а по х р о м а т ы светосилой от  $F : 7$  до  $F : 11$ .



Фиг. 6.

При съемке в камере на негативе получается перевернутое (зеркальное) изображение, но т. к. для большинства Р. п. изображение на негативе должно получиться прямое, а не обратное, то съемку производят через призму. На фиг. 6 изображена схема прохождения и преломления лучей при съемке через призму.

**Репродукционная фотография.** Съемка штриховых оригиналов. Штриховые снимки делаются с оригиналов, состоящих из четких черных линий, точек и сплошных мест на белом фоне бумаги. На штриховых негативах черные линии должны получаться совершенно прозрачными на черном непрозрачном фоне. Только такие негативы дают правильные копии на металле (клише) и на литографском камне (фотолитография). Для получения таких контрастных негативов применяются особые пластинки, приготовленные так называемым мокрым коллодионным способом. Он изобретен 80 лет назад еще до сухих бромосеребряных пластинок, но уже давно вследствие малой чувствительности (в 200—300 раз меньше обыкновенных бромосеребряных пластинок) и необходимости готовить их перед каждой съемкой оставлен фотографами, работающими в других областях. Схема выполнения снимка мокрым способом следующая. Стеклая пластинка обливается при свете подорованным коллодием, к-рый составляется из пироксилина, смеси спирта и эфира и подстихих солей. После застывания коллодия пластинка при желтом свете опускается в 10%-ный раствор азотнокислого серебра. При этом благодаря реакции замещения образуется светочувствительное иодистое серебро. Вынутую из раствора пластинку вставляют в мокром виде в кассету и экспонируют в камере. Образовавшееся во время съемки невидимое (латентное)

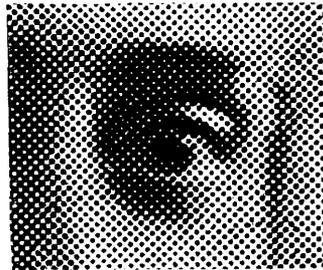
изображение проявляют раствором, содержащим вещество, восстанавливающее серебро, в данном случае железный купорос. После проявления пластинка фиксируется, т. е. удаляются остатки галогидных соединений серебра обработкой раствором цианистого калия или гипосульфита, растворяющими эти соединения. После фиксирования пластинка промывается и сушится. До этого она от начала приготовления во время всего процесса оставалась мокрой. Отсюда происхождение названия мокрой с по с о б. Отфиксированный негатив недостаточно контрастен, поэтому он д.б. усилен, а иногда для очищения прозрачных линий—ослаблен. Для усиления употребляют медный и свинцовый усилители, в к-рых негатив отбеливается. После отбеливания негатив чернится в растворе азотнокислого серебра (при медном усилителе) или в растворе сернистого натрия (при свинцовом усилителе). Ослабление, или травление, производится также в два процесса—сначала в растворе иода (раствор иода+подстихих калий) и затем в растворе цианистого калия—или же в один процесс—т. н. фармеровским ослабителем (раствор красной кровяной соли и гипосульфита). Высушенный негатив, если он был снят через призму, передается для копирования, в противном случае снимают коллодионный слой со стекла, переворачивают на другую сторону и переносят на другое стекло. Т. о. на копии (на металлич. пластинке или камне) изображение будет обратное (зеркальное), а на оттиске—в прямом положении.

**Съемка полутонных оригиналов.** Оригинал, к-рый состоит не из штрихов, а полутонных, снимается через растр. Растровые негативы необходимы при изготовлении печатных форм для рельефной (типографской) и плоской (литографской и офсетной) печати. Растр состоит из двух склеенных вместе стеклянных пластинок, покрытых черными параллельными линиями. Эти стекла склеены так, чтобы обе системы линий скрещивались между собой под углом 90°. На фиг. 7 изображен двухлинейный диагональный растр сильно увеличенным виде. В растре приходится на 1 см<sup>2</sup> 20—100 линий, т. обр. на 1 см<sup>2</sup>



Фиг. 7.

прозрачных квадратиков получается от  $20 \times 20 = 400$  до  $100 \times 100 = 10\,000$ . Для больших клише и при печати на плохих бумагах при-

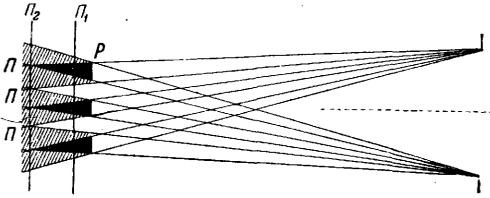


Фиг. 8.

меняются крупные растры, для маленьких клише и тонких работ—мелкие растры. Назначение растра — разложить полтона оригинала на негативе на отдельные (растровые) точки (фиг. 8), необходи-

мые для вытравливания клише с рельефно стоящими печатными элементами. Отраженные от оригинала световые лучи, проходя через объектив и камеру, проникают через маленькие отверстия растра и запечатлеваются (после проявления) на слое светочувствительной пла-

стинки в виде маленьких точек. Если растр придвинуть вплотную к пластинке (в положение *P* на фиг. 9), то на последней получаются мелкие квадратики, т. е. негативное



Фиг. 9.

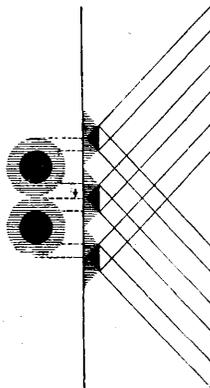
изображение раstra. Если поставить пластинку в положение *Pi1*, то точки согласно образуемому от линий раstra полутонем *П* увеличиваются в диаметре и получаются круглые и нерезкие, т. к. каждая точка (или ее ядро) окружена полупрозрачным ореолом (фиг. 10).



Фиг. 10.

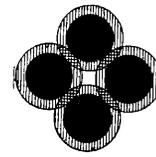
Чем больше отодвигается растр от пластинки, тем меньше ядро точки и тем больше ореол. Если отодвинуть далеко растр от пластинки (положение *Pi2*), то перекрещивающиеся тени от растровых линий расширятся настолько, что точек на пластинке уже не образуется. Величина самой точки и окружающего ее ореола меняется в зависимости от количества отражаемых от оригинала световых лучей: чем светлее место на оригинале, тем сильнее от него отражается свет и тем больше получаются соответствующие ему точки; наоборот, чем темнее место, тем меньше соответствующие точки. На том же основании при съемке большой диафрагмой образуются большие точки (фиг. 11), при съемке маленькой диафрагмой — маленькие точки (фиг. 10).

Ореолы (фиг. 12) имеют очень большое значение в автотипии; благодаря им имеется возможность изменить характер негатива: стравив ореол (ослаблением негатива), точку уменьшить до величины ядра (фиг. 13), усилив негатив, полупрозрачный ореол соединить (слить) с ядром и составить одно целое (фиг. 14). На нормальном негативе черные места состоят из маленьких точек, в темных полутонах точки крупнее; чем светлее тон изображения, тем крупнее становятся точки, все более и более сближаясь между собой. В светлых местах точки сближаются настолько, что между ними остается лишь небольшое прозрачное отверстие. На копии с такого негатива и на оттиске с вытравленного клише получается обратная картина. В самых светлых местах изображения видны очень маленькие черные точки, через которые бумага просвечивает наиболее сильно (фиг. 8), в наиболее темных местах они сближаются настолько

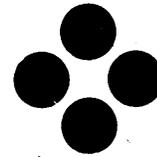


Фиг. 11.

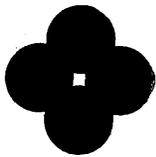
что белая бумага просвечивает между ними лишь через очень маленькие отверстия; слияние точек образует тени изображения. Чтобы получить такой негатив приходится снимать несколькими диафрагмами разной величины: средняя диафрагма дает правильное разложение полутонов изображения, большая диафрагма дает правильное с c e п л e н и e точек в светах (фиг. 12). Но при съемке этими диафрагмами в черных местах изображения точки вовсе не образуются, т. к. здесь от оригинала свет не отражается, между тем для правильного проведения травления клише и печати его в машине точки, хотя бы самые маленькие, на негативе должны стоять и в самых черных местах изображения. Чтобы вызвать эти точки, фотограф завешивает оригинал листом белой бумаги, вставляет в объектив маленькую диафрагму и производит продолжительную экспозицию на пластинку, на которой уже был снят оригинал. При обыкновенной фотографич. съемке эта операция вызвала бы вуаль на пластинке, но при растровой съемке вуаль образоваться не может, так как поверхность светочувствительной пластинки отчасти прикрыта непрозрачными линиями раstra. Таким путем точки образовались не только в темных местах изображения; одновременно усилилось ядро других растровых точек. Проявленный и отфигурованный негатив для приведения точек до надлежащей формы и резкости подвергается еще травлению



Фиг. 12.



Фиг. 13.



Фиг. 14.

(ослаблению) и усилению и затем передается для копирования на металлич. пластинку или литографский камень.

Трехцветная репродукция. Основой трехцветной репродукции является разделение цветов на основные цвета. Фотографически этот способ осуществляется след. обр.: цветной оригинал снимают последовательно на трех светочувствительных (панхроматических) пластинках с включением трех светофильтров, окрашенных в фиолетовый, зеленый и оранжевый цвета. При помощи этих светофильтров цвета оригинала разделяются на три основные: желтый, красный и синий, из которых при смешении их в определенных пропорциях можно получить все остальные цвета. С трех снятых негативов, из которых один содержит все желтые части оригинала в правильном соотношении тонов, другой — красные и третий — синие части, изготовляют 3 печатные формы, служащие для печатания оттисков в трех основных цветах. Светофильтры, которыми производят съемки, бывают различные: 1) окрашенные в массу стекла; 2) плоскопараллельные стеклянные пластинки, облитые окрашенными желатиновыми растворами, — с у х и е ф и л ь т р ы; 3) фильтровые кюветы с налитыми цветными жидкостями, — ж и д к и е ф и л ь т р ы, — надеваемые на переднее кольцо объектива, и 4) пленочные фильтры, вставляемые в объектив вместе с диафрагмой. Окраска светофиль-

тров д. б. согласована с печатными красками: цвет первых д. б. дополнительным к цвету последних. Для выбора правильных фильтров для соответствующих печатных красок прибегают к спектроскопич. исследованию. Существуют два способа трехцветной репродукции: прямой и непрямой, или косвенный. В первом случае с оригинала производят съемки с включением светофильтров и раstra и три негатива непосредственно копируют на металл, а во втором—снимают без раstra, затем с негативов изготавливают диапозитивы и с последних в диапозитивной приставке снимают растровые негативы, к-рые копируются на цинковые или медные пластинки для пригравления трехцветных клише или на литографские камни (фотолитография и офсет). При трехцветных съемках со светофильтрами фотографич. пластинки д. б. сенсibilизированы, т. е. очувствлены, специальными красящими веществами (оптич. сенсibilизаторами) к тем цветным лучам, которые должны действовать на светочувствительный слой пластинки. Сенсibilизация осуществляется двумя способами: введением красящих веществ в эмульсию при фабрикации пластинок и погружением обыкновенных бромосеребряных пластинок (чувствительных главн. обр. только к синим и фиолетовым лучам) в раствор красящих веществ. Наиболее известны следующие сенсibilизаторы: эозин, эритрозин, ортохром, пинахром, пинавердол, очувствляющие к зеленым, желтым и оранжевым лучам; дицианин, пинацианол, пинахром синий, очувствляющие к красным лучам. Первые употребляются для пригравления ортохроматических пластинок, последние—для панхроматических пластинок. Съемка красного негатива. Включают зеленый светофильтр, к-рый пропускает зеленые, а также желтые и синие лучи; они действуют на светочувствительный слой пластинки и восстанавливают металлическое серебро, т. е. эти места почернеют на негативе. Красные лучи поглощаются фильтром и следовательно никакого действия на пластинку не оказывают; эти места остаются на негативе прозрачными. В копии на металле затем получается позитивное изображение: чистый красный цвет оригинала (прозрачные места негатива) будет черным, а другие цвета в соответствии с большим или меньшим содержанием красного цвета (оранжевый и красновато-фиолетовый) образуют полутона изображения. Пластинка очувствляется к зеленым лучам. Съемка синего негатива. Включают оранжевый светофильтр, пропускающий оранжевые, а также красные и желтые лучи и поглощающий синие, таким образом в копии получаются все тоновые переходы как синего цвета, так и тех цветов, в состав к-рых он входит (зеленый и синеvато-фиолетовый). Пластинка очувствляется к красным лучам. Съемка желтого негатива. Включают фиолетовый фильтр, который пропускает фиолетовые, а также красные и синие лучи; желтые лучи поглощаются фильтром. В копии желтый цвет оригинала получается черным, а оранжевый и зеленый цвета передаются полутонem. Материалом при съемке косвенным способом может служить обыкновенная бромосеребряная пластинка, при прямом способе—мокрая пластинка, как та, так и другая обладающие чувствительностью к фиолетовым и синим лучам. Съемку в этом

случае, чтобы избежать изменения в резкости и размерах рисунка, производят с б е с ц в е т н ы м ф и л ь т р о м (чистое стекло—при работе с сухими светофильтрами, вода—при работе с фильтрами кюветами). Оригиналы, содержащие много серых и черных тонов, не м. б. репродуцированы тремя основными красками, поэтому снимают еще четвертый негатив для печати добавочной краски, б. ч. черной. При съемке черного негатива, который должен передавать все цвета оригинала в правильном соотношении тонов, включают желтый светофильтр. При прямом способе трехцветной репродукции негативы снимают с бромосеребряной коллодионной эмульсией. Эмульсия—готовый продукт, вырабатываемый теперь в Союзе ССР. Стеклаянная пластинка облиvается эмульсией и вставляется в кассету для съемки. Чувствительность сырой эмульсии только наполовину превышает чувствительность коллодионной пластинки, с прибавлением же сенсibilизаторов она повышается в 3—4 раза. Сенсibilизаторы, применяемые для сухих пластинок, пригодны также для коллодионной эмульсии. Выпускаются также специальные сенсibilизаторы, отмеченные буквами R, B, G и S, которыми обычно окрашивается коллодионная эмульсия. Эти же сенсibilизаторы дают возможность снимать трех- и четырехцветные негативы без светофильтров, но этот способ применим только для несложных работ. В общем для коллодионной эмульсии служат те же светофильтры, что и для сухих пластинок. Эмульсионные пластинки проявляются щелочными проявителями, гл. обр. гидрохиноном; в остальном обработка пластинок ничем не отличается от мокроколлодионных; резкость растровых точек ниже, чем у последних. При съемке негативов для трехцветной печати во избежание м у а р а (появление звездочек, розеток, крестиков и пр.) растр поворачивается с таким расчетом, чтобы линии всех трех растров приходились друг к другу под углом 30°, в четырехцветной печати в 30° или 22½°. Для съемки растровых, как и штриховых, негативов применяются также сухие фотомеханические пластинки и пленки, изготавливаемые из особо контрастно работающей бромосеребряной эмульсии.

**Изготовление печатных форм.** 1) Р е л ь е ф н а я п е ч а т ь (фотоцинкография). Различают штриховые и растровые клише (автотипия). Изготовление форм для рельефной печати делится на два процесса: перевод рисунка (копирование) на металлич. пластинку и травление, т. е. углубление промежутков между печатными элементами. Для копирования негативов существуют следующие два способа: хромоальбуминный для штриховых и эмалевый для копирования автотипных негативов. Последний делится на горячий и холодный способы. Хромоальбуминный способ состоит в том, что полированная цинковая пластинка (2 см толщины) облиvается раствором из альбумина и двуххромовокислого аммония и затем сушится в тепле. Светочувствительная пластинка копируется под негативом на свету дуговых электрических ламп в особой конструкции копировальной раме в течение нескольких минут. После копирования пластинка накатывается (валиком) сплошь жирной переводной краской, переносится в кювету с водой и проявляется. Во время ко-

пирования со слоем хромоальбумина происходят следующие изменения: под прозрачными местами негатива слой хромоальбумина от действия света затвердевает (задубливается) и не может растворяться в воде, под непрозрачными местами, наоборот, слой остается без изменения и в воде растворяется. Если теперь накатанную краской и перенесенную в воду пластинку потереть ватным тампоном, то неосвещенный слой альбумина растворится и вместе с ним смоется и слой краски, оставляя открытой чистой поверхность цинка. В результате на пластинке остается копия штрихового оригинала (в перевернутом виде), состоящая из слоя задубленного альбумина, покрытого черной краской. После сушки копия запудривается мельчайшим порошком асфальта и нагревается; при этом из краски и асфальта образуется слой, противодействующий травящей жидкости. Теперь пластинка подвергается травлению к-той, к-рая растворяет незащищенный хромоальбумином металл, т. е. углубляет непечатающие места пластинки, образуя рельеф самого рисунка (фиг. 1). Травление производится в несколько приемов, т. к. к-та действует не только в глубину, но также растворяет боковые стенки рельефно стоящих линий. Чтобы защитить эти стенки от протравливания и придать рельефным линиям надлежащую высоту и форму, пластинка после затравки в слабой азотной к-те (3%-ной) накатывается при помощи гладкого кожного валика жирной краской, к-рая не только закрывает поверхность линий, но течет вниз по боковым стенкам и, защищая их от действия к-ты, дает возможность произвести второе, еще более глубокое травление. После накатывания краской пластинка запудривается порошком смолы, нагревается и травится более крепкой к-той (8%-ной). Процесс накатывания, припудривания и нагревания повторяется еще несколько раз с соответствующим изменением консистенции краски, рода смоляных порошков и крепости к-т. В среднем производят 6 ступенчатых травлений, 3 вглубь: затравку, 1-е и 2-е глубокое травление, 3 обратных травления для удаления образовавшихся от широкого накатывания краской ступеней: 1-е и 2-е круглое и 1 чистое травление. Готовое клише имеет вид, изображенный на фиг. 1. Такие же клише получают гравированием рисунка от руки при помощи штихелей на дереве. Этот способ, при котором часто применяется фотография, называется к с и л о г р а ф и е й. Вырезают также штриховые рисунки на линолеуме; этот способ получил название л и н о г р а в ю р а.

Автотипный негатив копируется эмалевым способом. Пластинка—цинковая или медная—обливается раствором, состоящим из клея и двуххромовокислого аммония, и сушится в центрифуге над горячей плитой. Пластинка после копирования опускается в кювету с водой для проявления, где неосвещенные места слоя, как и при хромоальбумином способе, смываются. Рисунок, состоящий из растворяемых точек, остается на поверхности металла в виде задубленного бесцветного хромоколлоидного слоя. Его окрашивают в растворе анилиновой краски (метилвиолета), где рисунок, до сих пор невидимый, окрашенный в цвет краски, отчетливо выступает. После промывки копию дубят в растворе хромовых квасцов, промывают и эмалируют, т. е. сильно на-

гревают над огнем. После этой операции слой делается настолько твердым, что выдерживает травление в к-те. Недостаток горячего эмалевого способа состоит в том, что цинк при той высокой  $t^{\circ}$  (свыше  $200^{\circ}$ ), которая необходима для превращения задубленного клея в эмаль, изменяет свое физическое строение (делается кристаллическим). Такие клише не выдерживают больших тиражей, поэтому, если предполагают печатать больше 15 000 оттисков, для травления клише берут медь или копируют на цинке холодным эмалевым способом, при к-ром копия не нагревается. Автотипия состоит из бесчисленных мелких, плотно друг около друга стоящих точек; больших промежутков не имеется, т. к. даже белые места изображения покрыты точками. Поэтому ступенчатое травление, примененное для штриховых клише для углубления широких промежутков между штрихами, здесь отпадает. Достаточно непродолжительного травления (затравки) в слабой к-те, чтобы с клише получить оттиск, но последний по градациям тонов не будет соответствовать оригиналу: он будет монотонным. Происходит это оттого, что точки в светах на негативе держались крупнее, чем они д. б. на готовом оттиске, чтобы иметь возможность достаточно углубить промежутки между точками и произвести достаточное число выкравываний. Во время травления точки уменьшаются; они делаются меньше, чем они были на копии до травления. Отсюда вывод: сила тона в автотипии зависит от величины точек, из к-рых состоит полутона изображения. При продолжительном травлении каждый тон оригинала делается все светлее и светлее; одновременно с растравлением точек в светах и полутонах происходит и растравливание черных мест изображения, превращающихся в серый тон. Это явление, вредно отражающееся на градации изображения, имеет и свои выгоды, так как травильщик может каждый тон оригинала по своему усмотрению держать в репродукции светлее или темнее. Достигается это ретушью, выкравыванием или тоновым травлением: после затравки кислотоупорным лаком закрывают на пластинке все тона, которые не должны больше растравляться (следовательно сначала самые черные места изображения), а те тона, которые могут еще выдержать травление, оставляя открытыми с тем, чтобы они растравились светлее. Это чередование травления с выкравыванием продолжается до тех пор, пока на пластинке в самых светлых местах не останутся очень тонкие точки. Пластинку затем смывают и с нее печатают пробный оттиск, к-рый сравнивают с оригиналом. Если репродукция не соответствует оригиналу, выкравывание и травление продолжают, причем эмалевый слой коричневого цвета все время остается на пластинке, и готовое клише, покрытое им, поступает в печать. Следует отметить, что для травления часто применяются травильные машины, сокращающие продолжительность травления и до нек-рой степени выкравывание, так как при машинном травлении изображение получается контрастнее, чем при травлении в кювете: к-та действует сильнее на отдельно стоящие точки и поэтому светлые места изображения растравляются скорее, чем темные. Хорошие оригиналы и соответственно ретушированные механической а м е р и к а н с к о й р е т у ш ь ю с применением специаль-

ного прибора (аэрограф), сконструированного по принципу пульверизатора, значительно сокращают работу выкрывания, особенно при машинном травлении, когда негативы сняты правильно. Вытравленные клише, как штриховые, так и автотипные, после исправления гравером и печати чистых оттисков поступают в монтажное отделение, где их обрезают, фацетируют и монтируют на прямоугольные деревянные колодки, высота к-рых равняется росту типографского шрифта. Клише теперь готово к печати. Печатают на типографских плоских или ротационных машинах. Травление трехцветных клише происходит так же, как травление черных автотипных клише. Три негатива (при четырехцветной репродукции—четыре негатива) копируются эмалевым способом большей частью на медные пластинки. С трех копий после затравки печатают тремя нормальными красками (желтой, красной и синей) с точным их совмещением. Обычным выкрыванием и промежуточным травлением (медь травится в растворе хлорного железа) на каждой из трех пластинок постепенно вырабатывают цветные тона, к-рые на черновом оттиске всегда получаются темнее и серее, чем в оригинале, т. к. в каждом, даже чистом цветном, тоне содержатся все три цвета (в этом заключается главный недостаток растровой фотографии). Для получения например чисто зеленого тона, который образуется из синего и желтого цветов, соответствующие места на красном клише д. б. совершенно вытравлены, при чисто голубом цвете соответствующие места вытравливают на желтом и красном клише, из фиолетового удаляют синий цвет и т. д. Вытравив все три пластинки, печатают цветной контрольный оттиск, по которому проверяют проделанную работу. В редких случаях он будет удовлетворительным, и поэтому все пластинки приходится еще потравить. При сложных оригиналах нельзя обойтись без 2—3 и даже большего числа повторений. После травильщика остается еще большая работа граверу, который своими инструментами может внести значительные поправки. Серые тона оригинала в репродукции можно передать тремя цветными красками, если на трех пластинках оставлять тона совершенно одинаковой силы. При ясно выраженных серых и черных тонах в оригинале прибегают к четырехцветной печати, т. е. к трем цветным краскам добавляют еще четвертую пластинку для печати серых тонов и усиления черных мест изображения. Четвертую пластинку прибавляют также в тех случаях, когда в оригинале содержатся цветные тона, которые нельзя репродуцировать тремя основными красками. К таким цветам относятся например яркозеленый, известный под названием *веронез*, и яркосиний—*ультрамарин*. При наличии таких цветов их печатают специальными пластинками. Преимущество автотипной многоцветной печати—возможность короткой красочной шкалы (3—4 краски) репродуцировать с максимальной точностью любой цветной оригинал. Недосток этого способа печати—необходимость печатать клише на особенно гладкой (крашеной меловой) бумаге, дорого стоящей и понижающей художественное впечатление от репродукции. В последнем отношении некоторые из описываемых ниже репродукционных процессов выгодно отличаются от рельефного способа.

2) Глубокая печать (тифдрук или меццо-тинто, гелиографюра). Современный способ механич. глубокой печати имеет несколько названий, как тифдрук или меццо-тинто; в последнее время вводится название «рачельная глубокая печать». Здесь описывается только этот способ: многочисленные ручные, т. н. станковые, способы, к к-рым относятся резцовая гравюра и офорт со своими разновидностями—старое меццо-тинто, аква-тинто и пр.—не подлежат рассмотрению. Ручной способ—гелиографюра,—в своем исполнении мало отличающийся от тифдрука, описан в конце. Рачельная глубокая печать постепенно развивалась из ручных способов, главным образом гелиографюры. При печати ручным способом краска наносится на пластинку, затем при помощи тампонов втирается в ее углубления. После этого краску с поверхности пластинки тщательно удаляют, следя за тем, чтобы она в углублениях осталась нетронутой. Все эти манипуляции требуют очень много времени, и печать на ручном станке происходит крайне медленно. Неудовлетворительность такой работы была причиной изыскания методов, заменяющих снятие краски вручную автоматич. приспособлением. Результатом длительных опытов явился раклъ, имеющий вид тонкой, эластичной линейки, к-рый уже давно применялся в ситценабивной печати. Этот раклъ стирает с поверхности формы излишек краски, оставляя ее лишь в углубленных местах. Очищенная печатная форма передает всю оставшуюся в углублениях краску на бумагу, производя оттиск. Но т. к. раклъ при длительной печати разрушает форму, поверхность последней покрывается системой линий при помощи растра. На оттиске, отпечатанном с такой формы, растровые точки почти незаметны; их можно разглядеть лишь через лупу. На ступивание точек имеет влияние несколько причин: для глубокой печати применяются жидкие краски и матовые мягкие бумаги, впитывающие в себя печатную краску и т. о. смягчающие как точки, так и самое изображение. С оригинала в репродукционной камере снимают негатив на обыкновенной бромосеребряной пластинке или пленке, который подвергается ретуши. Отретушированный негатив вставляют в диапозитивную приставку репродукционного аппарата и изготовляют с него диапозитив. В виду того что изображение на диапозитиве д. б. обратное (перевернутое), негатив снимают с оборотной стороны, т. е. со стороны стекла. Диапозитив тщательно ретушируют; от качества диапозитива и от ретуши в большой степени зависит результат всей работы, т. к. впоследствии на самой печатной форме не м. б. внесены какие-либо поправки наподобие тех, которые допустимы на формах для рельефной печати. Диапозитивы, предназначенные для одной общей формы, монтируются на большом зеркальном стекле вместе с текстом, набранным и отпечатанным на прозрачной бумаге или специальной пленке целлафан. При монтаже руководствуются монтажным листом, составленным заранее с точным обозначением размера рисунков и места занимаемого текстом. Очень удобно происходит работа монтажа, если диапозитивы изготовляются не на стеклянных пластинках, а на пленках, к-рые легко обрезать и приклеить к стеклу. В последнее время начинают вводить новый способ, состоящий в том, что снимки

с оригинала производится не на пластинках, а на бромосеребряной бумаге (также в камере, но с включением призмы). Текст печатается белой краской на черной бумаге. Негативные отпечатки и негативный текст монтируются на общей форме и с последней после ретуши снимают общий диапозитив. Эти диапозитивы или монтаж с диапозитивами, изготовленный обычным способом, передаются копировщику для копирования на пигментную бумагу. Пигментная бумага имеет желатиновый, окрашенный коричневой краской (пигментом) слой. Бумага перед копированием сенсублизируется в растворе (около 4%) двуххромового калия и сушится в сушильном шкафу на тщательно вычищенном и протертом тальком зеркальном стекле, от которого она после высыхания отскакивает. Копируют сначала под диапозитивом, а затем на откопированную под диапозитивами пигментную бумагу вкopiруют растр. В глубокой печати применяется позитивный растр, состоящий из черных квадратиков, разделенных белыми крестообразными линиями (фиг. 15).



Фиг. 15.

Растр в глубокой печати имеет своим назначением покрыть поверхность печатной формы системой скрещивающихся линий и придать ей во время печати устойчивость для ракля, т. е. воспрепятствовать ему врезаться в форму и разрушать рисунок. После копирования следует перевод. Пигментную бумагу размачивают в воде, прижимают к медному валу и проявляют горячей водой; при этом пигментный слой бумаги переводится на металл. Вал покрыт теперь желатиновым слоем разной толщины, т. к. во время копирования в слое пигментной бумаги произошли следующие изменения: подвергшись действию света, хромированный желатиновый слой под прозрачными местами диапозитива продубился (затвердел) наиболее сильно и следовательно потерял свою первоначальную способность растворяться в воде; под полупрозрачными местами слой продубился меньше; наконец под непрозрачными местами диапозитива желатиновый слой остался неизменным. Слой под прозрачными линиями растра также сильно затвердел и сделался нерастворимым в воде. Т. о. после проявления поверхность формы представляется покрытой мелкими квадратиками (ячейками) одинаковой величины, причем в неосвещенных местах желатина смысла почти целиком, а в освещенных—смотря по силе тона диапозитива—осталась лежать б. или м. плотным слоем. После перевода вал подвергается травлению растворами хлорного железа разной концентрации. Раствор проникает через слой в различной степени: через тонкий слой—быстро, через средний—медленно, в толстые же места слой он почти не проникает. В результате травления, вследствие различного действия хлорного железа, на валу образуются ячейки различной глубины. После удаления пигментного слоя видно, что в темных местах изображения ячейки получились наиболее глубокими, в полтонах—менее глубокими, а в светлых ячейки почти не углубились; растровые же линии остались совершенно нетронутыми травящей жидкостью и находятся на одном уровне с поверхностью печатной формы. В машине во время печатания вал, вращаясь,

накатывается жидкой краской; вслед за этим упругий ракл стирает с поверхности вала излишек нанесенной красочным валиком краски, оставляя ее лишь в углубленных квадратиках. Очищенный вал передает всю оставшуюся в ячейках краску на печатную бумагу, произведя таким образом оттиск. На последнем темные и светлые тона образовались в зависимости от глубины квадратиков: в мелких квадратиках осаждается мало краски и в соответствующих местах получается светлый тон, в глубокие квадратика попадает много краски и на оттиске получается темное место и т. д. Трехцветная глубокая печать выполняется подобным же образом, но она значительно сложнее. Главное затруднение заключается в отсутствии рационального способа получения контрольных оттисков до перевода на вал. Существующий способ (б е л ь к о л о р) не решает эту проблему удовлетворительно. До сих пор ответственность за успешный результат лежит на фотографe, который должен давать 3 безукоризненно снятых со светофильтрами негатива и диапозитива, и на ретушере, к-рому поручается тщательной ретушью, проведенной в согласовании с тонами оригинала, довести диапозитивы до такого состояния, чтобы в конечном итоге получились правильные оттиски из машины. Без этих поправок и при невозможности предварительного контроля работы могут получиться совершенно неожиданные результаты. Способ гелиографуры отличается от описанного способа тифдрука тем, что медная пластинка перед переносом на нее пигментной копии запудривается порошком асфальта и нагревается. На поверхности пластинки образуется мелкий корешок, и раствор хлорного железа сможет травить пластинку лишь между отдельными зернышками, оставляя медь под зернышками нетронутой. На вытравленной пластинке имеются углубления различной глубины, образовавшиеся от различно продубленного во время копирования под диапозитивом желатинового слоя пигментной бумаги. Эти углубления соответствуют квадратикам на валу для рацельной глубокой печати и имеют то же назначение при печати. Печатают гелиографуру вручную на металлографском станке. Оттиски, которые получаются способами глубокой печати, отличаются богатством оттенков, сочностью и бархатистостью глубоких мест изображения; ни один из способов печатания не может сравниться с глубокой печатью по художественному эффекту. Недостатками глубокой печати являются: сложность изготовления печатных форм и дороговизна употребляемых материалов.

3) П л о с к а я п е ч а т ь (фотолитография, офсет, фототипия). Плоская печать основывается на том, что смоченные водой поверхности отталкивают жирную краску и, наоборот, за жиренные места энергично отталкивают воду (см. *Литография*). На этом принципе построены литография и офсетная печать. Фотохимические процессы применяются в фотолитографии и офсетной печати. А л ь г р а ф и е и называются способ печати с алюминияевых пластин. Картографические заведения этот род печати применяют исключительно для печати географических, а также других карт, причем здесь широко используются фотопроецесами. Пластины большей частью печатают на офсет-машинах. О ф с е т н а я п е ч а т ь

(см. *Обсет, Печатные машины*). Изготовление печатных форм для офсета фотомеханическими методами происходит по такой схеме: на поверхность тонкой цинковой пластины в специальной машине наносится корешок. Назначение его—во время печати в машине удерживать воду в свободных от рисунка местах пластины. Пластина очувствляется, копируется под штриховым или растровым негативом, проявляется и пр., как копия в цинкографском способе. Готовая—перекатанная, травленая и гуммированная—пластина закрепляется в цилиндре офсетной печатной машины. На готовой пластине, как и в глубокой печати, не могут быть сделаны какие-либо поправки самого изображения, поэтому конечный результат зависит от всех предшествующих процессов, начиная от нанесения корешка, съёмки негатива, копирования и т. д. и кончая заключительной отделкой пластины. Особенно сложны многоцветные офсетные Р. п. Их разработано большое количество, но несмотря на это в последнее время появляются все новые, в большинстве случаев патентованные способы; отметим лишь в основных чертах нек-рые из них. Один из старых, часто применяемых у нас способов состоит в том, что три негатива, известным образом снятых со включением светофильтров и растра, копируются на литографские камни, где рисунок тщательно корректируется, а затем, после проверки контрольными оттисками, при помощи переводной бумаги делаются переводы на офсетные пластины. Для печати добавочных красок нек-рые негативы копируются два раза. Если корректурные оттиски с камней имеют еще относительно сносный вид, то этого нельзя сказать о машинных оттисках: при переводах посредством переводной бумаги растровые точки сплющиваются, и рисунок делается от этого значительно грубее, чем он получился на корректурном оттиске. Исполнение печатных форм по другому старому способу (Рейзахера-Герстенлауера) гарантирует более точную репродукцию оригинала. Закладывается он в том, что разложенные при помощи светофильтров на три основных цвета растровые негативы копируются на тонкие цинковые пластинки, которые вытравливаются красочным травильщиком точно так же, как трехкрасочные автотипные клише, затем с них делают переводы на литографские камни, причем, если к репродукции предъявляются высокие требования, прибавляют еще несколько добавочных красок на камне же. После корректур и печатания пробных оттисков при помощи переводной бумаги делаются переводы на офсетные пластины. Первый и второй способы не м. б. признаны рациональными: первый дает сомнительные результаты, второй—слишком сложен и длителен в исполнении. Большинство новейших способов (Мюллера, Гауслейтера, Шуппа и других) построено так, что вся работа корректирования недочетов растровой и трехцветной фотографии производится на негативах и диапозитивах, т. е. ретушью и ослаблением и усилением растровых точек доводятся цветные тона изображения до требуемой силы, и затем исправленные негативы копируются прямо на печатные пластины. Изобретатели различно решают эту задачу: одни снимают оригиналы (со включением светофильтров конечно) через растр и разными способами изготовляют с негативов

диапозитивы, к-рые тщательно корректируют, другие снимают без растра на панхроматических пластинках и после ретуши с негативов в диапозитивной приставке репродукционного аппарата снимают растровые диапозитивы. Последние подвергаются частичному усилению и травлению постепенным прикрыванием законченных мест таким же образом, как при травлении цинковых автотипных клише. Диапозитивы либо непосредственно копируются на печатные пластины либо с них (для обычного способа) разными путями изготовляются негативы, которые также копируются. На другом принципе основан способ Неоколь Мюррея. Изобретателем отпускаются стеклянные пластинки с нанесенным светочувствительным асфальтовым слоем. На эти пластинки копируется растровый негатив; после проявления парафиново-бензоловым раствором получается растровый диапозитив. Нанесением бензолового раствора или легким трением ватным тампоном растровые точки при надобности можно осветлить. Выработка цветных тонов на пластинках собственно происходит на диапозитивах таким же образом, как травление цинковых автотипных клише, лишь с той разницей, что готовые места закрываются цветным раствором гуммиарабика. После выкрывания незакрытые места изображения проявляются бензолом до тонких точек в светах. Неоколь преимущественно применяется в Америке и Англии.

Г л у б о к и й офсет является последним достижением офсетной печати. Причиной разработки его послужило то обстоятельство, что рисунок на печатной пластине, подвергаясь беспорядочному механическому воздействию накатных и увлажняющих валиков и передаточного (резинового) барабана офсет-машины, постепенно стирается и вследствие этого не выдерживает больших тиражей. При глубоком офсете элементы рисунка на печатной форме углублены незначительно, т. е. лежат чуть ниже непечатающихся мест пластины; во время печати поэтому валики меньше соприкасаются с рисунком и пластина не так скоро портится, кроме того рисунок печатается немного сочнее, чем при обычном способе. Для глубокого офсета копируют всегда с диапозитивов, и негативное изображение после травления различными путями превращается в позитивное на самой пластине. При способе Мейзенбаха с цветного оригинала снимаются негативы на сухих пластинках без растра. Полутоновые негативы подвергаются ретуши, затем с них в камере со включением растра изготовляют диапозитивы на мокрых коллодионных пластинках. После сушки диапозитивы смачивают раствором, от к-рого коллодионный слой набухает и остается полувлажным. Затем приступают к корректированию: места, не подлежащие травлению, прикрывают особым лаком, а в остальных местах растровые точки растравливают (уменьшают) ослабителем. Эту манипуляцию с промежуточным постепенным прикрыванием повторяют до тех пор, пока в самых светлых местах не останутся маленькие точки. До сих пор способ Мейзенбаха очень мало отличается от способов Мюллера, Гауслейтера и Шуппа, но главное преимущество способа Мейзенбаха заключается в возможности не только уменьшать, но (что особенно важно) и увеличивать растровые точки.

Корректированные диапозитивы сушат и копируют на цинковые пластины, очувствленные хромированным гуммиарабиковым раствором. Откопированную пластину проявляют особым раствором: после проявления негативное изображение отчетливо выступает на цинке. Проявленную пластину опускают в слабый раствор азотной к-ты; весь рисунок углубляется, и корешок на цинке исчезает; это углубление очень незначительно. Углубленный в цинке рисунок д. б. зажирен; для этой цели пластину либо накапывают переводной краской либо наносят последнюю при помощи тампона. В заключение слой хромированного гуммиарабика удаляется раствором соляной к-ты, после чего на цинке выступает позитивное изображение. Способ Амброгал состоит в том, что на цинковую пластину наносится желатиновый слой, набухающий в растворах, служащих для обработки фототипных пластин, причем на поверхности цинка не наносится корешок. При способе Тутшке печатные элементы не углубляются в пластину, а, наоборот, непечатающиеся места пластины особой манипуляцией поднимаются выше уровня печатных элементов.

**Фототипия**—художественный Р. п., вытесненный теперь более совершенным в экономич. отношении тифдруком. Главная причина этого: с одной фототипной формы можно печатать не более 1 000 оттисков и не более 500 оттисков в день. Фототипия основывается на свойстве освещенной хроможелатины не разбухать в воде, но принимать жирную краску, причем набухшая в воде неосвещенные части краску отталкивают. Т. к. полutoновой негатив имеет множество градаций, то и на печатной форме получают различные градации набухаемости хроможелатинового слоя и соответственно с этим большая или меньшая восприимчивость жирной краски во время печати. Хроможелатиновый слой наносится на зеркальные стекла и соответственной обработкой превращается непосредственно в печатную форму. Во время печатания, происходящего в специальных фототипных машинах, форма перед тиснением оттиска попеременно смачивается и накапывается краской. Фототипным способом м. б. изготовлены также трехцветные репродукции, но это очень сложная работа и обходится дорого. В последнее время вместо плоских стеклянных пластинок стали применять гибкие целлюлоидные фототипные пленки, покрытые желатиновым слоем. Их перед копированием очувствляют хромовыми солями. Пленки приспособливают к печати на типографских машинах, причем их приклеивают к деревянным колодкам и печатают, как клише, одновременно с набором.

**Лит.:** Л а у б е р т Ю. К., Фотомеханика, процессы, 2 изд., М.—Л., 1931; его же, Репродукционная фотография, М.—Л., 1931; Шульц А. К., Фото-репродукция ортохроматическая и трехцветная, Ленинград, 1927; его же, Основы фотомеханики в печатном деле, М.—Л., 1930; Суворов П. И., Краткий курс репродукционных процессов, М., 1931; Ефремов С. В., Глубокая печать, Меццо-тинто, М.—Л., 1928; Русс Р., Основы современной репродукционной техники, пер. с нем., том 1, М.—Л., 1930; А н и с и м о в В. И., Графика, искусство и репродукция, М.—П., 1923; «Полиграфия, производство», М., 1931; R u s s R., Handbuch d. modernen Reproduktionstechnik, V. 1—2, 3 Auflage, Frankfurt a/M., 1926; B l e c h e r C., Lehrbuch d. Reproduktionstechnik, B. 1, Halle a/S., 1923; B r o u m K., Lehrbuch d. Chemigraphie, V., 1924; H ü b l A., Dreifarbenphotographie, 4 Aufl., Halle a/S., 1929; H u s n i k J. u. A l b e r t A.,

Die Zinkhochätzung, 4 Aufl., W.—Lpz., 1930; W a l t h e r G., Der Flach-u. Offsetdruck, B., 1928; G n o t h K., Der Offsetdruck, Lpz., 1929; B r o u m K., Photomechanik f. den Stein- u. Offsetdruck, W., 1929; K r ü g e r G. O., Die Illustrationsverfahren, Lpz., 1929; C l e r g L. P., Les reproductions photomécaniques monochromes, P., 1929; E d e r J. M., Jahrbuch f. Photographie u. Reproduktionsverfahren, Halle a/S., 1928; «Klimesch's Jahrbuch», Frankfurt a/M., 1931, B. 23; «Peouese's Annual», London, 1930, v. 32; «Deutscher Druckers», Berlin, 1931, Jg. 37; «Reproduktion», Frankfurt a/M., 1931, Jg. 2.

Ю. Л а у б е р т.

**РЕПС.** Характерной особенностью репсовых тканей является бороздчатая или рубчатая их структура и поверхность, причем ткани имеют одинаковые лицо и изнанку. Переплетение типичной репсовой ткани является производным от гроденалевого переплетения и имеет большое разнообразие видов: Р. гладкий, сдвинутый, усиленный, смешанный, мебельный, косой, узорчатый и т. п. Из наиболее типичных и распространенных тканей репсового переплетения будут: а) Р. поперечный и б) Р. продольный. Р. поперечный, т. е. имеющий рубчики по ширине ткани, или т. н. основной, вырабатывается так, что уток из двух или более нитей образует рубчики, а основа покрывает эти рубчики сплошным настилом. В этом случае основа берется тонких номеров, а уток более ровных, причем плотность по основе дается возможно большая, чтобы основные нити почти совершенно закрывали уток. Стандартный сорт хлопчатобумажного крученого основного Р. вырабатывается шириною 71 см при основе 32/2 и утке № 12, с плотностью по основе 120, а по утку 69 нитей на 1". Р. крученый тонкий изготовляется в 71 см ширины при основе 32/2 и утке № 20/2, с плотностью по основе 87, а по утку 35 нитей на 1". Р. п р о д о л ь н ы й, т. н. у т о ч н ы й, в к-ром рубчики идут вдоль ткани, образуется из ровной основы в 2, 3 и более нитей, застилаемых тонким утком. В этом случае большая плотность берется по утку.

Р. работает на 4 ремизках—две за 1; проборка Р. основного в 1 нить в галево ремиза и по 3—4 нити в зуб берда; проборка уточного Р.—2, 3 и более нитей в галево ремиза и такое же число нитей в зуб берда. Рубчатая поверхность (по ширине ткани), характерная для репсовых тканей, может иметь место и в тканях гроденалевого переплетения, если в последних будет применено резкое различие между № основы и утка и использована разница в натяжении основных нитей.

Репсовые ткани обычно плотны и прочны. Ткани поступают в продажу белеными, окрашенными в различные цвета и набивными. Употребляются преимущественно для платья. Р. уточный ровный, окрашенный в различные цвета, а также и набивной, под названием Р. мебельного, применяется на обивку мебели и драпри.

С. Молчанов.

**РЕСПИРАТОРЫ,** противогазы, приборы, предназначенные для защиты органов дыхания, зрения и слуха от действия на них вредных газов. Р. бывают двух типов: 1) ф и л ь т р у ю щ и е Р., к-рые работают по принципу фильтрации поступающего в аппарат окружающего воздуха, и 2) и з о л и р у ю щ и е, которые подают воздух или заранее изготовленные запасы или регенерированный в Р. См. Горноспасательное дело и Противогазы.

**РЕССОРА,** упругое соединение между осью и кузовом экипажа, имеющее назначе-

нием: 1) распределить груз повозки, вагона, автомобиля между его осями; 2) смягчить толчки, получающиеся вследствие ударов колес о неровности пути. Р. должны выдерживать, не давая остаточной деформации, действующую на них нагрузку и обладать достаточной упругостью. По типу пружин различают Р. винтовые (спиральные, см. *Пружинны*) и пластинчатые. Пластинчатые Р. состоят из пакета стальных полос, наложенных друг на друга и постепенно укорачивающихся к месту наибольшего изгибающего момента Р., в середине полосы соединены между собой или стяжком болтом или хомутом. Для устранения боковых сдвигов листов служат скобы или хомуты. Кроме того в ж.-д. Р. для той же цели употребляют сталь особой прокатки, при которой она снабжается с одной стороны выпуклым полукруглым ребром, а с другой—таким же углублением.

В зависимости от требований, предъявляемых к Р., им придает соответствующую форму; так, бывают Р., выпрямляющиеся при нормальной нагрузке, Р., выпрямляющиеся при пробной нагрузке, встречаются совершенно прямые Р. или рессоры, обращенные кривизной кизу.

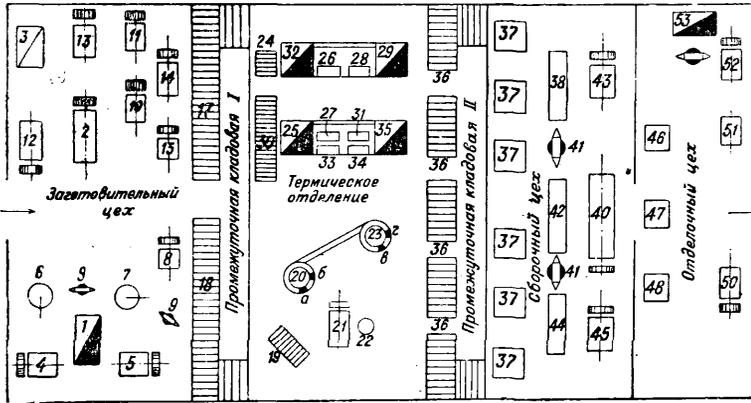
Для Р. применяют сталь следующего состава: 1) рессорная сталь для ж.-д. вагонов—0,4—0,5% С, 0,5—0,65% Si, 0,6—0,8% Mn, S и P < 0,05%; 2) сталь для паровозных Р.—0,45—0,55% С, 1,2—1,8% Si, 0,6—0,8% Mn, S и P < 0,05%. Оба эти сорта рессорной стали обладают следующими механическими свойствами: сырая сталь (отожженная)—временное сопротивление на разрыв  $\sigma_{\geq} 70 \text{ кг/мм}^2$ , относительное удлинение  $\sigma \geq 8\%$ ; термически обработанная сталь— $\sigma_{\geq} 125 \text{ кг/мм}^2$ , предел пропорциональности  $\sigma_p \approx 100 \text{ кг/мм}^2$ ;  $\delta \approx 5 \div 7\%$ ; 3) автомобильная (экипажная) рессорная сталь американского типа—0,35—0,45% С, 1,0—1,3% Mn, 0,25% Si; 4) то же повышенного качества (для грузовых автомобилей)—0,35—0,45% С, 1,0—1,5% Si; 5) то же для очень ответственных рессор для гоночных машин—0,35—0,45% С, 0,50—0,60% Mn, 0,90—1,10% Cu, 0,90—1,10% Si. Автомобильная рессорная сталь высшего качества должна в термически обработанном виде обладать следующими механическими свойствами:  $\sigma_{\geq} 150 \div 160 \text{ кг/мм}^2$ ,  $\sigma_p = 135 \div 145 \text{ кг/мм}^2$ ,  $\delta = 5 \div 7\%$  (расчетная длина образца  $l_0 = 10 d$ ), относительное сечение образца  $\varphi = 30 \div 40\%$ . Поставщиками рессорной стали являются з-ды: «Большевик» в Ленинграде, Златоустинский, Мотовилихинский и им. Томского; паровозостроительные з-ды: Луганский, Брянский, Сормовский. Готовые вагонные Р. должны удовлетворять следующим техническим условиям. У ш к и Р.: а) внутренний диаметр ушка должен соответствовать диаметру валика, причем допуск в сторону увеличения +3%; б) оси ушков д. б. параллельны между собой и перпендикулярны хорде Р. Д л и н а Р. Длина хорды Р. должна соответствовать размеру, указанному на чертеже, с допусками: +0,3%, -0,4%. Ц е н т р а л ь н а я н а с а д к а х о м у т а. Хомут д. б. насажен на равном расстоянии от оси ушков: допуски для Р. с ушками—разница двух промеров центральной насадки хомута не должна превышать 0,3% длины Р. Для Р. с плоским концом разница двух промеров не должна превышать 0,4% длины Р. О п о р н а я п о в е р х

н о с т ь х о м у т а д. б. обработана и параллельна плоскости, проходящей через оси ушков Р. Плотность насадки хомута. Хомут должен прочно сидеть на своем месте. Обычно прочность насадки испытывается при помощи ручника и кузнечной подбойки. Размер опорной поверхности хомута. Длина и ширина опорной поверхности, считая по длине и ширине Р., должны соответствовать размеру, указанному на чертеже, с допусками для длины и ширины -2%. П р и л а д к л и с т о в. Листы Р. должны быть промазаны смесью сала, масла и графита и должны плотно прилегать один к другому как в свободном, так и в нагруженном состоянии. Ф а б р и ч н а я с т р е л а должна иметь значение, указанное на рабочем чертеже. Допуск односторонний +5 мм. П р о в е р к а у п р у г о с т и м а т е р и а л а. Р. трижды испытывается на прессе при нагрузке, вызывающей в листах напряжение 90—100 кг/мм<sup>2</sup>; не д. б. разницы в замерах после 2-го и 3-го обжатия.

Т е х н о л о г и ч е с к и й п р о ц е с с и з г о т о в л е н и я Р. 1) З а г о т о в к а. Резка рессорных листов производится на ножницах непрерывного действия. В момент верхнего положения ножа рабочий продвигает до упора подаваемую ему со склада (по рольгангу) полосу стали, после чего отрезает кусок нужной длины; установка упора производится по имеющейся у него метрич. шкале. Отрезанные листы забираются подсобными рабочими. Как правило для резки дается партия не менее 100 Р., чем достигается экономия времени, потребного для переустановки упора. В обязанности резчика входит наиболее рациональное использование материала, т. е. при резке, особенно в момент, когда заканчивается полоса стали, резчик должен прикинуть, целесообразно ли использовать остающийся конец на размер, по к-рому производится резка, или оставить для следующей партии листов. Для обеспечения минимального количества отходов целесообразно в системе оплаты труда резчиков иметь кроме сдельного заработка премиальную оплату за экономию материала. Обрезка концов наборных листов производится на другом конце тех же ножниц. Сущность обрезки заключается в том, что у концов наборных листов срезаются уголки, причем эта операция производится на специальных ножах, обрезающих сразу два уголка, придавая тем самым трапециoidalную форму концам листов. Указанные выше две операции производятся на ножницах, работающих от самостоятельного мотора и установленных на складе в углубленном помещении. После того как коренные и наборные листы нарезаны, а нужные по типу Р. наборные листы обрезаны, они по узкоколейке перевозятся в заготовительный цех. В последнем (схематич. расположение цеха изображено на фиг. 1) рессорные листы направляются в обработку по двум направлениям: коренные листы—к очковой печи 1, а наборные листы—к дыропробивному прессу 2 или к очковой печи 3. Концы коренных листов нагреваются в очковой печи 1 до 1 000°, после чего они поступают на обрезные прессы 4, 5, где с помощью подвижного упора у них производят срез фаски и дают первичный перегиб конца. Затем (используя тот же нагрев) рабочий подносит лист к завивальному станку 6, 7, где

конец листа со срезанной фаской прижимается к оправке нужного диаметра, а свободный конец листа при помощи рычага поворачивается вокруг оси, после чего деталь станка, прижимающая оправку, поднимается вверх и коренной лист вместе с оправкой переносят

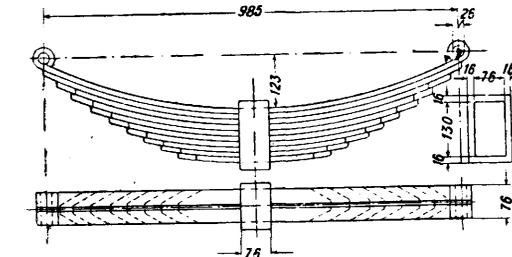
ная (в отношении твердости) сталь заставляют след. образом изменять процесс. 1) Некоторые сорта стали с сопротивлением на разрыв  $\geq 120 \text{ кг/мм}^2$  не поддаются обрезке концов и давке дыр в холодном состоянии. В этих случаях нарезанные на складе листы поступают



Фиг. 1.

к наковальне 9, на которой оправку выколачивают ударом кувалды, а завитое ушко коренного листа оправляют при помощи полукруглой гладилки и нижника. После завитки ушковых коренные листы поступают к дыропробивному прессу 2, где производится пробивка центральных дыр. В случае невозможности пробивки центральных дыр эта операция заменяется сверловкой, к-рая производится на сверлильном станке 15. Нек-рые типы Р. после пробивки или сверловки дыр требуют снятия фасок и подправки на простом шлифовальном станке 8 концов листа. Затем коренные листы перевозят по узкоколейке в промежуточную кладовую I, где их проверяют и укладывают по типам Р. и размерам в стеллажи 17, 18. Наборные листы поступают к прессу 2, где производится пробивка центральных и скобочных дыр. После пробивки центральных дыр наборные листы, не имеющие скобочных дыр, перевозят в промежуточную кладовую I. Наборные листы, имеющие скобочные дыры, после пробивки на прессе 2 передают к сверлильному станку 10, где производят раззенковку скобочных дыр, после чего листы также по узкоколейке перевозят в промежуточную кладовую I. Давка дыр и сверловка их

в заготовительный цех, подаются к очковой печи 3 (фиг. 1), где производится нагрев их как для обрезки концов, так и для давки дыр; самые операции производятся на эксцентриковом прессе 12, причем обе операции производятся по упорам. Дальнейшее движение заготовки в этом случае аналогично указанному выше. 2) Некоторые типы Р. имеют отвальцованные концы наборных листов, в связи с чем процесс заготовки будет следующий. Наборные листы при поступлении в заготовительный цех подаются к очковой печи 3, где концы листов нагреваются до  $900-950^\circ$ , после чего их отвальцовывают на вальцовке 13. После вальцовки листы поступают к эксцентриковому прессу 14, где производится обрезка отвальцованных концов при помощи специальных круглых ножей. Обрезанные листы поступают к прессу 2, где производится пробивка центральных и скобочных дыр. Затем движение заготовки идет нормально. 3) В том

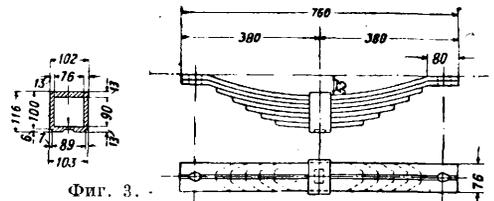


Фиг. 2.

производятся по упорам, имеющим метрич. шкалу. Смена пуансонов и матриц производится дежурным слесарем.

Указанный выше процесс заготовки является основным и касается наиболее распространенных типов Р., напр. вагонной Р. (фиг. 2). Нек-рые типы Р. однако, а также аномаль-

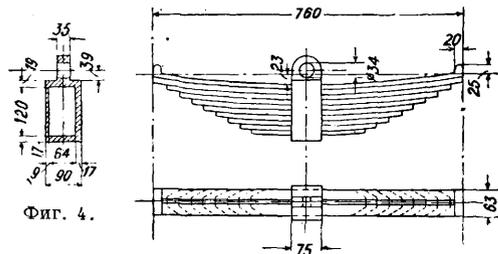
ные в отношении твердости) сталь заставляют след. образом изменять процесс. 1) Некоторые сорта стали с сопротивлением на разрыв  $\geq 120 \text{ кг/мм}^2$  не поддаются обрезке концов и давке дыр в холодном состоянии. В этих случаях нарезанные на складе листы поступают



Фиг. 3.

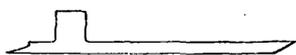
случае, когда тип рессоры требует заточенных фасок листов, эти листы, пройдя все операции заготовки, перед отправлением их в промежуточную кладовую I поступают к простому шлифовальному станку 11, где производится заточка фаски. В качестве образца, отличного от нормального хода производства заготовки, приводим схемы заготовки двух типов паровозных Р. 1) У Р., изображенной на фиг. 3, заготовка идет нормальным путем, только коренные листы, имеющие отверстия, не идут в кузницу, а поступают на печь 3, где после нагрева в них пробивают при помощи специального пуансона на прессе 12 отверстия. Хомут Р. изготовляют из полосового железа нужного размера, причем обычно сначала производят сварку концов, а затем на специальной оправке, сделанной по размеру Р., производят правку хомута или ручным способом при помощи гладилки или под frictionным или воздушным молотом. Фасонную выемку в хомуте производят на фрезерном станке. 2) При поступлении в кузницу на концы коренных листов Р. типа, изображенного на фиг. 4, приваривают железные бабышки или концы высаживают из полосы листа. Затем листы идут нормальным путем на сверловку и другие операции. Хомут куют из квадрат-

ного железа размером 75—80 мм, причем ему предварительно придают общую грубую форму (фиг. 5). Затем концы сваривают и на оправке хомуту придают окончательную форму с соблюдением размеров. Если по технич. условиям требуется значительная точность,



Фиг. 4.

то хомут после кузнечной работы передают на шепинг для строжки, после чего он поступает на разметку и на сверильный станок для сверловки отверстия. Дальнейший ход операций нормальный. Кроме указанных работ в заготовительном цехе производится изготовление скобочек для Р. Полосовое железо для скобочек режется на ножницах, находясь в складе,



Фиг. 5.

откуда заготовка в ящиках доставляется к прессу 2, на котором производится давка дыр, после чего на прессе 4 производится загиб, и готовые скобочки передаются в промежуточную кладовую.

Промежуточная кладовая I. Рессорные листы из заготовительного цеха поступают в промежуточную кладовую I, где производится их приемка качественная и количественная, после чего все листы укладывают в стеллажи 17 и 18 по типам Р. и размерам (номерам) листов. Стеллажи д. б. устроены с отделениями для каждого типа Р. Каждое отделение в свою очередь должно иметь несколько полок для каждого размера листов Р. Стеллажи необходимо построить так, чтобы каждая Р. имела отделение шириной около 500 мм и для каждого размера Р. д. б. ячейка высотой < 250 мм, причем наиболее длинные листы кладут внизу (начиная с коренного).

Термическая обработка ведется в двух самостоятельных направлениях. а) Все рессорные листы менее 950 мм длины при наличии партии, позволяющей загрузить печь не менее как на половину рабочего дня, направляют к карусельной печи 20, которая рассчитывается для одновременной загрузки трех размеров листа. Листы трех размеров укладываются в соответствующие отделения стеллажа 19, откуда они одним рабочим загружаются в печь через окно а. Нагретые листы вынимаются из окна б вторым рабочим, который, вынув лист, подносит его к гибочному станку 21. Последний имеет барабан, в котором помещаются штампующие приспособления для трех листов разного размера; в этом станке одновременно с изгибом производят и закалывание листов. Подойдя с нагретым листом к гибочному станку 21, второй рабочий закладывает лист в барабан, пускает привод и уходит к печи 20 за следующим листом. В то же время третий рабочий, находящийся по другую сторону станка 21, берет отштампованный и закаленный лист (станок останавливается автоматически) и кладет его во вращающуюся воронку 22, предназначен-

ную для стока масла, остающегося на листах после закалки. Из воронки 22 рессорные листы вынимаются четвертым рабочим, к-рый провозит через окно в загрузку карусельной печи 23, предназначенной для отпуска рессорных листов. Отпущенные листы вынимаются из печи 23 через окно с пятым рабочим, который складывает листы около печи, откуда они забираются подсобными рабочими и по узкоколейке отвозятся в промежуточную кладовую II, где все листы принимаются и раскладываются по стеллажам 36. б) Рессорные листы больше 950 мм, а также и меньших размеров, но при мелких партиях Р. из промежуточной кладовой I передаются по узкоколейке к стеллажам 24 и 30, откуда они загружаются в закалочные печи 25 и 32. Все листы в указанных печах подвергаются нагреву до 850°, причем во избежание перегрева загрузка производится постепенно в соответствии с темпом последующего процесса обработки. Нагретые до указанной t° листы поступают к рабочим местам 26, 27, 33, где производится гибка этих листов на шаблонах. Эта последняя операция д. б. произведена возможно быстро т. о., чтобы t° листов не успела опуститься ниже 800—760°; при этой t° и производится фактически закалка Р. После гибки листы опускают в закалочные баки 28, 31 и 34 и кладут на покатые борта этих баков для стекания масла, после чего их загружают в печи 29 и 35, в к-рых производится отпуск. В печах 29, 35, работающих на отходящих газах от печей 25 и 32, листы укладывают на ребро по всему поду печи, после чего загрузочные окна закрывают и листы выдерживают в печах в течение 25—30 м. Когда t° в печах выравнивается до 450°, листы вынимают и складывают около печи (или на вагонетку), откуда их отвозят по узкоколейке в промежуточную кладовую II, где после приемки листы раскладывают по стеллажам 36. Темп-ра как в закалочных, так и в отпускных печах контролируется пирометрами. После термической обработки рекомендуется проверить твердость листов по обоим концам листа шариковой пробой по Бринелю; после закалки твердость должна равняться 500—600, а после отпуска 320—340. Листы, не выдержавшие пробу после закалки, отправляют на перекалку; после отпуска слишком твердые—на дополнительный отпуск, а слишком мягкие—на перекалку. Все листы после отпуска, как указано выше, обязательно поступают в промежуточную кладовую II, где производят количественную и качественную приемку их, после чего их раскладывают по стеллажам соответствующего типа Р. и по размерам листов.

Приладка и испытание. Из промежуточной кладовой II (фиг. 1) листы на вагонетках развозят по плитам 37, где рессорники собирают Р. на специальные ладильные винты, устраняя дефекты штамповки (зазоры, натяжки и т. д.). Готовые Р. передаются или на верстаки 38, 42, 44 или на наковальни 41—в зависимости от веса и размера изготавливаемой Р. На верстаках с помощью ступовых тисков, а на наковальнях с помощью специальных струбцинок Р. собирают на временные болты. Собранные на временные болты Р. передают или на гидравлич. пресс 40 или на приводные прессы 43, 45 для испытания. Упругость Р. зависит от толщины и ширины листов, длины и числа

их и от качества материала. С увеличением толщины листов упругость  $P$  уменьшается пропорционально квадрату изменения, т. е. с увеличением толщины листов в два раза стрела прогиба под действием того же груза уменьшается в четыре раза. Те же последствия получаются при уменьшении длины  $P$ , т. е. с укорочением  $P$  в 2 раза стрела ее прогиба уменьшается в 4 раза. При уширении листов  $P$  упругость ее изменяется пропорционально уширению, т. е. при уширении листов вдвое и стрела прогиба  $P$  уменьшается вдвое. Те же результаты получаются при увеличении числа листов  $P$ . Обычно  $P$  испытывают на грузкой, вызывающей в материале листов напряжения порядка 90—100 кг/мм<sup>2</sup>. Расчеты нагрузки  $P$  в кг ведутся по формуле

$$P = \frac{2n\sigma_b ab^2}{3(L-k)},$$

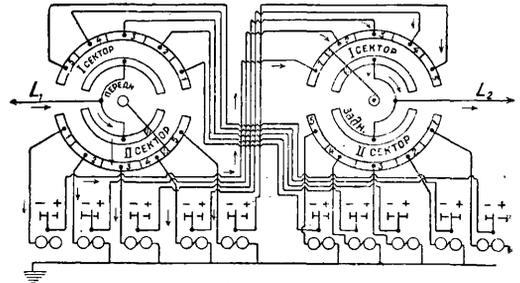
где  $\sigma_b$ —напряжение в кг/мм<sup>2</sup>,  $n$ —число листов,  $a$ —ширина в мм,  $b$ —толщина листа в мм,  $L$ —длина рессоры в мм,  $k$ —ширина хомута в мм.  $P$ , не выдержавшие испытания, т. е. оказавшиеся низкими, дающими остаточную деформацию и т. п., бракуются контролером и в зависимости от причин возвращаются или к рессорщику или на вторичную техническую обработку.  $P$ , выдержавшие испытание и удовлетворяющие требованиям технических условий, с соответствующей пометкой контролера на вагонетке направляются в отделочный цех.

Отделка  $P$ , поступившие в отделочный цех, передают на верстаки 46, 47, 48, где и разбирают; к листам, имеющим отверстия для скобочек, приклепывают скобы, листы смазывают смесью сала с графитом и собирают на постоянный центральный болт, ставят скобочные болты и распорные трубки и, если этого требует тип  $P$ , передают к кузнечной печи 53, где производят нагрев концов и обивку второго листа вокруг ушка коренного листа. Если тип  $P$  требует насадки хомута,  $P$  передают к той же печи 53, где на нее надевают в горячем виде хомуты, к-рые обжимают прессом 52; после обжимки  $P$  замачивают в водяном баке 51. В случаях, когда требуется заточка торцов  $P$ , таковые передаются на шлифовальный станок 50, где торцы затачивают под угольник. Отделанные  $P$  по узкоколейке отвозят в малярную, расположенную при складе готовых изделий, где их красят и просушивают. После просушки  $P$  передают в склад готовых изделий, где происходит приемка их кладовщиками и раскладывание в клетки.

В. Нарский.

**РЕТРАНСМИССИЯ** телеграфная, телеграфная трансляционная установка, в которой телеграфные сигналы, поступающие с одного участка провода, передаются на другой участок не сразу, как это имеет место в обыкновенных телеграфных трансляциях (см.), а сначала накапливаются на приемных электромагнитных приборах, называемых ретрансмиттерами, или повторителями, к-рые сохраняют полученный сигнал до момента передачи на другой участок провода, определяемого ходом соответствующего распределителя. Принцип ретрансмиттерной трансляции для двукратной передачи по аппарату Бодо показан на фиг. 1. Это—т. н. трансляция Бодо типа  $B$ , отличающаяся от обыкновенной трансляции Бодо типа  $A$  тем, что в ней посылки накапливаются до определенного мо-

мента передачи, в то время как в последней передаче следует немедленно после приема. Трансляция типа  $B$  имеет двудисковый распределитель, вращающийся в синхронизме с распределителями оконечных станций, а также других трансляций типа  $B$ , если таковые включены в провод. Каждый диск аналогичен

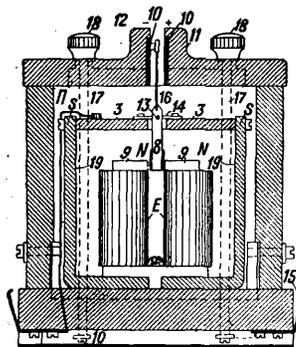


Фиг. 1.

распределителю оконечной станции и обслуживает одну секцию провода. На чертеже показаны для упрощения только основные кольца с сегментами, распределяющие линейные сигналы. Для поддержания синхронизма применяется один из следующих двух способов. а) Трансляция дает коррекционные посылки в обе стороны, для чего передающие секторы каждого диска имеют по два сегмента, соединенных с линейными батареями (плюс и минус), к-рые при вращении щеток один раз в течение оборота посылают коррекционные импульсы на обе оконечные станции, принимающие коррекцию. б) Трансляция на одной стороне снабжена коррекционным механизмом, принимающим коррекцию, а с другого диска сама посылает коррекцию на второй участок линии. Если в проводе имеется только одна  $P$ , то включения коррекции производится по способу «а»; при наличии двух или более  $P$  одна из них включается по способу «а», а остальные по способу «б». На фиг. 1 стрелками показана передача сигналов с линии  $L_1$  на  $L_2$ . Сигналы, поступающие с  $L_1$ , направляются щетками сектора II переднего диска на приемные сегменты 1—5, в которые включены поляризованные реле, язычки к-рых переставляются под действием получаемых сигналов и в зависимости от полярности таковых; переставленный же язычок прижимается к батарейному контакту и сохраняет свое положение под действием постоянного магнитного поля, т. к. реле поляризованы. Щетки на обоих дисках сдвинуты относительно друг друга на 180°; т. о., как это видно из чертежа, передача накопленных сигналов на  $L_2$  с сектора I заднего диска происходит через некоторый промежуток времени (около двух сегментов) после накопления. Накопление и передача посылки в другую сторону, с  $L_2$  на  $L_1$ , происходят симметричным образом с сектора II заднего диска на сектор I переднего. После транслирования полученной комбинации сигналов якоря ретрансмиттерных реле автоматически возвращаются к спокойным (минусовым) контактам. Для этой цели все реле снабжены второй, «отбойной», обмоткой, не показанной на чертеже. Все отбойные обмотки соединяются последовательно, и в эту цепь после окончания передачи пропускается ток от местной батареи через соответствующий сегмент особого местного кольца распределителя, к-рый отбрасы-

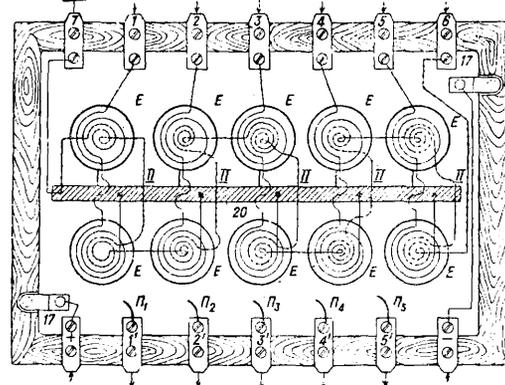
вают обратно к минусовым контактам якоря тех реле, к-рые предварительно были переложены на плюс.

Конструкция ретрансмиттеров. Пять реле, из к-рых состоит ретрансмиттер, монтируются для компактности в общем деревянном ящике, как это показано на фиг. 2 (в разрезе) и фиг. 3 (в плане), где изображен примененный в СССР электромеханический ретрансмиттер, состоящий из пяти полноразмерных электромагнитов *E*. Каждый электромагнит имеет две обмотки: рабочую, включенную между клеммами 1—5 и общей линией 20 (в середине фиг. 3), соединенной через клемму 7 с землей; сопротивление рабочей обмотки—40Ω. Вторые, отбойные, обмотки 11 всех электромагнитов соединены между собою последовательно, составляя в сумме 40Ω; один конец этой цепи выведен в замке 6, а другой в земляную шину. Якоря электромагнитов П<sub>1</sub>—П<sub>5</sub> приключены к клеммам 1—5, расположенным на другой стороне ящика. Крайние клеммы этой



Фиг. 2.

стороны несут плюсовую и минусовую линейные батареи и соединяются через болты 17 и навинчивающиеся головки 18 с контактными шинами 11 и 12 (+ и -). Клеммы оканчиваются контактными пружинами 15 (фиг. 2), к-рые при вставлении ретрансмиттера в гнездо снимаются и плотно прилегают к соответствующим контактным стержням гнезда, к к-рым подведена внешняя проводка. Такое устройство позволяет легко и быстро заменить ретрансмиттер запасным. Электромагнит (фиг. 2) составлен из двух изогнутых в виде угольника стальных магнитов 19, сближенных одноименными полюсами *N*, на к-рые поставлены катушки *E* с железными сердечниками и полюсными надетками 9. Концы *S* магнитов скреплены пластинкой 3 из мягкого железа, состоящей из двух половинок, разъединенных медными надетками 14, между к-рыми вставлен вертикальный железный якорь 8, качающийся на оси 13 и продолженный другим стальным язычком 16, имеющим на верхнем конце серебряную пластинку, к-рал в зависимости от положения якоря прилегает к контактам 10 одной из батарейных ламелей 12 (спокойной) или 11 (рабочей). Постоянный магнитный поток от обоих полюсов *N* проходит двумя ветвями из полюсных надеток 9 через якорь и затем замыкается соответственно

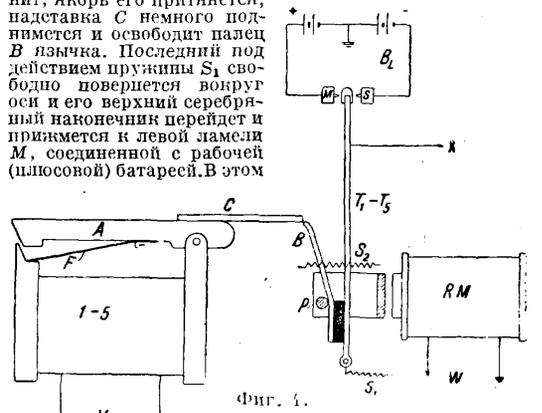


Фиг. 3.

через левую и правую пластины 3 на полюсе *S*. Т. к. ось 13 якоря расположена по нейтральной линии, то якорь будет в безразличном положении, прижмется к тому полюсу, к к-рому он будет отведен с силой, пропорциональной квадрату разности магнитных потоков  $(\Phi_1 - \Phi_2)^2$  или  $(\Phi_2 - \Phi_1)^2$  (см. Реле телеграфа но е). Для передвижения якоря на рабоче положение пропускают через обмотки ток в таком направлении, чтобы он усилил полярность *N* в левой катушке и ослабил в правой. Тогда при условии  $\Phi \gg \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{2}$  (где  $\Phi$ —интенсивность магнитного потока, развиваемого током,  $\Phi_2$ —ветвь постоянного потока правой катушки,  $\Phi_1$ —левой) нижний конец якоря передвинется к левому полюсу,

а язычок прижмется к контакту 10 рабочей (плюсовой) ламели 11. Якорь притягнет к левому полюсу под действием силы, пропорциональной  $(\Phi_1 - \Phi_2)^2$ , и будет держаться у него до тех пор, пока через обмотки не будет пропущен отбойный ток обратного направления, к-рый усилит правую катушку и тем передвинет якорь в исходное положение. Чтобы ограничить прилипаение якоря к полюсам, к обеим сторонам его припаяна тонкая медная пластинка. В этом электромагните для обеспечения хорошего нажатия язычка на контакт магнитное поле берется особенно сильным, почему для уверенного передвижения якоря требуется сила тока ок. 100 мА. Поэтому ретрансмиттеры описанного типа не могут включаться непосредственно в провод, как это показано на фиг. 1, а работают в местной цепи, замыкаемой посредством чувствительного линейного реле (фиг. 5).

Второй тип ретрансмиттера, примененный во Франции и других странах, основанный на электромеханич. действии, показан схематически на фиг. 4. В общей коробке установлено 5 приемных электромагнитов 1—5 такого же типа, как на современных франц. приемниках Бодо. Якорь *A* поддерживается в спокойном положении бронзовой плоской пружиной *F*. Надставка якоря *C* задерживает палец *B* ретрансмиттерного язычка *T* и препятствует спиральной пружине *S*<sub>1</sub> отstrarь его от спокойной ламели *S* линейной батареи *В*<sub>1</sub>. Когда же от соответствующего приемного сегмента распределителя пройдет рабочий ток через присмычный электромагнит, якорь его притянется, надставка *C* немного поднимется и освободит палец *B* язычка. Последний под действием пружины *S*<sub>1</sub> свободно повернется вокруг оси и его верхний серебряный наконечник перейдет и прижмется к левой ламели *M*, соединенной с рабочей (плюсовой) батареей. В этом



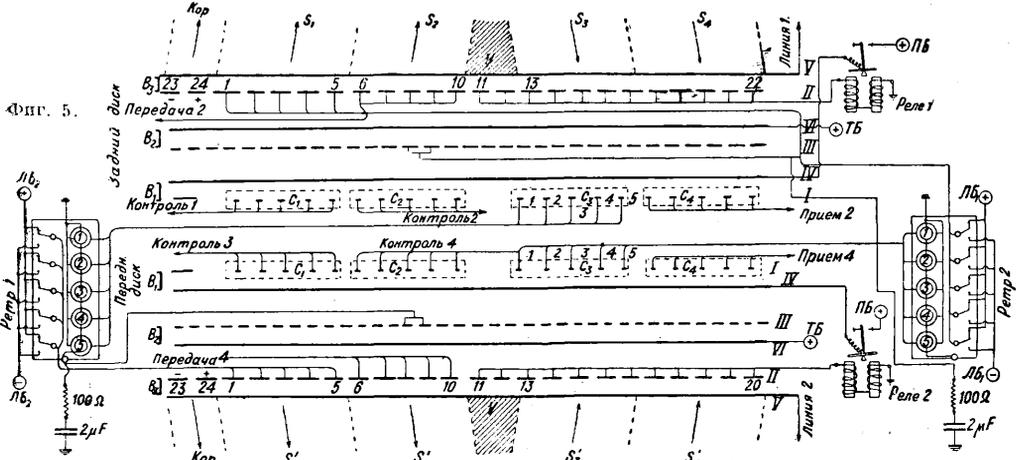
Фиг. 4.

положении язычок *T* останется заблокированным наивследствие натяжения пружины *S*<sub>1</sub>, так и в виду того, что палец *B* подойдет под надставку *C* якоря, которая будет давить на него книзу под действием плоской пружины *F*. Напротив пяти приемных электромагнитов расположен общий отбойный электромагнит *RM* такого же типа, как на манипуляторах (клавиратурах) Бодо. Якорь его, оттягиваемый пружиной *S*<sub>2</sub>, имеет поперечный штифт *P*, охватывающий все 5 ретрансмиттерных язычков. Когда отбойный электромагнит получит импульс тона от местной батареи через соответствующий тактовый сегмент распределителя по окончании передачи, якорь его притягивается и штифт *P* отбрасывает направо все повернувшиеся ретрансмиттерные язычки и, подводя пальцы *B* в упор с надставками *C*, восстанавливает исходное положение. Чувствительность электромеханич. ретрансмиттеров вдвое больше, чем описанных выше электромагнитных: они требуют для уверенного действия силы тока всего 50 мА. Отбойный электромагнит требует 200—250 мА совершенно так же, как в клавиатуре Бодо (на фиг. 4: *V*—от приемных сегментов, *W*—к тактовым сегментам, *X*—к сегментам передачи).

На фиг. 5 изображен в развернутом виде распределитель 4-кратной *P*. сист. Бодо-системкс. Распределитель состоит из двух одинаковых дисков, имеющих общую ось. Диски тождественны окошечным 24-контактным станциям однодисковой системы. Задний включен в линию первую, передний в линию вторую. Обе стороны показаны на схеме включенными на послыку коррекции. Коррекционные импульсы посылаются: с 23-го контакта рабочей (минус) и 24-го ток покоя (плюс). Первые два сектора каждой стороны: *S*<sub>1</sub>, *S*<sub>2</sub> и *S*'<sub>1</sub>, *S*'<sub>2</sub> включены на передачу, последние два: *S*<sub>3</sub>, *S*<sub>4</sub> и *S*'<sub>3</sub>, *S*'<sub>4</sub>—на прием. Между *S*<sub>2</sub> и *S*<sub>3</sub> происходит перемена направления передачи, вследствие чего первый приемный импульс, передаваемый оконечной станцией линии первой вслед за получением ею последнего импульса от сектора *S*<sub>2</sub>, т. е. начиная с контакта 11-го, приходит на ретрансмиттерную станцию с запаздыванием, равным двойному времени прогота тока по проводу, т. е. с контакта 10-го *S*<sub>1</sub> на контакт 10-й оконечной станции и контакта 11-го последней на соответственный контакт *S*<sub>3</sub>. В данном случае

запаздывание предполагается предельным, на которое рассчитан распределитель, именно в два контакта, что соответствует ок. 700 км железного 5-мм провода. Т. о. начало приема на  $S_2$  попадает на 13-й контакт и конец  $S_4$  на 22-й контакт. Для того чтобы приемные импульсы, направленные в обмотки поляризованного реле Водо 1-го, действовали на подлежащие электромагниты ретрансмиттеров, или приемников, соединенные с по-

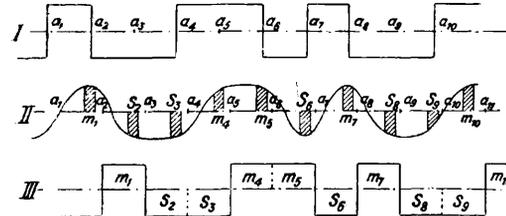
риемных контактов на секторах  $S_3$ ,  $S_4$  и подлежащей их ориентировке ретрансмиттеры (а также и приемники при оконечной работе) приводятся в действие только средней, неискаженной частью сигналов, почему возможные искажения получаемых импульсов далее не передаются, а на другую станцию посылаются восстановленные сигналы (или, как говорят, регенерированные) в таком самом виде, в каком они исходили от пере-



Фиг. 5.

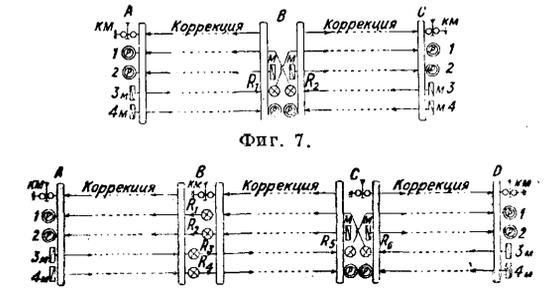
следними секторами 1-го кольца  $S_1$ — $S_4$  делаются передвижными, и  $S_3$ — $S_4$  передвигаются так, чтобы получался правильный неискаженный прием. При такой установке «приемной» позиции середина укороченного контакта 1-го сектора  $S_3$  станет против середины 13-го контакта  $S_2$  и т. д. Отметим, что контакты секторов  $S_1$ — $S_4$  укорочены до 1/2 контактов  $S_1$ — $S_4$  с целью исправления искаженных сигналов. Сигналы, получаемые с  $S_3$ , направляются в реле 1-е, язычок которого переключается в зависимости от полярности сигналов и при получении рабочих (минусовых) импульсов переключается к правому контакту, чем замыкает местную петлю а т а ю щ ю батарею ЛБ через кольцо I и контакты  $S_3$  последовательно на электромагниты ретрансмиттера I. Те электромагниты, к-рые попадут на рабочее (минусовое) положение язычка реле, получат импульсы от ЛБ и переключат свои якоря к рабочим контактам, соединенным с батареей —ЛБ<sub>2</sub>. Якоря неподдействовавших электромагнитов останутся на батарее плюса +ЛБ<sub>2</sub>. В результате на ретрансмиттере I будет накоплена такая же комбинация пяти импульсов, какая послана оконечной станцией. Накопленная комбинация будет передана некоторое время спустя, когда щетка В<sub>2</sub> переднего диска пройдет по контактам 1—5 второго кольца, причем через кольцо V импульсы будут посланы на линию вторую. По окончании передачи с кольца VI, соединенного с местной тактовой батареей ТБ, через щетку В<sub>2</sub> и контакты 8 и 9 кольца III посылается ток в последовательно соединенные отбойные обмотки электромагнитов, что возвращает якоря в спокойное положение. Для предупреждения экстраотной размывания, к-рые могут в моменты разрыва отбойной цепи повысить напряжение и создать опасность пробивки обмоток, отбойная цепь

дающей станции. Кривые на фиг. 6 поясняют этот процесс. Кривая I показывает форму сигналов, исходящих от первой оконечной станции; II—искаженные сигналы, получаемые на реле Р; заштрихованные столбики—отсеченные части сигналов, действующие на ретрансмиттеры; III—вид сигналов, повторенных ретрансмиттерами и посланных на линию вторую. Эти сигналы вполне тождественны кривой I, но только сдвинуты по фазе



Фиг. 6.

зашунтирована конденсатором в 2 мкФ с последовательно включенным сопротивлением в 100 Ом. Обратная передача с линии второй на первую производится таким же образом с сектора  $S'_2$  на  $S'_1$ , через ретрансмиттер 2. В четные секторы  $S'_2$  и  $S'_4$  обеих сторон можно по желанию или включить вторую пару ретрансмиттеров и получить полную ретрансмиттерную трансляцию (типа В), или же в секторы  $S'_1$  и  $S'_3$  включить клавиатурные передатчики, а в  $S'_2$  и  $S'_4$  приемники, такие же, как на оконечных станциях. Тогда получится Р. с промежуточным действием, т. е., осуществляя на двух секторах трансляционную передачу, Р. одновременно будет работать с каждой из оконечных станций. Благодаря укорочению



Фиг. 7.

Фиг. 8.

на время ретрансмиттерного процесса. На фиг. 7 показана принципиальная схема ретрансмиттерного сообщения между станциями А—В—С с установкой на станции В Р. типа, объясненного на фиг. 5. При этом осуществляются 3 двукратные связи АС, АВ и ВС. Предельная дальность такой связи 2 × 700 = 1400 км по железному проводу. На фиг. 7: М—клавиатура, Р—приемник Водо, R—ретрансмиттер, КМ—коррекционный электромагнит. При больших расстояниях, до 2100 км, устраивают связь по схеме фиг. 8, установив еще полную ретрансмиттерную трансляцию на станции В. Получаются 3 двукратные связи АD (через 2 ретрансмиттера), АС (через 1 ретрансмиттер) и CD (непосредственно). Подобно симметричным Р. устраиваются также Р. для дуплексной работы.

Лит.: Стоп А., Учебная книга по телеграфии, Москва, 1932; Гаррисон Г. Г., Буквопечатные телеграфные аппараты и механизмы, М., 1926; Ивановский И. Н. А., Многократный телеграфный аппарат Водо, М., 1930. Г. Дашкович.

**РЕФЛЕКСНЫЙ ПРИЕМ**, способ радиоприема, при котором одна или несколько ламп приемника используется сначала для усиления колебания высокой частоты и затем, после детектирования, вторично для усиления токов низкой частоты. Рефлексные приемники были в употреблении первые годы применения электронных ламп в радиотехнике и в начале периода развития радиовещания. Лампы в то время были наиболее дорогими и сложны-

ми частями устройства, и их старались использовать возможно эффективнее, требования же к качеству приема не были особенно высокими. Рефлексные схемы вследствие наличия обратной связи работают не вполне устойчиво, более сложны в обращении и дают не вполне чистую передачу. В настоящее время они не применяются вследствие указанных недостатков и вследствие перехода к специальным лампам (см. *Лампа электронная*) для различных функций: для усиления высокой частоты—к экранированным лампам, для усиления низкой частоты—к специальным триодам и *пентодам* (см.).

Л. Сленин.

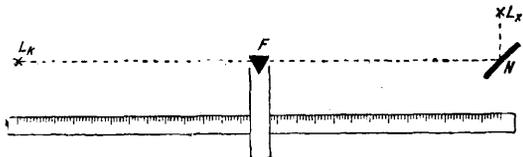
**РЕФЛЕКТОМЕТР**, прибор для измерения коэф-та отражения. Существующие Р. делятся на ряд типов: 1) для измерения коэф-та зеркального отражения (к. з. о.), 2) коэф-та диффузного отражения (к. д. о.), 3) полного коэф-та отражения (п. к. о.), 4) коэф-та отражения по спектру и т. п. (все определения см. *Фотометрия*).

Р. для измерения коэф-та зеркального отражения. При измерении к. з. о. измеряют или отношение отраженного от зеркала светового потока



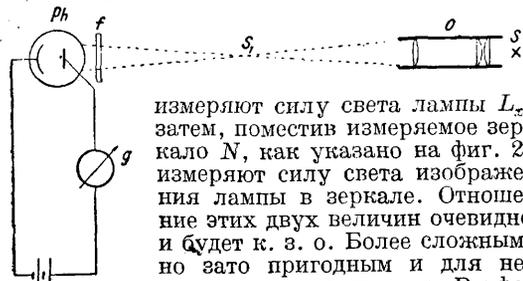
Фиг. 1.

к потоку, падающему на зеркало, или отношение яркости изображения предмета в зеркале к яркости самого предмета. Первый способ вытекает из самого определения к. з. о., а второй—из основного оптич. соотношения,



Фиг. 2.

согласно которому яркость изображения в зеркале равна яркости предмета, умноженной на к. з. о. Простейшим Р. первого типа для измерения к. з. о. плоского зеркала может служить фотометрич. скамья или любой фотометр. При этом (фиг. 1,  $L_k$ —эталонная лампа,  $F$ —призма с большими гранями) сначала



Фиг. 3.

измеряют силу света лампы  $L_k$ , затем, поместив измеряемое зеркало  $N$ , как указано на фиг. 2, измеряют силу света изображения лампы в зеркале. Отношение этих двух величин очевидно и будет к. з. о. Более сложным, но зато пригодным и для неплоских зеркал, является Р. с фотоэлементом. Устройство его показано схематически на фиг. 3:  $P_h$ —фотоэлемент со светофильтром  $f$  (приравнивающим фотоэлемент по кривой чувствительности к глазу),  $O$ —осветитель, дающий изображение нити  $S$  в  $S_1$ ,  $g$ —гальванометр, измеряющий

фототок. При измерении к. з. о. сначала располагают фотоэлемент и осветитель, как показано на фиг. 3, и при этом измеряют фототок. Затем ставят зеркало  $N$  и измеряют фототок при расположении, показанном на фиг. 4. Изображение нити  $d. б.$  при этом возможно ближе к зеркалу. Отношение фототоков дает прямо к. з. о. зеркала. Для измерения к. з. о. по яркости существуют две схемы. Одна, разработанная в Госуд. оптическом институте (ГОИ), состоит в том, что перед зеркалом помещают освещенную магниевую пластинку, и при помощи фотометра измеряют ее яркость и яркость ее изображения в зеркале. Отношение измеренных яркостей дает к. з. о. Более удобным видоизменением этой схемы является Р., изображенный на фиг. 5:  $A$ —фотометр Вебера с вынутыми окуляром и рассеивателем; глаз смотрит сквозь фотометрич. кубик  $K$  на измеряемый объект. К передней части трубы фотометра прикреплен на шарнире осветитель  $O$  с молочным стеклом, освещенным изнутри лампой  $L$ . При измерениях сначала ставят осветитель в положение, указанное на фиг. 5, и измеряют его яркость  $B_s$ ; затем поворачивают осветитель и, придвинув прибор к зеркалу (фиг. 6), измеряют яркость  $B_s$  изображения  $O'$  в зеркале. Отношение измеренных яркостей равно к. з. о.:

$$\rho_s = \frac{B_s}{B_0}$$

Р. для измерения диффузного отражения. По определению Ламберта диффузное отражение характеризуется тем, что яркость поверхности постоянна по всем направлениям. В силу этого отраженный световой поток  $F_d$  выражается:

$$F_d = \pi B_d$$

Простейшим Р. для таких поверхностей может служить обыкновенный люксметр (см.), градуированный на яркости. Для измерения люксметром к. д. о. измеряется освещенность на диффузной поверхности; затем рассеивающая пла-



Фиг. 6.

стинка из люксметра вынимается и измеряется яркость изучаемой пластинки. В этом случае яркость поверхности пропорциональна освещенности на ней, умноженной на к. д. о. Т. к. поверхности не обладают вполне диффузным отражением и лишь некото-

рые из них более или менее приближаются к нему, то для измерения к. д. о. необходимо непосредственно измерять отраженный поток. К. д. о. является функцией не только вещества, но и способа освещения, поэтому, приводя к. д. о. какого-либо вещества, необходимо оговорить, при каком освещении он получен. Ниже описывается ряд способов для измерения к. д. о. диффузных поверхностей. В большинстве из них применяется шар Ульбрихта (см. *Фотометрия*).

1. Р. Тейлора (фиг. 7). В шаре Ульбрихта измеряемый образец закрывает небольшое отверстие в стенке; параллельный пучок от осветителя  $T$  направляется на образец; через отверстие  $C$  измеряется яркость  $B'$  какого-либо элемента стенки; эта яркость  $B'$  пропорциональна световому потоку  $F'$ , отраженному образцом:

$$B' = kF'$$

где  $k$ —константа, определяемая свойствами данного шара. При этом элемент стенки, яркость которого измеряется, д. б. защищен от прямых лучей образца экраном. Затем пучок от осветителя направляется на стенку шара и опять измеряется яркость  $B_0$  элемента стенки шара (не того, на к-рый падает пучок):

$$B_0 = kF_0,$$

где  $F_0$ —световой поток, падающий на стенку шара или на образец. Таким образом к. д. о.

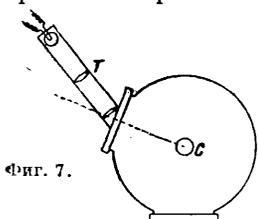
$$\rho_c = \frac{B'}{B_0}.$$

В этом случае измеряют полный к. д. о. при освещении параллельным пучком, падающим под выбранным углом.

2. Метод Шарпа, Литля и Каррера. В ряде практич. случаев представляет интерес изучение отражательных свойств поверхностей при вполне диффузном освещении. При смешанном отражении имеет большой смысл ввести понятие видимого к. о. (к. о. по данному направлению) как отношение яркости поверхности по данному направлению  $B(\theta', \varphi')$  к яркости источника  $B_0$ , которая при вполне диффузном источнике постоянна по всем направлениям:

$$\rho_u = \frac{B(\theta', \varphi')}{B_0}.$$

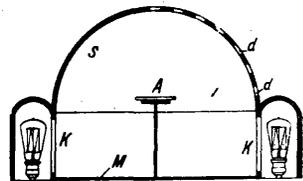
В Р. сист. Каррера (фиг. 8) также использован шар Ульбрихта, но с целью получения равномерного, вполне диффузного освещения, а не интеграции отраженного потока. Пучок света от источника  $L$  направляется на стенку шара. Измеряемый образец занимает небольшую часть стенки шара  $S_p$ . Он закрыт от прямых лучей, идущих от освещенного пятна,



Фиг. 7.

экраном  $C$ . Благодаря многократным отражениям яркость стенок получается равномерной ( $B_0$ ), т. е. образец освещен вполне диффузным источником, распределенным на телесном угле  $\pi$ . Освещенность единицы поверхности образца равна  $\pi B$ . Фотометром измеряется яркость образца по некоторому постоянному направлению и яркость близлежащей стенки шара. Их отношение дает видимый к. д. о. Этот метод весьма пригоден как сравнительный для поверхностей, обладающих одинаковыми (или весьма близкими друг к другу) отражающими свойствами.

3. Полусферический Р. Мак Николаса, разработанный в Бюро стандартов США, в нек-рой степени является более совершенным, чем описанные выше Р. На фиг. 9 ( $K$ —молочное стекло,  $M$ —черное дно) приведена несколько упрощенная его конструкция. Осветителем служит полусфера  $S$ , окрашенная хорошо рассеивающей краской ( $ВаО_4$ ) и освещенная лампами, имеющая постоянную яркость; в центре полусферы лежит образец  $A$ , на единицу поверхности которого падает световой поток  $F_0 = \pi B_0$  ( $B_0$ —яркость полусферы). Через отверстия  $d$  в полусфере, расположенные в меридиональной плоскости, фотометром можно измерять яркость образца  $B'(\theta', \varphi')$  под разными углами наблюдения. Разберем три случая отражающих свойств образца. а) Зеркальное отражение. В этом случае отношение видимой яркости образца по данному направлению к яркости полусферы даст прямо к. з. о. для угла падения равного углу наблюдения при направленном освещении. б) Вполне диффузное отражение. В этом случае к. д. о., как видимый  $\rho_d$ , так и полный  $\rho_c$ , будут равны отношению яркости образца к яркости полусферы:



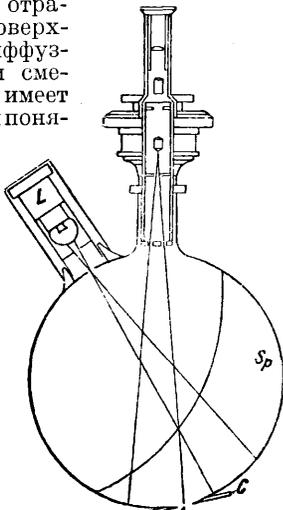
Фиг. 9.

$$\rho_d = \rho_c = \frac{B'}{B_0}.$$

в) Смешанное отражение. В случае смешанного, не могущего быть описанным каким-либо простым законом распределения отраженного потока, измерения яркости образца по данному направлению, будучи отнесены к яркости полусферы, дадут видимые к. о. Измерив яркости под разными углами наблюдения, можно вычислить полное значение отраженного потока:

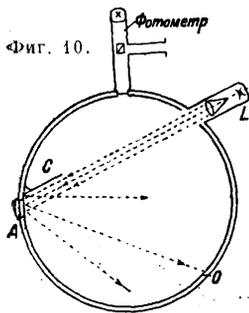
$$F' = 2\pi \int_0^{\frac{\pi}{2}} B'(\theta', \varphi') \cos \theta \sin \theta \, d\theta.$$

Полученная величина, будучи разделена на  $F_0 = \pi B_0$ , дает полный к. о. при диффузном освещении. Теми же отверстиями можно воспользоваться для направления на образец параллельного пучка под разными углами падения. Измеряя яркость полусферы, освещенной отраженным потоком образца, равномерную по всей полусфере благодаря свойствам сферич. поверхности, можно легко получить полные к. о. для разных углов падения направленного освещения параллельным пучком. Этот Р. наиболее универсален, т. к. позволяет измерять п. к. о. при различных случаях освещения.



Фиг. 8.

4. Метод международной комиссии. Во многих случаях смешанное отражение является просто суперпозицией зеркального отражения, локализованного на поверхности вещества, и рассеяния, близкого к Ламбертовскому в его середине; примером такого вещества является фарфоровая эмаль. Соответственно этому п. к. о. отражения такого вещества м. б. разделен на коэф. зеркального отражения и коэф. диффузного отражения. Дабы ввести какую-то стандартизацию в характеристику отражающих свойств светотехнич. веществ, Международная осветительная комиссия в 1928 г. предложила выдвигать



Фиг. 10.

ннейший Р. сист. Тейлора, изображенный на фиг. 10. Направляя пучок света от осветителя  $L$  на образец  $A$  и измеряя яркость стенки, можно получить к. о. ( $C$ —экран). Если открыть отверстие  $O$ , расположенное симметрично, зеркальное отражение выйдет наружу и измерение яркостистенки в этом случае даст

к. д. о.  $e_d$ , а разность  $e_c - e_d = e_s$  ( $e_s$ —к. з. о.). Благодаря ряду недостатков этот метод до сего времени широкого распространения не получил. Практически существенным все же является вопрос о разделении зеркального и диффузного отражений (напр. для тканей). Для этой цели служит т. н. «глянцмессер». В глянцмессере сравнивается интенсивность света, отраженного под углом зеркального отражения, с интенсивностью света, отраженного под углом  $30^\circ$ . В последнее время появились весьма удачные попытки применить для Р. в качестве интегратора поверхность фотоэлемента, в частности купроксидного, т. к. в этом фотоэлементе поверхность не защищена стеклом. Технич. завершения этой попытки пока еще не получили.

Селективное отражение. Для измерения к. о. по спектру не существует специальных Р. Если требуется сравнительно небольшая точность, то измерения производятся при помощи вышеописанных Р., при этом соответствующими светофильтрами выделяют нужные участки спектра. При точных измерениях используются более точными способами монохроматизации. В качестве рефлектометра может применяться любой спектрофотометр (например спектрофотометр Кёниг-Мартенса). Для невидимых частей спектра применяются для ультрафиолетовых лучей фотографический метод и для инфракрасных лучей термоэлектрический метод (работы Кобленца, Гульбурга и др.).

Лит.: Гуревич М. М., Сборник статей по проекторостроению, М.—Л., 1931; Зильберблатт Я. Б., «Светотехника», 1932, 5; Гинзбург В. Л., Отражающие свойства эмали, там же, 1932, 3; Mc Nicholas H., Absolute Methode in Reflectometry, «Research Papers», 1928, 3; K a r r e r E., Use of the Ulbricht Sphere in Measuring Reflection a. Transmission Factors, «Scientific Papers of the Bureau of Standards», Wash., 1924, 415; T a y l o r A., Measurement of Diffuse Reflection Factors a. a New Absolute Reflectometer, ibid., 1920, 391; Handbuch d. Physik, herausgegeben v. H. Geiger u. K. Scheel, B. 19, Berlin, 1928; H u l b u r t, The Reflection Power of Metals in the Ultraviolet Region of the Spectrum, «Astrophysical Journal», 1915, v. 42, 3, p. 203; W a l s h J., Photometry, London, 1926; S c h a e f f e r C l. und M a t o s s i E., Das Ultra-rot Spectrum, Berlin, 1930.

В. Фабрикант и В. Гинзбург.

РЕФЛЕКТОР, отражательный телескоп, оптический инструмент, назначенный для рассматривания небесных тел, в котором действительное изображение рассматриваемого предмета получается с помощью вогнутого отражающего зеркала. Вогнутое зеркало дает действительное изображение бесконечно удаленного предмета, небесного тела, в главном фокусе на расстоянии от зеркала, равно половине радиуса кривизны зеркала. Получаемое от зеркала изображение рассматривается с помощью лупы—окуляра. Совокупность зеркала и окуляра и составляет Р. Изображение, даваемое зеркалом, лежит впереди зеркала на пути падающих лучей, и для того чтобы голова наблюдателя не задерживала падающих лучей, предложено несколько способов расположения частей Р. 1) По способу Гершеля зеркало, дающее изображение, несколько наклонено к оси трубы, так что изображение получается у края трубы в  $F'$  (фиг. 1), где оно



Фиг. 1.

и рассматривается окуляром, установленным таким образом вне хода падающих лучей. Такая система применима к зеркалам весьма большого диаметра. По этой системе были устроены телескоп самого Гершеля с диаметром зеркала около 125 см (50 дм.) и телескоп лорда Росса с диаметром зеркала около 175 см (72 дм.). Наклонное положение зеркала вызывает большие aberrации, и изображение получается плохое. В настоящее время Р. системы Гершеля более не употребляются. 2) По способу Ньютона сходящиеся лучи, которые идут от главного зеркала Р., отражаются в сторону небольшим плоским зеркалом, расположенным под углом в  $45^\circ$  к оси большого (главного) зеркала, и дают изображение в  $F'$  (фиг. 2) перед окуляром, вделанным



Фиг. 2.

в трубку в боковой стенке трубы. Вместо плоского зеркала выгоднее пользоваться призмой с полным внутренним отражением. Потеря света вследствие экранирования плоским зеркалом или призмой невелика и в больших Р. обычно не превосходит 15%. Если Р. предназначается только для фотографич. работ, то плоское зеркало не нужно, и небольшая кассета с фотографич. пластинкой помещается непосредственно в фокусе на тонких держателях. 3) По способу Кассегрена вместо плоского зеркала помещается небольшое выпуклое зеркало, имеющее форму гиперболоида вращения и удлиняющее фокусное расстояние главного зеркала. Пучок сходящихся лучей, отразившись от этого выпуклого зеркала, делается менее сходящимся и дает изображение в  $F'$  (фиг. 3), где и рассматривается окуляром, вставленным в круглое отверстие, сделанное в середине главного зеркала. Иногда вместо отверстия, к-рое может нарушить правильность фигуры главного зеркала, перед

его поверхностью помещают еще небольшое плоское зеркало (фиг. 4), имеющее то же назначение, какое имеет плоское зеркало в сист. Ньютона. 4) Наконеч четвертый способ даст



Фиг. 3.

сист. Грегори, в которой дальше главного фокуса большого зеркала, следовательно уже в пучке расходящихся лучей, помещается вогнутое зеркало, отражающее лучи обратно к



Фиг. 4.

главному зеркалу и дающее изображение в  $F$  (фиг. 5), где оно и рассматривается окуляром, вставленным в круглое отверстие, проделанное в середине главного зеркала, как и в сист. Кассегрена. Сист. Кассегрена и Грегори имеют перед сист. Гершеля и Ньютона то преимуще-



Фиг. 5.

ство, что дают возможность соответственным подбором зеркал в значительной степени избавиться от влияния сферич. аберрации на изображение. Преимущество Р. сист. Кассегрена перед Р. сист. Грегори заключается в его меньшей длине при том же фокусном расстоянии зеркала. Большие современные отражательные телескопы делаются лишь типов Ньютона и Кассегрена, причем часто путем смены наружного конца трубы является возможность менять одну систему на другую, а в сист. Кассегрена, ставя различные гиперболич. зеркала, и менять в широких пределах эквивалентное фокусное расстояние.

Главная часть рефлектора—большое зеркало. В качестве материала для этого зеркала прежде употреблялся особый сплав меди и олова (с содержанием 68,2% Cu и 31,8% Sn), отличающийся хорошей отражательной способностью, твердостью и легко полирующийся. Это т. н. сплав лорда Росса. Чрезвычайно трудная и сложная техника изготовления больших металлических зеркал почти всецело разработана в Англии трудами лорда Росса, Гершеля и Коммона, которые сами строили свои телескопы. Однако металлические зеркала представляют значительные неудобства вследствие большого веса, легкой деформируемости, в частности при изменениях  $t^\circ$ , и необходимости в случае потускнения вновь применять весьма сложный процесс переполитровки. Поэтому Фуко предложил заменить металлические зеркала стеклянными вогнутыми чечевицами, приготовленными обычным способом и посеребрёнными с наружной поверхности осаждением на ней химич. путем тончайшего слоя серебра. Стеклянные зеркала менее тяжеловесны, легче изготавливаются и хотя несом-

ненно тускнеют быстрее металлических, но легче исправляются новым посеребрением. Для изготовления зеркала прежде всего отливается толстый диск однородного стекла, не имеющий таких дефектов, которые в оптич. отношении могли бы оказать вредное влияние (свилы, пузырьки, неравномерное натяжение). Затем одна поверхность такого стекла (наружная) подвергается шлифовке, причем сначала ей придается сферич. форма. Шлифовка производится при помощи наждака в особых шлифовальных чашках—механич. путем, на станке. Отшлифованная чечевица исследуется (например при помощи сферометра) относительно правильности величины кривизны ее поверхности, после чего уже производится более тонкая шлифовка. После шлифовки чечевица подвергается полировке, сначала общей и наконец местной для окончательного придания поверхности чечевицы надлежащей формы. Трудность всех этих постепенных процессов при переходе от одного к другому возрастает в весьма значительной степени, причем толщина слоя, снимаемого с поверхности при каждом из этих процессов, постепенно уменьшается от нескольких мм до ничтожных долей мм. Самым трудным и ответственным процессом является местная полировка, или ретушь, требующая громадной опытности и умения и производимая от руки. Этим процессом сферич. поверхности и придается окончательно параболич. форма. Чтобы перейти от сферы к параболоиду, даже у больших зеркал приходится снимать с краев стекла слой чрезвычайной тонкости. Так, в большом зеркале отражательного телескопа Росса толщина снятого на краях слоя равнялась  $\frac{1}{400}$  мм. Шлифование весьма больших чечевиц требует нередко применения особых приемов, возникших в результате творческой работы специалистов-мастеров, притом нередко применительно к данному частному случаю.

Параболич. зеркало строго соединяет в одну точку лучи, идущие параллельно его оси. При удалении от оси, т. е. обр. вследствие комы, качество изображения быстро падает. Поэтому большим зеркалам придается иногда форму, несколько отличающуюся от точного параболоида, чтобы улучшить т. о. изображение сбоку от оси, без заметной порчи его на самой оси. Этот вопрос теоретически разработан Шварцшильдом (Schwarzschild) и Кретьеном (Chrétien). Остающуюся кривизну поля иногда устраняют вогнутой линзой, помещаемой около фокуса. Испытание параболич. зеркала на совершенство его формы делается во время полировки по методу Фуко



Фиг. 6.

(фиг. 6):  $S_1$ —испытываемое зеркало,  $S_2$ —вспомогательное плоское,  $s$ —небольшое плоское зеркало, поставленное под углом в  $45^\circ$ . Близ главного фокуса  $F$ , немного сбоку от него, помещается точечный источник света. Рядом с  $F$ , по другую сторону от источника света, помещается окуляр, через который д. б. видна вся поверхность зеркала равномерно освещенно.

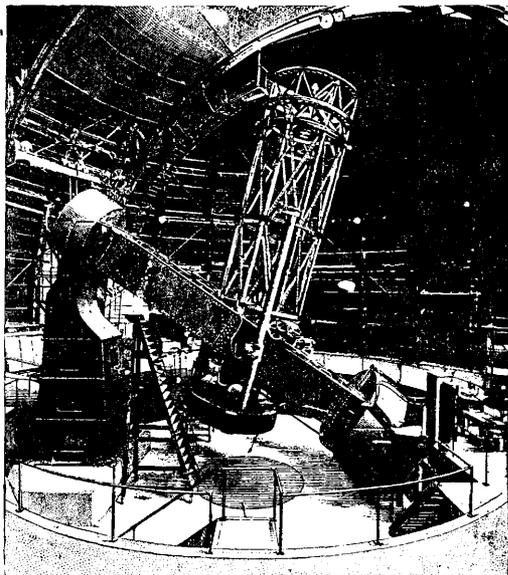
щенной. Если через точку схода лучей продвинуть лезвие острого ножа, то вся поверхность сразу должна затемниться или осветиться. Невыполнение этого условия указывает на отклонение формы зеркала от точного параболюида, к-рое исследуется по виду теневых фигур в отдельных местах зеркала и путем дополнительной местной полировки (ретуши) исправляется. Точность этого метода очень велика и позволяет обнаружить местные уклонения порядка  $\frac{1}{20} \mu$ . В современных Р. отношение диаметра главного зеркала к его фокусному расстоянию делается обычно ок. 1 : 5, но может доходить до 1 : 3 и даже больше. Сравнительная легкость изготовления больших зеркал позволила довести Р. до очень больших размеров. Три величайших Р. имеют следующие оптич. данные ( $D$ —диаметр главного зеркала,  $F$ —длина главного фокусного расстояния,  $F_3$ —эквивалентное фокусное расстояние Р. сист. Кассегрена):

	$D, \text{см}$	$F, \text{м}$	$D : F$	$F_3$
Маунт-Вильсон (США) . . . . .	256	12,9	1:5	41,76
Виктория (Канада) . . . . .	181	9,2	1:5	—
Маунт-Вильсон (США) . . . . .	152	7,6	1:5	24, 30, 36

Указанное главное фокусное расстояние дает длину фокуса при ньютоновской системе. Зеркало в 256-см Р. весит без оправы  $4\frac{1}{2} \text{ т}$ , а вес всей подвижной части монтировки доходит до 100 т. Стекланные зеркала, посеребренные с поверхности, быстро тускнеют, гл. обр. вследствие образования сернистого серебра. Потускневший серебряный слой удаляется с зеркала азотной кислотой и после чистки зеркала вновь серебрится без всякого нарушения правильности его формы. В зависимости от загрязненности воздуха такую операцию приходится производить 1—4 раза в год. Попытки защитить слой серебра тонким покровом коллодия или цапонового лака не получили распространения.

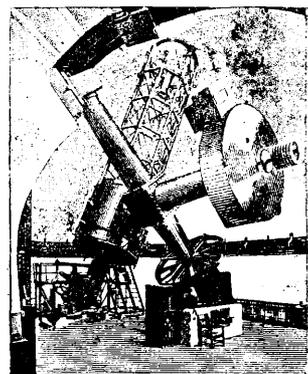
Современные рефлекторы имеют параллактическую установку и снабжены часовым механизмом. При такой установке труба имеет 2 оси вращения. Одна из них, называемая осью прямых восхождений, или полярную ось, расположена параллельно оси мира, т. е. находится в плоскости меридиана и составляет с горизонтом угол, равный широте места. Другая ось, называемая осью склонений, перпендикулярна к первой. При вращении инструмента вокруг первой оси в поле зрения Р. будут попадать звезды, расположенные на одной и той же параллели и имеющие следовательно одно и то же склонение; при вращении вокруг второй—звезды, расположенные на одном круге склонений, т. е. имеющие одно и то же прямое восхождение, но находящиеся в различных угловых расстояниях от экватора. При помощи этих вращений телескоп м. б. направлен в какую угодно точку неба. Установка Р. на небесный объект производится при помощи кругов, деленных на градусы и минуты и насаженных на упомянутые оси: один круг, плоскость к-рого перпендикулярна к полярной оси, указывает часовой угол светила, другой, плоскость к-рого перпендикулярна к оси склонений,—его склонение. Часовой механизм действует с помощью бесконечного винта и зубчатки на полярную ось и рассчитан так, чтобы сообщать трубе равномерное вращение, вполне соответствующее видимому вращению небесного свода: инструмент, так сказать, скользит по па-

раллели вслед за звездой, и звезда кажется неподвижной в поле зрения. Вследствие громоздкости Р. (чтобы не давать ему очень больших перемещений) удобнее производить наблюдения в небольших расстояниях от меридиана. При практич. осуществлении параллактич. установки монтировка Р. бывает двух типов: английского и немецкого. Англ. тип характеризуется тем, что лагера полярной оси находятся на двух отдельных подставках и ось



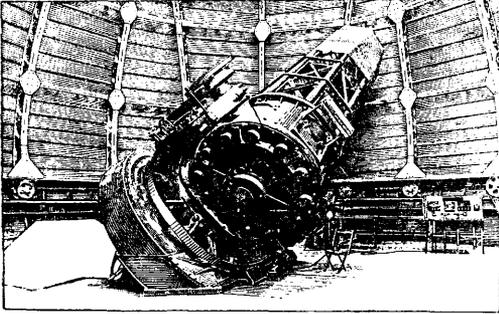
Фиг. 7.

склонений помещается в середине полярной оси. В нем. типе полярная ось покоится на одной общей подставке и ось склонений помещается на верхнем конце полярной оси. Труба в обоих типах может находиться или в середине оси склонений или на одном ее конце, причем в последнем случае на другом ее конце находится противовес. Из упомянутых трех телескопов 256-см Р. подвешен в раме, представляющей собою среднюю часть полярной оси, концы к-рой покоятся на шарико-подшипниках. Для уменьшения давления на ось большая часть веса берется на два цилиндрич. поплавка, наполовину погруженных в баки с ртутью (фиг. 7). Эта установка отличается большой устойчивостью, но зато не позволяет наблюдать область неба, окружающую полное миря. Монтировка 184-см Р. (фиг. 8) осуществлена след. обр. Труба находится сбоку от полярной оси и уравнивается с противоположной стороны грузом. Обе предыдущие установки являются монтировками англ. типа. 152-см Р. подвешен на верхнем конце полярной оси, имеющем форму вилки (фиг. 9); один большой поплавок и здесь снимает часть веса. Это монтировка немецкого типа.



Фиг. 8.

Р. имеет перед *рефрактолом* (см.) ряд преимуществ. Во-первых, Р. обладает полной ахроматичностью, что делает его особенно пригодным для спектральных работ. Затем Р. имеет большую светосилу; наконец заготовленные его оптич. частей легче, т. к. приходится



Фиг. 9.

шлифовать меньшее число поверхностей и к самому стеклу предъявляются менее высокие требования. Зато Р. имеет меньшее поле хороших изображений и более чувствителен к переменам  $t^\circ$ , деформирующим зеркало. Некоторым неудобством является необходимость частого серебрения. Во всяком случае Р. в прошлом сыграли и в настоящее время играют большую роль в расширении наших знаний в области астрономии (открытие слабых спутников, изучение деталей в строении туманностей, спектральные наблюдения). В 1925 г. установлен в Симеизском отделении Пулковской обсерватории первый в СССР большой Р. работы английской фирмы Грэбба (Grubb). Диаметр его главного зеркала равняется 1 м. Путем смены головки телескоп м. б. обращен в Р. типа Ньютона или типа Кассегрена. Монтировка Р. пемецкого типа. Р. может служить для визуальных, фотографических и спектральных наблюдений.

*Лит.:* Чикин А., Отражательные телескопы, П., 1915; Хельг Г., Пятиметровый телескоп, «Мировое дело», М.—Л., 1930, т. 19, вып. 3—4; Krüdy E., Das Spiegelteleskop in d. Astronomie, Lpz., 1930; Bell L., The Telescope, N. Y., 1922; Czapski S. u. E. рpenstein O., Grundzüge d. Theorie d. optischen Instrumente, nach Abbe, 3 Aufl., Lpz., 1924; Ritchey G., L'évolution de l'astrophotographie et les grands télescopes de l'avenir, P., 1929; Schwarzschild K., Theorie d. Spiegelteleskope, Potsdam, 1905; Ritchey G., Le télescope Ritchey-Chretien, «Bulletin de la Soc. Astronomique de France» («L'Astronomie»), 1928, t. 42; Chrétien H., Le télescope aplanétique et ses adaptations, «CR», 1927, 27 nov.; Pease F., The 100-m Mount Wilson Telescope, «Scientific American», N. Y., 1917, v. 117; Plaskett J., Cassegrain Reflector, «Publications Dominion Observatory Victoria, B. C.», Ottawa, 1919; Sampson R., On a Cassegrain Reflector with Corrected Field, «Philosophical Transactions of the Royal Society of London», London, 1914, v. 213 A.

А. Иванов.

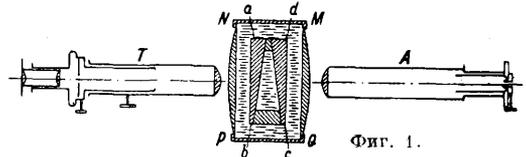
**РЕФРАКТОМЕТР**, прибор, служащий для определения показателя преломления (см.). Определение показателя преломления имеет большое практич. значение как способ быстрого, точного и чувствительного физико-химич. анализа. Часть инструментальной оптики, трактующая методы определения показателей преломления газов, жидкостей и твердых тел, называется *рефрактометрией*. Существующие методы для определения показателя преломления можно разделить на две основные группы. 1) Методы, основанные на изменении направления луча при переходе из одной среды в другую; сюда относятся: а) разнообразные методы определения пока-

зателя преломления  $n$  при отклонении луча в *призмах* (см.); б) не уступающие предыдущим по точности и нашедшие большое применение в технических и лабораторных приборах методы, основанные на наблюдении предельных границ преломления или полного внутреннего отражения. 2) Метод, основанный на запаздывании световой волны при переходе света в среду с большим показателем преломления; получающуюся разность хода измеряют *интерферометром* (см.) по смещению интерференционных полос. Этот метод более чувствителен, но имеет меньше практическое распространение.

Измерения с помощью отклонения луча в *призмах* производятся по принципу наименьшего отклонения. Минимально отклоненный луч определенной длины волны проходит призму симметрично: углы входа луча в призму и выхода равны. На основании соотношений углов в призме и закона преломления имеем

$$n_\lambda = \frac{\sin \frac{\alpha + \delta}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}},$$

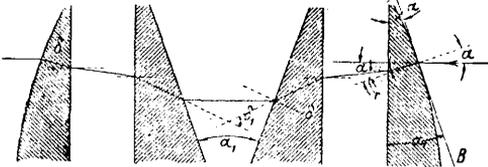
где  $\alpha$ —преломляющий угол в призме,  $\delta$ —угол отклонения луча,  $n_\lambda$ —показатель преломления исследуемого вещества для определенной длины волны  $\lambda$  (для воздуха  $n = 1$ ). Измерения производят на спектрометре, причем исследуемый твердый образец должен иметь две отшлифованные грани под углом обычно ок.  $60^\circ$ . Для исследования жидкостей применяются полые призмы из стекла с просверленным цилиндром. каналом для жидкостей (см. *Призма*, фиг. 15), к-рый с боков плотно закрывается плоскопараллельными пластинками. На принципе наименьшего отклонения основан Р. сист. Ферри для жидкости, дающей возможность непосредственно отсчитывать  $n$  до четвертого десятичного знака. Он состоит из коллиматора А (фиг. 1), имеющего нить в широкой щели (освещение монохроматич. светом), и зрительной трубы Т с крестом нитей; между



Фиг. 1.

коллиматором и трубой помещается призма из исследуемой жидкости, заключенная в две полупризматич. стенки  $abcd$  с параллельными наружными стенками, закрытыми металлич. оправой, с двумя горизонтальными щелями в 3 мм шириной; через верхнюю щель свет идет через жидкость, через нижнюю—через дно кюветки без отклонения. Кюветка с термометром, вставляющимся в нее, неподвижно закреплена со станиной прибора и погружена в наружную кюветку PQMN с водой для нагревания жидкости; боковые стенки наружной кюветки—цилиндрические плосковыпуклые линзы; внутренние стенки кюветки строго параллельны. Наружная кюветка с помощью винта может перемещаться перпендикулярно к оси прибора. Перемещение измеряется на равномерной, неподвижно укрепленной шкале; деления нанесены от 1,33 до 1,59; интервал измерения  $n$  вполне достаточный для большинства жидкостей; точность отсчета (с

помощью нониуса) 0,0001. Установка прибора производится перемещением коллиматора в горизонтальном направлении до совмещения нити коллиматора с крестом нитей в трубе при прохождении света через нижнюю щель (нулевой отсчет). Измерение исследуемой жидкости производится передвижением наружной юветки до совмещения нити с крестом нитей. Для измерения жидкости с показателем преломления до 1,67, при передвижении щели коллиматора на определенную величину, производится другая установка прибора; нулевой отсчет сдвигается на 0,14; к произведенным отсчетам  $n$  прибавляют 0,14. Принцип прибора основан на пропорциональности перемещения  $x$  юветки разности показателей преломления стекла и исследуемой жидкости, что дает возможность непосредственно по равномерной шкале отсчитывать  $n$ . Эта пропорциональность вытекает из нижеследующего. Угол, образуемый касательной  $AB$  к поверхности цилиндрической линзы с задней плоской стенкой, пропорционален перемещению  $x$ ,



Фиг. 2.

т. е.  $\alpha = kx$  (фиг. 2); эта поверхность в первом приближении может считаться параболой. По закону преломления, принимая во внимание незначительность углов (кривизна очень мала), получаем  $N = \frac{\alpha}{r}$ , где  $N$ —показатель преломления стекла; из геометрических соотношений угол отклонения

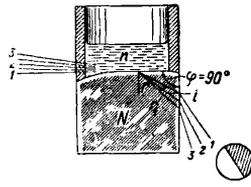
$$\delta_1 = 2 \frac{\alpha}{N} (N - 1);$$

подставляя эти соотношения в ф-лу наименьшего отклонения, происходящего в призме из жидкости (преломляющий угол  $\varphi \approx 20^\circ$ ), и разлагая ее в бесконечный ряд, ограничиваемся первым членом:

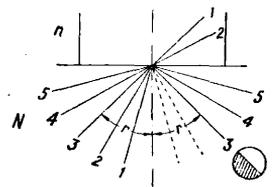
$$N = kx(N - 1) \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2} = kx.$$

Измерение показателя преломления  $n$  с помощью вспомогательной призмы с известным показателем преломления  $N$  производится при условии хорошего соприкосновения исследуемого образца с граничной плоскостью призмы. Для твердых тел это достигается введением капли жидкости с показателем преломления большим, чем у исследуемого образца, между телом и призмой, причем тело прижимают, и слой жидкости, будучи плоскопараллельным, не влияет на ход лучей. Рассматриваемый метод применяется в двух видоизменениях: 1) измеряется угол, под к-рым выходит скользкий луч, преломившийся в призме. Скользящим лучом называется луч с углом  $r$  падения, равным  $90^\circ$ . Он определяет границу распространения света в данной среде, т. к. лучей с большим углом преломления, быть не может. Освещение происходит скользким пучком. Свет (фиг. 3) идет из среды с меньшим  $n$  (чем у исследуемого вещества) в среду с большим  $N$  (призма); Р. наблюдают границу преломления между темной и светом. Второй

способ основан на измерении угла полного внутреннего отражения. При освещении отраженным светом (фиг. 4) луч идет через призму  $N$  в исследуемую среду с меньшим показателем  $n$  (граница между полутемнотой и светом).



Фиг. 3.



Фиг. 4.

Этот способ дает преимущества для измерения  $n$  у сильно поглощающих свет веществ. В обоих случаях появляется одна и та же граница, угол  $r$  к-рой измеряется. Ф-ла определения для обоих случаев одинакова:  $n = N \sin r$ . На этих принципах основаны все Р. этой группы. У Р. первой группы измеряется не непосредственно  $\angle r$ , а  $\angle i$  (фиг. 3), получающийся при выходе луча из вспомогательной призмы в воздух. Вычисление  $n$ : на основании соотношения  $r = \varphi - r'$ ;  $N \sin r' = \sin i$ ;  $n = N \sin r$  получаем

$$n = \sin \varphi \sqrt{N^2 - \sin^2 i} \pm \cos \varphi \sin i$$

(принцип Р. сист. Аббе); для преломляющего угла  $\varphi = 90^\circ$  (Р. сист. Пульфриха) получим

$$n = \sqrt{N^2 - \sin^2 i}.$$

Определение показателей преломления для химич. и технич. целей в большинстве случаев основано на описанном методе.

Для физико-химических исследований применяется Р. системы Пульфриха, служащий для измерения показателей преломления и дисперсии прозрачных жидких и твердых тел при различных  $t^\circ$ . Р. сист. Пульфриха состоит из прямоугольной призмы с большим показателем преломления, на к-рую можно накладывать и приклеивать хорошо шлифованный цилиндр. сосуд (фиг. 3) для жидкости, и из зрительной трубы, вращающейся около разделенного на градусы круга. По другую сторону от зрительной трубы ставится монохроматич. источник света—натровая горелка, свет от к-рой направляется скользким пучком на горизонтальную грань вспомогательной призмы с помощью призмы полного внутреннего отражения, на к-рой наклеена собирающая линза. Зрительная труба устанавливается на бесконечность, что дает при сходящемся пучке равномерно освещенное поле. В трубу попадают лучи, угол преломления к-рых меньше угла преломления скользящего луча,—получается одна резкая граница, которую наводят на крест нитей, производят отсчет и с помощью таблиц определяют  $n$ . Для определения дисперсии освещают призму трубкой Гейслера через конденсор. В поле зрения получается ряд цветных границ, соответствующих различному показателю преломления  $n_\lambda$  для различных длин волн. Цветные линии не перекрываются благодаря щелевой диафрагме, которая находится в осветительном приспособлении. Дисперсию определяют, находя угол  $i$  для разных цветных границ, устанавливая разницу отсчетов границ по особому микрометрич. винту. Показатели преломления сильно зависят от  $t^\circ$ , поэтому у большинства точных Р. имеется водяное нагрева-

ние. Вода идет под давлением (фиг. 5) через спираль *H*, нагреваемую газовой горелкой, и затем поступает в *P. R.* Температуру устанавливается по термометру, укрепленному в сосуде с жидкостью. Можно также, зная  $n$  для комнатной  $t^\circ$  и плотность жидкости, вычислить  $n$  для данной темп-ры по ф-ле:

$$\frac{n-1}{d} = \frac{n_t-1}{d_t}$$

Точность определения  $n$  *P. сист.* Пульфриха в пределах 1,3—1,9 достигает 0,0001 и для дисперсии 0,00002, где измерения производятся микрометрическим винтом, позволяющим отсчитывать 0,1'. Для определения  $n$  для жидкостей с близкими  $n$  обычно применяется специальная призма с сосудом, состоящая из двух частей. Чтобы рассмотреть одну из границ, когда границы очень близки друг к другу, ставят диффрагму на объектив и устанавливают положение границы с точностью до нескольких единиц пятого знака. Определения  $n$  твердых тел производят *P. сл. обр.* Отшлифованная 2 грани образца под прямым углом, ставят исследуемый кусок одной из отшлифованных граней на призму. Образцы в виде порошка насыпают в цилиндр. Сосуд и прибавляют по каплям две нерастворяющие порошок жидкости с различными  $n$  до появления границы; это показывает, что  $n$  жидкости и порошка одинаковы и свет не рассеивается. Точность достигается до двух единиц четвертого знака.

Многие приборы для технич. целей основаны на принципе *P. сист. Аббе*, служащего для быстрых определений  $n$  жидкостей в малых количествах и для определения средней дисперсии. Основная часть этого *P.* — призма из флинт-стекла, в отличие от *P. сист. Пульфриха*, с преломляющим углом, меньшим  $90^\circ$ . Жидкость наносится на эту измерительную призму и прижимается точно такой же добавочной призмой, служащей для освещения (слой жидкости толщиной ок. 0,1 мм). Свет, отражаясь от зеркала, проходит в призмы, где рассеивается от заматированной грани осветительной призмы, соприкасающейся с жидкостью. Рассеянный свет поступает в жидкость. Скользящий пучок лучей, идущих под углом  $90^\circ$  к грани основной призмы, дает в поле зрения зрительной трубы, установленной на бесконечность, границу преломления. Система обеих призм  $P_1$  и  $P_2$  вращается около горизонтальной оси (фиг. 6) до совмещения границы преломления с крестом нитей в поле зрения трубы. Зрительная труба закреплена неподвижно с сектором *S*, на котором непосредственно отсчитываются  $n$  по указателю, закрепленному вместе с призмой. Точность отсчета до 2 единиц четвертого десятичного знака;  $n$  измеряется в пределах 1,3—1,7. Для работы с



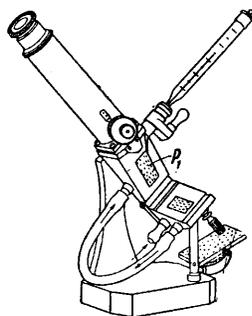
Фиг. 6.

разных  $t^\circ$ . Аналогичный *P.* для определения количества жира в молоке имеет соответственно измененную шкалу; измеряемые показатели преломления колеблются в пределах 1,33—1,42. В сахарной промышленности для количественного определения сахара и сахара в сиропах применяется ручной *P.*, состоящий из призмы, неподвижно закрепленной со зрительной трубой с окуляром, в котором находится шкала. На призму надевается крышка. В лабораториях для измерения  $n$  сахара, жиров, маргарина употребляется *P.*, основанный на принципе Аббе, имеющий компактную форму (фиг. 8). Свет от зеркала *S* входит в призму через отверстие *F* при освещении скользящим пучком или проходит через *E* при освещении отраженным светом, что дает возможность измерять очень темные жидкости. Для работы при дневном свете устанавливается компенсатор. Окуляром *O* наблюдают границу на шкале *Sk*, разделенной на % : 0—50% в пятых и до 95%—в десятых

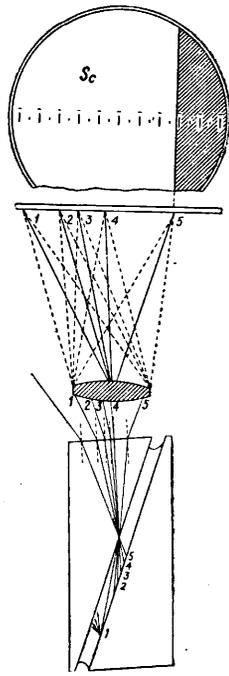
*P.* при дневном свете для избежания мешающих радужных полос применяется цветной компенсатор, состоящий из двух призм Амичи. Компенсатор ставится в такое положение, что его дисперсия компенсирует дисперсию призмы и жидкости. Дисперсию исследуемого вещества можно измерять по повороту компенсатора. Измерение  $n$  твердых тел производится в скользящем и отраженном свете; откидывая нижнюю призму, тело *O* накладывают на измерительную призму  $P_1$  (фиг. 6). Приспособление для регулировки температуры такое же, как у *P. сист. Пульфриха*. Для технич. целей *P. сист. Аббе* упрощают и видоизменяют. *P.* для масла служит для определения показателей преломления жиров и масел, характеризующих их чистоту. Труба закрепляется неподвижно с измерительной призмой  $P_1$  (фиг. 7). Положение границы наблюдается по окулярной шкале *Sc* (фиг. 7а). Микрометром измеряются десятые доли делений шкалы. Показатели преломления жиров колеблются в малых пределах, поэтому шкала разделена на  $n_p = 1,41 \div 1,49$ , причем получается большая точность (0,0001). С целью компенсации дисперсии применяется одна неподвижная призма Амичи, т. к. дисперсия жиров изменяется в малых пределах. При помощи водяного нагревания  $n$  может измеряться для



Фиг. 5.



Фиг. 7.

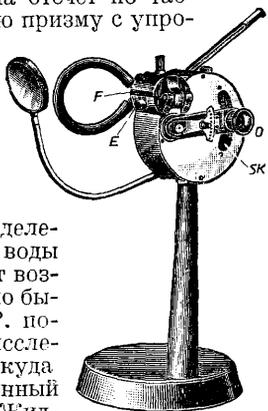


Фиг. 7а.

разных  $t^\circ$ . Аналогичный *P.* для определения количества жира в молоке имеет соответственно измененную шкалу; измеряемые показатели преломления колеблются в пределах 1,33—1,42. В сахарной промышленности для количественного определения сахара и сахара в сиропах применяется ручной *P.*, состоящий из призмы, неподвижно закрепленной со зрительной трубой с окуляром, в котором находится шкала. На призму надевается крышка. В лабораториях для измерения  $n$  сахара, жиров, маргарина употребляется *P.*, основанный на принципе Аббе, имеющий компактную форму (фиг. 8). Свет от зеркала *S* входит в призму через отверстие *F* при освещении скользящим пучком или проходит через *E* при освещении отраженным светом, что дает возможность измерять очень темные жидкости. Для работы при дневном свете устанавливается компенсатор. Окуляром *O* наблюдают границу на шкале *Sk*, разделенной на % : 0—50% в пятых и до 95%—в десятых

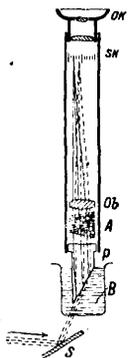
разных  $t^\circ$ . Аналогичный *P.* для определения количества жира в молоке имеет соответственно измененную шкалу; измеряемые показатели преломления колеблются в пределах 1,33—1,42. В сахарной промышленности для количественного определения сахара и сахара в сиропах применяется ручной *P.*, состоящий из призмы, неподвижно закрепленной со зрительной трубой с окуляром, в котором находится шкала. На призму надевается крышка. В лабораториях для измерения  $n$  сахара, жиров, маргарина употребляется *P.*, основанный на принципе Аббе, имеющий компактную форму (фиг. 8). Свет от зеркала *S* входит в призму через отверстие *F* при освещении скользящим пучком или проходит через *E* при освещении отраженным светом, что дает возможность измерять очень темные жидкости. Для работы при дневном свете устанавливается компенсатор. Окуляром *O* наблюдают границу на шкале *Sk*, разделенной на % : 0—50% в пятых и до 95%—в десятых

(точность 0,1%) по содержанию сахара; рядом находится шкала в показателях преломления 1,33—1,54. Шкала нанесена для определенной  $t^{\circ} = 20^{\circ}$  или в другой модели для  $28^{\circ}$ ;  $t^{\circ}$  устанавливается с помощью нагревания. Если  $t^{\circ}$  при измерении отлична от указанной, вносятся поправки на отсчет по таблице. Снимаемая нижняя призма с упрощенных Р. сист. Аббе, получим погружной Р. (фиг. 9), применяющийся гл. обр. для серийных анализов растворов на чистоту и для определения концентраций (напр. для определения алкоголя в вине, воды в молоке и т. д.); дает возможность чрезвычайно быстро определять  $n$ . Р. погружается в сосуд с исследуемым раствором, куда направляется рассеянный свет от зеркала  $S$ . Жидкость  $B$  заменяет осветительную призму—лучи входят скользящим пучком из жидкости в измерительную призму  $P$ . Положение границы преломления устанавливает по окулярной шкале  $Sk$  ( $A$ —призма Амичи,  $Ob$ —объектив,  $Ok$ —окуляр). Этим методом анализируют растворы в воде (алкоголи и т. п.), поэтому шкала имеет малый интервал 1,325—1,367, и точность достигает четырех единиц пятого знака. Для измерения  $n$  до 1,49 сменяют призму. Погружной Р. применяют для клинич. исследований крови в малых количествах, для чего накладывают вспомогательную призму (как у Р. Аббе). Между призмами наносится слой жидкости в 0,1 мм. Для



Фиг. 8.

исследования жидкости на чистоту употребляется специальная насадка на призму, через которую жидкость протекает тонким слоем; по  $n$  определяют чистоту.



Фиг. 9.

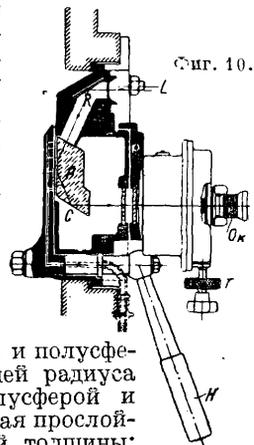
К Р., основанным на принципе полного внутреннего отражения, у которых освещение происходит отраженным светом, относится Р. для индустрии, служащий для оптич. контроля жидкостей, заключенных в закупоренном сосуде или протекающих по трубе. Этот Р. нашел большое применение в сахарной промышленности, где важно контролировать концентрацию на содержание сухих веществ непосредственно во время кипячения. Освещение отраженным светом

дает возможность определять  $n$  непрозрачных жидкостей, что важно для мармеладной промышленности. Свет от лампы  $L$  (фиг. 10) отражается от зеркала  $K$ , проходит в призму  $P$ , где отражается от исследуемой жидкости (полное внутреннее отражение), идет, отражаясь от зеркала  $C$ , в измерительный окуляр  $Ok$ , где наблюдается граница полнотного внутреннего отражения. В поле зрения окуляра находится диаграмма зависимости  $n$  от  $t^{\circ}$ , дающая возможность производить отсчеты при существующей  $t^{\circ}$ : наставляют термометрич. винт  $T$  на  $t^{\circ}$ , соответствующую отсчету термометра. Отсчеты производятся по диаграмме сразу в %; для мар-

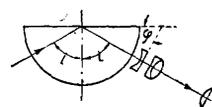
меладной промышленности 45—97% для  $t^{\circ}$  45—110° и для сахарной 70—97% для  $t^{\circ}$  65—100°. Р. легко снимается рукояткой  $H$  и переносится на другое место.

Для измерения  $n$  кристаллов и твердых тел служит кристалл-рефрактометр Аббе, основанный на принципе полного внутреннего отражения при освещении отраженным светом. Для определения главных  $n$  кристаллов необходимо кристалл вращать, чтобы найти максимум (минимум) двух границ, даваемых кристаллом. Поэтому здесь призма заменена полусферой с большим  $n$ ; поворот призмы отсчитывается на горизонтальном круге. Зрительная труба вращается около вертикального круга с делениями; ось вращения трубы проходит через центр полусферы и перпендикулярна оси вращения полусферы. Т. о. при вращении кристалла луч все время попадает в зрительную трубу, к-рая имеет плоско-выпуклую линзу (фиг. 11)

из того же стекла, что и полусфера, и одинакового с ней радиуса кривизны. Между полусферой и линзой получается тонкая прослойка воздуха одинаковой толщины; в результате луч всегда перпендикулярен к зрительной трубе, благодаря чему измеряется непосредственно угол полного внутреннего отражения  $n = N \sin i$ , так как рефрактометр действует как Р. с призмой с изменяющимся преломляющим углом. Кристалл-рефрактометр освещается монохроматич. светом отраженными лучами с помощью зеркала, что дает возможность измерять  $n$  непрозрачных твердых тел. Можно освещать и скользящим светом, наблюдая границу преломления, причем исследуемому телу придают форму цилиндра высотой 0,15 мм, с помощью николя, помещенного над окуляром, определяют состояние



Фиг. 10.



[Фиг. 11.]

поляризации границ. Р. находят положение грани кристалла по отношению к оптич. оси и определяют главные показатели преломления. Если исследуемая граница проходит через оптич. оси, то непосредственно устанавливается угол между осями. Для измерения малых кристаллов зрительную трубу превращают в микроскоп с небольшим увеличением, ставя добавочную линзу на окуляр и освещая снизу через николь, причем кристаллы устанавливаются точно в центр полусферы. У других моделей того же достигают специальным объективом. Жидкости исследуют или в капле, нанесенной на середину полусферы (освещение отраженным светом), или в цилиндрич. сосуде с дном из того же стекла, что и полусферы, при освещении скользящим отраженным светом. Предел измерения 1,95. Точность отсчета вертикального круга 1'. Дисперсия измеряется микрометрич. винтом при помощи специального окуляра при освещении скользящим светом. Очень малое двойное лучепреломление определяют с помощью микрометрич. винта. У нек-рых Р. отсчеты производятся с

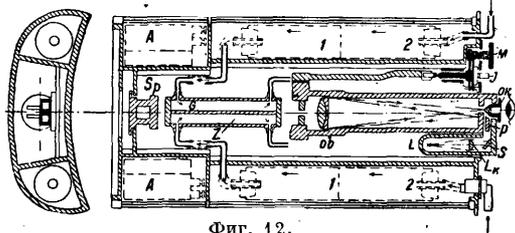
обеих сторон деленного круга при перекидывании зрительной трубы и зеркала. Это облегчает юстировку и дает возможность контролировать измерения. Для быстрых измерений употребляется модель, состоящая из полушеры, вращающейся около горизонтального деленного круга, зрительной трубы с николем, вращающейся около вертикального круга, на к-ром нанесены отсчеты показателя преломления. Точность отсчета до третьего знака. Измерение  $n$  твердых тел производится также микроскопом. Измерение микроскопич. объектов происходит или непосредственно в плинфах или иммерсионным методом. Исследуемое зерно кладут в каплю жидкости,  $n$  к-рой подбирают так, чтобы зерно стало невидимым. Наблюдение производится по полоске Бекке, получающейся на границе двух сред,  $n$  зерна и жидкости совпадают. Измеряя  $n$  жидкости, находят  $n$  зерна. Подбор жидкости определенного показателя преломления достигается нагреванием препарата и освещением светом различных длин волны, т. е.  $n$  жидкости изменятся гораздо сильнее, чем твердого тела, и наконец подбором жидкостей (как у Р. системы Пульфриха).

Измерение показателя преломления интерферометром является относительным методом. Показатель преломления исследуемого газа или жидкости определяют по отношению к газу или жидкости с известным  $n$ . Определяя разность хода, получающуюся при проходе света через исследуемую среду с показателем преломления  $n_B$  и среду сравнения  $n_C$ , получают  $n_B$  из ф-лы:

$$2\lambda = (n_B - n_C)l,$$

где  $l$ —длина камеры для газа. Интерферометром удобно точно устанавливать %-ное содержание исследуемого вещества. Точность значительно превышает точность ранее описанных методов, достигая двух единиц восьмого знака, что дает возможность обнаруживать очень малые изменения концентрации. Применяется главн. обр. для химич. и физич. исследований, газовых смесей и коллоидных растворов. В технике применяется интерферометр, основанный на принципе Релея (см. *Интерференция света*): с помощью коллиматорной линзы свет от щели идет параллельно, разделяясь на два пучка, и, проходя через двойные камеры, собираются объективом. Изображение получающихся интерференционных полос рассматривается сильно увеличивающим цилиндрическим окуляром. Помешая на пути одного луча среду с другим  $n$  (заполняя одну из камер), получим смещение интерференционных полос. При освещении белым светом хорошо видно смещение среднего максимума по отношению к верхней части интерференционной картины, к-рая получится от света, проходящего над камерой для газа. Измерения производятся при помощи введения компенсатора (см.) Жамена, состоящего из двух наклонных плоскопараллельных пластинок, одна из к-рых вращается с помощью барабана, позволяющего точно отсчитывать повороты. Вращая компенсатор и компенсируя разность хода, передвигают смещенную интерференционную полосу на ее прежнее место, соответствующее нулевому отсчету, точно отсчитывая поворот компенсатора. До измерения %-ного содержания примеси газа производят градуировку интерферометра,

устанавливая отсчеты для различных газовых смесей известной концентрации. Для сравнения берут чистый газ или сухой воздух. Строя кривую %-ного содержания газа и откладываемая на одной оси %, на другой отсчеты по барабану, легко определить нужную смесь по ее отсчетам. Кривая для малых концентраций обращается в прямую, что дает простую зависимость %-ного содержания от отсчетов. Для лабораторных работ Леве и Хабера сконструировали прибор, состоящий из осветительного приспособления, камеры для газа (длина 1 м, т. к. точность измерений тем больше, чем больше путь, пройденный светом в газе), компен-

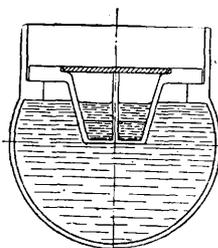


Фиг. 12.

сатора и зрительной трубы. Микрометрич. винт компенсатора разделен на 100 ч. Примеси газов определяются с точностью до 0,01%. В пределах до 1 000 отсчетов барабана отсчеты его пропорциональны концентрации исследуемых газов, поэтому для многих определений достаточно умножить отсчет на постоянный фактор, чтобы получить %-ное содержание газа. Измерения производятся при комнатной  $t^\circ$  и атмосферном давлении, причем должно быть известно, из каких составных частей состоит исследуемая смесь газа. Газ должен быть сухим.

Для определения газов, напр.  $\text{CO}_2$  в рудничном воздухе, употребляют переносный Р. (фиг. 12); свет от лампы  $L$ , питаемой аккумулятором  $A$ , с помощью конденсаторной линзы  $L_k$  и отражения от зеркала  $S$  направляется через призму  $P$  на щель. Проходя через объектив  $ob$ , поступает в камеру длиной 10 см с газом  $G$  и воздухом  $Z$  и, отражаясь от зеркала  $Sp$ , идет обратно; т. о. свет проходит два раза камеру с газом. Этим достигается сокращение длины камеры вдвое при той же точности. Через окуляр  $ok$  наблюдают интерференционную картину. При помощи ручки  $M$  барабана  $J$  поворачивают компенсатор, производя отсчеты по барабану, разделенному на деления, соответствующие %-ному содержанию газов, на основании предварительных измерений известных смесей газов.

Для высушивания газ и воздух проходят через сушильные камеры 1 и 2. Для исследования жидкостей с помощью интерферометров газовую камеру заменяют камерой для жидкости с водяным нагреванием (фиг. 13); прибор ставят горизонтально. Свет для сравнения проходит под камерой через воду, что гарантирует одинаковую  $t^\circ$ . Можно измерять малое количество жидкости (что важно например для серийных исследований крови) до 1 мм толщиной, для чего в камеру в 5 мм вкла-



Фиг. 13.

дывают плоскопараллельный брусок в 4 мм, промежутки для жидкости 1 мм. Камера таких малых размеров дает менее точные результаты, но измерения интерферометром даже в этом случае в три-четыре раза точнее, чем погрузным Р.

Лит.: Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 2, Берлин, 1923; Лодочников В. Н., Основы микрохимич. методов исследований кристаллов, вестн. И., 1930; Weigert F., Optische Methoden d. Chemie, Lpz., 1927; Handb. d. Experimentalphysik, hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, B. 18, Lpz., 1928; Pulfrich, «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1895, B. 18, p. 294; Pulfrich, «Ztschr. f. Instrumentenkunde», B., 1898, B. 18, p. 49—52, 107; Le Blanc M., «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1892, B. 10, p. 443—449; Löwe, Refraktometer im Fabriklaboratorium, «Chemiker Zeitung», 1921, B. 45, p. 25—52. С. Грум-Гржимайло.

**РЕФРАКТОР**, оптич. инструмент для астрономич. наблюдений, в к-ром действительно обратное изображение бесконечно удаленного наблюдаемого предмета (небесного светила) получается с помощью преломляющих свет стеклянных чечевиц, составляющих объектив, в фокальной плоскости. Изображение рассматривается окуляром, дающим мнимое увеличенное изображение. Совокупность объектива и окуляра и составляет Р. Служащие для астрономич. наблюдений Р. имеют параллактич. установку, снабжены часовым механизмом, и монтировка их м. б. двух типов: английского и немецкого (см. *Рефлектор*). Главную часть Р. составляет объектив, к-рый для уничтожения сферич. и хроматич. аберраций изготовляется из двух линз: одной двояковыпуклой и другой выпукловогнутой или плосковогнутой, причем эти линзы готовят из стекол различного сорта (крона и флинта), имеющих различные коэф-ты преломления. Другие оптич. ошибки имеют малое влияние, т. к. поле зрения Р. редко превосходит 2—3°. В связи с трудностями изготовления больших объективов цена их растет весьма быстро с увеличением их диаметра. При двухлинзовом объективе надо отлить две чечевицы и отшлифовать и отполировать четыре поверхности (см. *Рефлектор*); шлифовка и полировка требуют чрезвычайной тщательности; на отливку д. б. обращено очень большое внимание, т. к. неравномерное натяжение, свиля и пузырьки могут оказать весьма вредное влияние при пользовании объективом. К объективу заранее предъявляются вполне определенные требования, основанные на теоретич. соображениях и на тех задачах, для которых он предназначен. Исходя из этого, путем вычислений производят точный расчет каждой чечевицы. В Р., предназначенных для визуальных наблюдений, объектив ахроматизируется соединением лучей с длиной волны 590 *ми* и 486 *ми*. Объективы Р., служащих для фотографирования на обыкновенных пластинках, ахроматизируются для лучей с длиной волны 434 *ми* и 397 *ми*. В Р., служащих для фотографирования, окуляр заменяется кассетой с фотографич. пластинкой. В небольших объективах внутренние поверхности чечевиц имеют одинаковую кривизну и склеиваются вместе, в больших—радиусы кривизны слегка различаются, и чечевицы находятся на нек-ром расстоянии друг от друга, напр. в 76-см (30-дм.) Пулковском объективе это расстояние равняется 137 мм. Отношение диам. объектива к фокусному расстоянию в Р. обычно в  $\frac{1}{15}$ — $\frac{1}{18}$ . При каждом Р. имеется всегда несколько окуляров с различными фокусными расстояниями. Т. к. увеличение

трубы равно отношению фокусного расстояния объектива к фокусному расстоянию окуляра, то, меняя окуляры, можно получать для Р. разные увеличения. В больших Р. увеличение может доходить до нескольких тысяч. Но кроме силы света и величины разрешающей силы инструмента важнейшее значение имеет качество изображений, которые дает объектив, и чем больше объектив, тем лучших климатических и атмосферных условий он требует. Поэтому при наблюдениях обыкновенно пользуются увеличениями, не превосходящими 1 000, т. к. при больших увеличениях сильно увеличиваются также дефекты изображений, что может только мешать наблюдениям.

Р. служит как для рассматривания подробностей на поверхности небесных тел, так и для измерения относительного положения двух светил. Для таких дифференциальных наблюдений окулярная часть Р. снабжается микрометром, обыкновенно нитяным; микрометром измеряются угловые расстояния между двумя звездами или светилами и угол положения (позиционный угол), составляемый линией, проходящей через обе звезды, с кругом склонений, проведенным через одну из них. Для возможности таких измерений Р. придается суточное движение при помощи часового механизма (см. *Рефлектор*). Для контроля часового механизма устраивается приспособление, называемое секундным контролем, при помощи к-рого достигается синхронизация движущего рефрактор часового механизма с точными астрономич. часами. Если звезды не видны зараз в поле зрения трубы, то при небольшой разности склонений можно, остановив часовой механизм и наблюдая последовательно бегущие звезды, измерять разность прямых восхождений и склонений их. Для облегчения наведения на намеренный для наблюдения предмет параллельно главной трубе Р. помещается так наз. и с к а т е л ь, обладающий большим полем зрения. Сначала находят небесный объект в искатель и устанавливают Р. так, чтобы светило было на перекрестке нитей, натянутых в фокальной плоскости искателя. Тогда вследствие параллельности оптич. осей главной трубы и искателя светило будет видно и в главную трубу. Для точной установки Р. на светило служат зажимы при кругах склонений и часовых углов и микрометричные ключи по склонению и часовому углу. Отсчеты на кругах производятся от окуляра, и микрометричными ключами сообщают Р. медленное перемещение в небольших пределах. При ночных наблюдениях можно одной лампой при помощи системы призм и зеркал освещать нити микрометра, отсчеты кругов склонений и часовых углов и отсчеты на микрометре. Освещение поля зрения м. б. двоякое: или темные нити на светлом фоне или светлые нити на темном фоне; последнее необходимо при наблюдении очень слабых звезд. Наибольшие из существующих Р. следующие:

Название обсерватории	Диаметр объектива в см	Фирма, изготовившая объектив
Перкес (США) . . . . .	101	А. Кларк
Лик (США) . . . . .	91	А. Кларк
Медон (Франция) . . . . .	83	бр. Анри
Потсдам (Германия) . . . . .	80	Шпейггейль
Ницца (Франция) . . . . .	77	бр. Анри
Пулково (СССР) . . . . .	76	А. Кларк

При сколько-нибудь значительных размерах Р. наблюдателю в зависимости от положе-

ния светила на небе приходится пользоваться различными подъемными приспособлениями. В Пулковке, при длине 76-см рефрактора в 14 м, для этого служат кресла на блоках с противовесами, движущиеся по наклонной зубчатке, причем при помощи канатов наблюдатель сам может перемещать кресло по высоте и в стороны. В других случаях при помощи гидравлич. приспособлений поднимается пол на надлежащую высоту уже после того, как Р. установлен на желаемый объект, так что наблюдатель, стоя или сидя в кресле, поддвигается вместе с полом к самому окуляру. Такое устройство имеется на обсерваториях Лика и Иеркса. Такой же подъемный пол устроен на обсерватории в Бабельсберге, близ Берлина, в башне 65-см Р. В новейших Р. все установки и передвижения инструмента, а также перемещения пола производятся при помощи электрической энергии путем нажима соответственных кнопок, причем все управление Р. сосредоточено у его окуляра конца и находится в руках наблюдателя. По характеру дифракционного изображения звезды, рассматриваемого в сильной окуляр, можно судить о качестве объектива рефрактора и правильности его центровки. Более полное испытание объектива производится по методу Гартмана. Объективы небольших размеров делаются из новых стекол завода Шюта. Благодаря свойствам этих стекол удается с помощью двойного объектива чрезвычайно уменьшить вторичный спектр. Весьма удивительными являются объективы, состоящие из трех линз. Так как Р. имеет параллактическую установку, то иногда его называют *экваториалом* (см.), но это последнее название не является общепотребительным. По филологич. значению слова рефрактором можно назвать любую зрительную трубу, в которой изображение получается путем преломления света в оптических чечевицах. Но преимущественно название Р. сохраняют за астрономическим инструментом, параллактически установленным, описание которого дано выше.

А. Иванов.

**РЕФРАКЦИЯ**, в общем физико-химическом смысле—преломление света, в более специальном, но чаще применяемом,—следующая ф-я показателя преломления  $n$ :

$$R = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{d},$$

где  $R$ —т. н. удельная Р.,  $d$ —плотность вещества. Лорентц и Лоренц теоретически показали на основании теории *дисперсии света* (см.), что  $R$  должна оставаться постоянной при изменении  $d$  для одного и того же вещества. Произведения  $RA$  и  $RM$  ( $A$ —атомный,  $M$ —молекулярный вес) называются соответственно *атомной* и *молекулярной* рефракцией.

Опыт показывает, что  $R$  во многих случаях остается постоянной при изменении агрегатного состояния вещества и  $RM$  аддитивно складывается из соответствующих  $RA$ . Отклонения от этого правила наблюдаются в тех случаях, когда меняется характер химич. связей между атомами или когда внешние электронные слои атома подвергаются сильному электрич. воздействию со стороны окружающих атомов (деформация электронной оболочки). Для веществ, находящихся в твердой и жидкой фазах в ионизированном состоянии (соли), молекулярная Р. может рассма-

триваться как сумма соответствующих ионных Р. Найденные т. о. и о н н ы е Р. подчиняются определенным закономерностям (Фаянс и Иоос). При одинаковом числе внешних электронов ионная Р. различных ионов, вообще говоря, сильно убывает по мере возрастания заряда атомного ядра вследствие возрастания электростатич. связи между ядром и электронами и уменьшающейся на этом основании поляризуемости иона. Молекулярная рефракция гетерополярных соединений не вполне подчиняется закону аддитивности, что вызывается деформацией внешних электронных сфер соседними ионами. Изучение этой деформации дает ценные сведения о строении атомов и молекул. Подробнее см. *Рефракция молекулярная*.

*Lum.*: Fajans K., «Die Naturwissenschaften», В., 1923, В. 11, p. 165; Chemiker-Kalender, В., 1928, В. 3; Herzfeld, «Jahrbuch d. Radioaktivität u. Elektronik», 1922, В. 19, p. 260; Fajans K. u. Joos G., «Ztschr. f. Phys.», 1925, В. 23, p. 1; Herzfeld K. F. u. Wolf K. L., «Ann. d. Phys.», Lpz., 1925, В. 78, p. 95; Handbuch d. Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, В., 1926, В. 22.

С. Вавилов.

**РЕФРАКЦИЯ молекулярная**, молекулярная светопреломляющая способность вещества, величина, связывающая показатель преломления данного вещества с его плотностью и мол. в. Понятие это было введено Ньютоном, который назвал удельной светопреломляющей способностью величину

$$\frac{n^2 - 1}{d}, \quad (1)$$

где  $n$ —показатель преломления вещества и  $d$ —плотность. Лаплас пришел к убеждению, что величина (1) д. б. постоянной при изменении темп-ры и агрегатного состояния вещества ( $\frac{n^2 - 1}{d} = \text{Const}$ ); Гладстон и Даль, проверяя приложимость этой ф-лы к жидким и твердым веществам, показали, что отношение (1) меняется с изменением  $t^\circ$  и что зависимость между  $n$  и  $d$  лучше выражается ф-лой:

$$\frac{n - 1}{d} = \text{Const}. \quad (2)$$

Позднее Лоренц и Лоренц предложили для уд. светопреломления ф-лу

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{d} = \text{Const}. \quad (3)$$

В выражение уд. Р. входит  $n$ , зависящий от рода луча. Поэтому величина уд. Р. только тогда имеет определенный смысл, когда известно, для какого луча она подсчитана. На практике при определении Р. пользуются обычно желтой линией натрия D или линиями водорода H $\alpha$ , H $\beta$  и H $\gamma$ . Ф-лы (1), (2) и (3) лишь приближенно разрешают задачу нахождения величины уд. Р., независимой от  $t^\circ$ , давления и агрегатного состояния вещества. Исследования влияния давления на величину уд. Р. показали, что каждая из указанных ф-л удовлетворительно выражает уд. Р. только в определенном интервале давлений и для определенных групп веществ. Магри нашел, что для воздуха до 193 atm наиболее приложима формула (3). Исследования Кайзера установили, что ф-ла (2) удовлетворительна для водорода, для других же газов эта величина меняется. Что касается применимости ф-л (1), (2) и (3) при изменении  $t^\circ$ -ных условий, то для газов и жидкостей в пределах  $t^\circ$  до  $-190^\circ$  ф-ла (2) наиболее точна. Однако нельзя считать величину уд. Р. совершенно независимой

от  $t^0$ ; в особенности это относится к твердым телам, т. к. при изменении  $t^0$  их плотность меняется сильнее, чем показатель преломления. При переходе вещества из твердого состояния в жидкое ф-ла (2) дает более постоянные величины уд. Р.; при переходе же из жидкого состояния в парообразное ф-ла (3) более соответствует опытным данным.

Т. о. опытный материал для разных веществ дает большие или меньшие отклонения от величин, вычисленных по ф-лам. Это повело к предположению, что сами ф-лы приложимы только к случаю луча с бесконечно большой длиной волны. По формуле Коши показатель преломления м. б. выражен в виде

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}, \quad (4)$$

где  $A$ ,  $B$  и  $C$ —постоянные для данной среды и  $\lambda$ —длина волны излучения. При  $\lambda = \infty$  имеем  $n = A$ . Константа  $A$  легк м. б. определена решением системы трех ур-ий, составленных для лучей конечной длины волны. Подставляя в ф-лы (1), (2) и (3)  $A$  вместо  $n$ , получим:

$$\frac{A^2 - 1}{d} = \text{Const}, \quad (5)$$

$$\frac{A - 1}{d} = \text{Const}, \quad (6)$$

$$\frac{A^2 - 1}{A^2 + 2} \cdot \frac{1}{d} = \text{Const}. \quad (7)$$

Однако опыты Вюльнера и Рюльмана показали и в этом случае расхождение с опытными данными.

Что касается смесей и растворов, то первоначальный экспериментальный материал говорил за аддитивность их светопреломляющих свойств, к-рая м. б. выражена одной из аналогичных ф-л, напр.

$$P \cdot \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{d} = \sum P_i \cdot \frac{n_i^2 - 1}{n_i^2 + 2} \cdot \frac{1}{d_i}, \quad (8)$$

где  $P$ —вес смеси,  $P_i$ —веса компонентов. Но позднейшие работы (Вюльнера—со смесью воды и глицерина и работы Шютта со смесью бромистого этилена и пропилового спирта) обнаружили отклонения от ф-л, значительно превосходящие ошибки опыта. Поэтому правило аддитивности светопреломляющих свойств для смесей м. б. принято как первое приближение.

Т. к. обычно химики относят константы к граммоллекуле вещества, Бертелло предложил пользоваться величиной  $R$ , получающейся умножением уд. Р. на мол. в. вещества. В зависимости от того, какую из ф-л [(1), (2), (3)] принять, получаются соответственно различные выражения для  $R$ . Обычно при определении молекулярной Р. пользуются ф-лой Лорентца-Лоренца:

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{d} = R^2, \quad (9)$$

где  $M$ —мол. в. вещества,  $R^2$ —молекулярная Р. по Лорентц-Лоренцу. Физич. смысл этой ф-лы позволяет сделать нек-рые обобщения. По электромагнитной теории света  $n$  вещества и его диэлектрическая постоянная  $\epsilon$  связаны соотношением:  $n^2 = \epsilon$  (Клаузиус), к-рое подтверждается опытом для лучей большой длины волны; величина  $\epsilon$  зависит от степени заполнения пространства молекулами вещества. Если обозначать через  $V$  ту часть единицы объема вещества, к-рая заполнена молекулами, то по Клаузиусу

$$\epsilon = \frac{1 + 2V}{1 - V}, \quad (10)$$

или

$$V = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}. \quad (11)$$

Выражение (11) представляет истинный объем, занимаемый молекулами, заключенными в 1 см<sup>3</sup>. Разделив  $V$  на плотность  $d$ , найдем истинный объем молекул, составляющих 1 г вещества, а умножив его на мол. в., придем к ф-ле (9). Следовательно выражение (9) представляет собой объем, действительно запол-

ненный молекулами данного вещества, составляющими одну граммоллекулу, т. е.  $R^2$  есть истинный молекулярный объем вещества. По современным воззрениям на строение материи изменение скорости распространения, а следовательно и преломление света вызывается деформацией атомов в электрич. поле светового луча. Величина молекулярной Р. связана с электрич. моментом атома, возникающим вследствие смещения ядра и центра электронной оболочки атома в поле луча. По Дебаю значение этого момента следующее:

$$p = \alpha E, \quad (12)$$

где

$$\alpha = \frac{3}{4\pi N} \left( \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{d} \right); \quad (13)$$

здесь  $p$ —электрич. момент,  $E$ —напряжение поля,  $\alpha$ —коэф. пропорциональности, называемый коэф. пропорциональности деформации,  $N$ —число Авогадро. Практически определение молекулярной Р. сводится к определению  $n$  и  $d$ . О приборах для определения  $n$  см. *Рефрактометр*.

При определении структурной ф-лы вещества имеет важное значение еще одна величина—дисперсионная (светорассеивающая) способность. Обычно она определяется как разность уд. Р. для лучей  $H_\gamma$  и  $H_\alpha$ . Брюль дал для молекулярной дисперсии следующее выражение:

$$\frac{n_{H_\gamma}^2 - 1}{n_{H_\gamma}^2 + 2} \cdot \frac{M}{d} - \frac{n_{H_\alpha}^2 - 1}{n_{H_\alpha}^2 + 2} \cdot \frac{M}{d}. \quad (14)$$

Изменения в структуре вещества сказываются на молекулярной дисперсии сильнее, чем на молекулярной Р. Поэтому в последнее время наряду с молекулярной Р. пользуются при установлении строения и молекулярной (или удельной) дисперсией.

Молекулярная Р. зависит от природы составляющих молекулу атомов и от характера связей между ними, т. е. от состава и строения самой молекулы. Если молекулярная Р. равна истинному объему одного моля вещества, то естественно, что истинный объем молекулы равен сумме истинных объемов входящих в нее атомов. Если напр. вещество имеет ф-лу  $C_xH_y$ , и  $V$ —его истинный молекулярный объем,  $V_1$  и  $V_2$ —истинные объемы атомов углерода и водорода, то

$$R^2 = V_1x + V_2y. \quad (15)$$

Здесь  $x$  и  $y$ —числа атомов С и Н в молекуле вещества; величины же  $V_1$  и  $V_2$ , равные истинным атомным объемам, получили название атомных рефракций соответствующих химических элементов.

Исследования зависимости молекулярной Р. от строения вещества в области органч. соединений показали, что гомологич. разности (СН<sub>2</sub>) отвечает почти постоянная разность в величине молекулярной Р. (табл. 1).

Табл. 1. — Молекулярные Р. предельных спиртов жирного ряда.

Название спирта	$R_a^2 = \frac{n_a^2 - 1}{n_a^2 + 2} \cdot \frac{M}{d}$	Разность молекулярной Р. $\Delta R_a^2$ *
Метилловый . . . . .	8,15	—
Этиловый . . . . .	12,71	+4,55
Пропиловый . . . . .	17,42	+4,71
Изопропиловый . . . . .	17,14	—
Бутиловый . . . . .	22,01	+4,59
Изобутиловый . . . . .	21,96	—
		Среднее $\Delta R_a^2 = 4,61$

\* Индекс  $a$  указывает, что все измерения  $n$  относятся к водородной линии  $a$ .

Гомологич. разности  $\Delta R_a^2$  для нек-рых классов органич. соединений таковы: спиртов 4,616; альдегидов 4,542; кетонов 4,600; кислот 4,566; сложных эфиров 4,541. Т. о. гомологич. разности  $\text{CH}_2$  соответствует в среднем  $\Delta R_a^2 = 4,6$ . Из данных табл. 1 следует, что изомерные соединения имеют почти одинаковую молекулярную  $R$ . Аддитивность молекулярной  $R$  позволяет вычислять величины атомных  $R$  элементов по ф-ле (9). Для пента-на ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ )  $R_D^2 = 25,23$ . Для гексана ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ )  $R_D^2 = 29,88$ ;  $\Delta R_D^2 = 29,88 - 25,23 = 4,65$ . Формулу гексана можно представить в виде  $(\text{CH}_2)_4\text{H}_2$ ; тогда, пользуясь аддитивностью, получим:

$$29,88 = 6 \Delta R_D^2 + 2\text{H} = 6 \cdot 4,65 + 2\text{H},$$

где  $\text{H}$  — атомная  $R$  водорода; отсюда  $\text{H} = 0,99$ . Пользуясь величиной  $\text{H}$ , находим величину  $S$  атомной  $R$  углерода:  $4,65 = S + 2\text{H} = S + 1,98$ , откуда  $S = 2,67$ .

Ландольт и Гладстон впервые указали, что молекулярная  $R$  зависит и от строения атомных группировок, входящих в состав молекулы. Брюль установил, что для соединений, содержащих двойную связь между атомами углерода, т. е. для *ненасыщенных соединений* (см.), вычисленная молекулярная  $R$  как правило не совпадает с найденной. Полученные из опыта величины превышают вычисленные и тем больше, чем больше двойных связей содержит соединение. Для бензола  $\text{C}_6\text{H}_6$ , имеющего 3 двойные связи, Брюль нашел  $R_a^2 = 25,93$ ; вычисление же дает 20,81. Разница 5,12 очевидно д. б. отнесена к наличию трех двойных связей; отсюда на одну двойную связь приходится 1,71. Эта величина носит название инкремента двойной, или этиленовой, связи и обозначается символом  $F$ . Т. о. при вычислении молекулярной  $R$  ненасыщенных соединений необходимо учитывать наличие двойных связей, прибавляя к вычисленным величинам  $R$  величину инкремента  $F$ . Для соединений, имеющих тройную углеродную связь ( $\text{—C}\equiv\text{C—}$ ), найденные величины также превышают вычисленные, причем инкремент ацетиленовой связи оказывается равным (для линии D натрия) 2,398 и обозначается символом  $F'$ , причем  $F' > F$ . В табл. 2 приведены средние величины атомных  $R$  (по Эйзенлохру), вычисленные на основании большого числа определений.

Табл. 2. — Атомные рефракции.

Элемент, группа или связь	Символ	Ат. в.	$R_a^1$	$D^1$	$R_a^{21}$	$R_a^{22}$
Группа $\text{CH}_2$ . . .	$\text{CH}_2$	14,02	4,593	4,618	4,668	0,113
Углерод . . .	$\text{C}$	12,00	2,413	2,418	2,438	0,056
Водород . . .	$\text{H}$	1,01	1,092	1,100	1,115	0,029
Кислород карбонильный . . .	$\text{O}''$	16,00	2,189	2,211	2,247	0,078
гидроксильный . . .	$\text{O}'$	16,00	1,522	1,525	1,531	0,015
эфирный . . .	$\text{O} <$	16,00	1,639	1,613	1,649	0,019
Хлор . . .	$\text{Cl}$	35,46	5,913	5,937	6,043	0,163
Бром . . .	$\text{Br}$	79,92	8,803	8,815	8,999	0,310
Иод . . .	$\text{I}$	126,92	13,757	13,900	14,214	0,775
Этилен. связь . . .	$\text{—CH=CH—}$	—	1,683	1,733	1,821	0,200
Ацетилен. связь . . .	$\text{—C}\equiv\text{C—}$	—	2,328	2,398	2,508	0,171

\*1  $R$  для спектральных линий. \*2 Атомная дисперсия.

Для соединений, содержащих сопряженные двойные связи (т. е. связи типа  $\text{—C=C—C=C—}$ ), найденные величины  $R$  значительно превышают вычисленные, несмотря на ученый инкремент двойной связи. Особенно сильно сказывается это уклонение на молекулярной дисперсии, т. е. на величине  $R_a^2 - R_a^1$ . Оно имеет место и в тех случаях, когда двойная связь боковой цепи сопряжена с двойной связью бензольного кольца. Такое отклонение найденных величин  $R$  от вычисленных получило название экзальтации. С точки зрения гипотезы Тиле (см. *Ненасыщенные соединения*) экзальтация объясняется наличием свободных парциальных валентностей у углеродов 1 и 4. Чугаев установил экзальтацию также для триметиленового цикла  $\text{C}_6\text{H}_6$ . Валлах — для семициклических двойных связей (между углеродом цикла и боковой цепью). Наконец экзальтация наблюдается и при сопряжении систем  $\text{—C=C—}$  и  $\text{—C=O—}$ , т. е. при наличии группировок  $\text{—C=C—O—}$ . Имеются однако исключения, когда соединения с сопряженными связями почти или вовсе не дают экзальтации; в этих случаях понижение экзальтации вызвано вступлением боковой цепи к одному из цент-

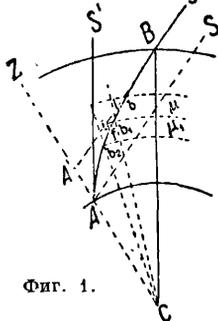
ральных (2,3) или конечных (1,4) углеродов сопряженной группировки; такие системы называются системами с «нарушенным сопряжением». Нарастание цепи сопряженных двойных связей ( $\text{—C=C—C=C—}$ ) вызывает соответственно возрастание экзальтации. Тем не менее в этом случае отношение значительно сложнее, чем для систем с однократным сопряжением. Наличие такой системы сопряженных связей допускается и в бензоле, однако бензол не дает экзальтации (система с нейтральным в оптическом отношении сопряжением). Производные бензола (ароматич. углеводороды, фенолы и др.) показывают несущественную экзальтацию. Замещение водорода ядра в  $o$ - или  $m$ -положении к имеющейся группе ( $\text{—CHO—}$ ,  $\text{—CO—R—}$ ,  $\text{—CO—OR—}$ ) на какой-либо радикал, например метил, вызывает обычно очень небольшую экзальтацию, тогда как замещение в  $p$ -положении дает гораздо большее повышение  $R$ ; это правило позволяет легко отличить  $p$ -дериваты от прочих изомеров. Что касается таких соединений, как фуран, тиофен, пиррол и даже циклопентадиен, то несмотря на наличие сопряженных связей они дают вместо экзальтации депрессию  $R$ , что д. б. приписано самой природе пятичленного кольца с двумя двойными связями; как и в бензоле, здесь повидимому отсутствуют свободные парциальные валентности, причем взаимная нейтрализация последних настолько сильна, что вызывает даже депрессию  $R$ . Необходимо отметить еще влияние, оказываемое на молекулярную  $R$  замыканием открытой цепи в кольцевую. Для этого случая Ауверсом найдены следующие закономерности: 1) замыкание в цикл насыщенных цепей не отражается на величине молекулярной  $R$ ; 2) при переходе ненасыщенного соединения с открытой цепью в циклическое экзальтация молекулярной  $R$  уменьшается. Многие более сложные зависимости между строением вещества и его преломляющей способностью пока еще не получили достаточного освещения. Молекулярная  $R$  позволяет судить о строении вещества по его преломляющей способности. Правда, этот метод исследования не всегда может быть применен как самостоятельный метод, но все же является очень ценным для подтверждения тех или иных соображений о строении вещества.

Лит.: Вольборговский Я. С., Введение в физику и коллоидную химию, М.—Л., 1928; Эггерт Дж., Учебник физич. химии, пер. с нем., 2 изд., М.—Л., 1931; Канонников И., Светопреломляющая способность химич. соединений, Казань, 1884; Хвольсон О., Курс физики, т. 2, Берлин, 1923; Кондратьев В., Семенов Н., Харитон Ю., Электронная химия, М.—Л., 1927; Дебай П., Полярные молекулы, М.—Л., 1931; Heinrich F., Theorien d. organischen Chemie, 5 Aufl., Brschw., 1924; Eisenlohr F., Spektrochemie organischer Verbindungen, Stg., 1912; Hückel W., Theoretische Grundlagen d. organ. Chemie, B. 2, Lpz., 1931; Graham O., Lehrbuch d. Chemie, Brschw., 1898 (здесь же литература по всем приведенным вопросам); «Liebig's Annalen», Lpz., 1880, B. 200, p. 139, 203, p. 1, 255, 1882, B. 211, 1886, B. 235, p. 7; «W», 1907, B. 40, p. 883, 900, 1160; «Journ. f. praktische Chemie», Lpz., 1894, «Neue Folge», B. 49, p. 240, B. 50, p. 43; Ауверс, «W», 1910, B. 43, p. 3530, 1911, B. 44, p. 3690, 1912, B. 45, p. 3078, 1916, B. 49, p. 827, 1918, B. 51, p. 1124, 1921, B. 54, p. 3002; Ауверс у. Мюллер, ibid., 1917, B. 50, p. 1149, 1919, B. 52, p. 113; Ауверс, Elisabeth, Aufenberger u. Anna Heinze, ibid., 1917, B. 50, p. 329, 1918, B. 51, p. 1087, 1166, 1919, B. 52, p. 584; Ауверс, «Liebig's Annalen», Lpz., 1914, B. 408, p. 212, 230, 1917, B. 415, p. 98, 1920, B. 420, p. 84, B. 421, p. 1, 1922, B. 426, p. 161; Eisenlohr, Ауверс у. Eisenlohr, ibid., 1910, B. 43, p. 806, 1913, B. 46, p. 494, 1915, B. 48, p. 1357, 1916, B. 49, p. 827; Eisenlohr, Ауверс у. Eisenlohr, «Journ. f. praktische Chemie», Lpz., 1910, B. 82, p. 65, 1911, B. 83, p. 1, 37, B. 84, p. 1, 37, 119; «Liebig's Annalen», Lpz., 1911, B. 387, p. 165, 200, 240, 1914, B. 408, p. 212, 1915, B. 409, p. 149, B. 410, p. 287, 1917, B. 413, p. 253; «Zeitschrift f. physikalische Chemie», Lpz., 1910, B. 75, p. 585, 1912, B. 79, p. 429, 1913, p. 429; Eisenlohr F. u. Roth W., Refraktometrisches Hilfsbuch, Lpz., 1911; Eisenlohr, «Jahrbuch d. Radioaktivität u. Elektronik», Lpz., 1912, B. 9, p. 315 (обзор); Rudorf, «Jahrbuch d. Radioaktivität u. Elektronik», Lpz., 1910, p. 100 (обзор); Jahn, «Wiedem. Ann.», Lpz., 1891, B. 43, p. 301; Pore, «The Journal of the Chemical Society», L., 1896, p. 69, p. 1530; Poly, «Physikalische Ztschr.», Lpz., 1913, B. 14, p. 352; Meissner, «Verhandlungen d. deutsch. phys. Gesellschaft», Brschw., 1913, B. 15, p. 540; Fajans u. Knorr, «W», 1926, B. 59, p. 256; Hückel u. Goth, «Liebig's Annalen», Leipzig, 1925, B. 441, p. 41; Kogerman P. N., «Am. Soc.», 1930, v. 52, p. 5065; Hückel W. u. Goth, «W», 1925, B. 58, p. 447; Hückel W. u. Friedrich H., «Liebig's Annalen», Lpz., 1926, B. 451, p. 132; Vavonnet Flurer, «Bulletin Soc. chimie de France», P., 1929, série 4, t. 45, p. 756, 967, 968; Ауверс, «W», 1929, B. 62, p. 1683; Fajans, «Die Naturwissenschaften», B., 1923, B. 11, p. 165. А. Воппе и В. Терентьева.

**РЕФРАКЦИЯ**, преломление лучей света в земной атмосфере. Лучи света при прохождении через атмосферу благодаря ее неоднородности преломляются, вследствие чего видимое направление на светило или на земной предмет отличается от истинного направления. Различают *P.* астрономическую и земную (атмосферную).

**Р. астрономическая.** При рассмотрении астрономических *P.* достаточно принимать землю за шар и считать, что земная атмосфера состоит из бесконечно большого числа бесконечно тонких концентрических сферических слоев с общим центром в центре земного шара. При этом принимается, что плотность воздуха, оставаясь постоянной в каждом отдельном слое, постепенно увеличивается по какому-нибудь закону от слоя к слою от нуля на границе атмосферы до некоторой величины  $\delta_0$  около поверхности земли. Луч света, идущий от какой-нибудь звезды, внутри земной атмосферы, переходя от одного слоя, более удаленного от поверхности земли и потому имеющего меньшую плотность, в соседний, более близкий к поверхности земли и обладающий большею плотностью, будет преломляться.

Луч  $bb_1$  (фиг. 1), переходя из менее плотного слоя в более плотный слой, приближается к нормали  $b_1C$  к поверхности, разделяющей эти слои; падающий луч  $bb_1$ , преломленный луч  $b_1b_2$  и нормаль  $b_1C$  лежат в одной плоскости, и синус угла падения  $i$  относится к синусу угла преломления  $r$ , как показатель преломления  $\mu_1$  слоя, в к-рый луч переходит, к показателю преломления  $\mu_2$  слоя, из к-рого луч выходит. Т. о. путь луча, идущего от звезды  $S$ , после вступления в земную атмосферу в точке  $B$  представляется в дальнейшем некой ломаной линией, к-рая в пределе при бесконечном увеличении числа слоев и бесконечном уменьшении каждого из них обращается в кривую линию, обращенную своею вогнутостью к поверхности земли. Из законов преломления следует, что эта кривая есть плоская кривая, и следовательно астрономическая рефракция влияет только на высоту светила, не изменяя его азимута. По свой-



Фиг. 1.

ству нашего глаза наблюдатель  $A$  увидит звезду по направлению касательной  $AS'$  к последнему элементу криволинейного пути луча. Т. о. рефракция повышает звезду или вообще небесное тело. Т. к. расстояние от земли до звезды практически можно считать бесконечно большим по сравнению с высотой земной атмосферы, то в случае отсутствия атмосферы наблюдатель увидел бы звезду по направлению  $AS'$ , параллельному направлению  $SB$  луча до вступления в атмосферу и изображенному на чертеже пунктирной линией. Угол  $ZAS$ , где  $Z$ —зенит наблюдателя, называется истинным зенитным расстоянием, угол  $ZAS'$ —видимым зенитным расстоянием. Разность этих углов, выражающаяся углом  $S'AS$ , есть *P.* Истинное зенитное расстояние получается из видимого прибавлением к этому последнему влияния *P.*

Величина *P.* меняется с зенитным расстоянием. В зените, где луч проходит перпендикулярно к слоям атмосферы, *P.* равна нулю, на высоте  $45^\circ$  над горизонтом она составляет  $\sim 1'$ , наибольшее значения *P.* достигает на горизонте, где она равна  $\sim 35'$ .

На основании законов преломления элементарная *P. dr* при переходе луча из какого-нибудь бесконечно тонкого слоя в соседний, более близкий к поверхности земли, представляется ф-лой

$$dr = \frac{d\mu}{\mu \sin i'} \cdot tg i.$$

В этой ф-ле  $d\mu$ —бесконечно малое увеличение показателя преломления второго из рассматриваемых слоев по сравнению с первым.

Полное влияние *P.* получается путем суммирования всех элементарных *P.*, т. е. в пределе путем интегрирования. Но т. к.  $\mu = \sqrt{1 + 2c\delta}$ , где  $\delta$ —плотность воздуха в нек-ром бесконечно тонком слое, а  $c$ —коэф. его преломляющей способности, то ясно, что решение задачи о точном вычислении *P.* требует знания закона распределения плотностей в земной атмосфере. Но т. к. этот закон, как и закон уменьшения  $t^\circ$  воздуха с высотой, от к-рого должен зависеть и первый закон, неизвестен, то приходится устанавливать различные гипотезы о строении земной атмосферы, стремясь к тому, чтобы вычисленная *P.* возможно лучше согласовалась с наблюдаемой. Простейшей гипотезой являлась бы гипотеза уменьшения плотностей воздушных слоев с высотой над поверхностью земли в арифметич. прогрессии. Но такая гипотеза дает для *P.* в горизонте лишь  $28,5'$  вместо  $35'$  и является явно неудовлетворительной. Ближе к действительности подходит гипотеза уменьшения плотностей с высотой в геометр. прогрессии. Однако величины *P.* для больших зенитных расстояний по этой гипотезе выходят слишком большими, напр. для горизонта  $38,5'$  вместо  $35'$ . Поэтому многие ученые или вводили нек-рые коррективы в эту гипотезу или представляли зависимость между плотностью воздушного слоя и его высотой под поверхностью земли более сложными математич. выражениями. Теоретическими изысканиями в области *P.* занимались Айвори, Лёббок, Бессель, Лаплас, Опольцер, Гюльден, Радо, Ковальский и др. Так как при очень больших зенитных расстояниях точное значение *P.* вследствие различных не подвергающихся учету атмосферных влияний не м. б. получено, то астрономы редко наблюдают светила ниже  $10$ — $15^\circ$  высоты над горизонтом. Для зенитных же расстояний, не превосходящих  $75$ — $80^\circ$ , все теории дают результаты, согласные между собою и с наблюдениями. Это усматривается из приведенной ниже таблицы, которая дает также представление о расхождении различных теорий для более значительных зенитных расстояний.

Видимое зенитное расстояние	Наблюдаемая <i>P.</i>	Опольцер	Бессель	Лаплас	Гюльден
$75^\circ$ . . . . .	3'34"	3'34"	3'34"	3'34"	3'34"
$85^\circ$ . . . . .	9'50"	9'50"	9'51"	9'51"	9'50"
$87^\circ$ . . . . .	11'21"	14'2"	14'3"	14'23"	14'1"
$88^\circ$ . . . . .	18'17"	18'18"	18'23"	18'20"	18'14"
$89^\circ$ . . . . .	24'36"	24'30"	24'51"	24'35"	24'17"
$90^\circ$ . . . . .	35'6"	35'9"	36'23"	35'6"	31'27"

Для зенитных расстояний, не очень близких к горизонту, удобно выражать *P.* в виде ряда членов с четными степенями  $tg z'$ , а именно:

$$r = A tg^2 z' - B tg^4 z' + C tg^6 z' - D tg^8 z' + \dots$$

где  $z'$ —видимое зенитное расстояние, а  $A, B, C, D, \dots$ —числовые коэф-ты. Этот ряд получается через интегрирование приведенного выше дифференциального ур-ня *P.*

Т. к. плотность воздуха изменяется с давлением и  $t^\circ$ , то и значение *P.* для любого зенитного расстояния также зависит от этих факторов. Поэтому ясно, что для вычисления *P.* необходимо записывать при наблюдениях показания барометра и термометра. *P.* для нормальных показаний барометра и термометра, каковыми являются  $760$  мм и  $+10^\circ$ , называется с р е д н е й *P.* Коэф. первого члена вышеприведенного ряда при нормальных давлениях и  $t^\circ$  называется п о с т о я н н о й *P.*

Эта постоянная м. б. определена из наблюдения околополярных звезд в верхней и нижней кульминациях. В настоящее время обычно ищут по способу наименьших квадратов поправку к некоторому принятому значению

постоянной  $P$ . из обширного наблюдательного материала, так чтобы наилучшим образом удовлетворить всем этим наблюдениям. Т. к. значение  $P$  в горизонте, вычисленное по той или другой теории, дает возможность судить о пригодности этой теории, то необходимо показать, как можно определить  $P$  в горизонте из наблюдений. Для этой цели наблюдают солнце или звезды с хорошо известными склонениями около их восхода или захода. Зная прямое восхождение светила и звездное время наблюдения, вычисляют часовой угол светила. Затем по этому часовому углу, склонению светила и географич. широте места наблюдения вычисляют высоту светила,  $k$ -рая и будет истинной. Разность между этой и наблюдаемой высотой и даст  $P$ , соответствующую измеренной высоте. Таким способом определяли  $P$  в горизонте Аргеландер в Кенигсберге, Гендерсен на мысе Дорной Наденды и Фус в Пулкове. При больших рядах наблюдений вычислять  $P$  для каждого отдельного наблюдения по ф-ле неудобно. Поэтому для практич. применения составляют таблицы  $P$ , основывая их на той или иной теории  $P$ . Вообщем  $P$  можно представить в виде

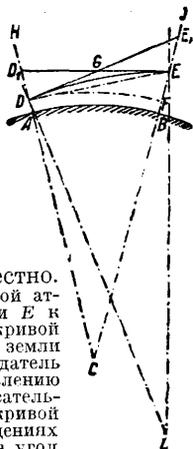
$$r = \alpha \lg z' (BT) A^k A^k,$$

где  $B$  зависит от показания барометра,  $T$  — от показания термометра при барометре,  $\gamma$  — от  $t^\circ$  внешнего воздуха,  $\alpha$  — коэф., медленно изменяющийся с зенитным расстоянием,  $A$  и  $k$  — величины, вообще близкие к единице и заметно от нее отличающиеся только при больших зенитных расстояниях. Все эти величины даются в таблицах  $P$  по аргументу «зенитное расстояние». В предыдущей ф-ле множитель  $\alpha \lg z'$  дает среднюю  $P$ , а остальные множители служат для учета влияния давления и  $t^\circ$  на  $P$ . Т. о. составлены основанные на теории Гюльдена Пулковские таблицы  $P$ , недавно вышедшие 3-м изданием. Из других отметим таблицы Биляя и Гарцера.

Помимо преломления лучей в свободной атмосфере имеет место еще преломление внутри того помещения, в к-ром установлен инструмент, в особенности на границе внутреннего, обычно более теплого, воздуха и наружного, более холодного. Это преломление, называемое **зальной  $P$**  (Saalrefraktion), вообще очень мало, но может иметь заметное влияние при точных астрономич. работах. С целью избежать влияния зальной  $P$  в 1929 г. в Пулкове был один из основных инструментов, именно вертикальный круг, служащий для определения склонений, был перенесен из главного здания в особый павильон, раскрывающийся при наблюдениях так, что весь инструмент оказывается на открытом воздухе. При относительных определениях положения светил, напр. при микрометрич. измерениях, при измерениях фотографич. пластинок, влияет разность  $P$  для измеряемых объектов, называемая **дифференциальной  $P$** .

**Р. земная** имеет значение в геодезии при производстве нивелировок. На триангуляциях для определения разности высот двух точек земной поверхности применяется тригонометрич. нивелирование, основанное на измерении зенитных расстояний. Кроме зенитных расстояний при этом требуется еще знать горизонтальное расстояние между наблюдаемой точкой и точкой наблюдения, к-рое для точек триангуляций всегда известно.

Вследствие существования земной атмосферы луч света от одной точки  $E$  к другой  $D$  идет не по прямой, а по кривой линии, обращенной к поверхности земли своею вогнутостью (фиг. 2). Наблюдатель в  $D$  видит точку  $E$  не по направлению этой хорды, а по направлению касательной этой хорды, а по направлению касательной  $DGE_1$ , к последнему элементу кривой  $DE$ . Как и при астрономич. наблюдениях угол  $HDE$  называется истинным, а угол  $HDE_1$  — видимым зенитным расстоянием. При нормальном распределении плотностей в земной атмосфере видимое зенитное расстояние всегда меньше истинного. Разность между истинным и видимым зенитным расстоянием, т. е. угол  $E_1DE$ , и есть земная  $P$ . Величина земной  $P$  не подде-



Фиг. 2.

ся точному определению и зависит не только от расстояния между точками, но также от их абсолютных высот, вида и свойств местности между ними,  $t^\circ$  и давления воздуха, высоты луча зрения над почвою и других причин. Обыкновенно принимают, что луч света, идущий от одной точки к другой, представляет дугу круга. Т. о. земная  $P$ , как угол между касательной и хордой, пропорциональна половине дуги  $DE$ . Но дуга  $DE$  почти равна горизонтальному расстоянию между точками  $D$  и  $E$ , или расстоянию  $AB = S$  по уровенной поверхности. Следовательно земная  $P$  пропорциональна половине дуги  $AB$  или половине соответствующего этой дуге угла  $C$  между отвесными линиями  $AC$  и  $BC$ . Поэтому для земной  $P$  получается простая формула

$$r = k \frac{C}{2},$$

в к-рой  $k$  называется коэф-том земной  $P$ . Чтобы определить разность высот точек  $D$  и  $E$ , можно измерить или одно зенитное расстояние  $z = \angle HDE_1$  точки  $E$ , наблюдаемое из точки  $D$ , или кроме этого зенитного расстояния еще зенитное расстояние  $z_1 = \angle JED_1$  точки  $D$ , наблюдаемое из точки  $E$ . Когда измеряется одно зенитное расстояние, наблюдения называются односторонними. При измерении двух зенитных расстояний наблюдения называются двусторонними, или взаимными. Разность высот двух точек при односторонних наблюдениях определяется по формуле

$$h = S \operatorname{ctg} z + S^2 \frac{1-k}{2R},$$

а при взаимных наблюдениях по формуле

$$h = S \operatorname{ctg} \frac{z_1 - z}{2} + S^2 \frac{k_1 - k}{4R}.$$

В этих ф-лах  $R$  — радиус кривизны уровенной поверхности в вертикальном сечении точек  $D$  и  $E$ ,  $k$ -ый вместе с горизонтальным расстоянием  $S$  между этими точками вошел в члены, выражающие влияние земной  $P$ , через посредство угла  $C$ . В ф-ле, определяющей  $h$  при взаимных наблюдениях, введены различные коэф-ты  $k_1$  и  $k$  земной  $P$  при наблюдениях из точек  $E$  и  $D$ . Однако, если наблюдения в точках  $E$  и  $D$  производят одновременно, то можно допустить равенство этих коэф-тов, т. е. принять  $k_1 = k$ , и тогда при взаимных наблюдениях результат получается независимым от земной  $P$ . Конечно предположение о равенстве коэф-тов  $k_1$  и  $k$  не всегда может оказаться справедливым, т. к. плотности воздуха в точках  $D$  и  $E$ , удаленных на значительное расстояние одна от другой и находящихся на разных высотах, могут и не быть одинаковыми, но при малой разности высот точек, как выяснилось из многочисленных наблюдений, такое предположение довольно близко к истине. При односторонних же наблюдениях влияние земной  $P$  входит полностью. Поэтому для вычисления разности высот по односторонним наблюдениям необходимо знать коэф. земной  $P$ . Этот коэф. с удобством м. б. определен из взаимных одновременных наблюдений при предположении о равенстве коэф-тов земной  $P$  в обеих точках. Каждая триангуляция доставляет обширный материал для вывода коэф-та земной  $P$  по этому способу. Ниже в таблице приводятся результаты наиболее тщательных исследований.

Триангуляция	Исследователь	Коэф. земной $P$ .		
		наибольший	наименьший	средний
Французская . . .	Деламбр . . .	0,595	-0,007	0,168
Английская . . .	Кларк . . .	0,212	+0,064	0,158
Прусская . . .	Бессель . . .	0,154	0,123	0,137
Прусская . . .	Баер . . .	0,388	0,096	0,145
Зап.-прусская . . .	Теннер . . .	0,207	0,079	0,145
Лифляндская . . .	Струве . . .	0,144	0,031	0,124

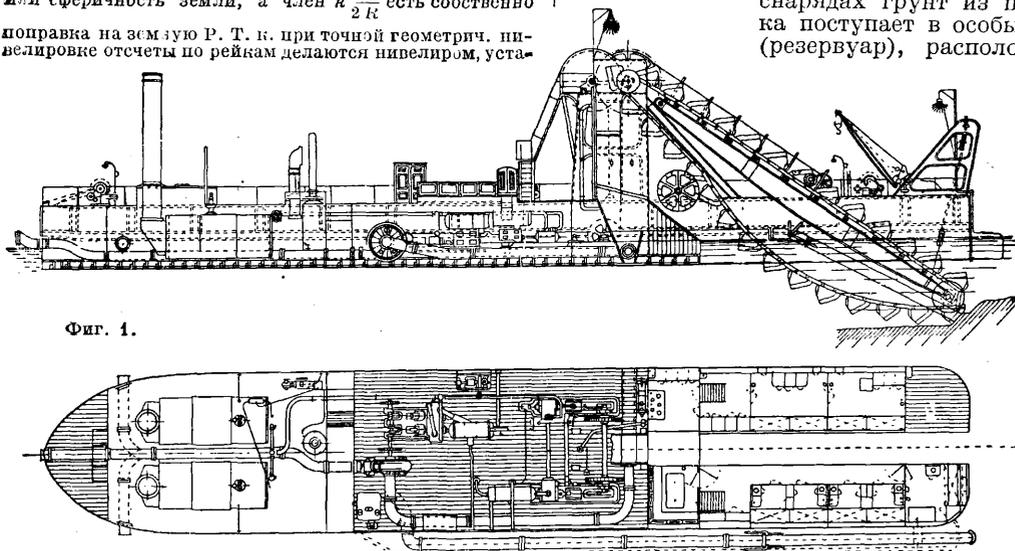
Приведенные в этой таблице наибольшие и наименьшие значения коэф-та земной  $P$  показывают, какую трудность представляет определение этого коэф-та. Коэф. земной  $P$  подвержен суточному ходу. На рассвете  $P$  имеет наибольшую величину, затем утром до 8 час. она быстро уменьшается, от 8 до 10 час. уменьшение продолжается, но гораздо медленнее, а от 10 час. до 3 час. дня  $P$  почти не меняется, проходя через свое наименьшее значение, время к-рого почти совпадает со временем наибольшей  $t^\circ$ . После 3 час.  $P$  увеличивается сперва медленно, потом быстрее и быстрее и к закату солнца опять приобретает значительную величину, но меньшую, чем на рассвете. Ночью  $P$  продолжает увеличиваться и наибольшей величины достигает на рассвете, около времени наименьшей темп-ры. На рассвете, когда  $P$  имеет наибольшую величину, отдаленные земные предметы настолько приподнимаются, что кажутся как бы висящими в воздухе и этими моментами следует пользоваться для отыскания отдаленных тригонометрич. сигналов. Наименьшее значение  $P$  равно  $\sim 0,09$ , наибольшее

~ 0,20. Для измерения зенитных расстояний лучше всего выбирать время от 11 ч. утра до 2 ч. дня и притом в такие дни, когда небо бывает или сплошь ясное или сплошь пасмурное, т. е. когда погода обладает устойчивостью, т. к. при неустойчивой погоде коэф. Р. подвержен большим колебаниям. При тригонометрич. нивелировке надо избегать случаев, когда луч проходит низко над поверхностью земли, т. к. в этих случаях коэф. Р. может меняться скачками. В среднем коэф. земной Р. можно принять равным ~ 0,14. Вообще мето-д тригонометрич. нивелирования не может давать очень благоприятных результатов. Поправка  $S^2 \frac{1-k}{2R}$ , принятая выше в методе тригонометрич. нивелирования при односторонних наблюдениях, должна иметь место также при определении высот кипрегелем в мензуральной съемке, равно как и при точной геометрич. нивелировке. Но т. к. в этом случае S всегда бывает достаточно малым по сравнению с R и кроме того точность определения высот при мензуральной съемке невысока, то в поправке  $S^2 \frac{1-k}{2R}$  обыкновенно берут для k не-кую постоянную величину, именно, принимая  $k=0,16$ , получают для указанной поправки выражение  $0,42 \frac{S^2}{R}$ . Необходимо заметить, что в поправке  $S^2 \frac{1-k}{2R}$  член  $\frac{S^2}{2R}$  представляет поправку на кривизну или сферичность земли, а член  $k \frac{S^2}{2R}$  есть собственно поправка на земную Р. Т. к. при точной геометрич. нивелировке отсчеты по рейкам делаются нивелиром, уста-

Harzer P. Gebrauchstabellen zur Berechnung d. Ablenkungen der Lichtstrahlen in d. Atmosphäre, Publikationen d. Sternwarte in Kiel, Kiel, 1924; Jordan W. Handbuch d. Vermessungskunde, B. 2, 8 Aufl., Stg., 1923; Pertrier J. u. Exner F., Meteorologische Optik, 2 Aufl., Lpz., 1922. А. Иванов.

**РЕФРИЖЕРАТОРЫ**, охладители, та часть холодильной машины, в которой производится охлаждение воздуха или рассола за счет испарения нек-рых летучих жидкостей—аммиака, углекислоты и пр. (см. *Холодильные машины*). Термин Р. применяется также к речным и морским судам, предназначенным для перевозки скоропортящихся грузов и снабженным для охлаждения их в пути следования специальными холодильными устройствами (см. *Суда-рефрижераторы*).

**РЕФУЛЕРЫ**, установки при землечерпани для отвода разжиженного водой грунта по трубопроводу путем нагнетания в него грунтовой смеси при помощи насосов. Р. пользуются как в многочерпаковых снарядах, так и в землесосах. В рефулерных многочерпаковых снарядах грунт из приемника поступает в особый ящик (резервуар), расположенный



Фиг. 1.

новленным почти точно по середине между рейками, то при таком нивелировании из середины поправки на кривизну земли и на земную Р. полностью исключаются.

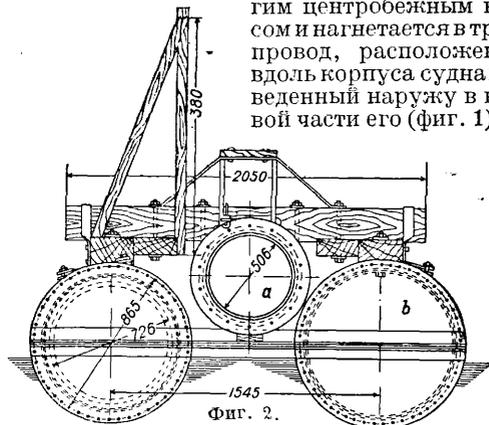
Р. влияет также на видимую высоту горизонта. В открытом море часто приходится измерять высоты светил от видимого горизонта, в виду чего в измерении д. б. внесена поправка на понижение горизонта, определяемое из выражения

$$D \sin 1' = \sqrt{\frac{2(1-k)x}{R}}$$

где D—понижение горизонта, а x—высота глаза наблюдателя над уровнем моря. Т. к. слои воздуха равной плотности не всегда расположены параллельно поверхности земли, то вследствие этого происходит так называемая боковая Р., вызывающая изменения азимута. До сих пор однако ее влияние недо-ступно вычислению.

Лит.: Аузан А., Опыт исследования влияния боковой рефракции, М., 1923; Bruhns С., Die astronomische Strahlenbrechung in ihrer histor. Entwickl., Lpz., 1861; Bemporad A., Besondere Behandlung des Einflusses der Atmosphäre, Enzyklopädie d. math. Wissenschaften, B. 6, T. 2, Abt. A., H. 2, Lpz., 1908; Oppolzer E., Die astronomische Strahlenbrechung, Handwörterbuch d. Astronomie, hrsg. v. W. Valentiner, B. 3, T. 2, Breslau, 1904; Struve O., Tabulae refractionem in usum speculae Pulkovensis constatae, 2 изд., СПб., 1905; de Vall L., Refraktionstabeln, Lpz., 1906;

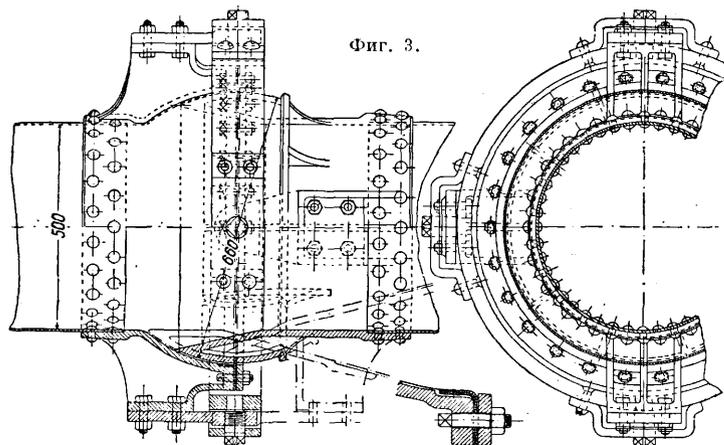
на дне грунтоприемника. В ящике грунт разжижается водой при помощи центробежного насоса. Смесь грунта с водой всасывается другим центробежным насосом и нагнетается в трубопровод, расположенный вдоль корпуса судна и выведенный наружу в носовой части его (фиг. 1), где



Фиг. 2.

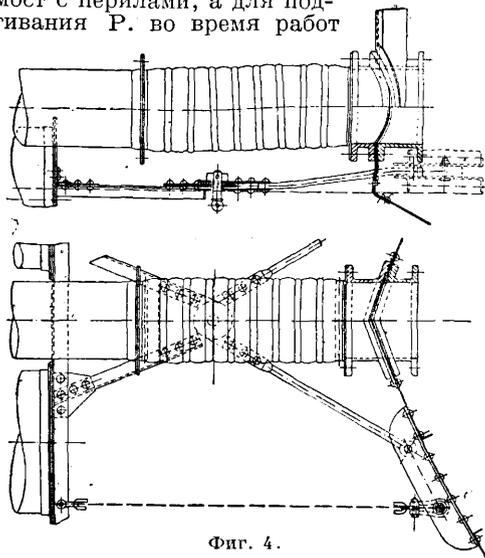
он соединяется с пловучим трубопроводом, состоящим из ряда звеньев, связанных между собою гибкими соединениями. Каждое звено представляет собою стальную клепаную трубу a (фиг. 2) длиной ок. 5 м, рассчитанную

на давление грунтовой смеси и на истирание песком. На плавучее звено поддерживается двумя поплавками в цилиндрической форме. Иногда поплавки снабжены заостренными оконечностями с целью уменьшения сопротивления при буксировке. Гибкость соединения



Фиг. 3.

отдельных звеньев между собой достигается при помощи кожаных рукавов или резиновых манжет или посредством металлич. шаровых частей (фиг. 3). Кожаные рукава шиваются медными заклепками и бронируются металлич. сеткой с железными кольцами; на концах рукава снабжены фланцами, к-рыми они прибалчиваются к грунтоотводным трубам. Поплавки соединяются между собой посредством приклепанных к их торцам кронштейнов и соединительных болтов. Металлич. шаровые соединения изготавливаются в виде шарнира Гука. Для надзора за исправным состоянием пловучего трубопровода и его отдельных звеньев устраивают поверх этого трубопровода помост с перилами, а для подтягивания Р. во время работ

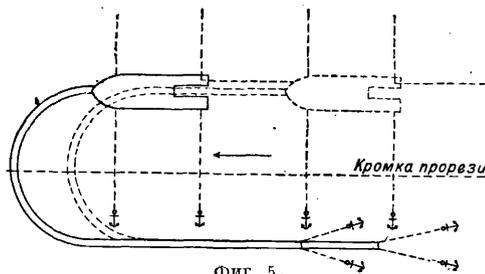


Фиг. 4.

на его конце и через каждые примерно 100 м устроены площадки для установки лебедок. С корпусом судна пловучий трубопровод соединяется, как показано на фиг. 4. Отвод грунта при помощи пловучего трубопровода гарантирует (при длине пловучего трубопро-

вода в 200—350 м) землечерпательную прорезь от засорения отведенным грунтом. Грунт отводится или в подвале переката или на верхнюю по течению косу. При работе Р. против течения (работа по течению применяется редко) пловучий трубопровод располагается по дуге (фиг. 5) с таким расчетом, чтобы образовавшаяся бухта (кольшка) не стесняла перемещение снаряда по становой и папильонажным цепям. Р. завозят при этом или паровым катером, или посредством лебедки, установленной на конце трубопровода, или пользуясь паровой лебедкой. В последнем случае на месте, куда д. б. подведен конец Р., укрепляют блок, через к-рый перебрасывают трос, идущий от конца Р. к паровой лебедке. Конец Р. завозят по возможности выше по течению и постепенно спускают вниз по мере заполнения места свалки. Когда перемещать снаряд папильонажными цепями станет затруднительно,

производят новую завозку конца Р. На тихой воде при боковом присоединении Р. последний располагают, как показано ниже на фиг. 6. При работе продольными траншеями снаряд не перемещают в боковом направлении, вследствие чего конец Р. может быть завезен значительно выше по течению. При работе по течению трубопровод располагают в виде буквы S.

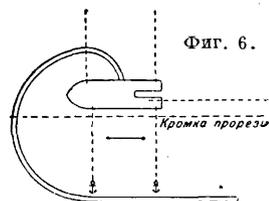


Фиг. 5.

Рефулерными трубопроводами снабжаются многочерпаковые и комбинированные снаряды и гл. обр. землесосы, почти исключительно работающие посредством Р. Последние применяют однако не только для отвода грунта, добываемого землечерпательными снарядами, но и для разгрузки больших шаланд с глухими днищами. Р. в последнем случае работает так же, как и землесос и применяется для отвода грунта на большое расстояние (до 1700 м); трубопровод, по которому прогоняется грунтовая смесь, располагается при этом на понтонах или же на подмостях.

Центробежные насосы—один для всасывания грунта, другой для разжижения его—приводят в действие от одного или порознь от разных двигателей. В последнем случае рефулер может быть использован и в качестве землесоса с пловучим трубопроводом. См. *Землесос, Землечерпание.*

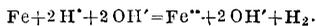
Лит.: см. *Землечерпание.*



Фиг. 6.

**РЕЧНЫЕ СУДА**, см. *Деревянное судостроение и Судостроение речное.*

**РЖАВЧИНА**,  $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ , продукт окисления железа кислородом в присутствии воды, обычно красного цвета. Образование Р. является процессом электролитическим и заключается в следующем: ионы воды  $H^+$  и  $OH^-$  в присутствии металлического Fe образуют положительно заряженные ионы железа и молекулу  $H_2$  по реакции:



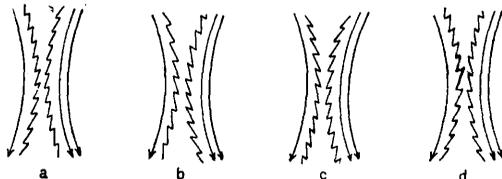
Основная причина этого явления—возникновение нек-рой эдс, обусловленной тем, что потенциал  $Fe^{2+}$  больше  $2H^+$  ( $Fe | Fe^{2+} = -0,43 V$ ;  $H_2 | 2H^+ = \pm 0$ ). Образовавшееся двувалентное железо окисляется дальше кислородом в Fe трехвалентное и т. о. образует Р. Выделяющийся  $H_2$  осаждается на поверхности железа в виде пленки (см. *Поляризация*), препятствующей течению электрич. тока от железа к воде. Всякая причина, ведущая к удалению пленки водорода (деполяризация), будет способствовать усилению процесса ржавления. Для предохранения железа от Р. надо железную поверхность 1) или защищать от возникновения электрич. тока, покрывая ее изоляционными защитными слоями: краска, не проводящая тока, бетон, если он водонепроницаем (отсутствие трещин), прочно пристающая по всей поверхности окалина и т. д.; 2) или поставить железо в такие условия, чтобы оно не могло являться анодом при возникновении электрич. тока, например оцинкованием и т. п. Наклепанное железо вследствие холодной обработки обладает большей способностью к ржавлению, чем ненаклепанное (см. *Наклеп*). Ржавление, действуя разрушающим образом на железо, приносит громадный вред во всех отраслях народного хозяйства. О способах предохранения железа от Р. см. *Коррозия металлов*.

Лит.: Тамман Г., Металлография, перевод с немецкого, М.—Л., 1931, стр. 63, 157; «ЖРМО», 1914, стр. 70. **К. Грачев.**

**РИСБЕРМА**, см. *Перепад и Плотины.*

**РИФЛИ**, острые бороздки на поверхности мелющих валков. Р и ф л и е, или н а р е з к а в а л к о в, производится в мельничных вальцовых станках, служащих для дранья, передреа и вымольных систем (см. *Вальцезерный станок, Вальцовый станок и Помолы*). При дифференциальных скоростях парно работающих валков Р. действуют на зерно, дранье и передири как ножи б. или м. острые, производя разное действие на продукт в зависимости как от диаметра валков и отношения их скоростей (дифференциал), так и от окружной скорости быстрого валька, профиля Р. и уклона его по длине валька. Если бы оба валька вращались с одинаковыми скоростями, происходило бы раздавливание зерна, тем большее, чем больше диаметры валков. Но при процессе дранья преследуется цель разрезания зерна и выскабливания из него крупы. Такое действие достигается применением различных скоростей у пары работающих валков. Чем больше дифференциал, тем больше число Р. быстрого валька в пределах мелющей зоны пробегает по соответствующему числу Р. медленного валька, увеличивая количество воздействий на проходящий через рабочую зону продукт. При острых Р. и при положении а (фиг. 1), когда зерно или части его попадают между острями Р. валков, указанное мно-

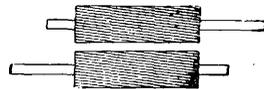
гократное действие Р. содействует большому получению, хотя и менее крупных крупок. Продукт подается медленным вальком с Р., направленными спинками по движению, подставляющим остря под Р. быстрого валька с острями по направлению движения. При расположении Р. б, применяемом на последних дражных проходах и вымоле, получается сжатие и растирание продукта. В данном случае эффект работы увеличивается с увеличением диаметров валков, когда при том же дифференциале количество воздействия Р. увеличивается еще от уширения размоленной зоны между рабочими поверхностями валков. Это обстоятельство



Фиг. 1.

особенно важно при размоле ржи. На последних дражных пассажах целесообразно применить положение Р. с острием на спинку, причем выскабливание должно происходить с меньшим раздроблением оболочки зерна. Положение d спинкой на острие применяется только в США и весьма редко. Применяемые в СССР и США большие окружные скорости валков дают более энергичное дробление зерна, в результате большее количество мелких крупок и рассечение оболочек. Для ослабления такого действия либо применяются Р. с затупленными кромками либо ставятся Р. спинкой на спинку и для первых дражных процессов. Наклон Р. имеет целью достижение непрерывного действия таковых без ударов, какие имели бы место при направлении, параллельном оси, когда каждая Р. вступала бы в работу с Р. парного валька сразу по всей своей длине. Чем меньше уклон Р., тем «острее» их действие, что в результате дает больше крупок. В СССР и США компенсируют большие скорости валков еще и малым уклоном Р. в 4—6% на первых дражных системах. При увеличении уклона помимо резания происходит продвижение продукта вдоль Р., что связано со смятием его и полезно при вымоле.

На фиг. 2 показана пара валков с наклонно расположенными Р. При одинаковом (параллельном) наклоне Р. на обоих валках (глядя сверху или сбоку) таковые однако при проходе через размоляющую зону взаимно пересекаются под двойным углом их наклона, т. е. изображенный сверху валок входит в зону размола с наклоном слева направо, а нижний—справа налево. Перекладка каждого из валков в своих подшипниках не меняет наклона Р., но меняет направление острья Р. Это обстоятельство позволяет при валках равноосных с одинаковыми шейками при помощи перекладки их получить все четыре положения: а, б, с и d. Если переложить оба валька положение а, получим положение б, при перекладке одного медленного валька получим положение с, а при перекладке одного быстрого валька—положение d.



Фиг. 2.

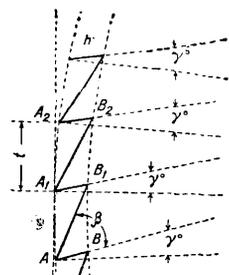
Число Р. на 1 дм. или 1 см окружности вала определяет шаг таковых, соответствующий величине раздробляемого продукта. От шага и профиля Р. зависит глубина нарезки, также влияющей на интенсивность работы валков. Ниже приводим таблицу числа Р. и их наклона в % по отношению к длине валков для помолв в различных странах.

Характеристика Р. в разных странах.

№	Количество Р. на 1 см	Наклон в %	№	Количество Р. на 1 см	Наклон в %
Венгрия			Германия		
I	3,5—4	12	I	4—1,5	10
II	4,5—5	16	II	4,5—5,5	10
III	5,5—6	14	III	6—7	12
IV	6—6,5	16	IV	7—8	12
V	7—7,5	14	V	8—9	12
VI	7,5—7,8	14	VI	10—11	14
VII	8—8,2	12			
VIII	8,2—8,5	12			
IX	8,5—9	10			
Англия			США		
I	4—4,5	10	I	4,5—5	4
II	6—6,5	12	II	5,5—6	5
III	7—8	12	III	6,5—7	6
IV	9—11	14	IV	7,5—8	6
			V	9—10	7

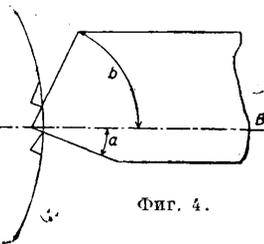
До последнего времени помол у нас соответствовал германскому, а в настоящее время переходит к американскому.

Наибольший интерес представляет вопрос о профилях Р. Для лучшего эффекта работы нарезных валков на первых дражных системах Р. следовало бы придать



Фиг. 3.

с возможным большим углом  $\gamma$ , образуемым гранью АВ с радиусом окружности поперечного сечения вала. Угол резания данного профиля будет угол  $\alpha$ , образуемый острой гранью АВ с касательной к окружности вала. При угле  $\gamma = 15^\circ$  угол  $\alpha = 75^\circ$ , угол  $\beta$  между острой гранью и спинкой Р. в зависимости от величины шага  $t$  и высоты  $h$  Р. будет  $50-55^\circ$ . Но по свойству зеркального чугуна невозможна нарезка таких Р., и они будут выкрашиваться при нарезании, а при работе резец, заточенный под углом  $55^\circ$  и даже под углом  $70^\circ$ , при  $\gamma = 0$  будет крошиться. Наименьший угол заточки резца составляет у американцев  $90^\circ$  и у европейцев  $105-110^\circ$ .

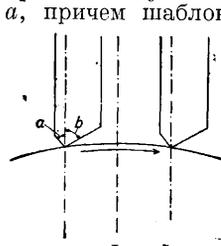


Фиг. 4.

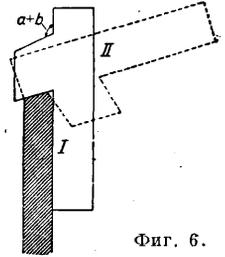
Резец обычно устанавливается в супорте вальцезерного станка так, что его ось проходит через центр вала (во избежание изгиба резца). На фиг. 4 показано положение одного резца. Угол В резца равен сумме углов  $\alpha + \beta$ , образуемых плоскостями заточки резца его осью. Угол  $\alpha$  называется углом острия, т. к.

он режет острую грань Р., а угол  $\beta$ —углом спинки. От угла  $\alpha$  зависит степень режущего действия Р. Этот угол в Р. сист. Даусона равен  $17-19^\circ$ , а угол резания составляет  $19^\circ + 90^\circ = 109^\circ$ . У европ. мукомолов  $\alpha = 40^\circ$  и угол резания равен  $90^\circ + 40^\circ = 130^\circ$ .

Фиг. 5 показывает установку двух резцов с расстоянием их осей по 15 мм по обе стороны от линии, проходящей через центр окружности вала. Фиг. 6 изображает шаблон для проверки обточки граней резца. Сплошными линиями показан шаблон в положении I для проверки заточки угла спинки  $\beta$ . Пунктирными линиями показан шаблон в положении II при заточке угла острия  $\alpha$ , причем шаблон на-

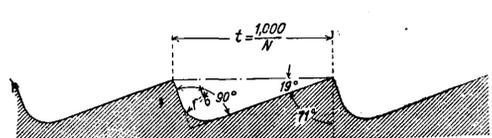
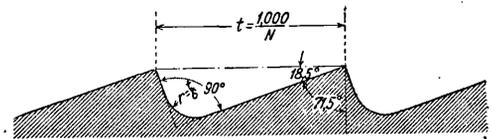
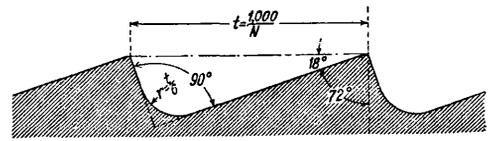
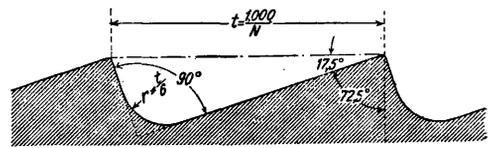
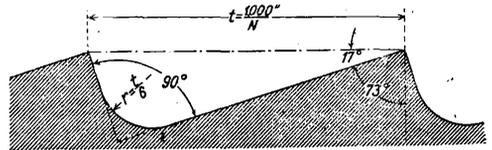


Фиг. 5.



Фиг. 6.

ложен суммарным углом резца  $\alpha + \beta$ . Завод «МИАГ» предлагает угол  $\alpha$  в  $40^\circ$  как для пшеницы, так и для ржи и угол  $\beta$  в  $65^\circ$  для пшеницы и угол  $70^\circ$  для ржи. Профиль Р. вала, выпрямленных по прямой, см. Вальцезерный станок, фиг. 2. Для сохранения цилиндрич.



Фиг. 7.

формы вала при его нарезке глубину нарезки делают с таким расчетом, чтобы на вершинах Р. оставались нетронутыми узкие полоски шлифованной цилиндрич. поверхности

валка шириной  $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{20}$  мм. Без этой предосторожности, при разной глубине погружения реза, м. б. утеряна цилиндрич. форма валка. С другой стороны, острая вершина Р. была бы чрезвычайно неустойчива и выкрошилась бы или такие площадки образовались бы в кратчайший срок работы Р. Для большей устойчивости реза и бесполезности острых углов в глубине Р. допускается закругление радиусом 0,5 мм при 4 Р. на 1 см до закругления 0,1 мм при 9—10 Р. на 1 см. Фиг. 7 изображает в увеличенном виде профиль оригинальной нарезки по Даусону (американской) для

дранья №№ 1—5. Шаг  $t$  равен  $\frac{1''}{N}$ , где  $N$ —число Р. на 1''. При первом дранье угол острия равен  $17^\circ$  и угол спина  $73^\circ$ , а суммарный угол Р.  $90^\circ$ , причем острие Р. слегка закруглено вместо площадки  $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{20}$  мм, оставаемой в европейской Р. Радиус закругления на дне канавок Р. равен  $\frac{1}{6}$  шага Р., т. е. равен  $\frac{1}{6N}$ , что составляет почти вышеуказанные европ. нормы. Тут указаны самые характерные европейский и американский профили. В европейских профилях угол  $a = 35 \div 45^\circ$  и угол  $b = 57 \div 70^\circ$ . У американских мукомолов имеется много типов профилей, являющихся производными приведенного «оригинал-даусон» и V-Cut (фиг. 8). Наилучшая американская нарезка «оригинал-даусон» отличается от европейской нарезки более выгодным для получения крупок углом острия  $17^\circ$



Фиг. 8.

для первого дранья, зато нарезка V-Cut по всей вероятности не заслуживает подражания. Отсутствие следов шлифованной поверхности валков не гарантирует цилиндричности. Округление режущих кромок применимо только при больших скоростях. Американцы в последнее время применяют резы в виде гребенок для нарезки сразу нескольких Р., причем гребенка устанавливается несколько эксцентрично с таким расчетом, чтобы 4—6 выступов гребенки производили предварительную нарезку Р., а остальные окончательную нарезку начисто.

Р. в машиностроении, см. *Накатка в машиностроении*.

Лит.: Зворыкин К. А., Курс по мукомольному производству, Харьков, 1894; Козьмин П. А., Мукомольно-крупяное производство, 4 издание, М., 1926; Куприц Я. Н., Рационализация мукомольного производства (опит США), Москва, 1929; Левинсон И. П., Анализ балансов помола, Л.—М., 1929; Аранович С. И., К вопросу о нарезке валцов для помола мягких пшениц, «Советское мукомолье и хлебопечение», М., 1928, 5, стр. 283; Козьмин П. А., Рационализация схемы помола, там же, 1929, 2, стр. 65; Пенс Р. О. и Мак-Кормик, Нарезка валков и дифференциал, пер. с англ., там же, 1929, 8, стр. 461; Taschenbuch des Müllers, hrsg. v. «MAG», 8 Aufl., Dresden, 1927; Kettenbach E., Katchismus f. Müller u. Mühlenbauer, Lpz., 1924; Dedrick V. W., Practical Milling, Chicago, 1924. Л. Розенштейн.

**РОВНИЦА**, продукт, получаемый с предпрядильных машин, называемых ровничными машинами, а также банкаброшами, и представляющий собою вытянутую и слабо скрученную ленту. Р. является промежуточным продуктом между лентой, получаемой с ленточных машин, и окончательным продуктом—пряжей. Р. встречается в различных системах прядения, в прядении различных волокон. Например в хлопкопрядильном пр-ве продукт обычно проходит не менее трех банкаброшей, и в соответствии с этим различают три Р.: толстую, перегонную и тонкую, номера к-рых

в свою очередь разнятся в зависимости от сорта хлопка, № выпрядаемой пряжи и от плана прядения вообще.

Номер пряжи	Банкаброши			
	толстый	перегонный	тонкий для ватеров	тонкий для селфакторов
16—24	0,5	1,2	3,0—3,5	2,5—3,25
26—30	0,625	1,5	3,75—4,25	3,25—4,25
32—38	0,75	1,6	4,5—5,0	4,25—4,75
40—44	0,8	1,75	5,5—6,0	5,0—5,25
50—60	0,875	1,80	7,0—7,75	5,25—5,50

Толщина Р. в мм вычисляется по ф-ле О. Иогансена  $d = \frac{2}{\sqrt{N}}$ , где  $N$ —номер Р. Кру-

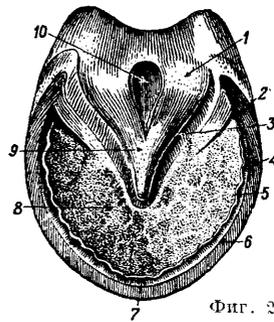
та Р. (число кручений на 1') вычисляется по ф-ле  $t = a \sqrt{N}$ , где  $a$ —коэф. крутки—колеблется от 0,6 (для толстого банкаброша и лучших сортов хлопка) до 2,0 (для тонкого банкаброша и наиболее низких коротких хлопков). Хорошая Р. должна быть равномерной по диаметру, не иметь переселкини, быть равномерно скрученной, не иметь шишек, пуха, налетов. См. *Прядение*. В. Линде.

**РОГ**, твердый, упругий, обладающий значительной химич. стойкостью материал мелкой промышленности, преимущественно подолочной, получаемый от различных животных. Пользование словом Р. как термином зоологическим морфологическим наряду с товарно-материаловедческим вносит в понятие его известную двойственность и в товарно-материаловедческую номенклатуру: Р. как анатомическое образование не всегда состоит из рогового вещества, и, наоборот, не всякое роговое вещество обязательно получается из Р. В табл. 1 даны Р. нек-рых видов животных.

Смена Р. биологически соответствует линьке многих животных и выпадению волос с заменю их вновь вырастающими. Из других образований, дающих роговой материал наибольшее значение



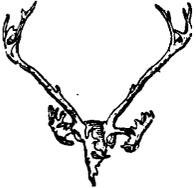
Фиг. 1.



Фиг. 2.

представляют к о п ы т а. Это—округленно-четырёхугольная роговая пластинка, окружающая последнюю фалангу в виде капсулы, аналогичная когтю и когтю. Однако копыто состоит не только из этой стены, или так наз. стенки, но и из дополнительных пластин, окружающих последнюю фалангу снизу (п о д о ш в а) и сзади (с т р е л к а) и сращенных со стенкой в роговой багмак. Строение копыта представлено на фиг. 1 (вид сбоку) и на фиг. 2 (вид снизу), где 1—мякоть, 2—задняя боковая стенка, 3—угловая подпорка, 4—боковая стенка, 5—белая линия, 6—защепная стенка, 7—опорная часть роговой стенки, 8—роговая подушка, 9—роговая стрелка и 10—средняя бороздка стрелки. Ткань стены слагается из трех

Табл. 1. — Рога некоторых животных.

Изображения рогов	Название животного	
	Cervus elaphus	Благородный олень
	Rangifer tarandus	Северный олень
	Capra ibex	Каменный козел
	Dama vulgaris	Лань
	Alces palmaris	Лось
	Oryx beisa	Антилопа
	Bos taurus	Домашний бык
	Ovis aries	Баран

налегающих друг на друга слоев: 1) верхний, т. н. глазурь, или глазурная оболочка, очень тонкая и у взрослых животных часто разрушившаяся, 2) промежуточный, самый толстый и очень плотный, свободный конец к-рого составляет существенную часть опорного края копыта, и 3) листоватый слой, т. н. соединительный, т. к. он соединяет копыто с его ложем. Подопла копыта состоит из очень крепкого Р., однако уступающего по крепости копытной стене. Роговое вещество стрелки представляет пластину гораздо более тонкую.

**Химический состав Р.** По химическому составу Р. относится к группе кератинов

(см.), входящих в число склеропротеинов или белковых веществ покровов и скелета, согласно прежней терминологии—в группу альбуминоидов (см.). Эти белки отличаются нерастворимостью в воде и других растворителях, напр. в спирте, значительной устойчивостью по отношению к гидролизующим деятелям, в частности к разбавленным к-там и щелочам, и особенно в отношении к энзимам, расщепляющим белки, т. ч. пищеварительной системой почти не усваиваются. В концентрированном растворе едкого кали Р. сперва набухает, а затем постепенно растворяется, особенно при нагревании, причем происходит разложение. Как и другие белки, роговое вещество характеризуется реакциями: биуретовой, ксантопротеиновой, миллоновой, триптофановой, реакцией Молиша и наконец ярко выраженной цистиновой реакцией, указывающей на содержание серы. Р. характеризуется элементарным составом, указанным в табл. 2.

Табл. 2.—Элементарный состав Р. (в %).

Состав	*1		*2		
	Среднее	Пределы	Среднее	Пределы	
Углерод . . . . .	52	50—53	Сера . . . . .	3	2—5
Кислород . . . . .	22	20—23	Фосфор . . . . .	0,1	—
Водород . . . . .	7	6—8	Кальций, кремний, железо . . . . .	~1	—
Азот . . . . .	11	12—15			

\*1 Среднее. \*2 Пределы.

Особенно характерно значительное содержание серы, причем кератин Р. сходен в этом отношении только с кератином волос и превосходит прочие. Сравнительный элементарный состав рогового вещества и других кератинов дан в табл. 3.

Табл. 3.—Элементарный состав (в %) различных кератинов (по А. Готье).

Состав	*1	*2	*3	*4	*5	*6
Углерод . . . . .	51,0	50,0	50,5	49,78	51,0	51,8
Водород . . . . .	6,8	6,7	6,9	6,1	6,8	7,1
Азот . . . . .	13,6	17,9	17,5	16,43	17,2	17,6
Сера . . . . .	5,0	5,0	3,2	4,25	0,74	—

\*1 Бычий рог. \*2 Волосы. \*3 Ногти. \*4 Перепонка яичной скорлупы. \*5 Эпидерма ступни. \*6 Бородачка пера.

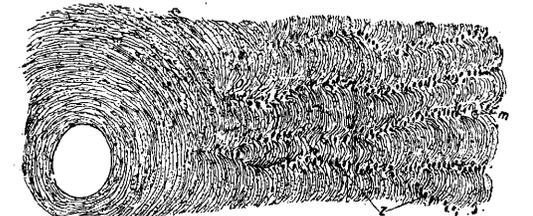
Содержание N в бычьем роге иногда доходит до 22%, а в эпидерме ступни—до 25%. Зола рогового вещества составляет 1,5% и содержит фосфорнокислые и сернокислые соли щелочноземельных металлов, а в некоторых случаях (зола волос и перьев)—соединения железа и кремния. Содержание воды в Р. обычно 5—10%. Роговое вещество горит труднее целлюлозы, при этом оплавляется и остается оплавленным после горения; процесс горения сопровождается характерным запахом «железного рога», производимым соединениями серы. Серу считают присоединенной к Р. мало прочно, причем при гидролизе белков она входит в цистин:  $\text{COOH}-\text{CH}-\text{CH}-(\text{NH}_2)-\text{CH}_2-\text{S}-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$ . Этого соединения из Р. получается 6—7%, а из человеческих волос 13—14%. Химическое строение Р. в виду нерастворимости, неиспаряемости и отсутствия настоящей плавкости у Р. до сих пор не могло быть выяснено; некоторый подход к пониманию этой структуры дает рассмотрение продуктов гидролиза рогового

вещества, характеризующихся как различные аминокислоты (табл. 4).

Табл. 4. — Состав, содержание (в г на 100 г исходного рога; его вещества) и химич. характеристика продуктов гидролиза рога-ового вещества (козьего волоса).

Состав	Содержание	Химич. характеристика
Гликоколь . . .	4,7	} Одноосновная аминокислота
Алапин . . . . .	1,5	
Валин . . . . .	0,9	
Лейцин . . . . .	0,71	
Фенилаланин . .	0	
Аспарагиновая к-та . . . . .	0,3	} Двухосновная аминокислота
Глутаминовая к-та . . . . .		
Лизин . . . . .	3,7	} Диаминокислота
Аргинин . . . . .	1,1	
Серин . . . . .	4,5	
Тирозин . . . . .	0,6	
Пролин . . . . .	3,2	
Пролин . . . . .	3,4	Оксиаминокислота Ароматич. оксиаминокислота (параокси-фенилаланин) Гетероциклическая азотсодержащая к-та $\text{CH}_2 - \text{CH}_2$
Гистидин . . . . .	—	Гетероциклич. азотсодержащая к-та с гликозамидным (имидазольным) кольцом $\text{CH}_2$ $\text{CH} - \text{COOH}$ $\text{NH}$ α-пирролидинкарбоновая кислота
Цистин . . . . .	—	Соединение, содержащее серу: $\text{COOH} - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{CH}_2 - \text{S} - \text{S} - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$ $\text{CH}$ $\text{N} - \text{CH}$ имидазоллаланин

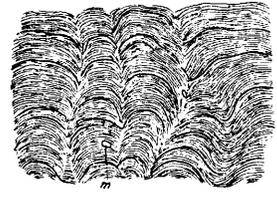
Гистологическое строение Р. Эпидермис состоит из двух слоев: 1) нижнего, непосредственного, одевающего собою cutis, т. н. маль пигиева слоя (или stratum), и 2) верхнего, рогового, stratum corneum. Нижний слой представляет многослойный эпителий из живых клеток, плазма к-рых жадно принимает окраску; верхний же слой состоит из метаморфизированных, именно ороговелых эпителиальных клеток в виде плос-



Фиг. 3.

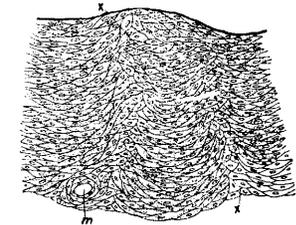
ких табличек, налагающихся друг на друга рядом слоев. Изучение микроструктуры Р. проводится на тонких прозрачных срезах и с особой выгодой—после набухания Р. в едком кали или в уксусной к-те; увеличение требуется от 70 до 300 раз. Приводимые рисунки

микроструктуры Р. заимствованы у О. Невеского. На фиг. 3 изображено поперечное сечение бычьего Р. через конец его в 70-кратном увеличении. Вокруг пронизывающего Р. тонкого центрального канала поперечником 20—60 μ роговое вещество образует сперва концентрич. слои, а затем, ближе к наружной стороне Р., имеет волнистый ход. Во впадинах волн залегают группами темные зерна бурого пигмента z и тонкие каналы m, выступающие особенно ясно после воздействия уксусной кислоты. На фиг. 4 показана в том же увеличении микроструктура разреза нижн. части того же Р.; тонкие каналы и внутренние расщепы Р. здесь видны более заметно. На фиг. 5 показано при 300-кратном увеличении клеточное строение буйволова Р., препарированного в уксусной к-те. Роговая ткань, как видно здесь, образована узкими эллиптич. плоскими клетками, в к-рых содержится большое блестящее ядро; нек-рые из роговых клеток окружают каналы m; прочно же клетки располагаются дугообразными слоями, причем серии дуг делются на секторы рядами клеток x, проходящими радиально.



Фиг. 4.

Физические свойства Р. определяются, во-первых, его химической природой, а именно составом (Р. состоит из высокомолекулярного недиссоциирующего, сильно полимеризованного вещества), а во-вторых, гистологическим строением, придающим ему, с одной стороны, большую компактность, а, с другой стороны, в связи с плоской формой и волнистым расположением клеток



Фиг. 5.

выгодные механич. свойства. С малым уд. в., небольшой крупкостью и весьма значительной упругостью в Р. сочетается выдающаяся вязкость и прочность в отношении различных усилий, а также довольно значительная твердость. Электрически он обладает изоляционными свойствами, но не в высшей степени. В отношении световых лучей Р. иногда бывает прозрачен, а иногда просвечивает (в нетолстых слоях) и обладает окраской от почти бесцветной или светлой зеленовато-желтой до оранжево-красной, а иногда темнубурой; естественная окраска Р. редко бывает однотонная, а чаще в светлой основной массе проходят идущие по длине языки от светлых или желтых до серо-черных и темнубурых. До настоящего времени физич. свойства Р. почти не изучены, и ниже приводится то немногое, что удалось найти. При этом необходимо иметь в виду, что биологич. дисциплины и животноводство м. б. заинтересованы преимущественно в свойствах живого Р., тогда как материалу и обрабатывающей промышленности необходимо считаться со свойствами Р. мертвого, и притом после тех или иных технологич. процессов обработки. В промежутке стоят свойства Р., хотя и мертвого, но от све-

жеубитых животных. О модуле упругости Р. можно судить по соответственной константе близкого к нему китового уса, равной 600. Прочность Р. особенно важна в отношении копытного Р. при использовании лошадей как рабочей силы. Средние значения механической прочности необработанного Р. лошадиного копыта для образцов  $\varnothing 0,6-0,7$  см, вырезанных из копыта недавно убитых лошадей, в  $\text{кг/см}^2$  (по Готье, 1913 г.) след.: на разрыв—4,63; на кручение—32,71; на сжатие параллельно волокнам—1 033,00, перпендикулярно волокнам—1 875,00. Износ частей копыта на полировальном круге после 200 оборотов при давлении 0,6  $\text{кг/см}^2$  и образцах сечением  $3 \times 3$  см характеризуется сл. образом:

	г	см
Стенка . . . . .	$(36 \pm 62) \cdot 10^2$	$(31 \pm 57) \cdot 10^3$
Подощва . . . . .	$(33 \pm 64) \cdot 10^2$	$(29,7 \pm 55) \cdot 10^3$
Стрелка . . . . .	$73 \cdot 10^2$	$64 \cdot 10^3$

Механич. упругость Р. благоприятствует его акустич. свойствам; музыкальные инструменты из естественного Р. обладают особым тембром, одновременно звучным и весьма близким к тембру человек. голоса. Теплопроводность Р. при температуре ниже 0° равна по Форбесу 0,0000870  $\text{cal см/см}^2 \text{ ск.}^\circ\text{C}$ .

Электрические свойства Р. охарактеризованы данными табл. 5, составленной на основании измерений над роговыми плашками из бычьих рогов и лошадиных копыт в Отделе материаловедения ВЭИ, и данными табл. 10 об электрич. крепости буйво-

Табл. 5. — Сводка данных об электрических свойствах рога.

Измеряемая константа	Прессованная плашка из		
	бычьего рога	бычьего рога	конского копыта
Толщина пластины, мм . . . . .	4,8 *1	5,1 *1	4,76 *1
Диэлектрич. коэф. при частоте 50 пер/сек.	15,07 *2	14,2 *2	23,23 *2
	13,06 *3	13,88 *3	15,07 *3
	11,51 *4	12,47 *4	13,28 *4
Уд. объемное электросопротивление при постоянном напряжении 1 000 V, $\Omega \cdot \text{см}$ .	$6,6 \cdot 10^{11}$ *5	$4,31 \cdot 10^{11}$ *5	$2,63 \cdot 10^{11}$ *5
Уд. поверхностное электросопротивление при постоянном напряжении 1 000 V, $\Omega \cdot \text{см}$	$2,94 \cdot 10^{11}$ *6	$2 \cdot 10^{11}$ *6	$2,5 \cdot 10^{11}$ *6
Коэф-т мощности диэлектрических потерь при частоте 50 пер/сек. и напряжении 1 000 V, $\text{гг} \delta$ . . . . .	ок. 0,2 *7	ок. 0,2 *7	ок. 0,2 *7
Угол диэлектрич. потерь, $\delta^\circ$ . . . . .	ок. 12° *7	ок. 12° *7	ок. 12° *7
Электрич. крепость, $\text{kV/мм}$ . . . . .	10,4 *8	10,8 *8	8 *8

\*1 Измерения толщины производились как у пластин в доставленном состоянии, так и после двух сушек (первая 12-час. при 50°, вторая 96-час. при 50—75°, но ушки не было обнаружено). \*2 В доставленном состоянии (электроды станиольевые). \*3 После первой сушки (электроды станиольевые). \*4 После второй сушки (электроды станиольевые). \*5 Электроды из станиоля, кольцевые. \*6 Электроды из станиоля, с охранным кольцом. \*7 Электроды ртутные. \*8 Электроды — диск и шар, diam. 5 см; пробой под маслом; напряжение подымается плавно. Пробой сопровождается сильным выделением светлого дыма, а после пробоя на пластинах осаждается прозрачная пленка.

лового Р., сопоставленными со значениями той же характеристики других изоляционных материалов.

Место Р. в трибоэлектрич. ряде Герберта (1788 г.) установлено рядом со слоновой костью и несколько дальше от электроотрицательного конца ряда, чем шелк, но гораздо более электроотрицательное, чем у различных видов шерсти (см. Трибоэлектричество). Сравнительные данные об электрич. крепости Р. и некоторых других изоляционных материалов приведены в табл. 6.

Табл. 6. — Сравнительные данные об электрической крепости Р. и некоторых других изоляционных материалов (по Клеману и Ривьеру).

Показатели	Материалы				
	Буйволовый рог	Альбу-мпн	Гумми-лак	Искст. смолы	Синтетич. смола
Наименьшая ширина пластины, см.	30	33	18	18	18
Толщина пластины, см . . . . .	0,75	0,85	0,74	0,72	0,73
Напряжение между острыми концами электродами (в kV), дающее мгновенный пробой:					
наименьшее . . . . .	35	27	52*1	49*1	37
наибольшее . . . . .	38	31	—	—	37
среднее . . . . .	36	29	—	—	—
Градиент поля (в kV/мм) . . . . .	3,4*2	4,85*2	7*3	6,8*3	5*3

\*1 Перекрытые. \*2 Пробивает. \*3 Выдерживает.

Товарные и экономические данные. Рыночные сорта Р. различаются: а) по возрасту животного, б) по зоологическому виду, породе и полу животного, в) по состоянию и г) по части естественного Р.

а) У более старых животных Р. больше по размерам, плотнее, тверже и легче обрабатываемы, чем Р. молодых животных.

б) Р о г а б ы ч ь и. Наибольшие у венгерских быков и достигают 1 м длины, наименьшие—у польских; у ирландских быков Р. почти до конца полые, в тонких слоях просвечивают. Бычьи Р. обладают круглым сечением, изогнуты вверх и вперед, б. ч. светлого цвета, но с темными концами. На мировом рынке количественное преобладание принадлежит Р. южноамериканским—из Бразилии, Риогранде, Монтевидео и Буэнос-Айреса. Особенно ценится т. н. светлый Р. от ирландских быков, а также от бизонов. К о р о в ь и Р. по размеру меньше, чем у быков соответственной породы и менее однородны по плотности. Б у й в о л о в ы е Р. отличаются темным цветом и треугольным сечением; они изогнуты назад и затем вверх. Буйволового Р. весьма ценится за его твердость; хорошо поддается полировке; добывается и применяется в Индии (Бомбей, Калькутта), в Сиаме, Африке, Малой Азии, Румынии, Венгрии и на Кавказе. Для прозрачных изделий он непригоден. Наряду с настоящим буйволовым рогом на рынок поступает под тем же названием Р. североамерик. бизона; эти Р. сравнительно коротки, изогнуты кнаружи и вверх, а концы загнуты внутрь. К о з л и н ы е Р. отличаются серповидной формой, изогнуты назад и вовне, иногда сильно сжаты; экономич. значение их сравнительно малое. Б а р а н ь и

Р. сильно изогнуты, часто несколькими шагами винта; концы отогнуты вперед и в стороны; поверхность бараньих рогов покрыта неправильно расположенными поперечными валиками. Бараний и козыный рога отличаются большой прозрачностью. Рога гну, антилоп и газелей добываются в Азии и Африке, применение же себе находят гл. обр. во Франции и Англии. Рог носорога, весьма ценный вид Р., применяемый особенно на Востоке (в частности на Кавказе), отличается темнокоричневым цветом и строением, напоминающим плотную древесину. Копытны й Р. На рынок поступают преимущественно копыта лошадиные; применяются также копыта бычьи и коровьи, бараньи, козы, жираффа, носорога и др. как однокопытных, так и парнокопытных животных. Копыта парнокопытных менее прочны и вязки, чем копыта однокопытных, более неоднородно сложены и плохо поддаются полировке. После прессовки копыт от парнокопытных (и особенно отходов этого материала) получают массы ломкие, пригодные лишь для более дешевых изделий. Качество этих копыт весьма зависит от образа жизни животных,—расы с песчаных почв сохраняют свои копыта лучше, чем расы с каменистых почв; коровьи копыта при содержании животных в стойлах тоже теряют часть своих технич. качеств, т. к. вещество Р. разъедается навозной жижей.

в) Различают сырой Р., т. е. в первоначальном состоянии, когда он сохраняет свою естественную форму, и прессованный Р., т. е. обработанный в виде плашек.

г) Наиболее ценной частью Р. являются концы Р., или острия, причем среди них признаются особенно ценными светлоокрашенные, от немецких, английских и бразильских пород крупного рогатого скота. Полая часть Р. носит название трубок (Hornschrot), или т. н. обрзков, обычно превращаемых рядом операций в плашки. Копыта одно- и двухкопытных животных, тоже превращаемые в плашки, по качеству стоят ниже плашек из рогов: копытны й Р. отличается темным цветом, меньшей плотностью и однородностью строения и худшими механическими свойствами. Искусственные рога вые массы из отходов рогового производства по механич. свойствам значительно уступают различным видам естественного Р. Отходы рогового производства составляют обрезки, гл. обр. от плашек, роговая стружка, роговая мука или вентиляторная пыль.

Применение Р. Сравнительно с другими материалами пуговичной промышленности—растительной и настоящей слоновой костью, животною костью (см.), целлюлоидом и различными композициями—Р. обладает значительными преимуществами. Из числа изделий, на которые идут концы Р., должны быть упомянуты рукоятки палок и зонтов, наконецники чубуков и мундштуки, шахматные фигуры, черенки для ножей, свистки и всевозможные токарные изделия. Полая часть рогов идет гл. обр. на гребни (для причесывания и украшений), ручки палок и зонтов, иглы для продергивания тесьмы, шпильки для волос, обувные ложки, столовые ложки и вилки, совки, шпатели и ложки для химич. продуктов и фармацевтич. промышленности, табакерки, чашки для весов, блюдечки для

красок, кольца, медицинские шпатели для осмотра горла, зубочистки, фишки для игры, черенки для ножей, пороховницы, веера, искусственную слоновую кость и пр.; Р. применяется также как оправа моноклея, лорнетов и пенсне. Широкое когда-то, но более редкое применение в настоящее время Р. себе находит как материал при производстве роговых стекол, или фанарного Р.,—очень тонких, отшлифованных, почти прозрачных пластин, вставляемых в фонари в силу своей нехрупкости и сравнительной огнебезопасности.

Отходы Р. в виде обрезков рогов и копыт при обработке в известных случаях служат для тех же целей, что и цельный натуральный Р. Для этого они предварительно превращаются в пластины; к такому виду отходы Р. могут быть приведены различными процессами. Другая область применения отходов Р.—использование его как химического материала [производство железистосинеродистых солей щелочных металлов, животного угля, угля для цементации стали, удобрений, составов, служащих для покрытия своеобразными лаковыми пленками, применение для фармацевтич. целей и в качестве питательного материала].

Обработка Р. У живого животного, а также вскоре после его смерти внутренняя кость Р., или т. н. стержень, крепко присоединена к роговой оболочке и потому извлекается из Р. с трудом. Для освобождения стержня она возможно дальше отщепляется от оболочки, после чего по Р. наносят удары деревянным молотком. В Р., пролежавших некоторое время, стержень отсыхает и держится уже только у основания Р.; в этом случае для удаления стержня необходимо несколько надрезать у основания Р. Однако при освобождении стержня надлежит смотреть, чтобы Р. не треснул и не сделался занозистым. Франц. практика нашла целесообразным предварительно вымачивать Р. в течение 15—20 дней с целью вызвать брожение, к-рое разрушает ткань, связывающую Р. с его стержнем. Следующая операция состоит в отпиливании конца Р., т. е. его массивной части от полой. В одних случаях это отделение производят над Р. в холодном виде, при помощи весьма тяжелых пил, опертых в пол и удерживаемых грудью рабочего, причем Р. двигают обеими руками вдоль пилы; в других случаях Р. (тоже в холодном виде) распиливают циркулярными пилами; иногда Р. предварительно прогревается в горячей воде или над огнем. Распил, во избежание потерь ценного массивного Р., надо производить через вершину внутреннего конуса; для этого глубину последнего измеряют жесткой проволокой и затем отмечают на наружной поверхности Р.; по отпилке конца распиливают на 2—3 части, в соответствии с предполагаемой шириной изделий, и трубчатую часть рога. Следующая операция заключается в распрямлении роговых трубок. С этой целью трубка надевается на особую палку для обогрева, снабженную вилкообразным плоским наконечником, и вставляется в печурку, нагреваемую углями. До настоящего времени это размягчение Р. ведется весьма примитивным образом и без какой-либо регулировки т°. По прошествии небольшого времени роговая трубка, извлеченная из печурки, разрезается продольно острым ножом на той

же палке для обогрева, причем разрез идет не прямо по образующей, а по крутой винтовой линии, соответствующей внутренней, искривленной части Р. (наиболее тонкому месту); если в разрезаемой трубке оказываются непредвиденные каналы, трещины, нарушения целостности, то разрез должен идти по этим слабым местам. После разрезания роговая трубка большими специальными правильными плоскогубцами снимается с палки для обогрева за разрезанный конец, слегка разворачивается в горячем виде и начинает распрямляться при помощи особого инструмента, представляющего род больших деревянных щипцов из досок, скрепленных у одних концов шарниром, а у других снабженных ручками. Эту работу удобнее проводить двум рабочим совместно. Выпрямленный Р., т. н. п л а ш к у, подвергают дальнейшему выравниванию винтовым горизонтальным прессом—к о л о д о ю, колесо к-рого закручивается обычно ногою. Выпрямлению подвергаются сразу несколько десятков роговых плашек, переслоенных нагретыми, хорошо отполированными железными досками, к-рые для устойчивости всей стопы время от времени перемежаются деревянными плашками; на больших ф-ках эти пластины могут обогреваться водою или паром. В колоде плашки выдерживаются до полного охлаждения. Из колоды роговые плашки после тщательной отчистки ножом всех неровностей поступают в гидравлич. пресс мощностью около 100 atm, где, чередуясь с ровными и весьма гладкими железными пластинами около 3 см толщиной, укладываются стопами и прессуются при паровом обогреве платформы (давление пара около 2,2 atm); время прессовки, включая сюда и охлаждение под давлением, равно 45 мин. Цель этого процесса (Treiben),—во-первых, закрепить плоскую форму плашек, устранив внутреннее натяжение, и тем предотвратить опасность их коробления в дальнейшем, а, во-вторых, путем пластич. деформации Р. увеличить площадь плашек и соответственно уменьшить их толщину. Происходящие здесь изменения геометрич. формы м. б. охарактеризованы данными, полученными Соколовым (табл. 7).

Табл. 7.—Данные об изменении размеров роговых плашек при горячей прессовке.

№ плашки	Род рога	Масса, г	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина	
					у конца, мм	у основания, мм
1*1	Козий рог (глухой конец)	155	220	61	7,65	15,5
		160	240	110	5	5,9
2*1	Козий рог (глухой конец)	95	180	57	6	17
		100	200	100	4	4,9
3*1	Козий рог (глухой конец)	95	170	41	7	18,5
		100	2,0	113	2,85	4,25
4*2	Рог полубыка	—	180	130	10,6	3,77
		—	200	175	4,9	4,1

Распарка 90 мин.; давление пара при прессовке 2,2 atm, время прессовки 45 мин.; верхние цифры относятся к фазе технологического процесса до распарки, нижние—к фазе после прессовки.—\*1 Давление при прессовке 100 atm. \*2 Давление при прессовке 90 atm.

Высокий нагрев и большие давления приходится применять в виду возникающих деформаций при дальнейшей обработке рога

вследствие различного механич. состояния внутренней стороны Р., т. н. н и к и, и стороны лицевой. Размеры плашек, выходящих из-под пресса, весьма разнообразны, что ведет к весьма значительным отходам (ок. 45%) при обрезке этих плашек для изделий; толщина плашек 3—6 мм; более толстые плашки негодны, т. к. сильно коробятся. При процессе прессовки плашка хорошо смачивается маслом (минеральным) для осветления непрозрачных и беловатых мест, к-рые после этого становятся прозрачными; эта операция иногда ведется отдельно, предваряя прессовку в гидравлич. прессе. Перед прессовкой роговые плашки подвергаются размягчению, сперва в обыкновенной воде в течение многих дней, затем в жидкости из 3 ч. мягкой воды и 1 ч. отходов жира, причем эта жидкость вместе с плашками подвергается нагреву до кипения. Железные пластины при прессовке нагреваются в печи до такой  $t^{\circ}$ , чтобы бумажка, помещенная на пластину, слегка побурела. В виду некоторой затруднительности получать точно обработанные железные пластины указанной толщины, можно при прессовке пользоваться обыкновенными литыми, но прокладывая между железными пластинами и плашками Р. еще медные или латунные пластины толщиной около 50 мм. Дальнейшая операция состоит в новой горячей прессовке, с целью еще большего закрепления плоской формы пластин, и последующем обрезании на деревянном чурбане очень острым длинным ножом с двумя ручками. Эти операции (особенно при козлином и бараньем Р.) должны проводиться осторожно, т. к. легко пережечь Р. и сделать его негодным. Бычьи и коровьи копыта обрабатываются приемами, довольно сходными с описанными выше. Копыта постепенно разогреваются над огнем, затем из них вырезают стрелку; копыто нагревается и разводится при помощи плоскогубцев. Полученные копытные плашки поступают на пресс, подобно роговым отпрессовываются в тонкие пластины, причем размягчение, нагрев и прессовка повторяются до достижения пластинами достаточной тонны. Дальнейшие операции ведутся так же, как и в отношении Р. В виду сравнительно большей чем у Р. толщины копытного Р. давления должны применяться здесь значительно большие. При обработке лошадиного копыта подошва его отрезается, а в работу идет только верхняя часть. Механизация обработки Р. гл. обр. задается машинным выравниванием плашек. Машина Дюкро, предназначенная для этой цели, состоит в основном из колеса с крепкими режущими зубьями, наклоненными к плоскости колеса, как у пилы, но только в одну сторону. Выравниваемая роговая пластина укрепляется на приделанном к станине супорте, так что при вращении колеса все неровности срезаются. После этого выравнивания Р. размягчают в течение нескольких дней в холодной воде, затем в кипящей и наконец перегревают паром, после чего роговые пластины пропускаются через вальцы с зазором у одного конца несколько более широким (в виду неоднородности толщины роговых плашек). Затем роговые плашки смазываются расплавленным салом и прессуются стопками между железными пластинами под большим давлением.

С в а р к а Р. Вещество Р. обладает свойством плавиться при повышении  $t^{\circ}$  и сварив-

ваться, тесно соединяясь под давлением с другими кусками Р.; этот способ соединения называют пайкой, или сваркой, Р. Свариваемые места д. б. срезаны наискось, очищены хвощом (причем свариваемые места нельзя трогать пальцами) и обезжирены погружением в горячий спирт или бензин. Затем куски рога складываются вместе на дощечке твердого дерева, предварительно погруженной в горячую воду, покрываются такою же деревянною дощечкой, после чего вся система укладывается между двумя сильно нагретыми щекami специальных медных паяльных щипцов, подвергается сильному давлению в винтовых тисках и охлаждается струей воды, пропускаемой между пластинами до тех пор, пока щипцы не охладятся. Вместо деревянных дощечек свариваемое место м. б. обернуто полотном или пропускной бумагой и затем зажато между щекami паяльных щипцов. В случае неполноты сварки последняя повторяется. Успех сварки в значительной мере зависит от правильного устройства и точной пригонки щипцов. Длина плеч у них обусловлена размерами свариваемых частей; штанга на нижней, плоской, щеке д. б. из одного куска с этой последней и снабжена ушком; другой же рычаг щипцов состоит из штанги с длинной ручкой для четырех пальцев и щетки, вращающейся на оси в вилке на конце ее, т. ч. поверхности обеих щек м. б. всегда параллельны и следовательно оказывать одинаковое давление на свариваемую поверхность. Для равномерности нагрева обе щетки должны обладать одинаковыми размерами. Щипцы делаются из меди или железа. При необходимости получить толстую пластину, пользуются рычажным прессом с платформами, обогреваемыми газом, горячею водою или (в случае отсутствия подобных приспособлений) спиртовой лампой.

**Изготовление роговых пластинок.** Сварка Р. применяется для изготовления роговых пластинок, значительных по площади. Лучше всего применять для этой цели бараньи и козлиные Р., к-рые размачиваются в воде (зимой в течение 2 недель, летом в течение 4) и по удалении стержня кипятятся  $\frac{1}{2}$  ч. в воде, распиливаются по длине и по размягчении в кипящей воде их расщепляют на 2—3 пластинки. После выравнивания их толщины режущим инструментом их вновь размягчают и прессуют между железными платформами, а затем сваривают указанным выше способом, после чего наконец размягчают у огня и протирают шерстяною тряпкою и смесью: 4 ч. негашеной извести и 1 ч. просеянной каменноугольной золы. Для изготовления роговых пластинок предложено также после разрезки Р. вываривать их в жире, растительном или минеральном масле, что сообщает материалу большую пластичность и неломкость.

**Склейка Р.** Наряду со сваркою Р. применяется также склейка, когда дело идет о готовых изделиях. Склейка производится специальными мастиками. Один из таких составов изготавливается из 12 ч. канифоли марки WW, осторожно расплавляемой на огне, в к-рую вводят затем мелкими кусочками 12 ч. гуттаперчи; затем сосуд закрывают и продолжают нагревать при  $t^{\circ}$  не выше  $150^{\circ}$  до полной однородности смеси. Для употребления в состав, осторожно расплавленный, погружают

склеиваемые части Р. и, быстро соединив их, сжимают так, чтобы выгнать избыток мастики (Кегель). По другому рецепту к расплавленному 2 ч. канифоли добавляют 1 ч. белого пчелиного воска и, по расплавлении его, 1—1,2 ч. венецианского терпентина; мастика применяется в расплавленном виде; склеиваемые поверхности должны быть хорошо отчищены и по склейке сжаты.

**Устранение ломкости Р.** Для повышения пластичности Р. согласно Гейслеру два-три дня выдерживают в жидкости (2 л горячей воды с 0,5 кг черного аликанта (сода из морских растений) и 375 г свежепережженной извести) пока жидкость не покраснеет. Тогда добавляют еще аликанта и извести, затем Р. прессуют в горячих формах; после прессовки изделия кладут в хорошо просушенную поваренную соль. Для получения неломких изделий согласно Экспелленту Р. на 12 час. погружают в смесь из 3 ч. азотной кислоты, 15 ч. белого вина, 2 ч. уксуса и 2 ч. дождевой или речной воды, затем, после просушки, переносят в смесь из 1 ч. теплой воды и 1 ч. азотной кислоты. Наконец после окраски Р. выдерживают 10 час. в смеси из уксуса и воды. Буйволовый Р. делают на длительное время мягким и упругим, погружая его на 10 дней в смесь из 1 л воды, 3 л азотной к-ты, 2 л древесноуксусной к-ты, 5 кг дубителя, 2 кг винного камня и 2,5 кг серноокислого цинка; после сообщения изделию требуемой формы и перед полировкой его вновь погружают в ту же ванну.

**Металлическая инкрустация по Р., или математика,** состоит в заполнении выемок, вырезанных на поверхности роговых изделий листовым металлом (3 ч. олова и 1 ч. свинца); оплавленную паяльную трубкою поверхность металла затем заглаживают шпателем и шлифуют, после чего всю инкрустацию полируют.

**Металлизация Р.** Роговые изделия предварительно протравляются наносимыми посредством щетки растворами: хлористого цинка для желтобронзовой окраски, хромовокислого окисного цинка для зеленой, хлористой меди для черной, хромовокислой окисной меди для буробронзовой; раствор иодистого калия, нанесенный на эти протравы, придает Р. красный тон. После такой обработки изделия просушивают при  $t^{\circ}$  ок.  $70^{\circ}$  и затем натирают порошком муссивного золота. Серебрение роговой поверхности производится восстановлением металла. серебра из 1%-ного раствора азотнокислого серебра с помощью пирогаллала, формальдегида, виноградного сахара и едкого натра или аммиачного раствора винной к-ты; получаемые пленки отличаются хорошим видом, но тонки и непрочны. Более надежное серебрение роговых изделий достигается гальваностегически на отлакированных, а затем припудренных графитом и покрытых тонкой пленкой меди роговых поверхностях.

**Протрава Р.** Рог сравнительно легко поддается обработке протравами (например под черепашу, цветные протравы). Изделия из светлого Р. обрабатывают белой протравой и затем получают волнистую поверхность от горячей прессовки соответственными досками; при последующей обработке нейтральным раствором перекиси водорода волнистые линии становятся ирризирующими.

**Отбелка Р.** Отбелку Р. производят водным раствором перекиси водорода, концентрации не выше 0,75%, причем для ускорения процесса раствору сообщают щелочность добавлением основного фосфорнокислого натрия или натриевого растворимого стекла. Однако подщелоченная ванна дает изделия хрупкие, особенно если действует слишком долго. Действие перекись-водородной ванны состоит в частичном извлечении из Р. соединений серы. Другой способ отбелки—в ванне, содержащей 20—25 кг сернистого щелочного металла на 100 л воды; затем изделия выдерживают в текущей воде и обрабатывают 6—8%-ной серной к-той. Отбелке подвергается преимущественно бразильский бычий Р., а также буйволовый, бараний, козлий, антилопий и лошадиное копыто.

**Шлифовка Р.** По удалении мелких узелков и неровностей посредством шабровки роговые изделия шлифуют прежде всего хвощом. Для этого твердый стебель хвоща нарезают на куски примерно в палец длиною; 30—40 таких отрезков связывают пучком и погружают в воду не более как на  $\frac{1}{2}$  ч. Такою связкою Р. шлифуют до полного удаления всех неровностей и царапин. Затем шлифовку ведут при помощи тонко измельченного или размолотого древесного угля, лучше всего липового, замешиваемого с водою в жидкоподвижное тесто. Шлифовку производят подушкой из старого тряпья при значительном нажатии. Следующую ступень шлифовки ведут жженой костью, пемзой, трепелом, кирпичной мукой или древесной золой. Кирпичная мука, хорошо отмученная, признается хорошим шлифовальным порошком, но она вытеснена пемзой. Древесная зола в силу содержания в ней поташа должна применяться очень осторожно и непременно сухою. После пемзы идет трепел, причем предметы, допускающие обработку на токарном станке, шлифуют именно на станке. Для шлифовки роговых *гребней* (см.) применяют колесо, обложенное по окружности войлоком.

**Полировка Р.** Полировку производят при помощи чистой золы твердых пород дерева, многократно просеянной через тонкое волосное сито, и подушки, обтянутой тонкой тряпкой. Для увлажнения этой подушки пользуются тонкими роговыми стружками, отделенными ручным ножом; после хорошего вымачивания в воде их пропитывают уксусом, затем кладут на подходящую решетку и несколько посыпают солью. Натиральную подушку слегка прижимают к этим стружкам, а затем погружают в золу и приводят в круговое движение по поверхности предмета при легком нажатии. Полировка роговых изделий хорошо достигается с помощью отмученного мела, увлажненного уксусом; полировку ведут подушкой. Полировку на токарном станке ведут теми же способами, но при этом следует остерегаться нагревания изделий, т. к. при нажатии валика на одно и то же место, легко образуются неровности; кроме того сорванный лак ложится на полировальный валик и мешая проникновению политуры, т. ч. значительная часть ее пропадает бесцельно. Когда нанесенный слой политуры приобретет характер твердого зеркального покрытия, поверхности придадут нависший глянec. Лоскуток тонкого льняного полотна пропитывают оливковым маслом, наносят на него тонко-

размолотый и отмученный трепел и натирают поверхность, после чего ее протирают нежно тряпкой или мягкой кожей и выглаживают рисовой мукой. При полировке круги диам. 35—50 см должны получать 1 500—1 800 об/м., тогда как малые круги—1 800—2 500 об/м. При этом на круге работают против себя, а не от себя. Шлифуемые и полируемые изделия постепенно продвигают вниз, нанося по мере надобности на круг шлифовальный или полировальный состав; для шлифовки применяют пемзу с водою, шлифовальным маслом или смазочным мылом, после того как предметы отшлифованы стеклянной бумагой; для полировки применяют т. н. афонский полировальный состав в виде пасты, экстракта и порошка (Г. А. Бауер и К<sup>о</sup>). Другой прием полировки, так наз. полировку кистью, применяют преимущественно к пуговицам. Кисть из конского волоса или пуговицу укрепляют на оси, получающей не менее 3 000 об/м.; полировочным средством служит напр. афонская паста № 2 или 8. Полировку в барабане, распространенную в Америке, производят путем загрузки на две трети по крайней мере на 24 ч. полируемых изделий с полировальным составом (в отношении 10:1), опилками, обрезками кожи и войлока и спиртом в специальный вращающийся барабан возможно большего диаметра. Стенки внутри обложены толстым войлоком. Через каждые 2 ч. производят осмотры, чтобы убедиться в неприставании опилок и полировального порошка к поверхности изделий. Спирт, высухая, придает Р. хороший блеск. Нижнюю часть барабана во избежание нагрева изделий погружают в ванну с водою. Во Франции шлифовку и полировку ведут на вертикальном круге из мягкого дерева, передняя часть к-рого снабжена углублениями и выпуклостями для полировки предметов различной формы; эта передняя часть круга оклеена замшей, мягкая (мездровая) поверхность к-рой обращена наружу. В качестве первого шлифовального состава применяют нежную пасту из порошкообразной пемзы с несохнущим маслом (сурепным или оливковым). Затем идет липовый уголь или отмученный трепел (с маслом). Полировку производят черным мылом и фуллеровой землей, близкой к трепеду. Франц. полировка обладает преимуществами простоты, быстроты процесса и хорошего блеска обрабатываемых предметов. После полировки роговых изделий абразивными средствами идет полировка шеллаковой политуры с льняным маслом. По окончании ее требуется хорошее просыхание изделий в течение нескольких часов и затем последняя отделка венской известью с маслом. Иногда Р. (особенно мягкий и гибкий) кроют лаком; от этого последнего требуется достаточная гибкость, чтобы он не облуплялся с изделий при их сгибании. Для такого покрытия предмет сильно натирают льняным маслом, полируют разбавленной политурой, подсушивают при 20—25°, покрывают бесцветным лаком горячей суши, еще раз просушивают при умеренном нагреве, после чего через 14 суток предмет м. б. применять. Цветная лакировка Р. может производиться смесью цапонового лака с спирто-растворимым красителем в спирту.

**Производство роговой массы из отходов.** Существует ряд предположений, касающихся способа производства

искусственного, или литого, Р., т. е. роговых масс из отходов Р., однако главное технич. свойство натурального Р., его большая упругость, при всех этих процессах значительно снижается в зависимости от утраты Р. его своеобразного строения. Приведем несколько рецептов роговой массы. 1) Обрезки Р. выдерживают в ванне из насыщенного на холоду водного раствора борной к-ты и насыщенного раствора мышьяковистой к-ты в слабом растворе соляной к-ты (уд. в. 1,0), причем отношение содержания борной к-ты к мышьяковистой д. б. равным 2:1; через нек-рое время ванну с Р. разогревают в водяной бане до 60°, перекладывают в железные формы и после нагрева до 120° прессуют; полученное по остывании твердое вещество обрабатывают как Р. (Пате). Полученный материал отличается пластичностью и упругостью. 2) Роговые опилки размягчают щелочами (известью) до состояния геля; после прогрева их отливают в формы и отпрессовывают; при добавлении анилиновых красок получают мраморный рисунок. В изделия полученные плашки переводят вторичной горячей прессовкой (де Роббияти). Этот способ дает материал, далекий по вязкости и упругости от настоящего Р. 3) Роговые опилки могут подвергаться во влажном состоянии горячей прессовке в металлическом цилиндре, причем отходы при обработке этой массы могут вновь превращаться в твердые тела. 4) Раствор 1 кг негашеной извести, 500 г поташа, 40 г винного камня, 30 г хлористого натрия в воде упаривают на одну треть и вводят в него опилки и стружки Р., затем варят до состояния, при к-ром масса м. б. отливаема в формы. Эти последние, из металла, дерева или обожженной глины, хорошо смазываются маслом. Для получения окрашенной массы в разваренный Р. добавляют краситель. Существует ряд предложений по изготовлению искусственных роговых масс, состоящих не из одного только рогового вещества; такова напр. масса, получаемая кипячением роговых отходов с конц. серной к-той и трагакантом; по загустении состав отливают в заранее нагретые формы и после просушки в течение 14 дней прессуют между горячими стальными плитами. При другом процессе отходы Р. растворяют в спиртовой щелочи, смешивают с казеином и по разлитии в формы высаживают в них к-тами. При третьем процессе роговые опилки смешивают с древесною ватой или невыделанными растительными волокнами и затем прессуют в виде массы с мраморным узором. Для изготовления изоляционной массы роговые отходы длительно обрабатывают разбавленной соляной к-той при 70°, а затем подвергают горячей прессовке со щелочами, щелочноземельными окислами или аммиаком; полученный однородный, пластический или роговой, продукт (в зависимости от длительности прессовки) отбеливают перекисью водорода и отверждают формальдегидом. Другую роговую массу получают путем обработки роговых отходов фенолом или анилином, причем добавляется глицерин, масла, жиры и связующие вещества—смолы, камеди, клей, казеин; массу подвергают прессовке при 120—150°. Однородную и почти прозрачную массу получают прессовкой (при 100—150° и давлением 150—200 atm) измельченных, обезжиренных, очищенных и вымоченных в воде в течение 12 ч. отходов Р., после чего пласти-

ны кладут на 6 ч. в 20—40%-ный раствор винной к-ты, затем на 6—12 ч. в глицериновую ванну и наконец вторично прессуют при 40—50° между железными пластинами.

**Применение Р. для покрытий.** Отличаясь своеобразными и ценными механич. свойствами, роговое вещество, в подражание естественным покровам живых организмов, наводит на мысль о применении его в роговых лаках. Процессы этого рода пока не разработаны достаточно, тем не менее имеются предложения растворять Р. в жирных или смоляных к-тах, под давлением или без него, при  $t^{\circ}$ , не превышающих  $t^{\circ}$  разложения Р., напр. около 300°; т. о. получают состав, связывающий красящий пигмент и обладающий электроизоляционными свойствами. Примерный рецепт такого состава: 15 ч. Р. (или казеина, альбумина и др.) нагревают с 85 ч. жирных растительных к-т из тунгового, льняного или касторового масла в течение 6—8 ч., подымая  $t^{\circ}$  под конец до 320°; оставшийся в котле остаток после отгона летучих кислот разбавляют бензином и после фильтрации продукт высаживают спиртом; его можно подвергать вулканизации прогреванием с серой.

**Роговая мука.** Отбросы рогового производства идут на азотистое фосфорное удобрение (см.), т. н. роговую муку, содержащую 10—14% азота и 5—6% фосфорной к-ты при поставке удобрения в кусках, тогда как в порошок оно бывает загрязнено и содержит азота 7—8% (хотя по данным Э. Доната и Г. Ульриха содержание азота ок. 3%, а  $P_2O_5$  около 0,5%). Роговая мука применяется либо непосредственно с известковой мукой и фосфором либо содержащийся в ней сернокислый аммоний предварительно извлекается водою. Для получения роговой муки роговая мелочь в т. н. дигесторах (закрытых железных котлах, присоединяемых к паровому котлу) томится ок. 2 ч. под воздействием пара в 2—3 atm; полученная мягкая каучукоподобная масса, становящаяся хрупкой и стекловидной после просушки в специальных сушильных шкафах, размалывается затем на мельнице с легкими жерновами. Химич. состав этой роговой муки охарактеризован в табл. 8.

Табл. 8. — Химический состав роговой муки (в %).

Химический состав	Содержание	
	Образец I*	Образец II
Вода . . . . .	9,18	8,5
Органич. вещество . . . . .	71,75	68,5
Азот в органич. веществе . . . . .	13,07	10,2
Фосфорная к-та . . . . .	5,54	6,5
Серная к-та . . . . .	—	0,9
Углекислота . . . . .	0,82	—
Кальций . . . . .	8,71	2,18
Магний . . . . .		
Песок и загрязнения . . . . .	5,28	0,18

\* Анализ Гельригели.

Другой способ переработки Р. на роговую муку состоит в поджаривании его при усиленном размешивании в железных котлах; необходимо при этом иметь в виду, что при поджаривании Р. происходит большая потеря азота. Дальнейшая переработка ведется так же, как и при томлении.

**Пищевое и фармацевтическое применение Р.** Рог сам по себе не пере-

варивается в кишечнике, но в силу высокого содержания цистина, будучи гидролизован, дает ценную добавку (в количестве 10%) к желатине, к-рая цистина почти не содержит; такие смеси (подобно кубикам Магги) предложены как заменители мясного экстракта. Для гидролиза Р. или другие кератинсодержащие вещества, предварительно очищенные раствором щелочи, кипятят с конц. соляной кислотой, затем нейтрализуют, фильтруют и упаривают; предложено также очищать нейтрализованные продукты гидролиза растворимым стеклом. Пищевой продукт для людей и скота из кератинсодержащих тел (Р., копыта, когти, шерсть, волосы) предложено также получать 30-мин. обработкой этих тел при  $t^{\circ}$  60° 50—60%-ной серной кислотой.

**Р. о л е н и й**—род кости, применяемой в натуральном виде для различных поделок и в переработанном—как сырье для нек-рых химич. продуктов. У самцов различных видов оленя [благородного оленя (*Cervus elaphus* L.), сибирского оленя (*Cervus maral*), северного оленя (*Rangifer tarandus* Sund.), а также виргинского оленя (*Cervus Virginianus*), лани (*Dama vulgaris*), лося (*Alces palmata*) и др.] и у самок сев. оленя на лобных костях вырастают ежегодно сменяющиеся придатки, основание к-рых, т. н. п е н ь е к, одекое кожей, вполне подобной коже на всех остальных частях тела, остается на месте. В образовании выроста на этом пенъке участвует, как cutis, так и epidermis; однако эпидермич. слой в виде кожи с короткими и нежными волосами остается на Р. лишь до достижения ими полного развития, к-рое бывает различным в различных возрастах животного. При полном развитии Р. cutis, до тех пор упругий и гибкий, начинает усиленно окостеневать, а кожа отмирает и сбдирается самим животным, т. ч. остается одна торчащая сквозь кожу кость. С возрастом число ветвей на рогах увеличивается. Р. сидит на невысоких пенъках. Непосредственно над ними от передней поверхности главного отвода отходит глазной отросток Р., над глазным располагается ушной отросток; на середине главной ветви сидит средний отросток, а на конце главной ветви находится венчик отростков, направленных вперед. Р. сибирского оленя (*Cervus maral*), пока они мягки и покрыты шерстью, нередко срезались местными промышленниками, затем опускались ненадолго в кипяток с солью, сушились и под названием п а н т о в поступали на китайский рынок в качестве возбуждающего средства; в виду значительной цены этого продукта (в довоенное время 1 кг стоил ок. 13 руб.) охота за маралами в Сибири и разведение маралов (особенно в Алтайском горном округе) производились гл. обр. ради пантов. В окостенелом виде Р. оленя, достигшие полного развития, идут как ценная разновидность кости. Применяются они как в целом виде—для украшения комят, вешалок, станков для палок и т. д.,—так и в виде различных поделок—черенков столовых ножей и вилок, перочинных и охотничьих ножей, письменных принадлежностей и в особенности идут на пуговицы. Весьма значительный спрос на олений Р. в качестве пуговичного материала вызвал обильное предложение искусственных масс, подражающих настоящему оленьему Р.; при этом характерное строение поверхности оленьего Р. с небольшими круглыми выпуклостями в

виде бородавок и рубчиками воспроизводится при прессовке соответственных пластич. масс матрицами, на к-рые предварительно перенесен рельеф поверхности настоящего оленьего Р. при помощи гутталерчи или какого-либо мягкого вещества. Существуют также виды искусственного оленьего Р. полусуррогатные, выделяемые из измельченных отходов настоящего оленьего Р. По химич. составу олений Р. близок к кости (см.) и состоит преимущественно из фосфорнокислого (40—57%) с небольшим содержанием углекислого кальция и 35—60% клейсодержащего вещества. Т. к. олений Р. представляет значительную ценность в своем естественном виде, то в качестве химич. сырья идут в переработку лишь отходы оленероговой промышленности. Продукт обжига оленьего Р. при доступе воздуха дает нежное полировочное средство для полировки серебра и стали, а также для полировки лаковых и политурных покрытий столешных и токарных работ. Из оленьего Р. добывается также углекислый аммоний, т. н. с о л ь о л ь е н ь е г о Р., применяемая в домашнем хлебопечении как суррогат дрожжей для теста (Backpulver); однако двууглекислый аммоний, содержащий меньшее количество аммиака, обладает преимуществом перед солью оленьего рога.

*Лит.:* Ш у л ь ц Ф., Окрашивание и отделка дерева, металлов, камня, перламутра, слоновой кости, янтаря, рога, каменного ореха и морской пенки для столов, токарей, резников по дереву, рабочих по металлу и для ФЗУ, s. l. et a.; К о з ы р е в Ф., Животные отбросы—кости, кишки, кровь, рога, копыта, кангга, щетина, волос и пр., Значение и методы кооперативной заготовки, М., 1927; И в а н о в-Д а л ь И. И., Обработка рога и копыт, М.—Л., 1925; Ш м и д т В., Шлифовка, протавка, полировка слоновой и обыкновенной кости, рога, черепаха, каменного и коносового ореха, морской пенки, перламутра, янтаря, галалита и целлулоида, СПб., 1909; Я к о в л е в Н., Кости и рога, Сбор, хранение, обработка, изделия и продукты, М.—Л., 1928; С е л и в а н о в К., Производство кустарных роговых и костяных изделий и протавка для рога и кости, Л., 1927; Т е р л е ц к и й Г., Производство роговых и копытных изделий, Екатеринбург, 1892; M a s F., Horn, Elfenbein u. Fischbeinersatz, «Kunststoffe», Mch., 1917, В. 5, p. 185—187, 203—206 (наложение 86 патентов); N e b e s s k i O., Beitrag zur histologischen Charakterisierung d. Hornmaterialien, «Jahresbericht d. Wiener Handelsakademie», W., 1883; H a n a u s e k N., Lehrbuch d. techn. Mikroskopie, p. 423, Stg., 1904; A n d é s L., Verarbeitung d. Hornes, Elfenbeins, Schildpattes, d. Knochen u. d. Perlenmutter, 3 Aufl., W.—Lpz., 1926; W a h l b u r g B., Die Schleif-, Polier- u. Putzmittel, 4 Aufl., W.—Lpz., 1922; H a n a u s e k Ed., Die Technologie d. Drehsierkunst, 2 Aufl., W., 1911; R o u s s e t H. J., Travail des petits matériaux, P., 1928; K ü h n, Handb. für Kammacher, Horn- u. Beinearbeiter, 1864; F i s c h e r, Verarbeitung d. Hölzer, des Horns, u. s. w., Leipzig, 1890; S c h m i d t, Beizen, Schleifen u. Polieren des Holzes, Horns, 1891; H a c k e r W., «Kunststoffe», Mch., 5, p. 105 (отбелка, окраска и протавка рога); M a r s c h a l k F., ibid., 1917, p. 185, 203 (заменили рога); I f e n s e é R., Die Knopffabrikation, Weimar, 1862; L u t t e r W., Die Knopffabrikation, W.—Lpz., 1911.

П. Ф. Лоренский.

**РОГОВАЯ МУКА**, см. Удобрение.

**РОГОВАЯ ОБМАНКА**, а м ф и б о л, минерал, принадлежащий к обширной группе породообразующих минералов; относится к отделу безводных силикатов и представляет собой соль метакремневой к-ты (метасиликат)  $H_2SiO_3$ . Вместе с пироксеном (см.) образует одну изоморфную группу часто весьма важных и распространенных минералов. Химический состав очень разнообразен, что объясняется различным изоморфным смещением нескольких основных соединений. В кристаллографич. отношении большинство Р. о. относится к моноклинной системе, частью к ромбической и триклинной. Наиболее изве-

## Минералы группы роговой обманки.

Система	Общая химич. характеристика	Название минерала	Химич. состав	Разновидности	
Ромбическая		Антофиллит	$(Mg, Fe)_4Si_4O_{12}$	Автофиллитовый асбест, купферрит	
		Гедрит	$(Mg, Fe)_4Si_4O_{12}$ $(Mg, Fe)_2Al_4Si_2O_{12}$		
Моноклиная	Не содержащие глинозема	Тремолит	$CaMg_3Si_4O_{12}$		
		Актинолит (лучистый камень)	$Ca(Mg, Fe)_3Si_4O_{12}$	Нефрит (жад)	
		Рихтерит	$(Mg, Ca, Mn, K_2, Na)_4Si_4O_{12}$		
	Содержащие глинозем	Роговая обманка	$Ca(Mg, Fe)_2Si_4O_{12}$ $(Mg, Fe)_2Al_4Si_2O_{12}$ $(Mg, Fe)_2Fe_4Si_2O_{12}$	Каринтин Смарагдит Ковнаролит Эденит Бергамасит	
		Содержащие щелочи	Глаукофан	$Na_2Al_2Si_4O_{12}$ $(Mg, Fe, Ca)_4Si_4O_{12}$	Гастальдит Кроссит
			Рибекит	$Na_2Fe_2Si_4O_{12}$ $Fe_4Si_4O_{12}$	Крокидолит Тигровый глаз Соколиный глаз
		Арфедсонит	$(Na_2, Fe)Fe_2Si_4O_{12}$ $(Ca, Mg)_2(Al, Fe)_4Si_4O_{12}$	Баркевикит	
Триклиная		Энгматит	$(Na_2, K_2, Fe)_4Si_4O_{12}$ $Na_2Al_2Si_4O_{12}$ $Ca(Fe, Mn, Mg)_3Si_4O_{12}$	Кельбингид Коссприт	

ственные минералы этой группы приведены в таблице.

Р. о. в тесном значении этого слова принадлежит к глиноземсодержащим амфиболам. Кристаллы весьма часто призматические с конечными плоскостями. Содержание  $Al_2O_3$  до 18%, небольшие количества  $Na_2O(K_2O)$ , Fe до 3%, главную же составную часть их представляют изоморфные смеси в различных пропорциях:  $Mg_3CaSi_4O_{12}$ ,  $Fe_3CaSi_4O_{12}$  и силиката, содержащего  $Al_2O_3$  или  $Fe_2O_3$ . В содержащих щелочь Р. о. присутствует в незначительных количествах силикат натрия (примерный состав  $Na_2Al_2Si_4O_{12}$ ). Цвет зеленый, бурый и черный (вороно- и смоляночерный), реже голубоватый или темносиний. С большой ясностью обнаруживается трихризм. Удельный вес 3,1—3,3, тв. 5,5—6. Плавится перед паяльной трубкой сравнительно легко и тем легче, чем больше содержание Fe и щелочей. К-ты оказывают заметное действие только после плавления.

Различают обыкновенную и базальтическую Р. о. Первая часто встречается в хорошо образованных наростных кристаллах, но б. ч. в сплошном виде, а также в зернистых лучистопараллельных или спутанноволокнистых агрегатах. Базальтич. Р. о. содержит немного  $TiO_2$ , сильно плеохроична. Р. о.—существенная составная часть сиенитов, гранитов, диоритов, роговообманкового сланца, гнейсов и др. (обыкновенная Р. о.), базальтов, трахитов, вулканич. туфов и др. (базальтич. Р. о.). Выветриваясь, дает глину и вообще легко подвергается различным процессам преобра-

зования, обращаясь в биотит, хлорит, эпидот и пр. Лучшие месторождения обыкновенной Р. о.: Норвегия, Саксония, Тироль, Финляндия; в СССР: Карельская республика (близ Петрозаводска), Урал, Алтай, Нерчинский округ. Некоторые разновидности Р. о. (тремолит, актинолит) называются *асбестом* (см.). Р. о. применяют иногда как флюс при плавке железных руд. О применении разновидностей рибекита см. *Крокидолит*. О применении разновидностей актинолита см. *Жад*, *Нефрит*.

Лит.: Лебедев Г., Учебник минералогии, СПб. 1907; Зильберманн В., Руководство и таблицы для определения минералов при помощи паяльной трубки, М.—П., 1923. И. Мельников.

**РОГОВИК**, роговой камень, представляет собою одну из плотных (скрытокристаллических) разновидностей кварца. Р. рядом переходов связаны, с одной стороны, с кремнями, с другой,—с яшмами. Роговик бывает серого, бурого, желтого и красноватого цвета, на краях просвечивает, имеет слабый блеск и отличается характерным занозистым изломом. Роговик, окрашенный солями никеля, называемый *хризопразом*, имеет зеленый цвет. Зернистый Р., называемый *авантюром*, благодаря вроскам бурого или красного гетита или чешуек железной слюдки приобретает особый световой отлив. Р. часто выполняют жилы рудных месторождений, например на Алтае. В СССР они известны в целом ряде местностей, но наибольшее значение имеют красивые роговики серого цвета из Змеиногорского и некоторых других рудников на Алтае. Роговик является поделочным камнем.

Н. Федоровский.

**РОГОЖКА**, панама, ткань, по внешнему виду напоминающая мелкоплетеную Р. или соломку шляп (панама), откуда и происходит название этого вида ткани. Переплетение ткани Р. является производным от гроденаплевого переплетения. Образование ткани происходит не из отдельных нитей, как в гроденапле, а из групп нитей—по 2, 3 и 4 в группе как основы, так и утка, благодаря чему на поверхности ткани образуются отчетливые мелкие квадратики или шашки. Кроме ткани вырабатываются гроденаплевое переплетением, в противном случае уток не стал бы зарабатывать с кромочными нитями. Проборка основы производится по 1 нити в галево ремиза и по 2—3 в зуб берда. По рисунку переплетения ткань одинакова с обеих сторон. Р. вырабатывается б. ч. из пряжи одинаковых № (в основе и утке или с небольшими отклонениями между последними) и одинаковой плотности по основе и утку. По ширине ткань вырабатывается: из хлопка—71 см, льна—66,6 см и шерсти—122—137,5 см, 160—170 см; стандартный сорт Р. вырабатывается шириною в суровье 89 см при основе № 32/2 или 24/2 и утке № 32/2 или 24/2 с плотностью по основе 73 или 70 и утке 62 или 58 нитей на 1". Из отделки ткань выходит отбеленной и цветной. Ткань мягкая, прочная и изящная на вид применяется для летнего мужского платья; в цвете крем является шляпным товаром; Р. из шерсти идет на платья, юбки и костюмы.

С. Молчанов.

**РОГУЛЬКА**, часть прядильного аппарата ровничных или прядильных машин, имеющая целью направлять нить, идущую по направлению оси веретена, перпендикулярно этой оси для намочки нити на катушку. Р. хл.-бум. банкброша (см. *Хлопкопрядение*) состоит из крыльев и короткой центральной части (в виде трубки). Р. садится на конец веретена и закрепляется на нем с помощью шпильки. Одно крыло Р. сплошное, другое имеет прорез, через который проходит скручиваемая нить. Прорез бывает прямой или косой. При каком прорезе ровница испытывает большее трение и, задерживаясь в прорезе, не выпадает из Р. Для направления ровницы на катушку и придания нити определенного натяжения на крыло надет рычажок, называемый лапкой и имеющий 2 части: 1) вертикальную, состоящую из толстой проволоки, и 2) горизонтальную; обе эти части вращаются около оси. При вращении веретена лапка благодаря центробежной силе прижимается к катушке, вследствие чего нить наматывается на катушку более крепко и с более равномерным натяжением. Р. применяется в ровничных машинах, приготовляющих *ровницу* (см.) для прядения, а также в прядильных машинах для прядения более грубых и длинных волокон (лен, пенька, шерсть и др.).

Лит.: Перльман Н. и Немченко А., Банкброша, его конструкция и работа, Москва—Ленинград, 1927; Вегманн J., Handbuch d. Spinnerei, Berlin, 1927.

**РОДАН**, см. *Родановые соединения*.

**РОДАНОВОЕ ЧИСЛО**, роданометрическое и одное число, количество родана, поглощаемое 100 г жира (выраженное через эквивалентное количество иода). Р. ч. вместе с *иодным числом* (см.) служит мерой содержания в жире ненасыщенных жирных к-т (гл. обр. олеиновой, линолевой и линоленовой). Применение Р. ч. основано на том, что

родан в жирных к-тах с двумя двойными связями (линолевая к-та) присоединяется лишь к одной из таких связей (отличие от галоидов, присоединяющихся по месту всех имеющихся в к-те ненасыщенных связей); в линоленовой к-те (с тремя двойными связями) родан присоединяется по месту двух из них; в к-тах с одной ненасыщенной связью (олеиновая к-та) Р. ч. совпадает с *иодным числом*. Применение роданометрии дает возможность количественного определения ненасыщенных составных частей жира по ур-ням, данным автором этого метода Кауфманом (1925 г.); если в жире находятся из ненасыщенных к-т только олеиновая и линолевая к-ты, то, зная их *иодные числа* и Р. ч., можно определить % насыщенных жирных к-т; при анализе жировых смесей, если известны *иодные числа* и Р. ч. составных частей и смеси, можно определить количественный состав смеси. Ход анализа более сложен, если в состав жира входит линоленовая к-та. Для определения Р. ч. точно отмеренные 25 см<sup>3</sup>  $\frac{1}{10}$ N раствора роданида (растворителем служит ледяная уксусная к-та) вливают в стаканчик с навеской жира (0,1—0,2 г) и оставляют в темноте на 24 ч., после чего раствор приливают к 20 см<sup>3</sup> 5%-ного водного раствора КJ (но не наоборот), разбавляют 50 см<sup>3</sup> воды и титруют иод, как обычно,  $\frac{1}{10}$ N раствором гипосульфита.

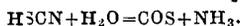
Роданометрический метод отличается быстротой и легкостью выполнения и дешевизной. Применение его дало уже многие ценные результаты: установлены состав ненасыщенных составных частей масел оливкового, миндального, сезамового и др.; произведены полные анализы масел, содержащих линоленовую к-ту (льняного, соевого, периллового). В последнее время Р. ч. применяют также и при анализе эфирных масел.

Лит.: Иванов С. и Курочкин Н., Родановое число Кауфмана и определение количественного состава некоторых масел Союза, «Маслобояно-жировое дело», М., 1929, 12; Юшкевич С., Практич. применение роданометрич. метода, там же, 1930, 2; Lawgense, Zeleny A., Bailey C. H., Thiocyanogen Number as its Application to Studies on Lard, «J. Eng. Chem.», 1932, v. 24, 1; Barbour A. D., «Oil and Fat Industry», New York, 1930, v. 7, p. 7; Ito I. E. I., «Pharm.-Weekblad», 1929, v. 5, p. 677; Kaufmann H. P., «B», 1926, B. 59; Kaufmann H. P., «Seifensieder-Ztg», Augsburg, 1926, B. 55, p. 297; Kaufmann H. P., «Untersuch. Lebensm.», 1926, B. 51, p. 15—27; Kaufmann H. P., «Zeitschrift für angewandte Chemie», 1928, B. 41, p. 1046; Kaufmann H. P., ibid., 1929, B. 42, p. 20; Stadlinger H., «Chem. Umschau auf dem Gebiete d. Fette, Oele, Wachse u. Harze», Stuttgart, 1928, B. 53, n. 4.

Н. Ельцина.

**РОДАНОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ**, роданисты, или тиоцианисты, соединения, вещества, содержащие радикал SCN, родан. Простейшее из них—родановая кислота HSCN; ее можно рассматривать как циановую кислоту HOCN, в которой кислород замещен серой (см. *Цианистые соединения*); HSCN по своим свойствам очень близка к галоидоводородным кислотам. Свободную HSCN (в виде водного раствора) получают действием разведенной H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> на роданистый барий Ba(SCN)<sub>2</sub>. Бесводную кислоту готовят, действуя сероводородом на роданистую ртуть Hg(SCN)<sub>2</sub> или перегонкой в вакууме роданистого калия в атмосфере водорода. HSCN—легколетучая жидкость с едким запахом, довольно постоянная при низкой t°; ок. +5° она застывает в кристаллич. массу, плавящуюся при повыше-

нии  $t^\circ$  и тотчас же начинающую полимеризоваться, обращаясь в желтое аморфное вещество. При нагревании с растворами минеральных к-т HSCN присоединяет воду и распадается по ур-ию



В слабых растворах к-та весьма постоянна.

Соли HSCN, роданиды, м. б. приготовлены кипячением растворов соответствующих цианистых солей с порошком серы. Большой частью они (щелочные соли) легко растворяются в воде и склонны к образованию комплексных солей; сильно реагируют с конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , выделяя серу. Роданиды щелочных металлов при плавлении окрашиваются сперва в темный, затем в зеленый и синий цвета; при охлаждении становятся белыми. Для аналитич. определения роданидов служат следующие реакции:  $\text{AgNO}_3$  дает с роданидами белый творожистый осадок роданистого серебра  $\text{AgSCN}$ ; нитрат кобальта  $\text{CoNO}_3$  окрашивает раствор роданида в синий цвет; самой характерной, наиболее чувствительной реакцией на роданиды является реакция хлорного железа  $\text{FeCl}_3$ , окрашивающего раствор роданида в кровавокрасный цвет.

Получаются роданиды большей частью из соответствующих цианистых соединений действием серы. Наибольшее значение теоретическое и техническое имеют следующие роданиды.

Роданистый алюминий  $\text{Al}(\text{SCN})_3$ , см. *Алюминия соединения* в крашении и печатании.

Роданистый аммоний  $\text{NH}_4\text{SCN}$  готовят (Черняк и Гинзбург) нагреванием до  $110^\circ$  смеси водного раствора 25%-ного аммиака и сероуглерода в автоклаве. Реакция протекает по ур-ию



Выпаренная соль кристаллизуется в листочках или призмах; уд. в. 1,3075,  $t^\circ_{\text{пл.}}$   $159^\circ$ .

Роданистый барий  $\text{Ba}(\text{SCN})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ —иглы, легко растворимые в воде и спирте; получается он перегонкой раствора  $\text{NH}_4\text{SCN}$  с едким баритом при  $80$ — $90^\circ$  под уменьшенным давлением (0,2—0,4 atm).

Роданиды железа соответствуют солям окиси и закиси железа; роданид двухвалентного железа, ферророданид  $\text{Fe}(\text{SCN})_2$ , зеленые ромбич. призмы, легко растворимые в воде, спирте и эфире; получается при действии  $\text{Ba}(\text{SCN})_2$  на  $\text{FeSO}_4$ . Роданид трехвалентного железа, феррироданид  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ , темнокрасные кристаллы, легко растворяющиеся в воде, образуют раствор кровавокрасного цвета (реакция применяется в аналитич. химии для обнаружения железа). Получается  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$  при действии солей окиси железа на растворимые роданиды.

Роданид золота  $\text{Au}(\text{SCN})_3$  существует в виде двойной соли с  $\text{KSCN}$ ; оранжево-красные иглы, растворимые в спирте и эфире.

Роданистый калий  $\text{KSCN}$  получают из цианистого калия  $\text{KCN}$  и серы; технически удобнее его получать сплавлением желтой кровяной соли с поташом и серой.  $\text{KSCN}$ —бесцветное, растворимое в воде вещество, выделяющееся из растворов в виде иголок или призм, с  $t^\circ_{\text{пл.}}$   $161,8^\circ$  и уд. в. 1,3075.

Роданистый кальций  $\text{Ca}(\text{SCN})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  получается действием  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  на раствор  $\text{NH}_4\text{SCN}$ .

Роданистый магний  $\text{Mg}(\text{SCN})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , получается нагреванием сероуглерода с аммиаком и окисью магния в автоклаве при  $160^\circ$ ; кристаллы, легко растворимые в воде. Роданистая медь, см. *Меди соединения*.

Роданистый натрий  $\text{NaSCN}$ , кристаллы с  $t^\circ_{\text{пл.}}$   $187^\circ$ , легко растворимые в воде; получается аналогично  $\text{KSCN}$ .

Роданистое олово  $\text{Sn}(\text{SCN})_2$ , коричнево-красный порошок, растворимый в воде и спирте.

Роданистая ртуть  $\text{Hg}(\text{SCN})_2$ , бесцветные иглы или белый кристаллический порошок; получается действием сулемы  $\text{HgCl}_2$  на  $\text{KSCN}$ ; интересна тем, что при сжигании сгорает, образуя объемистый остаток золы в виде извитой змееобразной массы (фараоны-вызми).

Роданистый свинец  $\text{Pb}(\text{SCN})_2$ , моноклинные кристаллы, мало растворимые в холодной воде (лучше в горячей), уд. в. 3,82, разлагающиеся при  $190$ — $195^\circ$ ; получается из  $\text{NH}_4\text{SCN}$  (80 ч.), при растворении его в 500 ч. воды с 175 ч.  $\text{Ba}(\text{SCN})_2$  или с 200 ч. уксуснокислого свинца в 500 ч. воды.

Роданистое серебро  $\text{AgSCN}$  нерастворимо в воде и в разбавленных кислотах; получается обменным разложением  $\text{AgNO}_3$  и  $\text{KSCN}$ .

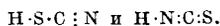
Роданид хрома  $\text{Cr}(\text{SCN})_2$ , зеленая аморфная расплывчатая масса, растворимая в органич. растворителях; готовят, действуя действием хромовых квасцов на  $\text{Ba}(\text{SCN})_2$ .

Свободный родан, или дородан,  $(\text{SCN})_2$  был получен действием брома или иода, растворенного в сероуглероде, на роданистые соли:

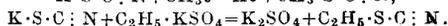
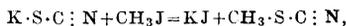


Родан—бесцветное вещество, плавящееся при  $-3^\circ$ ; по химич. свойствам напоминает галоиды, по активности приближаясь к бромю. Подобно бромю он может вытеснять иод из иодистых солей и присоединяться к ненасыщенным углеводородам по месту двойной связи. В присутствии воды родан действует окисляюще.

Р. с. могут существовать в двух формах, соответствующих двум теоретически выводимым изомерам роданистоводородной кислоты:

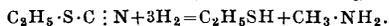


На самом деле известна лишь одна роданистоводородная к-та и (за немногими исключениями) один ряд ее устойчивых солей, соответствующий первой из приведенных формул: для органич. производных роданистоводородной к-ты, именно ее сложных эфиров, имеется два ряда б. или м. устойчивых соединений:  $\text{R} \cdot \text{S} \cdot \text{C} : \text{N}$ —родановые, или тиоциановые, эфиры и их изомеры—изо родановые, или изотиоциановые, эфиры, иначе *горчичные масла* (см.):  $\text{R} \cdot \text{N} : \text{C} \cdot \text{S}$ . Эфиры роданистоводородной к-ты получают при действии галоидных алкилов и солей алкилсерных к-т на роданистые соли:

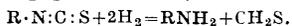


Эти эфиры—нерастворимые в воде жидкости с запахом лука. Строение их выяснено на основании реакции восстановления, при которой они под действием водорода в момент выделения образуют *меркаптаны* (см.) и метиламин, что подчеркивает наличие у них непосред-

ственной связи между атомами серы и углеводородным остатком (алкилом  $C_2H_5$ ):



При нагревании родановые эфиры меняют свое строение и переходят в соответствующие изородановые эфиры. Строение последних устанавливается опять-таки восстановлением их (при этой реакции они дают первичные амины и тиоформальдегид):



Образование первичного амина  $R \cdot NH_2$  указывает на имеющуюся у них в отличие от родановых эфиров связь между атомом азота и алкилом. Изородановые эфиры—горчичные масла—жидкости с весьма резким, горчичным запахом, пары к-рых сильно раздражают слизистые оболочки и вызывают слезы. Действуя на кожу, они вызывают жжение, красноту и образование пузырей. При приеме внутрь действуют как сильные яды. Типичным представителем этих веществ является изороданистый аллил  $C_3H_7 \cdot SCN$ , или *аллиловое горчичное масло* (см.). Различные родановые и изородановые соединения в небольших количествах довольно часто находятся как в растениях (лук, чеснок и пр.), так и в животных (например в слюне, в желудочном соке, в моче и во многих органах).

**Технич. применение Р. с  $KSCN$  и  $NH_4SCN$**  применяются в химико-аналитич. практике для открытия железа и определения объемным путем серебра и при посредстве последнего—галлоидов (метод Фольгарда). В лабораториях применяют  $NH_4SCN$  для приготовления *охлаждающих смесей* (см.). Роданистые соли алюминия, хрома и кальция применяются в качестве протравы при печатании тканей. Роданистый свинец часто вводят в состав массы для спичечных головок.

*Лит.*: Meyer V. u. Jacobson P., Lehrb. d. organ. Chemie, 2 Aufl., B. 1, T. 2, B., 1923; Ullm. Enz., V. 3, 2 Aufl. См. также литературу к статье Цианцидные соединения.

**Д. Александров.**

**РОДИЙ**, Rh, химич. элемент подгруппы легких платиновых металлов (см. *Платина*) VIII группы периодич. системы. Открыт в 1804 г. Волластоном. Ат. в. 102,9, порядковый номер 45. Элементарный Р. в сплавленном виде—металл, напоминающий внешним видом алюминий, ковкий и тягучий при  $t^\circ$  красного каления. Уд. в. 12,5 при  $20^\circ$ ,  $t^\circ_{пл.}$   $1970^\circ$ . Тв. по Бринелю 139. Термич. коэф-т расширения  $8,4 \cdot 10^{-6}$  при  $20^\circ$ . Р. принадлежит к относительно редким элементам. По Ноддаку среднее содержание его в метеоритах равно  $3,5 \cdot 10^{-6}$ , в литосфере  $1 \cdot 10^{-8}$ . Специфич. минералами являются: самородная платина (в среднем 1,3%), осмистый иридий (в среднем 2,5%), платиноиридий, самородное золото некоторых месторождений (Мексика) и лозит (см. *Рутений*) (в среднем 0,2% от суммы платиновых металлов). Кроме того Р. содержится в многочисленных полиметаллич. рудах. Сплавленный Р. растворяет углерод, но при остывании выделяет его обратно в виде графита. Тонкий порошок металлического Р., полученный путем восстановления солей водородом, слабо адсорбирует водород, но каталитически ускоряет соединение последнего с кислородом. Сильным катализатором является Р. также в органич. реакциях, напр. при окислении муравьиной к-ты. Получен также Р. в коллоидном состоянии. Известны легкоплавкие и ковкие сплавы Р. с серебром, медью, висмутом,

оловом, свинцом, цинком и платиной. В сухом воздухе Р. лишь очень медленно окисляется при нагревании с образованием окиси  $Rh_2O_3$ . Хлор и бром действуют на Р. сильнее, чем на большинство платиновых металлов; воздействие их на порошкообразный металл начинается уже при  $250^\circ$ . Кислоты, в том числе и царская водка, на чистый Р. и на сплавы его с платиной (до 70% последней) не действуют, но царская водка легко растворяет его сплавы с небольшими количествами металлов (свинца, меди или цинка). В присутствии воздуха соляная кислота растворяет Р. под давлением при  $t^\circ > 150^\circ$ .

В соединениях Р. бывает одно-, дву-, трех- и четырехвалентным. Наиболее важны соединения трехвалентного Р., в к-рых он играет роль основания. При сплавлении Р. со щелочами и нитратами получается окись  $Rh_2O_3$ , образующая с к-тыми соли, напр.  $Rh(NO_3)_3$ ,  $Rh_2(SO_4)_3$  и т. д., при сплавлении же с бисульфатами—легко растворимый желтый двойной сульфат  $K_2Rh_2(SO_4)_6$ . Соляная к-та окрашивает растворы сульфатов Р. в красный цвет вследствие образования двойных хлоридов со щелочами, т. н. хлорородитов, например  $Na_3RhCl_4$ ,  $K_2RhCl_4$ ; они образуются также при действии на Р. хлора и поваренной соли при повышенных  $t^\circ$ . Чистый треххлористый Р. обнаруживает диморфность: в виде красного гидрата  $RhCl_3 \cdot H_2O$  он легко растворяется в воде и в спирте, обезвоженный же или полученный сухим путем—непосредственно не растворяется. Растворы треххлористого Р. уже при комнатной  $t^\circ$  восстанавливаются спиртом до металла. Сероводород и сернистый аммоний медленно образуют в растворах хлористых солей Р. бурочерный осадок вероятного состава  $Rh(SH)_3$ , нерастворимый в избытке сернистого аммония, но растворимый в горячей азотной кислоте. Сернистый Р.  $Rh_2S_3$  образуется при воздействии сернистого водорода на сухой  $RhCl_3$  при  $360^\circ$ . Металлический цинк восстанавливает растворы солей Р. до металла. С серой Р. соединяется непосредственно при температуре красного каления с образованием сернистого Р.  $RhS$ . Из соединений двувалентного родия известна кроме того окись  $RhO$ , образующаяся при  $1100^\circ$  из  $Rh_2O_3$  и быстро переходящая в закись  $Rh_2O$ . Также известен двуххлористый Р.  $RhCl_2$ , получающийся путем непосредственного синтеза из элементов при  $950^\circ$ , разлагающийся при более высоких  $t^\circ$  с образованием однохлористого Р.  $RhCl$ . Из соединения четырехвалентного Р. известны двуокиси  $RhO_2$ , а также соответствующая гидроокись  $Rh(OH)_4$ . Родий обнаруживает большую склонность к образованию комплексных солей с аммиаком, из них важнейшие соли нижеследующих типов:  $[Rh(NH_3)_6]X_3$  (гексаммино- или лютеосоли),  $[Rh(H_2O)(NH_3)_5]X_3$  (азопентааммино- или розеосоли) и  $[Rh(NH_3)_5]X_3$  (пентааммино- или пурпуреосоли), причём X—хлористый радикал.

Характерных и чувствительных качественных реакций Р. известно мало. Красная окраска хлорородита натрия  $Na_3RhCl_4$ , образующегося при нагревании соединений Р. с поваренной солью в токе хлора, напоминает нек-рые соединения рутения. Раствор  $RhCl_3$  дает с  $KNO_3$  при нагревании характерный желто-зеленый осадок, но реакция эта мало чувствительна, т. к. образующаяся двойная соль заметно растворима. Количественное отделение Р. от других платиновых металлов мало отличается от технологич. методов (см. *Платина*, металлургия).

Применение Р. ограничено: сплав платины с 10% Р. применяется в термоэлементах (пирометрах) для измерения  $t^\circ$  до  $1600^\circ$ , а также в небольших количествах для изготовления химич. аппаратуры, в ювелирном деле и в электротехнике (добавка Р. к платине имеет целью уменьшить летучесть последней). Небольшие количества Р. применяются в качестве керамич. краски. Возможно также использование Р. как катализатора. Стоимость 1 г Р. в 1930 г.—ок. 1,5 амер. долл. (немного дешевле платины).

*Лит.*: Меншуткин Б. Н., Курс общей химии, 3 изд., стр. 529—534, М.—И., 1930; Менделеев Д., Основы химии, 9 изд., т. 2, стр. 197—204 и 456—476; Шеллер В. Р. и Поуэлл А. Р.,

Анализ минералов и руд, содержащих редкие элементы, пер. с англ., стр. 199—202, Л., 1928; Horkins B. S., Chemistry of the Rarer Elements, p. 337—370, N. Y., 1923; Thorge E., Dictionary of Applied Chemistry, v. 5, London, 1924; Tyler P. M. and Santmyers R. M., Platinum, «U. S. Bur. of Mines», 1931, Febr.; Noddak J. und W., «Zitsch. physikal. Chemie», Лpz., 1931, p. 890. См. также литературу в статье Платина.

Е. Нронман.

**РОДОНИТ** (орлец), минерал триклинной системы, представляет собой метасиликат марганца ( $MnSiO_3$ ). Он содержит 54,1% окиси марганца и 45,9% кремнезема. Обычными примесями его являются железо, кальций, редко—цинк. Твердость Р. 5,5—6,5, уд. вес 3,4—3,7. Встречается в виде плотных зернистых масс; реже—образует кристаллы триклинной системы. Цвет Р. розовый, вишнево-малиновый, иногда полосчатый с бурыми и черными зонами. Ферсман различает следующие 4 разновидности родонита: 1) самый обычный—мягко окрашенный розовый, с черным игольчатым и дендритовым узором; 2) Р., относящийся к первому типу, но особенно яркого, почти гранатового тона; 3) Р. с облачным тоном из розовых, буроватых и сероватых тонов с мягкими переходами; 4) тип ленточной яшмы, с характерным чередованием черных, коричневых, розовых и красных тонов. Р. является прекрасным подолочным камнем. Обработка его сравнительно легка, он превосходно принимает полировку. В СССР Р. известен с половины 18 в. На гранитных ф-ках из Р. изготовлялись в громадных количествах вазы, чаши и другие художественные изделия; в Свердловске из него выделывают в большом количестве различные мелкие изделия. Единственное не только в СССР, но и во всем мире промышленное месторождение родонита находится на Урале, в 20 км к Ю.-В. от Свердловска, в районе Нижне-Исетской дачи, близ дер. Седельниковой. Жила Р. залегает в серых глинистых сланцах, имеет среднюю мощность 2,5 м и тянется на большое расстояние. Другие имеющиеся на Урале месторождения родонита представляют только минералогический интерес. За границей известны незначительные месторождения в Швеции, Испании и Соединенных штатах Америки.

Н. Федоровский.

**РОЗОВОЕ МАСЛО**, эфирное масло, получаемое б. ч. при перегонке лепестков розы с водой; в меньшем сравнительно количестве переработка ведется при помощи экстракции легколетучими растворителями. Для получения Р. м. почти исключительно применяется *Rosa damascena* Mill., не встречающаяся в диком виде и представляющая вероятно помесь *R. gallica* и *R. canina*. Главнейший район разведения масличой розы—Болгария; значительно меньшие масштабы имеет производство в Турции (Анатолия), Франции, Германии, Сирии. Для экстракции Р. м. применяются и нек-рые другие сорта розы. Особенностью получения Р. м. по сравнению с другими эфирными маслами является применение перегонки с водой, при к-рой лепестки, загруженные в перегонный куб, заливаются приблизительно десятикратным количеством воды и от этого количества отгоняется около 10%. Нагревание ведется при помощи огневой топки или глухого пара. Получающаяся при этом розовая вода поступает либо в продажу либо на вторичную перегонку для выделения растворенного в ней Р. м. Выход Р. м. составляет около 0,02—0,03%.

Р. м.—светложелтая жидкость с сильным характерным запахом цветка, пронизанная при обычной темп-ре прозрачными кристаллами парафиновых углеводородов (стеароптен). В зависимости от содержания стеароптена (16—21%) находится и  $t^{\circ}_{заст.}$ , указывающая начало выделения кристаллов. Удельный вес 0,856—0,870,  $[a]_D^{20} = -1 \div -4^{\circ}$ , коэф.  $n_D^{20} = 1,452—1,464$ ,  $t^{\circ}_{заст.} 18 \div 24^{\circ}$ , общее содержание спиртов 66—76%. В состав Р. м. входят: гераниол, цитронеллол, фенилэтиловый спирт, линалоол, нерол, эфиры этих спиртов; ок. 10% Р. м. составляют неисследованные вещества. Р. м., полученное экстракцией, отличается большим содержанием фенилэтилового спирта.

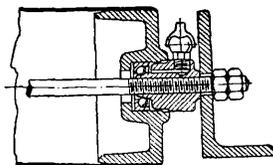
Болгария вывозит ежегодно около 3 000—4 000 кг Р. м.; за последние годы производство в Болгарии из кустарного на 75% перешло в заводское. В других странах производство Р. м. ограничено пределами внутреннего потребления. Потребность СССР в Р. м. (ок. 500 кг) м. б. удовлетворена внутри Союза, т. к. для культуры розы имеются благоприятные условия в Крыму, на Кавказе и в среднеазиатских республиках.

Лит.: Gildemeister E. und Hoffmann F., Die ätherischen Oele, 3 Auflage, B. 2, Leipzig, 1929.

Б. Рутковский.

**РОЛЬГАНГИ**, катки, один из видов транспортеров, состоящий из ряда установленных на общей раме роликов, по к-рым можно транспортировать различные грузы, имеющие относительно гладкую поверхность. Наибольшее распространение имеют конструкции гравитационных роликовых транспортеров, движение грузов по к-рым происходит за счет силы тяжести; Р. с механич. приводом к роликам применяют гл. обр. для транспортировки леса и обслуживания прокатных цехов.

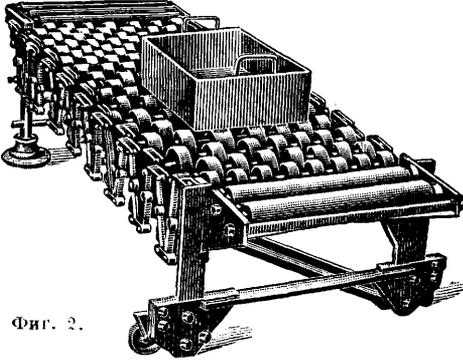
Гравитационные роликовые транспортеры состоят из ряда легко вращающихся роликов (катков), установленных на шариковых подшипниках на неподвижных оси. Уклон транспортера 3—4°; Р. может иметь какие угодно изгибы, причем для участков на горизонтальных поворотах роликам придают конич. форму. Ролики



Фиг. 1.

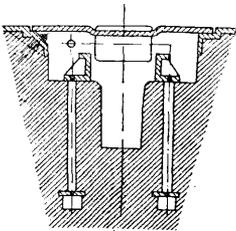
д. б. возможно более легкими, с тем, чтобы они легко приводились во вращение грузом, движущимся по ним; поэтому ролики в большинстве случаев изготовляют из тонкостенных трубок (фиг. 1). Расстояние между осями роликов д. б. таково, чтобы перемещаемый груз всегда лежал не менее, чем на двух роликах. Если размеры перемещаемых грузов малы, то применяют конструкцию Р., в которой вместо каждого из длинных роликов применено несколько коротких по длине роликов, установленных так, что ролики одного ряда заходят в промежутки между роликами другого ряда (фиг. 2). Гравитационные роликовые транспортеры выгоднее других транспортеров в том отношении, что они не требуют приводного механизма (за исключением тех коротких участков, которые служат для подъема), благодаря чему они отличаются простотой, надежностью в работе и относительной дешевизной и удобны для устройства переносных транспортеров.

Р. с механич. приводом, применяемые гл. обр. в прокатных цехах, служат для передвижения прокатываемой полосы вдоль



Фиг. 2.

линии прокатки. Действие этого типа Р. основано на трении, возникающем между вращающимися роликами и лежащим на них металлом. Р. состоят из: 1) приводных роликов, 2) рам с подшипниками, 3) настила из плит, закрывающих пространство между роликами, 4) системы передачи и 5) двигателя. По своему назначению Р. разделяются на рабочие и транспортные. Рабочие Р. расположены при рабочем стане и их назначение—облегчать подачу металла в валки во время прокатки. Транспортные Р. расположены на некотором расстоянии от стана и служат для отвозки от стана и для подачи прокатанных полос к ножницам, пилам, на стелюги или на склад. Р. устанавливаются на особые фундаменты (фиг. 3). Ширина рабочего Р. зависит от длины валков вследствие необходимости обслуживать все руды валков. Обычно у ручьевых валков длина роликов равняется рабочей длине валка, у листовых же бывает на 250—300 мм больше длины валков. Первый ролик Р. (иногда два)



Фиг. 3.

располагают непосредственно в станинах рабочей клетки. Эти ролики обыкновенно делаются ступенчатыми. Расстояние между роликами определяется длиной самой короткой из передвигающихся по роликам прокатываемых полос. Практика выработала следующие расстояния между роликами (в мм):

В тяжелых ручьевых станах . . . . .	2 500—3 000
» средних » . . . . .	1 500—2 000
» легких » . . . . .	750—1 250
» тяжелых листовых и универсальных станах . . . . .	1 500—2 000
В средних листовых и универсальных станах . . . . .	1 000—1 500

Вблизи клеток расстояние между роликами берется меньше и постепенно увеличивается. Длина рабочих Р. 8—10 м, длина транспортных значительно больше и достигает 60—80 м.

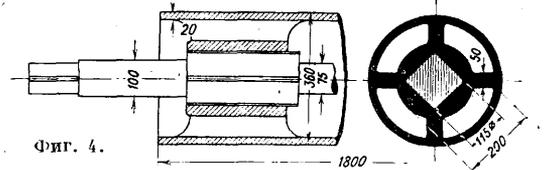
Диаметр роликов определяется условием, чтобы подшипники и шестерни были спрятаны под полом. Размеры диаметров роликов и их цапф, применяемых обычно на практике, приведены в табл. 1.

Для реверсивных Р. ролики берутся возможно меньших размеров. Окружная скорость роликов в рабочих Р. принимается в 1—2 м/сек,

Табл. 1.—Диаметр роликов и цапф у Р. (в мм).

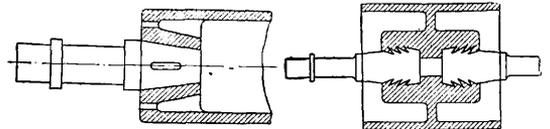
Название рольгангов	Диам. ролика	Диам. цапф
Рабочие рольганги		
блуживгов . . . . .	450—500	180—220
тяжелых ручьевых станов . . . . .	550—600	180—180
тяжелых листовых станов . . . . .	400—500	150—200
Транспортные рольганги		
тяжелых ручьевых станов . . . . .	500—600	100—150
средних » . . . . .	500—600	80—110
легких » . . . . .	250—400	50—100

а в транспортных 1,5—3 м/сек. Материалом для роликов служит сталь или чугун. Ролики, подверженные сильным ударам, например вблизи опрокидывателя болванок или для рабочих Р. бронзового стана, делаются массивными из стали. Ролики в тяжелых Р. изготовляются полыми из литой стали; в средних и легких Р.—полыми из чугуна (фиг. 4).



Фиг. 4.

Ролики насаживаются большей частью не на сплошную ось, а на короткие цапфы. На фиг. 5 показан стальной литой ролик, укрепленный на коротких цапфах. Практикуется также способ непосредственной отливки роликов на осях или коротких цапфах (фиг. 6). Чугунные ролики со вставленными на шпонках осями или залитыми цапфами употреб-



Фиг. 5.

Фиг. 6.

ляются в не требующих особой прочности транспортных Р. (к пилам, стелюгам и т. д.) или же служат в виде холостых роликов. Ролики д. б. уравновешены. В Р., подвергающихся большим усилиям, в последнее время применяются ролики из цельнотянутых или сварных труб; эти трубчатые ролики в виде барабанов приклепываются к стальным втулкам или же привариваются.

Ра́мы Р. отливаются чугунные или стальные. Обе рамы соединяются между собой болтами с распорными трубками (как это делается у станин) или для большей жесткости соединения—крестообразными поперечинами. В тяжелых Р. рамы имеют форму двутаврового железа с уширенной нижней полкой. Размеры чугунных и стальных рам для Р. указаны в табл. 2.

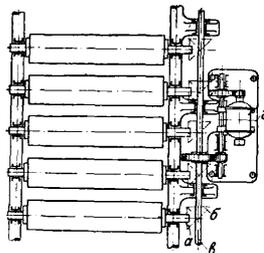
Подшипники Р., подверженные большим нагрузкам, имеют вкладыши из твердой бронзы или из литой стали, залитые баббитом. Подшипники, не подверженные большим нагрузкам, имеют чугунные вкладыши. В быстроходных Р. применяются подшипники с кольцевой смазкой.

Ролики приводятся в движение при помощи 1) конич. зубчатой передачи от общего пере-

Табл. 2.—Размеры чугунных и стальных рам для Р.

Диам. цапфы ролика в мм	Чугунные рамы		Стальные рамы		Ширина рамы в мм
	Высота рамы в мм	Толщина стенки в мм	Высота рамы в мм	Толщина стенки в мм	
60—70	300	20	—	—	200
80—90	350	25	—	—	250
100—120	400	30	—	—	320
130—140	500	40	450	25—30	380
150—180	600	50	550	35—40	400
200	—	—	600—750	45—60	500

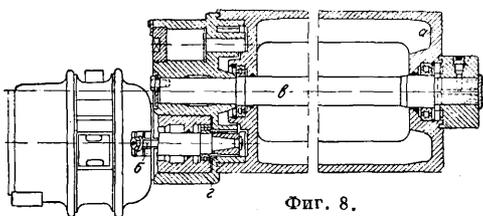
даточного вала (фиг. 7, где *a* и *б*—конические зубчатые шестерни, *в*—передаточный вал, *г*—мотор); 2) кривошипно-шатунной передачи; 3) проволочных канатов, охватывающих



Фиг. 7.

шквивы, жестко соединенные с роликами; 4) индивидуальных моторов. Чаще всего употребляется коническая передача от общего передаточного вала, идущего вдоль всей рамы. Конструкция Р. с индивидуальными моторами начала применяться как на европейских, так и на американских за-

водах. По конструкции фирмы Демаг (фиг. 8) мотор устанавливается непосредственно у ролика *a*, причем если необходимо мотор убрать, то достаточно отвинтить откидные болты *б*. Зубчатая передача, имеющая внутреннее зацепление и состоящая из шестерни на валу мотора и зубчатого венца на ролике, находится в закрытой смазочной камере *г*. Особенность этой конструкции состоит в том, что ось ролика *в* неподвижна и вращение передается самому ролику. Ролик опирается на шариковые подшипники. Ролики можно располагать по кривой линии, и благодаря этому роляганги можно иметь с веерообразным расположением роликов. Р. с отдельными моторами отличается как простотой, так и компактностью.



Фиг. 8.

Удары, возникаемые при движении прокатанной полосы, никогда не влекут за собою поломок, как при обыкновенных Р., где эти удары иногда вызывают поломки как в шестернях, так и в подшипниках и в продольном валу. Моторы при этих роликах применяются с любым напряжением и любым числом периодов. Моторы устанавливаются асинхронные с короткозамкнутым ротором. Мощность моторов зависит от величины ролика. Более современная конструкция Р. с индивидуальными моторами предложена Шульте и изготовляется фирмой Шлеманн. Каждый ролик у Р. системы Шульте является мотором, у которо-

го статором служит ось ролика, а ротором—наружная часть ролика. Мотор в этих роликах применяется трехфазного тока с короткозамкнутым ротором. Ролики для предохранения от влияния  $t^\circ$  горячих полос изолируются. Отсутствие движущихся частей по сведениям фирмы Шлеманн понижает расход энергии на 30%. Обслуживание подобного роляганга очень простое и ремонт в виду отсутствия частей, подвергаемых износу, очень незначителен.

В. Цировский.

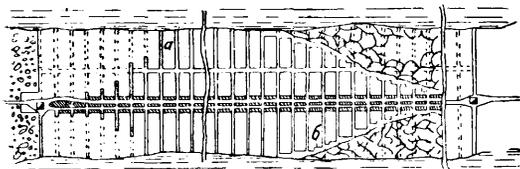
Лит.: Цировский В. Конструкция прокатных станков и их оборудование, М.—Л., 1930; Нütте, Справочная книга по металлургии железа, пер. с нем., М.—Л., 1927; Нütте, Taschenbuch für Eisenhüttenleute, 4 Aufl., Berlin, 1930.

**РОНГАЛИТ**, торговая марка некоторых производных гидросульфита (см.).

**РОССЫПНОЕ ДЕЛО**, совокупность работ по получению золота из россыпей; к этим работам относятся: добыча, перемещение и промывка больших масс рыхлого материала, содержащегося в россыпи. Разработке россыпей предшествует детальная разведка, на основании к-рой разрешается вопрос, как разрабатывать россыпь. Экономическая выгода того или иного метода эксплуатации определяется отношением мощностей наносов и продуктивного пласта и средним содержанием золота в 1 м<sup>3</sup> материала. Россыпи разрабатываются различными способами: 1) мускульной силой—открытыми и подземными работами, 2) экскаваторами (см.) и скреперами (см.), 3) гидравлич. способом (см. Гидравлические разработки) и 4) драгами (см. Дражное дело). Эксплуатационным работам предшествуют горноподготовительные работы: проводка руслоотводной канавы с расчетом на максимальный пропуск весенней воды, проводка нагорной канавы, обеспечивающей сток весенних и дождевых вод со склона долины, проводка к нижней границе площади кап и т а л ь н о й канавы, врезающейся головной частью в плотик россыпи и имеющей значение водоотливной артерии для разрабатываемой площади; уклон этой канавы делается не менее 0,002, глубина в головной ее части доходит до 10—12 м.

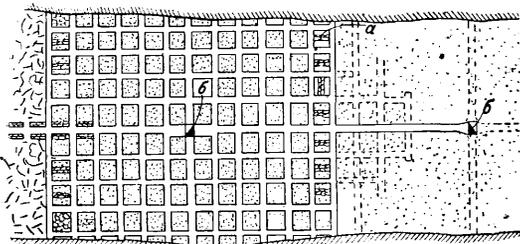
При о т к р ы т ы х работах добыче песков предшествует вскрышка торфов, к-рую производят преимущественно в теплый сезон. Торф отвозят на тачках, таратайках или вагонетках по рельсовым путям ручной, конной или механич. тягой. Открытые работы ведут в большинстве случаев поочередно. Экономическая выгода разработки россыпи открытыми работами очевидна уже при среднем содержании золота в россыпях 1,75—2 г/м<sup>3</sup> на Урале и 2—2½ г/м<sup>3</sup> в Сибири. Подземными работами разрабатывают россыпи, залегающие на глубине 8 м и больше от поверхности. В условиях СССР такие работы применяются преимущественно в Вост. Сибири и Якутии при среднем содержании золота от 6 г и выше в 1 м<sup>3</sup> песков. В Америке подземными работами разрабатывали россыпи Калифорнии, Аляски (районы Номе, Фербенкса, а также в системе реки Юкона). Вскрытие месторождений золотых россыпей производится при помощи вертикальных и реже наклонных шахт; последние имеют преимущества в случае, если россыпь залегает неглубоко; в этом случае доставка песков производится концевым или бесконечным канатом (см. Доставка рудничная). Обычные размеры шахт 5 × 4½ м, с че-

тырьмя отделениями (два подьемных, лестничное и для труб и проводов). Шахты при вскрытии проходят на расстояниях 100—500 м друг от друга, в зависимости от глубины наносов и ширины россыпи, а также от устойчивости кровли и способа доставки песков. Вскрытое месторождение м. б. разрабатывается тремя способами: 1) длинными столбами, 2) короткими столбами и 3) сплошной выемкой. При системе длинными столбами (фиг. 1)



Фиг. 1.

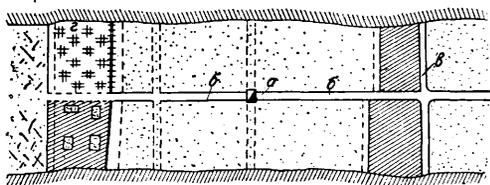
поле нарезают на столбы *a* размерами  $8\frac{1}{2}$  м шириной и 20 м длиной. Выемку столбов производят заходками (лентами) *б* шириной 3,2 м, начиная от бортов россыпи; крепление заходок производят не полами и дверным окладом (см. Рудничное крепление). После того как две-три ленты отработаны, производят обрушение кровли, извлекая крепежный материал. Система коротких столбов ( $8,5 \times 8,5$  м) применяется преимущественно при разработке вечно мерзлых россыпей, оттаивание которых ведут по жогам и работами (древесным углем или раскаленными бутылками камнями). В последнее время для оттайки мерзлоты успешно применяют пар, пропускаемый через полые буры-пойнты. Когда нарезка поля заканчивается, столбы разрезают по середине «просеками» *a* шириной около 3 м (фиг. 2, где *б*—



Фиг. 2.

шахты). В случае паровой оттайки целесообразнее разрабатывать россыпь длинными столбами. Сплошная выемка нашла себе широкое применение в США при разработке россыпей с вечной мерзлотой с введением паровой оттайки. В середине отвода при малой ширине россыпи (фиг. 3) проводят в обе стороны откаточный штрек *б* до границ шахтного поля. Из шахты проводят в обе стороны откаточный штрек *б* до границ шахтного поля. Из обоих его концов закладывают поперечные просеки *в*, которые доходят до границ россыпи. Очистная добыча начинается из этих выработок, ведется сплошным забоем без крепления по направлению к шахте. Выработанная камера остается незакрепленной; по мере продвижения вперед кровля камеры понемногу оттаивает и постепенно обрушивается, заваливая выработанное пространство позади работающих забойщиков. Во избежание опасности от внезап-

ного обрушения оставляют целики мерзлых песков с убогим содержанием металла или выкладывают костровую крепь *г*. В районе Фербенкса применяют бурение обычным способом при помощи пневматического перфоратора; в пробуренные скважины вставляют пустотелые стальные трубки-пойнты, к нижнему концу к-рых приваривается или привертывается долото из специальной стали с отверстиями для пропуска пара. Длина пойнта 2—6 м, в зависимости от глубины оттаивания, диам. до 25 мм. Один пойнт оттаивает за сутки в среднем ок.  $3\frac{1}{2}$  м<sup>3</sup>. Каждый пойнт загоняется один от другого на расстоянии (при сплошной выемке) 60—80 см, в зависимости от свойства грунта, по возможности ближе к почве. Оттаивание породы происходит обыкновенно на 60—70 см вперед и 120—150 см вверх от пойнта при пропускании пара в течение 20—24 час. Во избежание потери пара и излишнего нагревания воздуха в выработках скважины около головки пойнта тщательно затрамбовывают. У нас впервые работа сплошной выемкой стала применяться в 1931 г. в Сретенском комбинате на Шахтоме. Кроме



Фиг. 3.

паровой оттайки мерзлоты в Америке применяется также водяная оттайка, к-рая значительно дешевле и целесообразнее первой. Для оттайки холодной или горячей водой употребляются такие же штанги и система труб, как и при работе паром. Вода накачивается насосом в штанги под давлением 2—5 atm. Вода поступает сначала в главную магистраль, затем через ответвления в рукава и оттуда в штанги. Отработанная вода имеет  $t^{\circ} 2-4^{\circ}$ . Штанги забиваются в породу медленно, чаще же они сами опускаются вниз без всякого забивания. Штанги вставляют в заранее приготовленные бурением скважины. Оттайка водой применяется главным образом при открытых работах, напр. при подготовке дренажных площадей. В СССР значительное распространение получила пока паровая оттайка в подземных работах гл. обр. в районах Бодайбо, Алдана и Вост. Сибири.

Добытые тем или иным способом пески поступают для промывки на различные промывальные приборы. Общий процесс промывки золотосодержащих песков распадается на три основные стадии. Первая стадия включает: 1) протирку песков, т. е. разрыхление поступающих в промывку песков, 2) отделение гальки от эфелей и 3) обмывку ее. Эти операции происходят в головной части шлюза, где осаждается основная часть золота, или, в случае глинистых песков, в специально сконструированных приборах (б о ч к а х, ч а ш а х и б о р о н к а х). Вторая стадия состоит в промывке на шлюзах эфелей, отделенных предыдущим процессом. Здесь более легкие зерна пустой породы (мелкая галька, песок и ил) сносятся со шлюзов струей воды; тяжелые зерна спутников золота (магнитный

железняк, бурый железняк, гранат и т. п.), а также незначительная часть гальки и песка оседают на дно шлюза и задерживаются здесь специальными приспособлениями — трафаретками, которые укладывают на дно шлюза. Третья стадия, исполняемая периодически по мере накопления материала (серые шлихи) между трафаретками 1 раз в сутки, состоит в окончательной промывке и получении шлихового золота при содействии ртути и без нее. Материал, задержанный на шлюзах, смывают, что называется «сполоском», и подвешивают до водке на вашгерде. Доводка шлихов распадается на два приема: а) сокращение серых шлихов, снятых со шлюза, до черных шлихов; б) сокращение черных шлихов до шлихового золота.

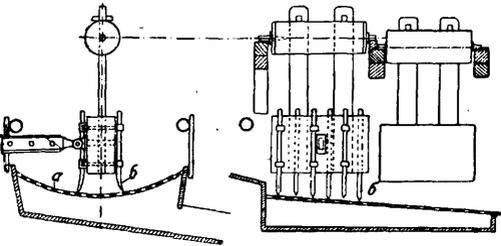
Промывочные устройства. Лоток, на который порода помещается порциями и промывается вручную, употребляется с тарателами и для опробования при разведках. Желоба — с трафаретками в виде поперечных перегородок в 3—4 см высотой; сечение желоба 30 × 60 см, длина 4—6 м; материал загружается лопатами в головную часть прибора.

Бутара (фиг. 4), наиболее ходовой прибор старателей, снабжен в го-



Фиг. 4.

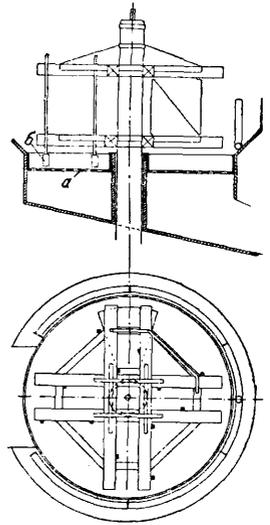
ловке бутарным железом, где происходит ручная протирка; нижняя часть прибора представляет собою шлюз с трафаретками. Прибор Кулибина служит для промывки песков, добываемых в больших количествах из разрезов; разрыхление и протирка породы идут за счет живой силы струи воды, перекатывающей материал по трафареткам; ширина колоды 45—50 см, высота борта 40 см, длина 20—50 м, в зависимости от породы. Боронка (фиг. 5) — грохот, имеющий вид цилиндрич. желоба *a* с продольным уклоном в 8°. Протирка



Фиг. 5.

материала совершается качающимися железными пестами *б*. Вода, необходимая для промывки, подается по двум продольным деревянным трубам (брызгалам) с боков желоба; производительность одной боронки до 200 м<sup>3</sup> в сутки. Чаша Камаринского (фиг. 6) представляет собою грохот в виде плоского диска *а*, снабженного закраинами (чаши). Протирка совершается железными пестами *б*; вода подается по периферии чаши из деревянной трубы, снабженной брызгалами. Загрузка материала происходит периодически

или постоянно из вагонеток или элеватора и т. п.; диам. чаши до 4,0 м. Производительность 350—400 м<sup>3</sup> в сутки. Бочка — цилиндрический (реже конический) вращающийся полый барабанный грохот, склепанный из листового железа с круглыми отверстиями; внутри бочки укреплены особые штыри, полосы и гребни для перетирки материала. Вода подается в бочку под давлением. Боронки, бочки и чаши применяются для выполнения протирки при глинистых песках.



Фиг. 6.

Вторая стадия — собственно промывка — исполняется на шлюзах. Головная часть шлюзов помещается непосредственно под грохотом протирочного аппарата. Шлюзы представляют широкие и низкие колоды, в которых при сравнительно незначительных скоростях потока из размытого и разрыхленного материала оседают наиболее тяжелые зерна золота и песка. Шлюзам дают уклон в 0,1 с некоторым увеличением его в головной части и уменьшением — в хвостовой. Дно шлюзов устилают цыновками, грубошерстным сукном, коксовыми матами, рогами. Сверху цыновки помещают металлические проволочные сетки (трафаретки) и укрепляют продольными брусками, удерживаемыми на месте скобами и клиньями. Иногда трафаретки представляют деревянные и металлич. решетки, которые кладутся или на цыновках или непосредственно на дне. В некоторых случаях трафаретки имеют вид лестницы, укладываемой вдоль шлюза. Применение для протирки специальных протирочных приборов, как бочки, чаши и боронки, позволяет легко осуществить разбивку промываемых песков на сорта по крупности с последующей промывкой каждого сорта на отдельном шлюзе. В бочечной установке напр. это осуществляется так: для получения трех сортов эфелей (песков) отверстия бочки в верхней ее трети дают диаметр 8 мм, в средней — 15 мм и в нижней — 24 мм. Просеивающиеся через эти отверстия эфели принимаются на отдельные шлюзы, где для промывки их создаются оптимальные условия путем обеспечения необходимой скорости струи муты, при которой пустая порода сносится, а зерна золота и некое количество спутников его остаются на шлюзах. Скорость потока определяется по ф-ле Шези

$$v = k\sqrt{R \sin \alpha},$$

где *k* — коэф., зависящий от характера дна и стенок шлюза. *R* — гидравлич. радиус и *α* — угол наклона шлюза; регулирование скорости может производиться изменением наклона шлюза или изменением количества воды; обычно шлюзы закрепляют на месте, и регулирование достигается изменением количества воды, направляемой на шлюзы. Общий расход воды для промывки обычно принимают 10—15-кратным

по объему количества промываемых песков. Вода к промывальным приборам доставляется при помощи сплотов, желобов или насосов. Подача песков при незначительной высоте загрузочного люка совершается непосредственно в вагонетках, к-рые подвозятся лошадьми или подкатываются бесконечным канатом. В нек-рых случаях вагончики разгружаются в зумпф, откуда пески подаются к загрузочному люку элеватором. Галька отвозится в вагонетках на отвалы лошадьми или бесконечным канатом. Иногда для этой цели применяется галечный элеватор. Эфели, выходящие из шлюзов, направляются по желобам в старые разрезы в том случае, если позволяет рельеф местности. Чаще эфели приходится поднимать элеватором или вывозить на лошадях в вагонетках.

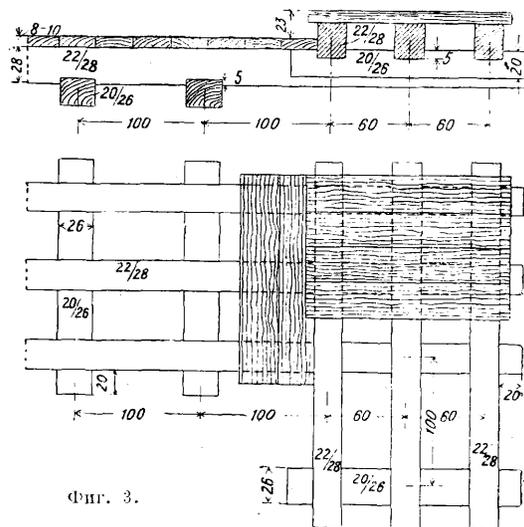
Лит.: Календарь для золото-платинопромышленников, ч. 1, 2 изд. СПб, 1913, ч. 2, СПб, 1914; Шевяков Л., Разработка полезных ископаемых, Л., 1928; Peeler R., Mining Engineers Handbook, N. Y., 1927; «Золото и платина», Иркутск, 1930, 3; Серебровский И. А., Золотопромышленность США, Москва—Ленинград, 1931.

Е. Орлов.

**РОСТВЕРК**, искусственное основание, применяемое при сравнительно слабых грунтах и служащее: 1) для равномерного распределения давления фундаментов на грунт или для распределения этого давления на большую площадь (простой Р.); 2) для равномерной передачи давления сооружения посредством свай на материк или на слабый грунт путем его уплотнения (свайный Р.). В отношении материалов, из к-рых строят Р., различают Р. деревянные, бетонные, железобетонные.

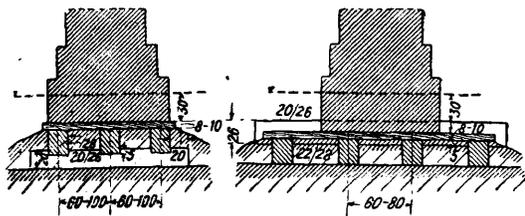
К **д е р е в я н н ы м Р.** предъявляется требование, чтобы они во всех случаях были покрыты подземными или другими (речными, озерными и т. п.) водами не менее чем на 30 см, считая от верхнего края Р., т. к. подвергающееся попеременно действию воды и воздуха дерево очень быстро сгнивает и разрушается. В виду этого деревянные Р. не следует устраивать в тех случаях, когда может иметь место случайное значительное понижение подземных вод, например вследствие устройства глубокого дренажа местности, канализации и других работ. Р. в качестве основания служит: а) для равномерного распределения давления на грунт, неодинаковый по своему сопротивлению, и тогда Р. имеет одинаковую ширину с фундаментом (фиг. 1), или б) для равномерного распределения давления на большую площадь грунта для умень-

деревянных поперечин, уложенных широкой стороной вниз попереk выравненного фундаментного рва, прогонов, уложенных вдоль рва поверх поперечин, и половиц на а с т л а. Поперечины имеют размеры от 16×20 до 24×30 см (в среднем 20×26) и расположены в расстояниях 1,0—1,5 м друг от друга. Прогоны берут обыкновенно размерами от 20×26 до 24×28 см (в среднем 22×28) и располагают в расстояниях 0,60—1,0 м друг от друга, а иногда и ближе. Для соединения прогонов с поперечинами в последних делают врубки глубиной 5—7 см, в которые и насаживают прогоны без всякого их ослабления. Стыки прогонов располагают над поперечинами и соединяют между собой или козым зубом или же впритык при помощи накладок и болтов. Половой настил сооружают из толстых досок толщиной 8—10 см и шириной 25—30 см и крепят к прогонам при помощи деревянных нагелей. Крайние прогоны располагают в расстоянии ок. 20 см от



Фиг. 3.

торцов поперечин, а половой настил укладывают с напуском в 6—8 см за края крайних прогонов. До укладки половой настила промежутки между поперечинами и прогонами заполняют щебнем, глиной или песком и плотно утрамбовывают; щебень иногда поливают раствором. В углах (фиг. 3) Р. устраивают так, чтобы прогоны под одной стеной служили поперечинами для Р. под другой стеной, причем Р. под поперечными стенами располагают над Р. под продольными стенами. Высота расположения поверхностей половых настилов ростверка под теми и другими стенами должна различаться на целое число рядов кирпичей для правильного расположения горизонтальных швов во всех местах кирпичной кладки фундаментов. Когда ширина деревянного Р. превышает ширину фундамента (фиг. 2), то Р. подвергается в поперечном направлении изгибу, вследствие чего рекомендуется располагать прогоны внизу, а поперечины—поверх прогонов, чтобы опорные реакции на крайние прогоны были восприняты не только половым настилом, но и поперечинами; в этом случае половой настил, уложенный по прогонам, располагают в промежутках между поперечинами. Брусья для деревянного Р. могут быть заменены сосно-

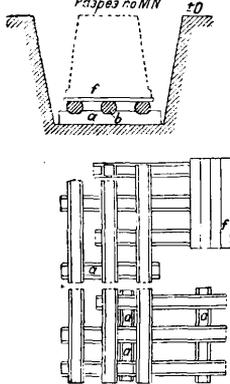


Фиг. 1.

Фиг. 2.

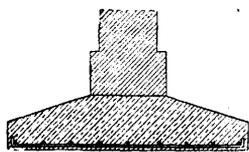
щения удельного давления на грунт, и тогда Р. шире подошвы фундамента (фиг. 2). Устройство Р. в последнем случае диктуется невозможностью уширения самого фундамента до необходимых размеров или невыгодностью по сравнению с устройством Р. такого уширения, требующего б. или м. значительного углубления фундамента. Деревянный Р. под фундаментами здания (фиг. 1) состоит из

выми бревнами diam. 27—32 см, отесанными на два канта. На фиг. 4 показан такой Р. под фундаментом здания; здесь: *a*—поперечины, укладываемые по ватерпасу на дно фундаментных рвов; *b*—прогоны в 3 ряда в расстоянии около 0,55 м друг от друга; врубки в поперечинах—в  $\frac{1}{4}$  дерева и меньше; *f*—половой настил из 7—8-см досок, прибиваемых к прогонам 15-см брусковыми гвоздями; в плане показано: а) соединение Р. в углах, б) соединение Р. в крестовинах (где к продольной стене примыкает поперечная). При постройке деревянных Р. следует учитывать, что Р. образуют собою как бы готовый дренаж почвы под фундаментами, могущий вызвать понижение подземных вод и течение последних вдоль Р., что в свою очередь может повлечь за собой разрыв грунта под фундаментами и осадку сооружения. Пользоваться деревянным Р. возможно только при сравнительно хороших грунтах; в противном случае приходится прибегать к свайным основаниям с Р. на сваях. В сухих грунтах деревянный Р. с успехом заменяется основанием в виде железобетонной плиты (фиг. 5 и 6), допускаю-

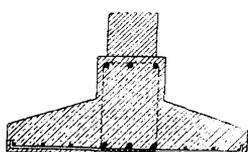


Фиг. 4.

предназначен под фундамент каменного строения; *a*—поперечины, насаженные на шпильки; *b*—прогоны, уложенные во врубки в  $\frac{1}{4}$  дерева, сделанные в поперечинах; *c*—пол из 6—7-см досок, прибитых к прогонам гвоздями. Для разбивки свай на дне котлована намечают колышками крайние сваи; рядов и натягивают причалку, по направлению к-рой назначают остальные сваи ряда. При забивке свай без водоотлива разбивка делается на подмостках. Для достижения прямолинейности ряда сваи забивают сначала две крайние сваи ряда, прикрепляют к ним с боков две схватки, между которыми забивают остальные сваи. Для правильного направления свай ее зажимают, как показано на фиг. 11. Когда несмотря на тщательную забивку имеет место отклонение свай от назначенного им положения, приходится укладывать на сваи насадок, как показано на фиг. 12; если шип приходится у самого края свай, его не нарубают вовсе, а голову свай спиливают на высоте шпильки; если свая совершенно вышла из ряда, то к ней приделывают подмогу.



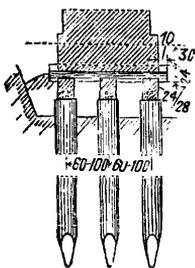
Фиг. 5.



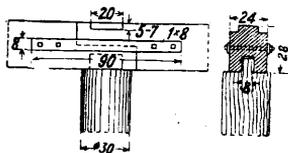
Фиг. 6.

ней сравнительно большие выступы в стороны от фундамента и не требующей соблюдения условия, предъявляемого к деревянным Р. в отношении их постоянного пребывания в воде (см. *Фундаменты и основания*).

Р. на сваях распределяют давление сооружения между отдельными сваями, передающими его материке. Р. устраивают по головам свай, забитых частоклом, в тех случаях, когда грунт очень сжимаем или расстояние между сваями велико, а материал, из которого бунтается фундамент, мелок. В конструктивном отношении Р. на сваях отличается от опи-



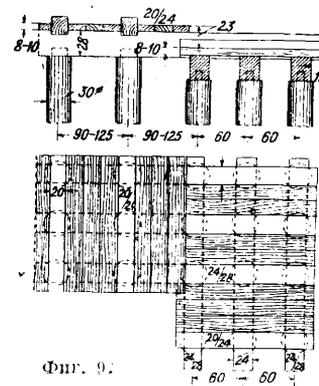
Фиг. 7.



Фиг. 8.

санного выше Р. тем, что основан на сваях, а не покоится на земле, как тот. Ростверки на сваях под фундаментом здания устраивают сл. обр. На фиг. 7 представлен

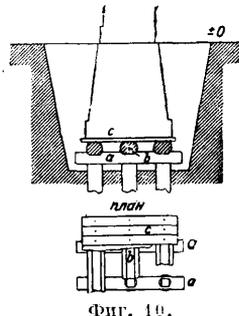
деревянный из брусьев ростверк на сваях под фундамент каменного здания. Прогоны имеют сечение 24×28 см и насажены своими гнездами на шпильки, нарубленные на головах свай. Соединение прогонов между собой показано на фиг. 8. Поперечины имеют размеры 20×24 см и соединены с прогонами врубкой в поперечины глубиной 5—7 см. Между поперечинами настилается дощатый пол толщиной 8—10 см, прикрепляемый к прогонам



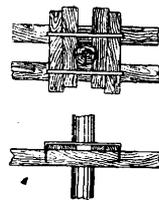
Фиг. 9.

деревянными нагельями. Пол выступает за края прогонов на 10—15 см. Относительное расположения Р. в пересечениях (фиг. 9) остаются в силе те же правила, к-рые были указаны при рассмотрении деревянных Р. На фиг. 10 изображен деревянный Р. на сваях из 27—32-см бревен, отесанных на два канта; Р.

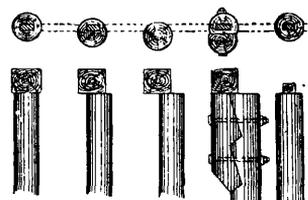
предназначен под фундамент каменного строения; *a*—поперечины, насаженные на шпильки; *b*—прогоны, уложенные во врубки в  $\frac{1}{4}$  дерева, сделанные в поперечинах; *c*—пол из 6—7-см досок, прибитых к прогонам гвоздями. Для разбивки свай на дне котлована намечают колышками крайние сваи; рядов и натягивают причалку, по направлению к-рой назначают остальные сваи ряда. При забивке свай без водоотлива разбивка делается на подмостках. Для достижения прямолинейности ряда сваи забивают сначала две крайние сваи ряда, прикрепляют к ним с боков две схватки, между которыми забивают остальные сваи. Для правильного направления свай ее зажимают, как показано на фиг. 11. Когда несмотря на тщательную забивку имеет место отклонение свай от назначенного им положения, приходится укладывать на сваи насадок, как показано на фиг. 12; если шип приходится у самого края свай, его не нарубают вовсе, а голову свай спиливают на высоте шпильки; если свая совершенно вышла из ряда, то к ней приделывают подмогу.



Фиг. 10.



Фиг. 11.



Фиг. 12.

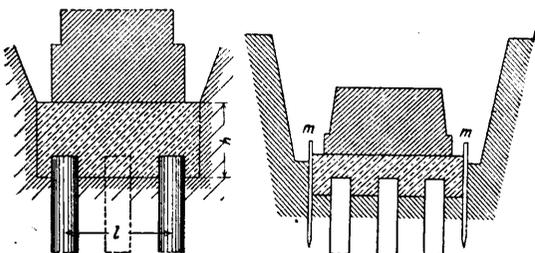
ходится у самого края свай, его не нарубают вовсе, а голову свай спиливают на высоте шпильки; если свая совершенно вышла из ряда, то к ней приделывают подмогу.

Бетонные Р. на сваях в фундаментных рвах состоят из плиты трамбованного бетона, насаженной на 0,20 м на сваи осно-

вания. Толщина бетонной плиты (фиг. 13) определяется по ф-ле

$$h = \sqrt{\frac{pl}{\sigma}}$$

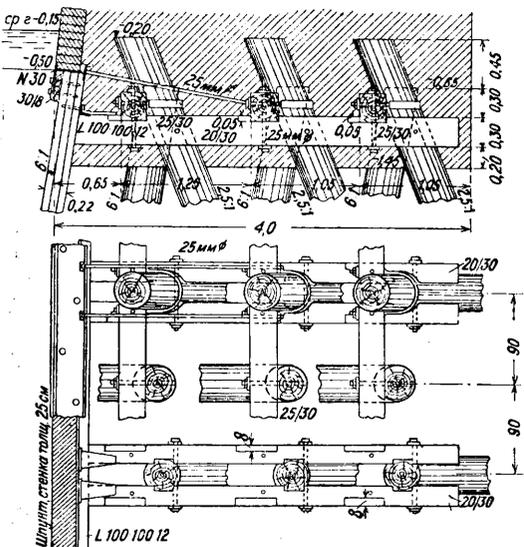
где  $p$ —нагрузка в кг/м<sup>2</sup>;  $l$ —расстояние между продольными крайними рядами свай в м;  $\sigma$ —допускаемое напряжение на изгиб бетона в кг/см<sup>2</sup>. Если по местным условиям требуется применение шпунтовых рядов, то бетонный



Фиг. 13.

Фиг. 14.

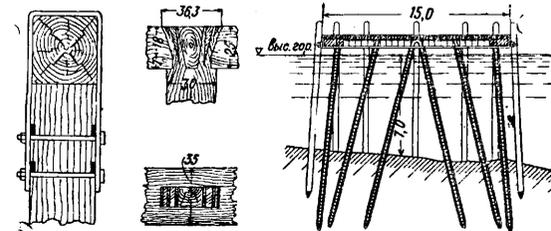
Р. под здание сооружается след. обр. (фиг. 14). Забивают по краям фундаментных рвов или котлована шпунтовые ряды  $m$  из коротких 6-см шпунтовых досок и расчищают дно от мусора и земли настолько, чтобы спиленные под один горизонт головы свай возвышались над дном на 0,20 м; после этого кладут между сваями и поверх их бетон, доводя его до требуемой высоты; бетон трамбуется в толще 0,20 м. Фрик рекомендует толщину бетонного Р. делать не менее 0,75 м; во всяком случае над головами свай толщина бетонного слоя д. б. не менее 0,30 м. Состав бетона для Р. обыкновенно берется: 1 ч. поргладцкого цемента, 2 1/2—3 ч. песка и 6—8 ч. гранитного или плитного щебня (кирпичный щебень, как неудовлетворительно выдерживающий действие сырости, непригоден). Бетонные Р. хорошо связывают головы свай, очень прочны и устраиваются очень просто и быстро.



Фиг. 15.

Под инженерные сооружения Р. на сваях строят след. обр. Сваи обычно перекрывают насаженными на них прогонами, на которых лежат своими врубами поперечины и полой настил. Однако помимо этого нормаль-

ного расположения существуют другие способы расположения и крепления частей Р., как это напр. видно на фиг. 15; здесь прогоны, расположенные поверх поперечин, скрепляются с ними железными болтами, а со сваями—железными хомутами; полой настил отсутствует, а головы свай вместе с их креплениями забетонированы. На фиг. 16 показано соединение работающих на растяжение деревянных свай с деревянной насадкой. Такое же соединение со сваями применяется, если сооружение м. б. подвержено напору воды снизу, напр. в шлюзах и доках; шипы делают сквозные и сверху расклинивают или насадку связывают со сваями при помощи скоб. В тех случаях, когда свайное основание устраивается для поддержания шлюза или дока, проме-



Фиг. 16.

Фиг. 17.

жутки между головами свай заполняют мятой глиной, а Р. покрывают сплошным настилом шпунтовых досок. На фиг. 17 показан железобетонный Р. на железобетонных сваях.

Лит.: Бриллиг С. Р., Формулы и таблицы для расчета инженер. конструкций, ч. 1 и 2, 3 изд., М., 1931; Дмоховский В. К., Курс оснований и фундаментов, М.—Л., 1927; Курдюмов В. И., Краткий курс оснований и фундаментов, 3 изд., СПб, 1902; Статенко В., Части зданий, 8 изд., М.—Л., 1930; Справочник для инженеров строительной специальности, М., 1928; Willmann L. u. Zschokke C., Der Grundbau, Handb. d. Ing., B. 3, 4 Aufl., Lpz., 1906; Franzius O., Der Grundbau, Handbibliothek f. Bauingenieure, hrsg. v. R. Otzen, T. 3, B. 1, B., 1927; Brennecke L.—Lohmeyer E., Der Grundbau, B. 1, 4 Aufl., B., 1927; Esselborn K., Lehrbuch des Hochbaus, B. 1, 8 Aufl., B., 1923; Hettzell G. u. Wundram C., Die Grundbautechnik u. ihre maschinellen Hilfsmittel, B., 1928; Frick O., Handbuch der Steinkonstruktionen, B., 1927; Handb. f. Eisenbetonbau, hrsg. v. F. Emperger, 3 Aufl., B. 3, B., 1922; Benzelm M., Der Grundbau, 5 Aufl., Leipzig, 1921; Lückemann H., Der Grundbau, 2 Auflage, B., 1913; Colberg O., Handb. f. Eisenbetonbau, B. 3, 3 Aufl., Berlin, 1922; Mörsch E., Der Eisenbetonbau, B. 1—2, 6 Aufl., Stg., 1923—29; Jacoby, Berechnung von Pfahlgründungen, «Oest. Wochenschrift f. d. öffentl. Baudienst», W., 1909; Jacoby, Berechnung von Pfahlgründungen, Lehrbuch d. Deutschen Gesellschaft f. Bauingenieurwesen, B., 1925; Schultze, Pfahlrostberechnungen, «Zentralbl. f. Bauverwaltung», Berlin, 1926; Buchwald, Die Berechnung von Pfahlrostgründungen, «Deutsche Bau-Ztg.», Berlin, 1915; Henkel, Zur Berechnung d. Pfahlroste, ibid., Berlin, 1918; Neufeldt, Pfahlgründungen mit Holzeisenbetonpfählen, «Zentralbl. für Bauverwaltung», Berlin, 1914.

С. Бриллиг.

**РОТАЦИОННАЯ МАШИНА**, печатная машина, имеющая в отличие от плоских печатных машин цилиндрич. печатную форму (см. Печатные машины). До настоящего времени полиграфическая промышленность СССР пользовалась Р. м. иностранного происхождения и своего машиностроения Р. м. не имела. В 1932 г. на з-де им. Макса Гельца построена по проекту Е. Готмана и Н. Михина первая советская Р. м. Это первый опыт советских конструкторов по созданию своей оригинальной системы печатной машины, отвечающей всем современным требованиям техники и полиграфического производства.

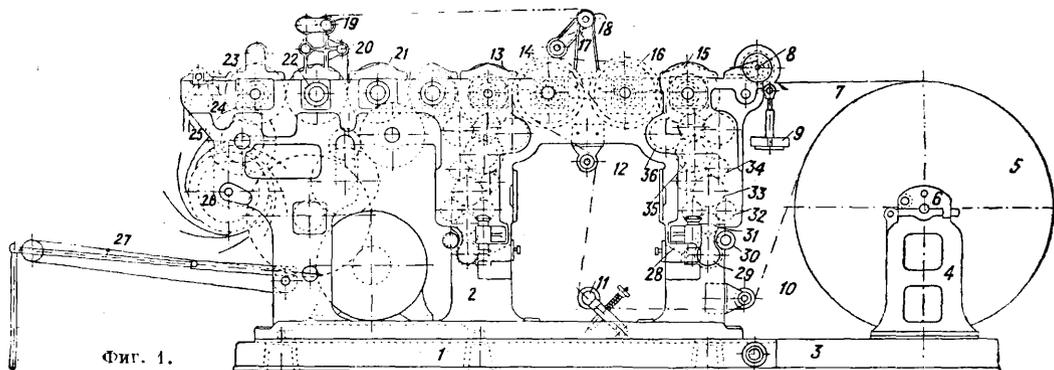
Первая советская Р. м. построена для печатания с рулонной бумаги газет, брошюр, листовок и плакатов. В то же время она режет бумагу в продольном и поперечном направлениях и фальцует газету в один поперечный фальц и брошюру в два поперечных фальца, следовательно машина является полным автоматом и выпускает совершенно законченную, отпечатанную с обеих сторон листа, разрезанную и сфальцованную продукцию.

Выпускаемая продукция советской ротационной машины.

Характер продукции	Формат развернутого листа в мм	Количество фальцев	Число страниц	Прозв. экзempl. в час
Газета . . . . .	420×594	1	4	до 12 000
Газета-листочка	420×297	—	2	» 21 000
Листовка . . . . .	210×297	—	2	» 48 000
Плакат-афиша	420×594	—	1	» 12 000
Брошюра . . . . .	210×594	2	16	» 12 000
» . . . . .	210×594	2	8	» 24 000
» . . . . .	210×297	1	4	» 48 000

Станина машины состоит из нижней чугунной рамы 1 и двух с обеих сторон приболченных к ней боковых рам 2 (фиг. 1). Для облег-

бумаги. Как известно, в современных машинах в большинстве случаев применяют бесшпиндельную зарядку рулонов и торможение рулона или, вернее, принудительную подачу полосы бумаги и рулона при помощи бесконечных резиновых и кожаных ремней, движение которых связано с движением машины. Конструкторы данной машины, учитывая малые размеры машины и рулонов бумаги шириной в 420 мм при максимальном диаметре в 800 мм, а следовательно и незначительном весе рулонов бумаги не свыше 150 кг, считали вполне возможным ограничиться описанным более простым и более легким устройством зарядки и торможения рулона. Бумажная полоса с рулона идет по низу машины через направляющие валики 10 и 11 и протягивается через направляющий валик 12 вверх между формным цилиндром 13 и печатным цилиндром 14. Получив оттиск с лицевой стороны, бумажная полоса для получения оттиска с оборотной стороны протягивается между формным цилиндром 15 и печатным 16. Отпечатанная с обеих сторон листа полоса идет к фальцевальному устройству через направляющие ролики 17, 18, 19 и 20. Проходя между фальц-барабанами 21 и



Фиг. 1.

чения отливки и большей гарантии от излома при перевозках часть 3 нижней чугунной рамы 1 под рулоном бумаги отливается отдельно, шарниром соединяется с нижней рамой машины. Две боковые стойки 4 для установки рулона бумаги приболчены к нижней раме. Большим количеством болтов, связей и специальных траверс боковые стенки станины соединены в одно жесткое целое. Все механизмы смонтированы на описанной станине ротационной машины. Рулон бумаги 5 насаживается на полу помещения на шпиндель 6 и двумя конусами с обоих концов закрепляется на нем. Для облегчения и равномерного подъема шпинделя с рулоном на стойки 4 всего на высоту в 100 мм установлены два рычага по бокам стоек. Для регулирования установки рулона по оси имеется специальное приспособление, состоящее из винта и вилки. Торможение рулона бумаги 5, чтобы не давать ему возможность разматываться рывками, а по возможности подавать бумагу равномерно, осуществлено стальной лентой 7, одним своим концом закрепленной к поперечной стенке нижней рамы 1 при помощи болта, а другим—прикрепленной к блоку 8, который, вращаясь от натяга привешенного к нему тросом противовеса—груза 9,—натягивает ленту тормоза и прижимает ее к рулону

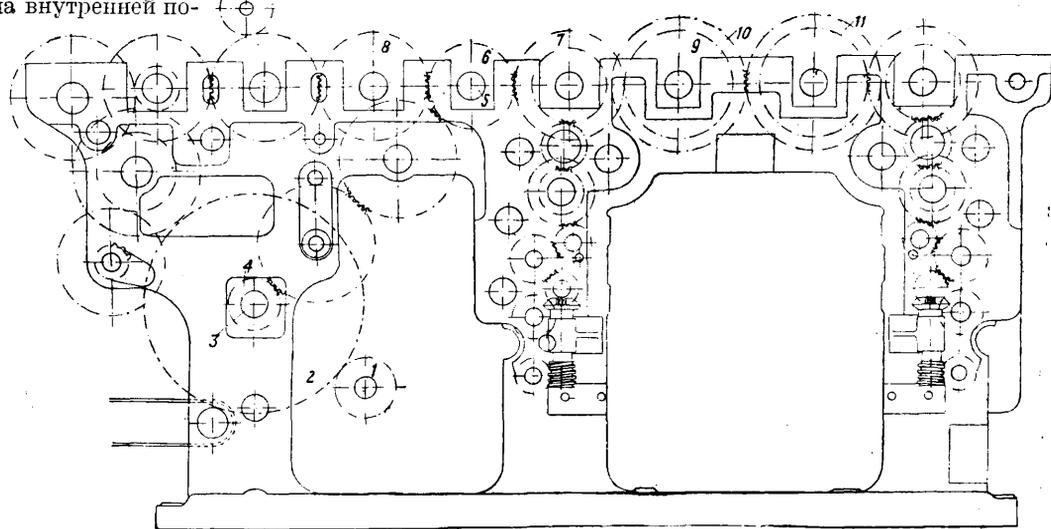
22, полоса фальцуется, готовая продукция разрезается и собирается по три экземпляра на сборочном барабане 23, через выводные валики 24 попадает в направляющие планки 25 и по ним скатывается в соответствующую секцию приемной звездочки 26. Приемная звездочка выкладывает отпечатанную фальцованную разрезанную продукцию на транспортер 27, откуда ее перекаладывают на упаковочные столы.

Печатный механизм машины (фиг. 1) состоит из двух совершенно идентичных частей для печатания лица и оборота. Каждый из печатных механизмов состоит: первый механизм—из формного цилиндра 13, печатного цилиндра 14 и красочного устройства и второй механизм—из формного цилиндра 15, печатного цилиндра 16 и красочного устройства. Формные цилиндры 13 и 15 представляют собой полые чугунные отливки, насаженные на стальные оси. Наружный  $\varnothing$  формных цилиндров равен 170 мм. Наружный  $\varnothing$  формных цилиндров с установленным стереотипом толщиной в 9,5 мм равен 189 мм. На формном барабане имеется опорное кольцо  $\varnothing$  189 мм, соприкасающееся с печатным цилиндром и не позволяющее сближать цилиндры свыше установленной нормы. Регулирование давления между форм-

ным и печатным цилиндрами и достижение любой силы натиска в зависимости от характера печати, бумаги и формы осуществляется конструкцией формного цилиндра, к-рый в своих подшипниках при помощи клиньев м. б. в известных пределах приближен и удален от печатного цилиндра. Формный цилиндр работает в подшипниках с кольцевой смазкой, вполне гарантирующих обильную смазку и при больших уд. давлениях, имеющих место в типографских Р. м. Печатные цилиндры 14 и 16 представляют собой также полые чугунные отливки, насаженные на стальные валы. Чугунные отливки печатных цилиндров выполнены с выемками вдоль оси цилиндров для размещения штифта, для закрепления одного конца декеля и прутка для натягивания другого конца. Для статической и динамической балансировки цилиндров делаются приливы на внутренней по-



Фиг. 2.



верхности цилиндров. Наружный диаметр печатных цилиндров 186 мм; наружный диаметр печатного цилиндра, обтянутого декелем, равен 189 мм.

Красочный аппарат, равномерно накатывающий тщательно растертую краску на печатную форму—стереотип, закрепленный на формном цилиндре,—состоит из след. (фиг. 1): коробки для краски 28, цельного стального эластичного ножа для равномерного распределения краски по длине валика, забирающего краску дукторного валика 29, и для возможности регулировать толщину забираемого слоя по всей длине дукторного валика. Регулирование толщины забираемого дуктором слоя краски мы имеем здесь возможность осуществлять при помощи регулировочных винтов, ввернутых в заднюю стенку красильницы и упирающихся в заднюю стенку ножа. Прижимая или отжимая тот или иной винт, мы будем утоньшать или утолщать на том или ином участке толщину забираемого дуктором слоя краски, а значит и накат краску на печатную форму. Приемный, покрытый эластичной поверхностью качающийся валик 30 попеременно соприкасается с металлическим дукторным валиком 29, берет у него слой краски и передает его металличе-

скому валику 31. Находясь в непосредственном соприкосновении с раскатным валиком с эластичной поверхностью 32, краска передается от валика 31 к валику 32, откуда—к металлич. валику 33, эластичному 34, металлическому 35, к-рый в свою очередь подает краску на два накатанных эластичной поверхностью валика 36. Валики металлические и покрытые эластичной поверхностью чередуются между собой. Наиболее широко применяется в СССР эластичная поверхность валиков из вальцмассы, за границей—из массы типа «идеал». Масса типа «идеал» значительно устойчивее вальцмассы, поэтому необходимо возможно быстрее организовать ее производство в Союзе. Металлич. раскатные валики красочного аппарата приводятся в движение от шестерни, укрепленной на конце вала формного цилиндра, и вращаются с окружной скоростью, равной окружной скорости формного цилиндра. Дукторному валику через коническую и червячную

передачи дапо замедленное в 16 раз непрерывное вращение. Раскатным металлическим валикам 31 и 35 кроме вращательного движения придано и осевое движение, для лучшего раската краски. Валики, покрытые эластичной массой, как раскатные, так и накатные не имеют принудительного движения и вовлекаются во вращение трением металлических валиков. Машина приводится в движение электромотором в 4 НР, расположенным внутри станины машины. Шестерня электромотора 1 (фиг. 2) сцеплена с большой шестерней 2 главного вала. На главном валу 3 с наружной стороны стенки станины закреплена малая шестерня 4, от которой через ряд промежуточных шестерен движение передается верхнему приводному валу 5, расположенному в середине машины между печатными и фальцевальными цилиндрами. На приводном валу 5 кроме ведомой шестерни снаружи стенки насажена с внутренней стороны стенки станины ведущая шестерня 6, которая и передает движение печатному 7 и фальцевальному 8 цилиндрам. Полукачающая шестерня первого формного цилиндра сцеплена с такой же шестерней 9 первого печатного цилиндра. На конце вала первого печатного цилиндра с наружной стороны стенки станины насажена шестерня большого

диам. 10, сцепленная с шестерней такого же диам. 11, насаженной на вал второго печатного цилиндра. Т. о. между печатными цилиндрами образуется достаточный для обслуживания зазор.

Красочные аппараты получают движение от шестерен, насаженных на концах валов формных цилиндров. Ролики и валик получают движение от шестерен ближайших цилиндров. Имеется ручной привод для медленного провертывания машины. Все металлич. шестерни стальные и расположены у левой боковой стенки станины, следовательно левая сторона станины является стороной движения. Все органы управления расположены с правой стороны машины, и так. обр. правая сторона является стороной управления. Подшипник всех четырех формных и печатных цилиндров имеет кольцевую смазку; все направляющие ролики для бумаги имеют шариковые подшипники.

Основная установившаяся конструкция европ. и америк. Р. м. заключается в вертикальном размещении механизмов машины. Общепраспространен двухэтажный тип этих машин, в которых печатное устройство помещено во втором этаже станины. Вполне понятно, что высокое расположение печатных устройств, а следовательно и центров ударов и вибраций, требует в свою очередь наличия еще более значительных мертвых весов станин для поглощения вибраций. Отсюда становится вполне понятным тот громадный выигрш в устойчивости, весе, а также качестве печати первой советской Р. м., у которой центр ударов и вибраций опущен до максимума вниз. Когда машина в противоположность установленному вертикальному типу имеет ярко выраженный горизонтальный тип, эта горизонтальность типа с низким расположением ц. т. дает машине большую устойчивость при самом минимальном весе. В виду наличия больших уд. давлений громадное значение имеет угол наклона к горизонтальной плоскости расположения геометрических осей печатных и формных цилиндров; при обычном практикуемом расположении осей в вертикальной плоскости или близкой к вертикальной мы интенсифицируем все вредные усилия, вводя в оборот дополнительные силы от собственного веса печатных цилиндров. В советской Р. м. плоскость геометрич. осей цилиндров совпадает с горизонтальной плоскостью, и так. обр. аннулируются вес и давление собственных весов печатных цилиндров, а соответственно и уменьшаются веса, вызывающие удары вибраций. Такое расположение цилиндров имеет влияние и на качество печати и на износ подшипников и износ всей машины в целом. Нельзя не отметить своеобразного расположения красочного аппарата как одного из элементов для поглощения вибраций. Красочный аппарат вместе с тем дополняет роль траверса и служит скрепляющим стенку машины элементом. Оригинальное движение полотна бумаги с рулона сразу вниз под машину имеет ряд безусловных преимуществ. Всякая газетная бумага в той или иной степени пылит, а, как известно, именно бумажная пыль является основным злом при печатании, заполняя печатную форму, красочный аппарат, накатные валики, загрязняя всю машину и вредно отражаясь на здоровье обслуживающего персонала. Главное количество пыли

бумага оставляет, проходя первые направляющие ролики, кардинально изменяющие ее направление. В данной конструкции бумажная лента, направляясь под машину на двух внизу расположенных направляющих роликах, дважды под углом в 120 и 80° меняет свое движение и так. образом оставляет всю пыль под машиной. Достаточно поставить небольшой пылесос под машиной, чтобы собрать всю пыль и таким образом предохранить печать и машину от основного зла пылящих газетных бумаг. Обычно практикуемое в европ. Р. м. направление бумажной ленты вверх к расположенному над машиной направляющему ролику рассеивает пыль над всей машиной. Данная конструкция Р. м. имеет и то преимущество, что оставляет свободный подход и обслуживание всей машины. Прежде всего машина отличается большой производительностью и имеет возможность выпускать в практической длительной работе 10 000 двусторонних, обрзанных и сфальцованных оттисков в час. Фактическая производительность Р. м. иностранных фирм достигает 75% от указанной в каталогах производительности. Первая советская Р. м. испытана на 12 000 двусторонних оттисков в час и в паспорте ей дается во всех условиях достижимая производительность в 10 000 оттисков в час. Высота всей машины 1 000 мм, плоскости осей всех цилиндров расположены на высоте 850 мм, т. е. в плоскости, максимально удобной для обслуживания. Машина легко и безопасно может обслуживаться одним человеком. Вес печатных машин европ. и америк. з-дов, отнесенных к единице производительности для однорольных Р. м., равняется 0,8 кг, тогда как для советской Р. м. этот решающий показатель составляет всего 0,4 кг. Машина занимает всего 3 м<sup>2</sup> площади пола и не требует ни особых помещений ни особой высоты зданий. Небольшой вес машины, всего 2 т, малое количество частей, простота устройства дают возможность в сериях выпускать ее чрезвычайно дешево.

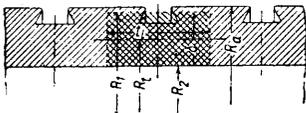
Е. Готман.

**РОТОР**, основная часть быстровращающихся двигателей и рабочих машин, несущая на себе органы для восприятия энергии рабочего тела у первых и органы для отдачи энергии рабочему телу—у вторых и непосредственно связанная с ведущим валом (у первых) и приводным (у вторых). Основные формы Р. представляют собой барабаны, диски и колеса. Конструктивные выполнения Р. см. *Турбины и Насосы*.

При расчете быстровращающихся барабанов и дисков на прочность обыкновенно принимают во внимание лишь центробежную силу, развиваемую как ими самими, так и расположенным на их периферии вендом из лопаток, полюсов или других рабочих органов, пренебрегая напряжением от действия окружного усилия, вызываемого рабочим телом, как незначительной величиной по сравнению с полным напряжением. Для упрощения расчета делается допущение, что вся масса, составляющая венца, равномерно распределена по всей внешней поверхности барабана или диска. Вычисленное таким образом напряжение конечно тем меньше действительного, чем в меньшем числе мест сосредоточена масса венца.

**Напряжения в барабанах.** Полые барабаны скрепляются с валами при помощи спиц или

дисков на концах, но при расчете рассматривают барабан как свободно вращающееся кольцо, что соответствует во всяком случае

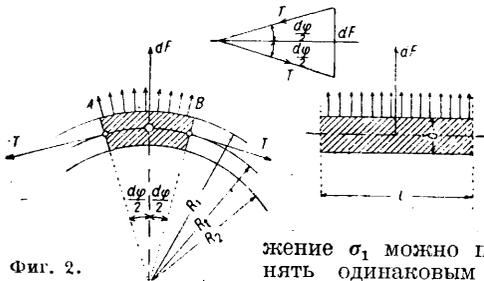


Фиг. 1.

средней части барабана. Если на поверхности барабана сделаны канавки для укрепления лопаток турбины, то определяют прежде всего среднюю толщину стенки  $\delta$  и соответствующий ей внешний радиус барабана  $R_1$  (фиг. 1). Выделенный из барабана элемент  $AB$  длиной  $l$  (фиг. 2) испытывает напряжение от действия центробежной силы, вызываемой его собственной массой и равной

$$dF = \left(\frac{\gamma}{g} \delta l R_1 d\varphi\right) R_1 \omega^2,$$

где  $\gamma$ —вес 1 см<sup>3</sup> материала в кг,  $g$ —ускорение силы тяжести, равное 981 см/сек<sup>2</sup>, и  $\omega$ —угловая скорость вращения. Касательное напря-



Фиг. 2.

жение  $\sigma_1$  можно принять одинаковым по всей толщине стенки  $\delta$ , если она незначительна по сравнению с радиусом. Тогда на ограничивающих элементах площадках  $l\delta$  действуют силы

$$T = l\delta\sigma_1.$$

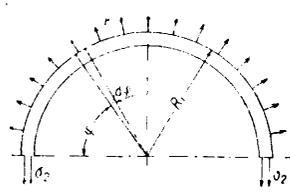
Эти силы должны уравниваться с центробежной силой. Следовательно

$$dF = 2T \sin \frac{d\varphi}{2} = T d\varphi,$$

и

$$\sigma_1 = \frac{\gamma}{g} R_1^2 \omega^2 = \frac{\gamma}{g} v^2 \text{ кг/см}^2, \quad (1)$$

где  $v$  выражено в м/сек. Из этой ф-лы получаем, что при  $\gamma = 0,00785$  кг/см<sup>3</sup> уже при  $v = 100$  м/сек



Фиг. 3.

напряжение достигает 800 кг/см<sup>2</sup>, что определяет пределы применимости барабанов. Напряжение от центробежной силы венца  $P$  определяется из условия равновесия сил, действующих

$$2\sigma_2 l \delta = \int_0^\pi p l R_1 d\varphi \sin \varphi = 2 p l R_1,$$

откуда

$$\sigma_2 = \frac{p R_1}{\delta}. \quad (2)$$

Т. о. полное касательное напряжение

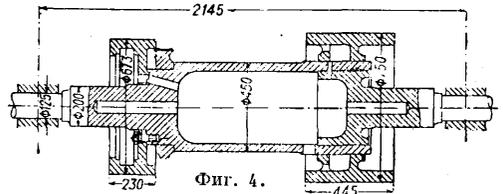
$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = \frac{\gamma v^2}{g} + \frac{p R_1}{\delta}. \quad (3)$$

Кроме того по основаниям зубцов на поверхности барабана возникает радиальное на-

пряжение от центробежной силы, вызываемой как венцом  $P$ , так и массой самих зубцов, но лишь при необычайно узких зубцах оно превышает касательное напряжение и только тогда принимается в расчет. Приращение радиуса барабана, вызываемое рассмотренными силами, определяется из общего соотношения между напряжением и удлинением и будет

$$q = \frac{R_1 \sigma_1}{E}, \quad (4)$$

где  $E$ —модуль упругости. Это приращение имеет между прочим значение при устройстве вставных цапф и составных многоступенчатых барабанов (фиг. 4). Цапфа вставляется



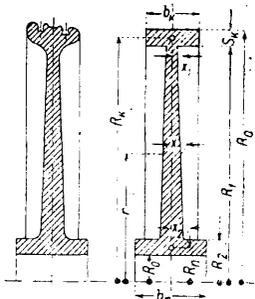
Фиг. 4.

в нагретый барабан и при охлаждении его зажимается в нем. Соединение дополняется стопорами против проворачивания. Для того чтобы при вращении соединения не могло ослабнуть, необходимо, чтобы мера зажима была больше приращения радиуса.

Барабаны с толстыми стенками, встречающиеся в якорях динамомашин, рассматриваются как диски постоянной толщины с центральным отверстием, что будет изложено далее.

**Расчет быстровращающихся дисков.** При значительных окружных скоростях от 100 м/сек и выше возможно применять только дисковые  $P$ , выдерживающие скорости в 300 м/сек и даже более. Для постановки венца на периферии диска и для закрепления диска на валу внешняя и центральная части диска имеют уширенный профиль, т. е. в диске различают три части: обод, собственно диск и ступицу. В последующих расчетах принято, что диск симметричен по отношению к средней его плоскости и что изменение ширины профиля диска происходит настолько постепенно, что можно пренебречь наклоном радиальных напряжений в плоскости профиля. При вращении возникают только радиальные и касательные напряжения, которые с достаточной степенью точности можно принять равномерно распределенными по всей толщине диска.

Основные обозначения, принятые при расчете, показаны на фиг. 5. Выделив из диска элемент объема  $dV = x r d\varphi dr$  (фиг. 6), найдем, что он находится



Фиг. 5.

под действием центробежной силы  $dF$ , вызываемой его массой, касательных сил  $dT$  и радиальных сил  $dP_1$  и  $dP_2$ , действующих на его гранях. Для равновесия сумма проекций этих сил на направление радиуса, проходящего через ц. т. элемента, д. б. равна нулю:

$$dF + dP_2 - dP_1 - dT d\varphi = 0.$$

Но

$$dF = dm \cdot r\omega^2 = \frac{\gamma}{g} dV \cdot r\omega^2 = \frac{\gamma}{g} xr^2\omega^2 dr d\varphi,$$

$$dT = xdr \cdot \sigma_t,$$

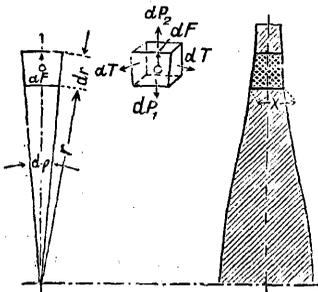
$$dP_1 = rx\sigma_r d\varphi,$$

$$dP_2 = (r + dr)(x + dx)(\sigma_r + d\sigma_r) d\varphi.$$

Вставляя полученные величины в ур-ие равновесия и отбрасывая бесконечно малые высших порядков, найдем первое основное уравнение:

$$\frac{d(xr\sigma_r)}{dr} - x\sigma_t + \frac{\gamma}{g} \omega^2 r^2 x = 0. \quad (5)$$

При радиальном напряжении  $\sigma_r$ , элемент получает относительное удлинение в радиальном направлении, равное  $\frac{\sigma_r}{E}$ . Это



Фиг. 6.

удлинение уменьшается тангенциальным напряжением на величину поперечного сжатия в том же направлении, равную  $\frac{\sigma_t}{mE}$ , где  $m$  — отношение удлинения к поперечному сжатию. Тогда полное относительное удлинение в радиальном направлении  $\epsilon_r$  определится из формулы:

$$\epsilon_r = \frac{1}{E} \left( \sigma_r - \frac{\sigma_t}{m} \right). \quad (6)$$

Точно так же

$$\epsilon_t = \frac{1}{E} \left( \sigma_t - \frac{\sigma_r}{m} \right). \quad (7)$$

Из этих ур-ий

$$\sigma_r = \frac{Em(m\epsilon_r + \epsilon_t)}{m^2 - 1} \quad \text{и} \quad \sigma_t = \frac{Em(\epsilon_r + m\epsilon_t)}{m^2 - 1}.$$

Радиус  $r$  элементарного кольца получит при вращении диска приращение  $e$ , и окружность кольца увеличится на  $\lambda = 2\pi e$ . Следовательно касательное удлинение

$$\epsilon_t = \frac{2\pi e}{2\pi r} = \frac{e}{r}. \quad (8)$$

Приращение в радиальном направлении, соответствующее отрезку радиуса  $dr$ , будет  $d\varrho$ . Следовательно радиальное удлинение будет

$$\epsilon_r = \frac{d\varrho}{dr}. \quad (9)$$

Тогда

$$\sigma_r = \frac{Em \left( m \frac{d\varrho}{dr} + \frac{e}{r} \right)}{m^2 - 1} \quad \text{и} \quad \sigma_t = \frac{Em \left( \frac{d\varrho}{dr} + m \frac{e}{r} \right)}{m^2 - 1}. \quad (10)$$

Вставляя эти величины в первое основное ур-ие, разделив его на  $m\gamma r$  и выполнив дифференцирование, получим второе основное уравнение:

$$\frac{d^2 e}{dr^2} + \frac{de}{dr} \left( \frac{d \ln x}{dr} + \frac{1}{r} \right) + e \left( \frac{1}{mr} \frac{d \ln x}{dr} - \frac{1}{r^2} \right) + Ar = 0, \quad (11)$$

где

$$A = \frac{m^2 - 1}{Em^2} \frac{\gamma}{g} \omega^2.$$

Диск равного сопротивления  $\sigma_r = \sigma_t = \sigma = \text{Const}$ . Вводя это условие в ур-ие (5), получим:

$$\sigma \cdot r \frac{dx}{dr} + \frac{\gamma}{g} \omega^2 r^2 x = 0,$$

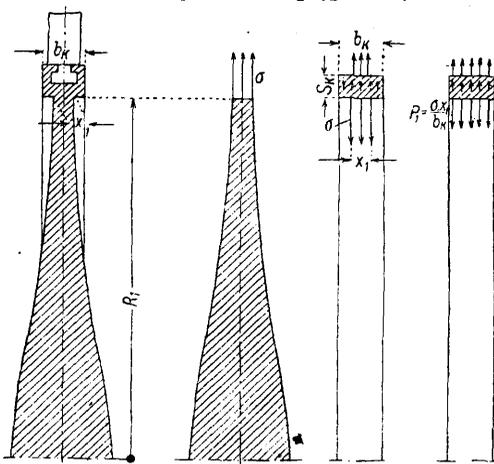
откуда

$$\frac{dx}{x} = - \frac{\gamma \omega^2}{g \sigma} r dr$$

и после интегрирования

$$\ln x = - \frac{\gamma \omega^2 r^2}{2g \sigma} + C.$$

Постоянная  $C$  определяется из условия, что толщина диска у обода  $x_1$  (фиг. 7) не д. б.



Фиг. 7.

меньше определенной величины, как будет показано ниже. Т. о.  $x = x_1$  при  $r = R_1$  и след.

$$C = \frac{\gamma \omega^2 R_1^2}{2g \sigma} + \ln x_1.$$

Тогда

$$\ln x = \ln x_1 + \frac{\gamma \omega^2}{2g \sigma} (R_1^2 - r^2)$$

или

$$x = x_1 e^{\frac{\gamma v_1^2}{2g\sigma} (1 - k^2)}, \quad (12)$$

где

$$k = \frac{r}{R_1} \quad \text{и} \quad v_1 = \omega R_1.$$

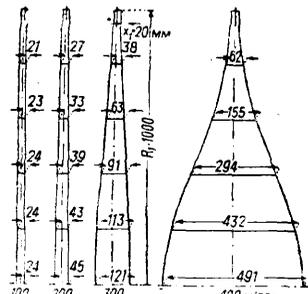
Благодаря постоянству напряжения удлинение во всех точках диска имеет одну и ту же величину

$$\epsilon_r = \epsilon_t = \frac{1}{E} \left( \sigma - \frac{\sigma}{m} \right) = \frac{(m-1)\sigma}{mE}. \quad (13)$$

Следовательно приращение любого радиуса  $r$  будет

$$e = \epsilon_r r = \frac{(m-1)\sigma r}{Em}. \quad (14)$$

На следующей фиг. 8 показаны четыре профиля диска, определенные на основании изложенного выше при  $\sigma = 2000 \text{ кг/см}^2$ ,  $R_1 = 1000 \text{ мм}$  и  $x_1 = 20 \text{ мм}$  для окружных скоростей в 100, 200, 300 и 400 м/сек. Практически допустимый предел лежит около 400 м/сек, так как при дальнейшем увеличении скорости без увеличения при этом допускаемого напряжения нарушится введенное ранее допущение постепенности изменения ширины профиля диска.



Фиг. 8.

Для того чтобы в месте перехода от диска к ободу не возникало добавочных напряжений, необходимо, чтобы приращение внутреннего радиуса обода равнялось приращению радиуса края диска. Рассматривая обод как отдельное кольцо или часть барабана, находим, что на него действуют: 1) центробежные силы от его собственной массы и массы венца и 2) направленная радиально к центру нагрузка от напряжения на краю диска по всей толщине края  $x_1$ . Две первые силы вызывают напряжение, подобное напряжению в стенке барабана по ф-ле (3) с внесением в нее соответствующих обозначений:

$$\sigma_1 + \sigma_2 = \frac{\gamma}{g} v_k^2 + \frac{p R_0}{s_k}$$

Влияние напряжения в крае диска рассматривают равномерно распределенным по всей ширине обода. Тогда нагрузка на единицу поверхности будет

$$p_l = \frac{\sigma x_1}{b_k}$$

Вызываемое ею напряжение находят тем же путем, как определялось напряжение  $\sigma_2$  в стенке барабана:

$$\sigma_3 = -\frac{p_l R_1}{s_k} = -\frac{\sigma x_1 R_1}{s_k b_k}$$

Полное напряжение в ободу

$$\sigma_k = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = \frac{\gamma}{g} v_k^2 + \frac{p R_0}{s_k} - \frac{\sigma x_1 R_1}{s_k b_k} \quad (15)$$

Приращение радиуса обода при вращении находим по ур-ню (4):

$$Q_k = \frac{\sigma_l R_k}{E}$$

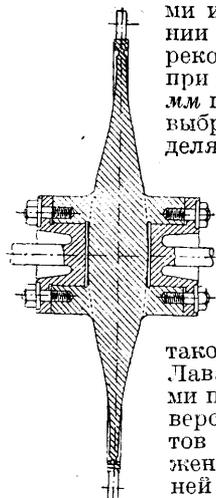
Приравняв его приращению радиуса края диска по ур-ню (14) при  $r=R_1$ , получим

$$\sigma_k = \frac{m-1}{m} \sigma \frac{R_1}{R_k} \quad (16)$$

Из уравнений (15) и (16)

$$x_1 = \frac{s_k b_k}{\sigma R_1} \left( \frac{\gamma}{g} v_k^2 + \frac{p R_0}{s_k} - \frac{m-1}{m} \sigma \frac{R_1}{R_k} \right) \quad (17)$$

Нижний предел для  $x_1$  определяется во всяком случае производственными возможностями и безопасностью в отношении разрыва диска. Stodola рекомендует не менее 7—12 мм при диам. диска в 1 м и 25—40 мм при диам. в 3 м. Исходя из выбранной величины  $x_1$ , определяют по уравнению (17) значение  $\sigma$ , которое кладут в основу дальнейшего расчета диска.

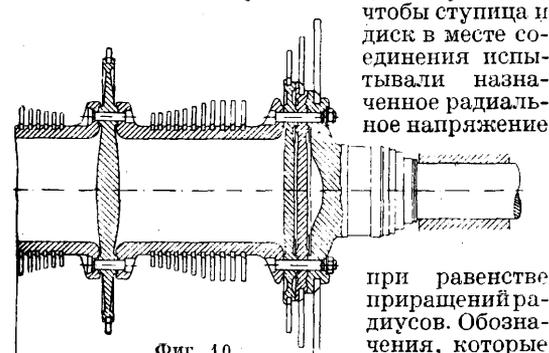


Фиг. 9.

Ф-ла (12) для определения толщины диска выведена в предположении, что диск не имеет отверстий. Способ закрепления такого Р. на валу в турбинах Лавала показан на фиг. 9. Сами по себе очень небольшие отверстия для крепежных болтов вызывают местные напряжения, превышающие по крайней мере в два раза напряжение во всем диске. Поэтому в этой конструкции предусмотрена выточка в месте соединения диска с ободом, образующая слабое место на случай непредвиденного повышения напряжения, благодаря чему может оторваться только обод,

но не разрушится весь диск. В конструкции, показанной на фиг. 10, в местах, где имеются отверстия для соединения частей Р., сделано усиление дисков, служащее одновременно для взаимной центровки частей.

Если диск имеет центральное отверстие для посадки на вал, то толщина его в этом месте увеличивается, принимая форму ступицы. Подобно тому, как и для обода, необходимо в данном случае соблюдение условия,

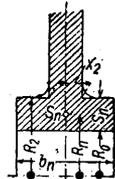


Фиг. 10.

чтобы ступица и диск в месте соединения испытывали названное радиальное напряжение

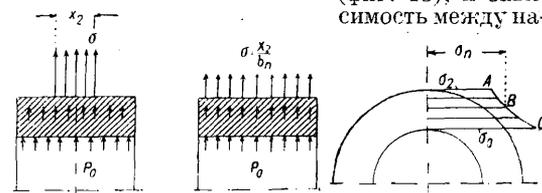
при равенстве приращений радиусов. Обозначения, которые приняты при

расчете, показаны на фиг. 11. Ступица находится под действием собственной центробежной силы, нагрузки от радиального напряжения  $\sigma$  в диске толщиной  $x_2$  и нагрузки на внутренней поверхности от давления  $p_0$ , которое создается при посадке Р. на вал во избежание ослабления соединения при вращении (фиг. 12). Толщина стенки ступицы не является незначительной по отношению к радиусу; поэтому в данном случае нельзя принимать касательное напряжение равномерно распределенным по всей стенке, как это имело место для обода. Закон распределения напряжения можно приближенно принять по гиперболе



Фиг. 11.

(фиг. 13), и зависимость между на-



Фиг. 12.

Фиг. 13.

пряжениями на поверхностях и средним напряжением выразится соотношениями:

$$\sigma_0 = \sigma_n \frac{R_n}{R_0} \quad \text{и} \quad \sigma_2 = \sigma_n \frac{R_n}{R_2}$$

Напряжение от центробежной силы

$$\sigma_1 = \frac{\gamma}{g} \omega^2 R_n^2$$

Принимая нагрузки от радиального напряжения в месте соединения диска со ступицей, равномерно распределенной по длине ступицы, получим напряжение

$$\sigma_2 = \frac{\sigma x}{b_n} \cdot \frac{R_2}{s_n}$$

Напряжение от давления на внутреннюю поверхность ступицы

$$\sigma_3 = \frac{p_0 R_0}{s_n}$$

Тогда полное среднее касательное напряжение в ступице будет

$$\sigma_n = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = \frac{\gamma}{g} \omega^2 R_n^2 + \frac{\sigma_{x_2} R_2}{b_n s_n} + \frac{p_0 R_0}{s_n}. \quad (18)$$

Вторая зависимость получается из условия, что приращение радиуса диска в месте соединения со ступицей, определяемое по формуле (14), д. б. равно приращению внешнего радиуса ступицы, которое равно

$$\frac{\sigma_2 R_2}{E} = \frac{\sigma_n R_n}{E},$$

так что

$$\frac{m-1}{mE} \sigma R_2 = \frac{\sigma_n R_n}{E}$$

или

$$\frac{m-1}{m} \sigma \frac{R_2}{R_n} = \frac{\gamma}{g} \omega^2 R_n^2 + \frac{\sigma_{x_2} R_2}{b_n s_n} + \frac{p_0 R_0}{s_n}. \quad (19)$$

При заданном  $R_0$  и выбранном  $s_n$  из этого уравнения определяется длина ступицы  $b_n$ . Напряжение на внутренней поверхности

$$\sigma_0 = \sigma_{max} = \frac{m-1}{m} \sigma \frac{R_2}{R_0}. \quad (20)$$

Распределение напряжения по толщине стенки ступицы определится более точно, если рассматривать ступицу как диск равной толщины, что будет изложено в дальнейшем. Мера сжима, или припуск, который нужно давать для посадки Р. на вал, определится как сумма приращений радиуса ступицы  $q_0$  от напряжения  $\sigma_0$  и давления  $p_0$  и уменьшения радиуса вала  $q_w$  от давления  $p_0$ . Согласно формулам (8) и (7) имеем:

$$q_0 = \varepsilon_l R_0 = \frac{R_0}{E} \left( \sigma_0 + \frac{p_0}{m} \right) \text{ и } q_w = \frac{R_0}{E} \left( p_0 - \frac{p_0}{m} \right).$$

Отсюда определяется припуск по диаметру для посадки Р. на вал:

$$2(q_0 + q_w) = \frac{2R_0}{E} (\sigma_0 + p_0). \quad (21)$$

Диск равной толщины.  $x = \text{Const}$  и  $d \ln x = 0$ . Вставляя эти условия во второе основное ур-ие (11), получим

$$\frac{d^2 q}{dr^2} + \frac{dq}{dr} \cdot \frac{1}{r} - \frac{q}{r^2} + Ar = 0,$$

которое приводится к виду:

$$\frac{d}{dr} \left[ \frac{1}{r} \frac{d(qr)}{dr} \right] = -Ar.$$

Произведя интегрирование, найдем

$$q = -\frac{Ar^3}{8} + \frac{C_1 r}{2} + \frac{C_2}{r}.$$

Тогда

$$\frac{dq}{dr} = -\frac{3}{8} Ar^2 + \frac{C_1}{2} - \frac{C_2}{r^2} \text{ и } \frac{q}{r} = -\frac{Ar^2}{8} + \frac{C_1}{2} + \frac{C_2}{r^2}.$$

Вставив эти величины в ур-я (10), получим радиальное напряжение

$$\sigma_r = \frac{mE}{m^2-1} \left[ -\frac{Ar^2}{8} (3m+1) + \frac{C_1}{2} (m+1) - \frac{C_2}{r^2} (m-1) \right] \quad (22)$$

и касательное напряжение

$$\sigma_t = \frac{mE}{m^2-1} \left[ -\frac{Ar^2}{8} (m+3) + \frac{C_1}{2} (m+1) + \frac{C_2}{r^2} (m-1) \right]. \quad (23)$$

Постоянные  $C_1$  и  $C_2$  определяются из дополнительных условий для каждого случая.

Для сплошного диска без отверстия и с ненагруженным внешним краем, что имеет место например в гидравлич. тормозах, имеем

$\sigma_r = 0$  при  $r = R_1$  и  $\sigma_r = \sigma_t$  при  $r = 0$ . Определив из этих условий постоянные  $C_1$  и  $C_2$ , найдем

$$\sigma_r = \frac{(3m+1)\gamma\omega^2(R_1^2+r^2)}{8mg} \quad (24)$$

и

$$\sigma_t = \frac{\gamma\omega^2[(3m+1)R_1^2 - (m+3)r^2]}{8mg}. \quad (25)$$

Наибольшее напряжение в центре диска

$$\sigma_{r \max} = \sigma_{t \max} = \frac{(3m+1)\gamma\omega^2 R_1^2}{8mg}. \quad (26)$$

Для свободно вращающегося диска с центральным отверстием радиуса  $R_2$  дополнительные условия будут:  $\sigma_r = 0$  при  $r = R_1$  и при  $r = R_2$ . Подобно предыдущему находим

$$\sigma_r = \frac{(3m+1)\gamma\omega^2}{8mg} \left( R_1^2 + R_2^2 - \frac{R_1^2 R_2^2}{r^2} - r^2 \right) \quad (27)$$

и

$$\sigma_t = \frac{\gamma\omega^2}{8mg} \left[ (3m+1)(R_1^2 + R_2^2 + \frac{R_1^2 R_2^2}{r^2}) - (m+3)r^2 \right]. \quad (28)$$

По абсолютной величине  $\sigma_t$  всегда больше  $\sigma_r$ . На краю отверстия при  $r = R_2$  возникает наибольшее касательное напряжение

$$\sigma_{t \max} = \frac{\gamma\omega^2}{4mg} [(3m+1)R_1^2 + (m-1)R_2^2]. \quad (29)$$

По сравнению со сплошным диском наибольшее напряжение увеличилось более чем в два раза. Оно возрастает по мере увеличения  $R_2$ . По Stodola сверление небольших отверстий в любом месте диска изменяет напряжения на краю отверстия по сравнению с бывшими в этом месте до сверления напряжениями  $\sigma_r$  и  $\sigma_t$  след. образом: в концах диаметра отверстия, который расположен по радиусу диска,  $\sigma' = 3\sigma_t - \sigma_r$  и в перпендикулярном направлении  $\sigma'' = 3\sigma_r - \sigma_t$ .

Если диск равной толщины имеет на внешнем или внутреннем крае радиальную нагрузку величиной соответственно  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  кг/см<sup>2</sup>, то возникают напряжения, определяемые из ф-л (22) и (23) при дополнительных условиях:  $\omega = 0$  и следовательно  $A = 0$ ,  $\sigma_r = \sigma_1$  при  $r = R_1$  и  $\sigma_r = \sigma_2$  при  $r = R_2$ . Определив постоянные  $C_1$  и  $C_2$ , найдем:

$$\sigma_r = \frac{1}{R_1^2 - R_2^2} \left[ \sigma_1 R_1^2 - \sigma_2 R_2^2 - (\sigma_1 - \sigma_2) \frac{R_1^2 R_2^2}{r^2} \right], \quad (30)$$

$$\sigma_t = \frac{1}{R_1^2 - R_2^2} \left[ \sigma_1 R_1^2 - \sigma_2 R_2^2 + (\sigma_1 - \sigma_2) \frac{R_1^2 R_2^2}{r^2} \right]. \quad (31)$$

Наибольшее напряжение на краю отверстия

$$\sigma_{t \max} = \frac{1}{R_1^2 - R_2^2} [2\sigma_1 R_1^2 - \sigma_2 (R_1^2 + R_2^2)]. \quad (32)$$

Расчет ступицы для диска равного сопротивления дает более точные результаты, если рассматривать ступицу как диск равной толщины. Приращение внешнего радиуса ступицы от равномерно распределенной радиальной нагрузки  $\sigma_{r,m} = \frac{\sigma_{x_2}}{b_n}$  согласно фиг. 12 получается из ф-л (8) и (7):

$$q_2 = \varepsilon_l R_2 = \frac{R_2}{E} \left( \sigma_{tm} - \frac{\sigma_{r,m}}{m} \right).$$

Взяв приращение радиуса диска в месте соединения со ступицей по ф-ле (14) и приравняв оба приращения друг другу, имеем:

$$\frac{m-1}{m} \sigma = \sigma_{tm} - \frac{\sigma_{x_2}}{mb_n}.$$

Касательное напряжение  $\sigma_{rn}$  складывается из напряжения от центробежной силы по ур-ию

(28) и напряжения (31), вставляя в них  $R_0$  вместо  $R_2$  и  $R_r$  вместо  $R_1$  и  $r$  и имея в виду, что  $\sigma_1 = \frac{\sigma x_2}{b_n}$  и  $\sigma_2 = -p_0$  (фиг. 12). Тогда

$$\sigma_{tn} = \frac{\gamma \omega^2}{8mg} [(m-1)R_2^2 + (3m+1)R_0^2] + \frac{1}{R_2^2 - R_0^2} \left[ \frac{\sigma x_2}{b_n} (R_2^2 + R_0^2) + 2p_0 R_0^2 \right]$$

и выведенное выше условие равенства деформаций приведет к виду:

$$\frac{(m-1)}{m} \sigma = \frac{\gamma \omega^2}{4mg} [(m-1)R_2^2 + (3m+1)R_0^2] + \frac{1}{R_2^2 - R_0^2} \left[ \frac{\sigma x_2}{b_n} (R_2^2 + R_0^2) + 2p_0 R_0^2 \right] - \frac{\sigma x_0}{mb_n} \quad (33)$$

Из ур-ня (33) м. б. найдена длина ступицы  $b_n$ . Наибольшее касательное напряжение на внутренней поверхности ступицы равно сумме напряжений по ф-лам (29) и (32):

$$\sigma_{tmax} = \frac{\gamma \omega^2}{4mg} [(3m+1)R_2^2 + (m-1)R_0^2] + \frac{1}{R_2^2 - R_0^2} \left[ 2 \frac{\sigma x_2}{b_n} R_2^2 + p_0 (R_2^2 + R_0^2) \right]$$

Цилиндрич. ступицы больше деформируются к середине (фиг. 14). Для избежания этого ступицам придают форму, показанную на фиг. 15, или просто их усиливают против расчёта.

В диске равной толщины со ступицей и ободом д. б. соблюдено условие равенства радиальных деформаций для обоих мест стыка частей диска. Радиальные напряжения в этих местах обозначим через  $\sigma_{r1}$  и  $\sigma_{r2}$ . Нагрузки, действующие в отдельных частях, представлены на фиг. 16. Среднее касательное напряжение в ободе берем по ф-ле (15) с соответствующей заменой буквенных обозначений:

Приращение внутреннего радиуса обода должно равняться приращению внешнего радиуса диска

$$\sigma_k R_k = \frac{\gamma}{g} v_k^2 + \frac{p R_0}{s_k} - \frac{\sigma_{r1} x R_1}{s_k b_k} \quad (34)$$

или

$$\frac{\sigma_k R_k}{E} = \frac{R_1}{E} \left( \sigma_{t1} - \frac{\sigma_{r1}}{m} \right)$$

или

$$\sigma_k R_k = R_1 \left( \sigma_{t1} - \frac{\sigma_{r1}}{m} \right)$$

Касательное напряжение на внешнем крае диска  $\sigma_{t1}$  складывается из напряжения от центральной силы по формуле (28) и напряже-

ния от нагрузки на краях диска  $\sigma_{r1}$  и  $\sigma_{r2}$  по формуле (31), заменяя  $r$  через  $R_1$ . Тогда

$$\frac{\gamma}{g} v_k^2 R_k + \frac{p R_0 R_k}{s_k} - \frac{\sigma_{r1} x R_1 R_k}{s_k b_k} = \frac{\gamma \omega^2}{4mg} [(m-1)R_1^2 + (3m+1)R_1 R_2^2] + \frac{\sigma_{r1} (R_1^2 + R_1 R_2^2) - 2\sigma_{r2} R_1 R_2^2 - \sigma_{r1} R_1}{R_1^2 - R_2^2} - \frac{\sigma_{r1}}{m} R_1 \quad (35)$$

Подобным же образом находим зависимость, выражающую условие равенства приращений внутреннего радиуса диска и внешнего радиуса ступицы:

$$\frac{\gamma \omega^2}{4mg} [(3m+1)R_1^2 + (m-1)R_2^2] + \frac{2\sigma_{r1} R_1^2 - \sigma_{r2} (R_1^2 + R_2^2)}{R_1^2 - R_2^2} - \frac{\sigma_{r2}}{m} = \frac{\gamma \omega^2}{4mg} [(m-1)R_2^2 + (3m+1)R_0^2] + \frac{1}{R_2^2 - R_0^2} \left[ \sigma_{r2} \frac{x}{b_n} (R_2^2 + R_0^2) + 2p_0 R_0^2 \right] - \frac{\sigma_{r2} x}{mb_n} \quad (36)$$

Диск с гиперболическим профилем. Часто применяются для Р. диски с профилем, очерченным по гиперболе, отвечающей ур-ию  $x = cr - \beta$ . В этом случае второе основное ур-ие (11) принимает вид:

$$\frac{d^2 \varrho}{dr^2} + \frac{1-\beta}{r} \frac{d\varrho}{dr} - \frac{\beta+m}{mr^2} \varrho + Ar = 0$$

и м. б. проинтегрировано. Общий интеграл этого уравнения

$$\varrho = ar^3 + C_1 r^{\psi_1} + C_2 r^{\psi_2}$$

где  $a = \frac{(1-m^2)\gamma\omega^2}{mgE[s(m-(m+1)\beta)]}$ ,  $\psi_1$  и  $\psi_2$  — корни уравнения  $\psi^2 - \beta\psi - \frac{m+\beta}{m} = 0$ , а  $C_1$  и  $C_2$  — постоянные интегрирования.

Введя значение  $\varrho$  в ур-ия (10), найдем

$$\sigma_r = \frac{mE}{m^2-1} [(3m+1)ar^2 + (\psi_1 m + 1)C_1 r^{\psi_1-1} + (\psi_2 m + 1)C_2 r^{\psi_2-1}] \quad (37)$$

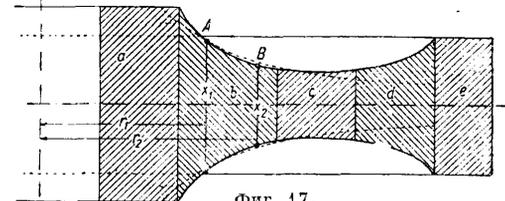
$$\sigma_t = \frac{mE}{m^2-1} [(m+3)ar^2 + (m+\psi_1)C_1 r^{\psi_1-1} + (m+\psi_2)C_2 r^{\psi_2-1}] \quad (38)$$

Диск с произвольным симметричным профилем. Профиль диска разбивают на участки т. о., чтобы очертание каждого из них возможно близко подходило к гиперболе или прямой, параллельной оси симметрии. Возьмем напр. на участке  $b$  точки  $A$  и  $B$  (фиг. 17) на расстояниях  $r_1$  и  $r_2$  от



Фиг. 16.

оси вращения, соответствующие толщинам профиля  $x_1$  и  $x_2$ . Для гиперболы должны иметь место соотношения:  $x_1 = cr_1^{-\beta}$  и  $x_2 = cr_2^{-\beta}$ , откуда



Фиг. 17.

По точкам можно вычертить кривую, показанную пунктиром, и проверить точность при-

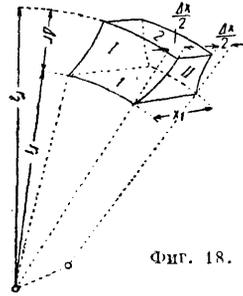
$$\frac{x_2}{x_1} = \left( \frac{r_2}{r_1} \right)^{-\beta} \text{ или } \beta = - \frac{\lg \frac{x_2}{x_1}}{\lg \frac{r_2}{r_1}}$$

ближения. Действуя так же на других участках, получим ряд ур-ий очертания профиля

$$x_a = Y_a r^{-\beta_1}, \\ x_b = Y_b r^{-\beta_2},$$

не исключая и участка, ограниченного прямой, параллельной оси симметрии, для которого  $\beta=0$ . В дальнейшей расчет ведется по ф-лам, изложенным для диска с гиперболическим профилем. Недостающие уравнения по числу неизвестных получаются из условия равенства радиальных деформаций на стыках всех участков.

Другой способ расчета основан на замене дифференциалов малыми конечными разностями. Если выделить из диска элемент, ограниченный двумя цилиндрич. поверхностями 1 и 2 и двумя радиальными плоскостями I и II (фиг. 18), и если известны напряжения  $\sigma_r$  и  $\sigma_t$  для поверхности 1, т. е. на расстоянии  $r$ , от оси вращения, и возможно определить изменения этих напряжений  $\Delta\sigma_r$  и  $\Delta\sigma_t$ , соответствующие



Фиг. 18.

отрезку радиуса  $\Delta r$ , то на поверхности 2 будут напряжения:

$$\sigma_r' = \sigma_r + \Delta\sigma_r, \quad \sigma_t' = \sigma_t + \Delta\sigma_t.$$

Конечные напряжения для этого элемента будут исходными для следующего элемента по направлению радиуса. Переходя так обр. от элемента к элементу, можно определить напряжения во всем диске. Там, где толщина диска или напряжение претерпевает резкое изменение, величина  $\Delta r$  д. б. взята малой, около 0,5 см; в других случаях берут ее от 1 до 3 см. На внутреннем и внешнем краях диска д. б. соблюдены дополнительные условия, в частности радиальное напряжение на внутреннем крае должно равняться давлению от вала, к-рое остается еще при вращении, а на внешнем крае — напряжению от нагрузки, создаваемой венцом Р. Касательное напряжение на внутреннем крае диска устанавливается подбором. Если диск не имеет отверстий, то для его центра  $\sigma_r = \sigma_t$ .

Из первого основного ур-ия (5) находим

$$d\sigma_r = (\sigma_t - \sigma_r) \frac{dr}{r} - \frac{\sigma_r dx}{x} - \frac{\gamma}{g} \omega^2 r dr.$$

Заменяя дифференциалы конечными разностями, получим

$$\Delta\sigma_r = (\sigma_t - \sigma_r) \frac{\Delta r}{r} - \sigma_r \frac{\Delta x}{x} - \frac{\gamma}{g} \omega^2 r \Delta r, \quad (39)$$

откуда определяем  $\Delta\sigma_r$ , поскольку все величины в правой части ур-ия известны.

Радиальное удлинение  $\epsilon_r$  м. б. выражено двумя зависимостями. По ф-ле (6)

$$\epsilon_r = \frac{1}{E} \left( \sigma_r - \frac{\sigma_t}{m} \right),$$

а из ф-л (9), (8) и (7) имеем, что

$$\epsilon_r = \frac{1}{E} \left[ \sigma_t - \frac{\sigma_r}{m} + r \left( \frac{d\sigma_t}{dr} - \frac{1}{m} \frac{d\sigma_r}{dr} \right) \right].$$

Приравняв обе величины, получим

$$\sigma_r - \frac{\sigma_t}{m} = \sigma_t - \frac{\sigma_r}{m} + r \frac{d\sigma_t}{dr} - \frac{r}{m} \frac{d\sigma_r}{dr},$$

откуда

$$d\sigma_t = \frac{m+1}{m} (\sigma_r - \sigma_t) \frac{dr}{r} + \frac{1}{m} d\sigma_r.$$

Замена дифференциалов конечными разностями дает

$$\Delta\sigma_t = \frac{m+1}{m} (\sigma_r - \sigma_t) \frac{\Delta r}{r} + \frac{1}{m} \Delta\sigma_r. \quad (40)$$

Если величина касательного напряжения на внутреннем крае диска выбрана удачно, то для внешнего края диска определится напряжение, соответствующее заданной нагрузке от венца Р. В противном случае, что обычно и случается, расчет необходимо повторить вновь, изменяя выбранную величину  $\sigma_t$  на внутреннем крае, до получения согласованных результатов.

**Материалы и допускаемые напряжения.** Высокие напряжения, возникающие в Р. благодаря быстрому вращению, требуют применения очень вязкого, хорошо прокованного и вполне однородного материала. Для устранения внутренних напряжений перед последней обработкой производят тщательный отжиг при точно установленных  $t^\circ$ . Пробные образцы для проверки качества материала лучше всего брать из центральной части полуфабриката, т. к. в этом месте, во-первых, возникают наивысшие напряжения и, во-вторых, материал хуже всего прокован, так что проба даст наименьшие цифры. Для относительно мало напряженных роторов применяется в большинстве случаев обыкновенная мартеповская сталь с временным сопротивлением 5 000 кг/см<sup>2</sup>, удлинением при разрыве в 30% и пределом пропорциональности от 2 300 до 2 700 кг/см<sup>2</sup>. При очень высоких напряжениях пользуются легированными сталями, особенно никелевой сталью с временным сопротивлением от 6 000 до 7 000 кг/см<sup>2</sup> и пределом пропорциональности 3 500—4 000 кг/см<sup>2</sup>, а также хромоникелевой сталью с временным сопротивлением 7 000 кг/см<sup>2</sup>, удлинением при разрыве в 15% и пределом пропорциональности 5 000 кг/см<sup>2</sup>. Допускаемое напряжение выбирают в долях предела пропорциональности. Stodola рекомендует в расчетах дисков при нормальной скорости вращения принимать  $K_2 = 25$ —40% предела пропорциональности. Относительно высокие по сравнению с обычными в машиностроении допускаемые напряжения объясняются тем, что в простых дисках и барабанах расчетные напряжения очень близки к действительности, и тем, что при работе Р. находится под равномерной спокойной нагрузкой. Само собой разумеется, что материал д. б. безупречным, а обработка и сборка очень точной и тщательной. Stodola приводит пример, что ротор турбин Лавала диаметром 760 мм, вращающийся с окружной скоростью в 420 м/сек, при неуровновешенности в 0,1 кг на окружности вызывает неуровненную центробежную силу в 5 000 кг. Поэтому ротор подвергают очень тщательному уравниванию как статическому, так и динамическому.

Лит.: Дуббель Г., Паровые машины и паровые турбины, пер. с нем., Л., 1926; Stodola A., Dampf- und Gasturbinen, B., 1924; Karra S. R., Die Bauteile der Dampfturbinen, Einzelkonstruktionen aus dem Maschinenbau, hrsg. v. C. Volk, H. 10, B., 1927; Cammeger R., Vorlesungen über Wasserkraftmaschinen, 2 Aufl., Lpz., 1924; Ostertag P., Kolben- und Turbokompressoren, 3 Aufl., Berlin, 1923; Pfeleider C., Die Kreiselpumpen, B., 1924; Lasche O. u. Kieser W., Konstruktion und Material im Bau von Dampfturbinen und Turbodenmaschinen, Berlin, 1925; Schmolz, Spannungsermittlung in Rotoren mit ausgeprägten Polen, «Elektrotechnik und Maschinenbau», 1927; Keller, Berechnung von Radscheiben, «Schweizerische Bauzeitung», Zürich, 1909, B. 54; Goudie W. J., Steam Turbines, 2 ed., L., 1922.

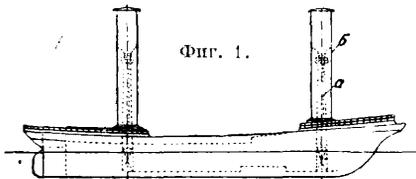
И. Фразинковский.

**Р. электрических машин.** Р. может быть или индуктор или якорь. В машинах постоянно-го тока обычно вращающийся якорь является Р.; в некоторых же специальных типах машин постоянного тока Р. бывает магнитная система. В машинах переменного тока (асинхронных, бесколлекторных и коллекторных) Р. представляет собою якорь первичный или вторичный, в зависимости от того, подводится ли электрич. энергия непосредственно к обмотке Р. или перенос энергии на Р. совершается путем магнитной индукции от неподвижной системы—*статора* (см.). В синхронных машинах в большинстве случаев ротором является магнитная система с явно или неявно выраженными полюсами. О конструкциях вращающихся магнитных систем и якорей см. *Генератор переменного тока, Динамомашина, Индукционные машины, Коллекторные машины, Синхронный двигатель.*

**Р. в математике и теоретической физике**— вектор, служащий мерой завихрения поля. Циркуляция вектора поля, т. е. линейный интеграл этого вектора по любой замкнутой плоской кривой, приближенно равняется произведению из площади, ограниченной этой кривой, на проекцию Р. в направлении нормали к плоскости кривой. Т. о. эта проекция Р. равна плотности циркуляции вектора поля. В случае постоянного направления вектора поля, когда силовые линии—параллельные прямые, Р. этого вектора служит мерой поперечного измерения длины вектора поля (см. *Векторное исчисление*).

**Р. в морском деле, см. Роторное судно.**

**РОТОРНОЕ СУДНО**, особый тип самоходных судов, приводимых в движение энергией ветра, передаваемой его корпусу посредством особых вращающихся, т. н. ветросиловых башен (роторов). Изобретенные в 1924 г. Флетчером роторы были установлены впервые на трехмачтовом моторно-парусном бриге «Букау». Взамен удаленных мачт (на местах фок-и бизань-мачт) укреплены две (фиг. 1) жестко

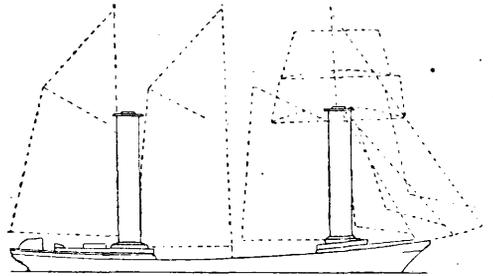


Фиг. 1.

соединенные с корпусом судна мачтообразные опорные стальные трубы а диаметром 1,5 м и высотой до 13 м над палубой. На эти трубы надеты вращающиеся цилиндры (роторы) б из оцинкованных стальных листов толщиной 1 мм, скрепленных внутри для жесткости угловым железом. Диаметр роторов 2,8 м, высота 18,5 м. В верхней части каждой внутренней трубы установлен опорный подшипник, воспринимающий вес ротора и боковое давление на него. Во избежание перекоса между роторами и опорной трубой установлены роликовые устройства. Каждый ротор приводится во вращение отдельным электромотором мощностью в 11 kW, с 750 об/м. Моторы установлены на уровне палубы внутри опорных труб и соединены с зубчатой передачей, установленной у опорного подшипника посредством вала. Отношение передачи 1 : 6 и так. образом число оборотов ротора до 125 в мин. Ток получается от электростан-

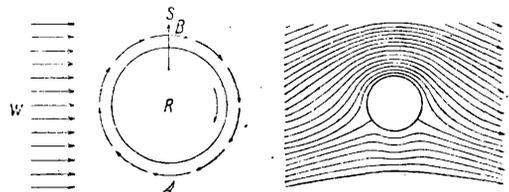
ции, расположенной внутри судна и оборудованной двигателем Дизеля. Управление электромоторами производится с капитанского мостика. Сравнительный вид ротора и снятого парусного вооружения дан на фиг. 2. Площадь осевого сечения цилиндров составляет примерно 0,1 площади парусов. Вес роторного устройства около 20% веса парусного вооружения.

Приведение в движение Р. с. основано на т. н. эффекте Магнуса, открытом последним



Фиг. 2.

в 1853 г. и заключающемся в том, что цилиндр, вращающийся в воздушном потоке, получает движение, направленное перпендикулярно этому потоку. Опыты Магнуса показали, что наибольшая поперечная скорость получается

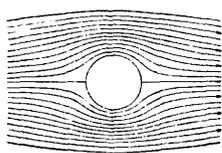


Фиг. 3.

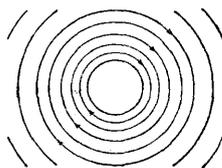
Фиг. 4.

при определенном соотношении между скоростями воздушного потока и вращения цилиндра; эта скорость всегда направлена от оси цилиндра в ту сторону, где направления скоростей потока и вращения цилиндра совпадают. Эффект Магнуса дает объяснение явлению девиации артиллерийских снарядов и полету резаных мячей в теннисе. Причина явления усняется наиболее элементарно из фиг. 3. Цилиндр R, вращающийся по направлению часовой стрелки, увлекает в своем движении некий слой воздуха. Частицы последнего в области A сталкиваются с частицами воздушного потока W, вызывая в этом месте повышение давления воздуха. В области B эти частицы, наоборот, увлекаются воздушным потоком, вызывая понижение давления. Разность давлений воздуха и сообщает цилиндру движение в направлении стрелки S. Так как слой воздуха, увлекаемый цилиндром благодаря трению, невелик, то приведенное объяснение, давая картину явления, не позволяет рассмотреть количественную сторону вопроса. Построение теоретической схемы дает возможность проникнуть несколько глубже в сущность явления. Боковая скорость может получиться лишь при направлении струй потока, показанном на фиг. 4. Такое направление струй может создаваться в идеальной жидкости при сложении двух движений: поступательного (фиг. 5) и вращательного (фиг. 6) (см. *Аэродинамика*).

Сложение скоростей частиц, находящихся одновременно в обоих движениях, приводит к траекториям, показанным на фиг. 4, и по уравнению Бернулли дает разность давлений и боковую составляющую. Причина возникновения такого циркуляционного движения

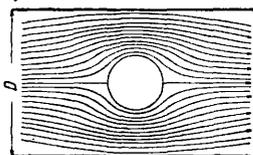


Фиг. 5.



Фиг. 6.

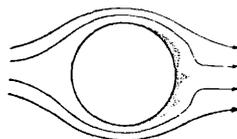
в действительной жидкости по теории Праудля лежит в образовании несимметричных вихрей за цилиндром (смотря по направлению воздушного потока). Обтекание воздушным потоком помещенного в него цилиндра (фиг. 7) нарушает равномерное движение частиц жидкости. Это возмущение благодаря вязкости жидкости распространяется до некоторого предела, за которым движение потока не изменяется. Поэтому можно представить, что возмущенная часть потока заключена в некоторую трубу diam.  $D$ , и рассмотреть условия протекания жидкости внутри последней. В тех местах, где поток сужается цилиндром, скорость частиц возрастает, а давление жидкости падает; за цилиндром имеет место обратное явление. Кинетическая энергия частиц жидкости в суженной части потока увлекает их в область повышенного давления, но частицы, которые расположены в пограничном с цилиндром слое, благодаря трению о поверхность цилиндра, передающемуся вследствие вязкости жидкости на некоторое расстояние от цилиндра, не развивают достаточной скорости и не могут проникнуть в область повышенного давления за цилиндром. Вследствие



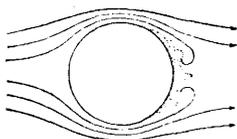
Фиг. 7.

небольшой толщины пограничного слоя отставание частиц в каждый момент не вызывает каких-либо заметных возмущений, однако с течением времени они скопляются за цилиндром, образуя возмущенную зону с вихревыми движениями. По мере накопления частиц, обладающих этими вихревыми движениями, они отрываются мимо идущими частицами и увлекаются в поток как вихри. Если цилиндр не вращается, то образование вихрей происходит симметрично (фиг. 8). При вращении цилиндра эта симметрия нарушается (фиг. 9). Одностороннее образование вихрей в свою очередь вызывает нарушение симметрии потока, что и дает, как указано выше, поперечную слагающую. У краев цилиндра в виду разности давлений на цилиндре и за его краем частицы жидкости могут с него соскальзывать по направлению, перпендикулярному к плоскости чертежа, что уменьшает поперечную слагающую. Поэтому для наибольшего бокового смещения необходимо делать цилиндры бесконечной или большой длины или снабжать концы их особыми дисками, что и делается в роторах,

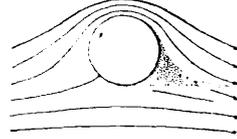
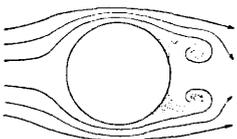
как показано на фиг. 1. Опыты показали, что в этом случае отношение между поперечной силой и площадью цилиндра, умноженной на квадрат скорости потока и плотность жидкости, т. е. коэффициент поперечной силы (см. *Циркулятивность*)  $C_a$ , достигает значения 9, весьма близкого к теоретическому. При этом величина  $C_a$  зависит от отношения скоростей вращения цилиндра и потока, достигая максимума при величине этого отношения 3—4. Для сравнения следует отметить, что для парусных судов величина  $C_a$  ок. 1 и в среднем составляет 0,8. Так. обр. эффективность роторов при одинаковой площади поверхности



Фиг. 8.



Фиг. 9.



в 10 раз больше эффективности парусного вооружения.

Теоретически величину усилия, развиваемого ротором, можно определить, исходя из *вихревой теории* (см.), согласно которой поле скоростей, вызываемое вращающимся цилиндром, можно заменить полем от прямолинейного вихря. Если сложить та-

кой циркуляционный поток с потоком, набегающим на цилиндр, то по теореме Жуковского (см. *Аэродинамика*) подъемная сила (поперечная сила) в 2 для цилиндра высотой в 1 см может быть определена по ф-ле

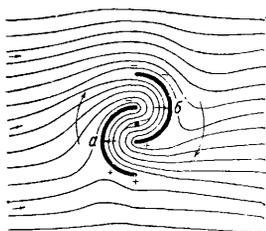
$$f = \rho v C,$$

где  $\rho$ —плотность жидкости для воздуха  $1,293 \cdot 10^{-3}$ ,  $v$ —скорость потока в см/сек,  $C$ —циркуляционная скорости (см. *Вихревая теория*), которая в нашем случае выражается  $C = 2S\omega$ , если  $\omega$ —угловая скорость вращения цилиндра, а  $S$ —площадь поперечного сечения его в см<sup>2</sup>. По этой ф-ле величина поперечной силы на 1 см высоты ротора для роторов рассмотренного выше Р. с. «Бука» будет равна 1,838 кг. Для обоих роторов при высоте их в 18,5 м поперечная сила составит 6 800 кг, а развиваемая ротором мощность при скорости в 8,2 узла достигнет 380 HP. До переделки «Бука» имел мотор в 250 HP. Учитывая необходимые поправки, приведенную ф-лу следует признать пригодной для расчета роторов.

Экономичность Р. с. становится очевидной, если учесть при этом потребность в человеческом труде для их обслуживания. Остойчивость больше, чем соответствующего парусного судна. На испытаниях Р. с. показали хорошую маневренность и поворотливость, так как комбинацией направлений вращения роторов судно можно давать передний или задний ход и поворачивать его на месте или на ходу в любом направлении. Р. с. могут идти ближе к ветру, чем лучшие парусники. Во время хода судно почти не имеет

крена. При курсах, близких к траверсу, судно идет почти без дрейфа. При шторме соответственной регулировкой скорости вращения роторов можно сохранить ход и не подвергаться опасности, так как операция взятия рифов выполняется изменением скорости вращения роторов. Но судно не может ходить фордевинд и против ветра.

Дальнейшее развитие идеи Р. с. предложено финским инж. Савоннусом из Гельсингфорса. Последний пришел к мысли расщепить ротор Флеттнера вертикальной плоскостью, проходящей через ось, и закрепить оба сегмента кромками друг к другу, как показано на фиг. 10. Струя воздуха, давящая на точку б,



Фиг. 10.

протекает между поверхностями ротора и ударяется в точку а. В результате вся система получает вращение, в 1,7 превышающее скорость ветра. Эффект Магнуса для такого крыльчатого ротора сохраняется. Т. о. надобность во вспомогательных моторах для вращения роторов отпадает. Крыльчатый ротор испытан на площадке и дал благоприятные результаты. Р. с. являются современным типом парусных судов, созданным А. Флеттнером в 1924 г. в результате опытных и теоретич. исследований в области аэродинамики.

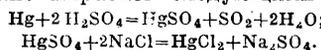
Помимо постановки цилиндров Флеттнера на судах возникла мысль о применении этих цилиндров как для сухопутных ветросиловых установок, так и в качестве несущих поверхностей, заменяющих крылья самолета. Не взвзяв на заманчивую идею более полного использования силы воздушного потока, чем при ветряках или крыльях, идея эта неизбежно обречена на неудачу в виду колоссальных лобовых сопротивлений, развивающихся в роторных установках, что делает их очень сложными, громоздкими по конструкции и мало эффективными в работе. Отрицая возможность применения роторов в качестве основных приемников энергии воздушного потока, можно на основании амстердамских опытов полагать, что роторы смогут сыграть роль в качестве вспомогательных устройств, облегчающих работу органов управления самолета постановкою роторов на крыле и на хвостовом оперении, а также и внутри самого крыла для уменьшения посадочной скорости. Однако и в этой области роторы применения не получили очевидно в виду сложности устройства и необходимости вводить лишнюю механич. передачу, в работе которой всегда возможны перебои и неисправности. Роль роторов в качестве средства для увеличения подъемной силы несущей поверхности в настоящее время с успехом выполняет разрезное крыло, имеющее то преимущество, что оно дает гораздо более высокое качество (отношение подъемной силы к лобовому сопротивлению), а также не требует вспомогательных моторных установок.

Так. обр. наиболее эффективно роторы могут применяться взамен парусов, где они дают значительное улучшение со сравнительно малым расходом добавочной энергии. Однако все же до сих пор широкого развития и рас-

пространения Р. с. не получили по видимому отчасти от того, что вообще сократился общий тоннаж тихоходного торгового флота. а отчасти от того, что в противоположность моторному судну Р. с. не может идти под любым курсом и требует в некоторых случаях включения гребного винта. Все это усложняет устройство и с общим сокращением парусного флота и заменой его моторным не дает достаточного стимула к постройке Р. с.  
Лит.: К а ж и д с к и й Б., Ветросиловые башни Флеттнера, Москва, 1925; Я н о в с к и й М., Роторное судно А. Флеттнера, «Мор. Сбор.», Л., 1924, 11—12, стр. 185; С т а р к о в Б., Крыльчатый ротор, там же, 1925, 10, стр. 87. Р. Тишбейн и Б. Коростелев.

**РТУТИ СОЕДИНЕНИЯ.** Ртуть образует два типа соединений, соответственно одно- и двухвалентной Hg. Соли двухвалентной Hg (окисные) HgX<sub>2</sub> имеют сходство с солями аналогов Hg—кадмия и цинка; соли одновалентной Hg (закисные) HgX аналогичны соединениям меди и серебра. Прежде этим соединениям приписывали флу Hg<sub>2</sub>X<sub>2</sub>; по новейшим исследованиям удвоенная ф-ла относится только к каломели Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, чему соответствует плотность ее паров (при 448°); в сильно разбавленных растворах ей соответствует ф-ла HgCl. Большинство солей Hg (обоих типов) применяется в медицине как лекарственные и дезинфицирующие средства. Многочисленные органич. производные Hg (главным образом ароматического ряда), т. н. м е р к у р и з о в а н ы е органические соединения, находят применение в медицине главным образом для лечения сифилиса.

Двухлористая ртуть, сулема, хлорная ртуть, едкий сублимат HgCl<sub>2</sub>—бесцветные прозрачные кристаллы, получающиеся при возгонке в виде тяжелых сплошных кусков. Удельный вес 5,41; t°пл. 278°; t°кип. 303—307°. Растворимость в 100 ч. воды при 0°—4,3; при 10°—6,57; 20°—7,39; 30°—8,43; 40°—9,62; 100°—55,0. В растворах галлододородородных кислот, а также их солей HgCl<sub>2</sub> значительно лучше растворима, чем в воде; растворяется также в спиртах: метилом (при 19,5°—9:100, при 25°—66,9:100), этилово-м (при 25°—49,5:100) и в эфире (4:100). HgCl<sub>2</sub> улетучивается с водяными парами, разлагается в растворе на свету, особенно в соприкосновении с органич. веществами. Чрезвычайно ядовита. Доза 0,2—0,4 г смертельна для взрослого человека. HgCl<sub>2</sub>—один из древнейших химич. препаратов. Истари она готовилась растворением ртути в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, причем получалась сернохлористая ртуть HgSO<sub>4</sub>. Высушенную HgSO<sub>4</sub> смешивали с поваренной солью с добавкою перекиси марганца, и смесь подвергали возгонке из глиняных реторт на песочной бане. Происходящие при этом реакции можно выразить следующими у-ями:



В настоящее время чаще применяется обработка металлич. ртути током хлора:  $\text{Hg} + \text{Cl}_2 = \text{HgCl}_2$ . Для этой цели ртуть загружают в тугоплавкие реторты, нагревают на песочной бане до кипения и пропускают хлор. HgCl<sub>2</sub> при этом возгоняется и осаждается в верхних частях реторты. По другому способу (при непрерывном поступлении ртути и хлора) HgCl<sub>2</sub> пропускают в небольшую нагретую тугоплавкую реторту и отводят пары в охлажденную камеру-башню. HgCl<sub>2</sub> получают также обработкой ртути хлором в водной среде, лучше

при добавлении небольшого количества азотной к-ты. Чистая  $HgCl_2$  должна при накаливании в тигельке полностью улетучиваться, не давая остатка. При загрязнении однохлористой ртутью ( $HgCl$ ) она не растворяется полностью в алкоголе и эфире. Фильтрат после осаждения  $Hg$  сероводородом из раствора  $HgCl_2$  после испарения в чашке не должен оставлять осадка.  $HgCl_2$  применяется в качестве исходного материала в производстве каломели и других ртутных соединений, а главным образом как один из сильнейших антисептиков и дезинфицирующее средство в медицине. Для этой цели употребляются растворы  $HgCl_2$  1 : 1 000. Для удобства применения готовят таблетки  $HgCl_2$  с поваренной солью, подкрашенные для распознавания эозином в красный цвет. В очень небольших количествах  $HgCl_2$  принимается внутрь. В фотографии она служит как усилитель негативных изображений; в производстве фетровых изделий—для протравки волоса; затем  $HgCl_2$  применяется для амальгамирования алюминия, а также магния, применяемых для восстановления; в анализе—для определения аммиака, мышьяка и др. При отравлении  $HgCl_2$  противоядием служит белок (яичный белок, молоко), дающий с  $HgCl_2$  нерастворимый осадок.

Однохлористая ртуть, каломель,  $HgCl$  впервые приготовлена и введена в употребление Паралельсом. Встречается в природе в виде роговой ртутной руды; получается возгонкой в виде плотных белых кристаллических кусков волокнистого излома. Растворная или нагретая делается желтоватой. При перегонке с паром  $HgCl$  получается в виде мелкокристаллического порошка; еще более мелкая получается мокрым путем. Уд. вес 6,56—7,41. Отличается от  $HgCl_2$  ничтожной растворимостью в воде: при  $0,5^\circ$  в 1 л растворяется 0,0014 г, при  $18^\circ$ —0,0021 г, при  $24,6^\circ$ —0,0028 г и при  $43^\circ$ —0,007 г. Чем крупнее кристаллы  $HgCl$ , тем менее они растворимы; в органич. растворителях  $HgCl$  почти нерастворима.  $HgCl$  неустойчива и уже на свету окрашивается в желтый цвет, а таблетированная и смешанная с солью или органич. примесями—постепенно разлагается с образованием  $HgCl_2$ . Аммиаком  $HgCl$ , образуя  $NH_2Hg_2Cl$ , окрашивается в черный цвет, что служит для ее распознавания. На химико-фармацевтич. з-дах  $HgCl$  получают след. образом: 4 ч.  $HgCl_2$  с 3 ч.  $Hg$  по увлажнении водой растирают на шаровой мельнице в тончайший порошок. Этот порошок сушат, загружают в чугунную реторту, соединенную с камерой для возгона, и постепенно нагревают почти до красного каления. Образовавшаяся  $HgCl$  (по реакции  $Hg + HgCl_2 = 2HgCl$ ) собирается в виде возгона в камере; ее растирают, тщательно промывают водою до полного удаления  $HgCl_2$  и высушивают. Холодным путем  $HgCl$  получают, насыщая раствор  $HgCl_2$  (1 : 30) сернистым газом и оставляя его стоять при  $70$ — $80^\circ$  до полного выпадения осадка. Можно также получить  $HgCl$ , вливая другую закисную соль ртути в слабую соляную кислоту. При испытании на чистоту взбалтывают 1 г  $HgCl$  с 10 г воды; водная вытяжка с  $H_2S$  и с  $AgNO_3$  не должна давать осадка или окрашивания; 0,2—0,3 г  $HgCl$  при накаливании в тигельке должны улетучиваться, не оставляя заметного остатка. Применяется

$HgCl$  гл. обр. в медицине (как слабительное, мочегонное, антисифилитическое), в гальванических элементах (нормальный каломелевый электрод), в пиротехнике (для придания огням большего блеска).

Амидохлористая ртуть, или белый преципитат,  $NH_2HgCl$ —белый нежный порошок, нерастворимый в воде и спирте, растворимый в азотной и соляной кислотах. При нагревании улетучивается с образованием  $HgCl$ , аммиака и азота. Обычный способ получения: 2 ч.  $HgCl_2$  растворяют в 40 ч. холодной воды и в раствор вливают постепенно 3 ч. 10%-ного аммиака; выпавший осадок отфильтровывают и промывают в 18 ч. холодной воды; выход—1,8 ч. Применяется в форме мазей и кремов при чесотке, лишаях и других кожных заболеваниях.

Двубромистая ртуть  $HgBr_2$ —белые ромбич. кристаллы с  $t_{пл.}$   $236,5^\circ$ ,  $t_{кип.}$   $325^\circ$ , уд. в. 7,31. Растворяется в воде при  $9^\circ$  в 94, при  $100^\circ$  в 4—5 частях. Этиловый спирт растворяет при  $0^\circ$  13,2 г, при  $25^\circ$ —15,53 г, при  $50^\circ$ —22,63 г в 100 г. Растворима также в ряде органических растворителей. Легко получается пропусканием разбавленных воздушных паров  $Br_2$  через  $Hg$ , или растворением окиси ртути в  $HBr$ , или обработкой 10 ч.  $Hg$  8,5 ч. брома в 120 частях воды, или осаждением на холоду раствора уксуснокислой ртути раствором бромистого калия. Применяется в медицине для внешнего и внутреннего употребления, а также в фотографии как усилитель негативов.

Цианистая ртуть  $Hg(CN)_2$ —бесцветные призмы, отвратительного (металлического) вкуса, сильно ядовиты. 1 ч. растворяется в 13 ч. холодной и 3 ч. горячей воды, 15 ч. холодного и 4—5 ч. горячего спирта, легко в метиловом спирте, мало в эфире. Получается растворением окиси ртути в водной синильной к-те, взятой в небольшом избытке  $HgO + 2HCN = Hg(CN)_2 + H_2O$ ,

или прибавлением к 39 ч. цианистого натрия, растворенного в 50 ч. воды, 90 ч. сернокислой ртути и последующим извлечением горячим 95%-ным спиртом. Получается также при кипячении 2 ч. берлинской лазури с 1 ч. желтой окиси ртути в 10 ч. воды до исчезновения синего цвета. Применяется в медицине как лекарство и для стерилизации инструментов.

Оксицианистая ртуть  $Hg(CN)_2 \cdot HgO$ . Получают кипячением 70 ч. окиси ртути  $HgO$  в 1 000 ч. воды с 100 ч.  $Hg(CN)_2$  или же стирают вместе 22,2 ч. желтой  $HgO$  с 60 ч. воды, 4 ч. 10%-ной щелочи и 27 ч.  $Hg(CN)_2$  и после 24 час. стояния нагревают короткое время на водяной бане. Оксицианистая ртуть—белые сrostки ил. белый кристаллич. порошок, улетучивающийся при нагревании со вспышкой, в 1 000 ч. воды растворяется 1,35 ч., почти нерастворима в алкоголе. Менее ядовита, чем  $Hg(CN)_2$ , по антисептическому же действию значительно ее превосходит. Применение то же, что и  $Hg(CN)_2$ .

Оксид ртути  $HgO$  встречается в двух формах. Желтая  $HgO$ , аморфная, получающаяся при влипании раствора  $HgCl_2$  в нагретый до  $30^\circ$  раствор щелочи, взятой в избытке. Оставляют теплый раствор стоять, промывают осадок декантацией и высушивают. Вторая модификация—красная  $HgO$  имеет явно выраженную кристалличность; химически совершенно идентична желтой и рас-

тиранием м. б. превращена в желтую форму. Красная форма получается нагреванием азотнокислой ртути (окисной или закисной) до прекращения выделения окислов азота. Мокрым путем получается кипячением в течение 5 час. 100 об. ч. раствора  $HgCl_2$  1 : 2 с 500 об. ч. раствора едкого кали 1 : 2.  $HgO$  применяется как исходный продукт для получения других ртутных препаратов, для окисления, для связывания  $HJ$  при иодировании, для обесцвечивания; применяется также в медицине.

Азотнокислая окисная ртуть  $Hg(NO_3)_2$  получается растворением при кипячении 1 ч. металл.  $Hg$  в 4 ч. 25%-ной  $HNO_3$  до тех пор, пока взятая проба не перестанет давать белой мути с разбавленным раствором хлористого натрия, или при растворении 1 ч.  $HgO$  в 2,5 ч.  $HNO_3$  (25%-ной). Выделяется при концентрировании раствора. Окрашивает на свету кожу в темнокрасный цвет. Применяется в медицине, а также для приготовления гремучей ртути.

Азотнокислая закисная ртуть  $HgNO_3$  получается растворением ртути в небольшом количестве азотной кислоты. На 10 ч.  $Hg$  берут 1,5 ч. 25%-ной  $HNO_3$ . Растворение ведется сначала на холоду, а затем при нагревании. Прозрачные кристаллы с 1 ч.  $H_2O$ . Кристаллизационную воду легко теряет при долгом хранении или нагревании до  $70^\circ$ : с  $HCl$  и  $NaCl$  дает белые осадки  $HgCl$ . Легко окисляется в  $Hg(NO_3)_2$ . В разбавленных растворах гидролизует в кислую соль, остающуюся в растворе, и основную соль, выпадающую в осадок. Употребляется в медицине, косметике, при окраске металлов, золочении, анализе и т. п.

Уксуснокислая ртуть, закисная соль  $Hg(C_2H_3O_2)$  получается смешением растворов  $HNO_3$  и уксуснокислого натрия. Белые, блестящие кристаллы, растворимые в 133 ч. воды при  $12^\circ$ . Окисная соль  $Hg(C_2H_3O_2)_2$  получается при кипячении закисной или при нагревании  $HgO$  в уксусной к-те. Бесцветные кристаллы, растворимые в 4 ч. воды при  $12^\circ$ . Обе соли применяются в медицине. Окисная соль часто применяется для получения ртутно-ртутных соединений.

Сернистая ртуть  $HgS$  встречается в двух формах: черной и красной, или киновари. Черная форма встречается в природе в виде кристаллизующегося в тетраэдрах минерала метацинбарита. Чаще всего ее получают искусственно осаждением сероводородом растворов окисных солей ртути или же растиранием 20 ч. серы с 105 ч. ртути во вращающихся бочках (50—60 об./м.), причем соединение заканчивается в 2—3 часа. Черная  $HgS$  готовится гл. обр. для получения красной модификации (см. Киноварь).

Серноокислая закисная ртуть  $Hg_2SO_4$  образуется при нагревании избытка  $Hg$  с серной к-той. Водой она разлагается с образованием основной соли. Применяется при окислении нафталина во фталевую к-ту (как катализатор), а также в электрохимии.

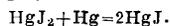
Серноокислая окисная ртуть  $HgSO_4$  кристаллизуется с 1 ч.  $H_2O$  в виде бесцветных призм; растворяется в малом количестве воды. При разбавлении раствора выпадает (вследствие гидролиза) желтая основная соль. Получается растворением в конц. серной к-те  $Hg$  при нагревании к-ты до кипения. Полезно в качестве окислителя приме-

нять азотную к-ту; напр. на 18 ч.  $Hg$  берут 10 ч. конц.  $H_2SO_4$ , 3 ч. воды и 4 ч. 25%-ной азотной к-ты. Нагревают осторожно, пока не прекратится выделение окислов азота, затем выпаривают досуха.  $HgSO_4$  получается также растворением  $HgO$  в  $H_2SO_4$ . Применяется для получения других Р. с., а также как катализатор при получении ацетальдегида из ацетилена. Кроме того  $HgSO_4$  имеет значение и в медицине.

Роданистая ртуть  $Hg(SCN)_2$  получается лучше всего смешением растворов уксуснокислой ртути и роданистого калия. Бесцветные иголочки, мало растворимые в воде (0,096 г на 1 000  $cm^3$  при  $25^\circ$ ). Служит в фотографии для усиления негативов (см. Родановые соединения).

Салицилат ртути—см. Салициловая кислота.

Иодистая ртуть (закисная)  $HgJ$ —желтый нерастворимый в воде и спирте порошок. Получается растиранием  $Hg$  с  $J$  или  $Hg$  с двуиодистой ртутью:



Применяется как антисифилитич. средство. Двуйодистая ртуть, иодная ртуть,  $HgJ_2$ —см. Иода соединения.

Гремучая ртуть  $Hg(CNO)_2$ —взрывчатое вещество, весьма чувствительное к удару, трению, высокой темп-ре (см. Взрывчатые вещества, иницирующие и Детонация).

Азид ртути  $HgN_3$  применяется также как взрывчатое вещество.

Олеат ртути—см. Олеиновая кислота.

Меркурохром—препарат, получающийся нагреванием щелочного раствора дибромфлуоресцеина с уксуснокислой ртутью (строение его—см. Металлоорганические соединения), красный порошок, растворяющийся в щелочи и нерастворимый в обычных растворителях; раствор его обладает сильным бактерицидным действием и находит применение в медицине.

Лит.: Кравков Н. П., Основы фармакологии, ч. 2, 41 изд., М.—Л., 1928; Валента Э., Химия фотографии, процессов, пер. с нем., ч. 1, Ленинград, 1925; Ullm. Encz., 2 Aufl., B. 8; Whitmore F., Organic Compound of Mercury, N. Y., 1931. См. также Ртуть.

О. Маргсон.

**РТУТНАЯ ЛАМПА**, см. Лампа электрическая и Кварцевая лампа.

**РТУТНЫЕ РУДЫ**, минералы, содержащие ртуть; эти минералы указаны в табл. 1. Главной промышленной рудой на ртуть является сернистое соединение ее—киноварь  $HgS$ ; это обычно первичная руда с теоретич. содержанием ртути 86,2%. Бедные руды содержат 0,5—5% ртути, богатые 15—30%; редко бывает более высокий процент. Киноварь обычно встречается или в виде вкрапленников в порых песчаниках, кварцитов, конгломератов или в виде заполнения трещин в осадочных породах различного возраста (продукт замещения первоначального материала коренных пород). Почти всегда киноварь сопровождается кальцитом, халцедоном и кварцем. Другой разновидностью сернистой ртути является метацинбарит. Смесь киновари с битуминозными веществами называется печеновой рудой. Каломель и самородная ртуть обыкновенно бывают вторичными минералами. Ртуть также находится в виде компонента некоторых комплексных сульфидов, напр. т. н. ртутные блеклые руды (в Венгрии  $Hg$  добывалась как побочный продукт из этой руды).

Табл. 1. — Характеристика ртути содержащих минералов.

Минералы	Крист. сист.	Состав	Содержание Hg в %	Твердость	Уд. вес
Ртуть (самородная) . . . . .	—	Hg	100	—	13,5—13,6
Золотая амальгама . . . . .	Прав.	Au <sub>x</sub> Hg	57,0—59,0	—	15—17
Серебряная амальгама . . . . .		Ag <sub>2</sub> Hg <sub>3</sub> или AgHg	23,5 или 35,3	3—3,5	13,7—14,1
Киноварь . . . . .	Гекс. трап.	HgS	86,2	2—3,5	7—8,2
Метацинноварьит . . . . .	Прав.	HgS	86,2	3	7,8
Графит казарит . . . . .		Ag <sub>2</sub> (Hg, Zn)S	79,7—83,9	2	7,8
Оффит . . . . .	—	AgHg(Se, S)	81,3	2,5	8
Тиманнит (селенистая Hg) . . . . .	Прав.	HgSe	71,7	2,5	8,2
Лербахит . . . . .		(Hg, Pb)Se	8,3—55,5	—	7,8
Колоидит (теллуристая Hg) . . . . .	—	HgTe	61,5	3	8,6
Титинит . . . . .	Ромб.	HgSb <sub>2</sub> S <sub>7</sub>	25	2	4,8
Каломель (хлористая Hg) . . . . .	Квадр.	Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	81,9	1—2	6,4—6,5
Магнолит . . . . .		Hg <sub>2</sub> TeO <sub>4</sub>	50,9	—	—

Минералы, содержащие ртуть, обычно сопровождаются пиритом и марказитом и очень часто сульфидами мышьяка и сурьмы. Обычным жильным минералом является кремнезем (иногда в виде кварца, но гораздо чаще — халцедона и опала), а также кальцит и доломит. Одним из самых характерных свойств ртутных месторождений служит окремнение окружающих пород, происходящее благодаря действию восходящих термальных вод. Однако некоторые из самых важных месторождений ртутных руд представляют собой вкрапления в осадочных породах. Во многих случаях руды сопровождаются месторождениями самородной серы, а некоторые месторождения обязаны своим происхождением горячим источникам, богатым хлоридами, сульфидами и борными соединениями. В большинстве случаев отложение киновари принадлежит к сольфатаровой стадии вулканической деятельности. Самое отложение ртутных руд можно рассматривать как процесс, зависящий от уменьшения давления и  $t^{\circ}$  с поднятием термальных вод или от разлагающего влияния битуминозных веществ. Почти повсюду наблюдалось обогащение месторождений с глубиной, что служит подтверждением их глубинного происхождения.

В СССР до сих пор имелось только одно месторождение киновари с вполне установленным промышленным значением — Никитовское месторождение в Донбассе. Оно представляет собой ряд куполов (Софиевский, Новый, Чегарники и Железнянка). Залегание пород осложняется сбросами. Наиболее притягивает внимание значение имеют мощные (до 40 м) нижние и верхние (до 70 м) песчаники. Степень изученности месторождения недостаточна, но выявленные запасы ртути позволяют удовлетворить нужды промышленности Союза на ближайшие годы и освободить ее от импорта. В настоящее время запасы исчисляются приблизительно в 8 тыс. т металла. Никитовское месторождение находится в очень благоприятных экономич. условиях (в центре каменноугольной промышленности и строительных материалов и в соседстве с коксообогательными заводами). Производится разведка месторождений ртути в Дагестанской ССР, где киноварь встречается в виде тонок вкраплений. В Киргизской АССР известно несколько сурьмяно-ртутных месторождений. В Турк-

менской ССР заслуживает внимания Каракалинский район, где имеются два мало изученных месторождения киновари. В Вост. Сибири имеется киноварь в россыпях близ г. Нерчинска и в других местах. На Урале киноварь встречается в виде галек в золотороссыпях по реке Исе и др. В Ю. Забайкалье по реке Ильдикан есть неразведанное месторождение киновари. В начале 1931 г. появились сообщения об открытии месторождений ртути в следующих местах: в Казакстане, недалеко от г. Чимкента, в южной Киргизии (ртуть и сулема HgCl<sub>2</sub>), в Аллаудинской долине (киноварь). Большого интереса заслуживает обследованное в 1927 г. экспедицией Академии наук СССР обширное Хайдарканское поле, расположенное на южном склоне хребта Имше-Тау в Аллаудинской долине, в южной Фергане (большая залежь ртути, превосходящая Никитовское месторождение). Оруднение приурочено к кремнистой брекчии в сильно дислоцированной известняково-сланцевой толще и представлено киноварью, сурьмяным блеском и плавиковым шпатом. В настоящее время этот рудник представляется одним из самых богатых в СССР как по %-ному содержанию ртути (3—6%), так равно и по легкости добывания (выходы руды на поверхность).

Мировая добыча ртути. Испания занимает первое место по добыче ртути; из общего количества мировой продукции ртути в 1929 г., равного ~ 146 000 кувшинов, на долю Испании приходилось 70 648 кувшинов (вес кувшина ртути равен ~ 34,4 кг); Италия занимала второе место — 42 029 кувшинов; США — 23 682; СССР — 4 348; Мексика — 2 406; Чехо-Словакия — 2 174. Самый крупный поставщик ртути является рудник Альмаден в Испании. Италия имеет рудники в Монте-Амиата и Идрии. В США ртуть добывается в следующих штатах: Калифорнии (стоит на первом месте), Неваде, Орегоне, Вашингтоне, Техасе и Аризоне и на Аляске. Кроме упомянутых главных стран имеются рудники в М. Азии, Югославии, Новой Зеландии, Алжире и др. Мировая выплавка ртути указана в табл. 2.

Табл. 2. — Мировая выплавка ртути (в т).\*1

Страны	1911	1921	19 5	1928	1927	1928
Австрия . . . . .	878	5	6	7	6	5
Китай *2 . . . . .	2,1**	42	42	42	*	*4
Чехо-Словакия*5 . . . . .	75	78	73	82	55	72
Италия *6 . . . . .	1 073	1 611	1 8 3	1 810	1 933	1 988
Испания . . . . .	952	899	1 277	1 534	2 193	2 195
США . . . . .	538	339	112	261	381	316
Мексика . . . . .	192	87	39	45	81	87
Другие страны . . . . .	38	70	17	112	79	*4

\*1 По данным «Mineral Industry» за 1929 г.

\*2 Высыз своей ртути. \*3 Данные за 1913 г.

\*4 Данных не имеется. \*5 До 1919 г. — Венгрия.

\*6 Рудники Идрии с 1918 г. перешли к Италии.

Главнейшими потребителями ртути в 1929 г. продолжали быть США, потреблявшие 25—30% общей продукции; за ними шли Англия

и Германия. Выплавка ртути в СССР (по данным Геологического комитета) выразилась в следующих цифрах: 65,3 т в 1924 г.; 99 т в 1926 г.; 126,8 т в 1927 г.; 740 т в 1928 г.

Лит.: Берлинг Н. И., Ртуть, Обзор минеральных ресурсов СССР за 1926/27 г., Л., 1928, Богданович К. И., Рудные месторождения, т. 1—2, СПб, 1912—13; Кулибин В. П., О возможности создания собственного производства ртути, «Труды II Всесоюзного совещания по цветным металлам», М., 1927, т. 3, стр. 252—276; Мейстер А. К., Металлические полезные ископаемые СССР, М.—Л., 1926; Миرونюв В. А., Современные способы получения ртути, «Уголь и железо», Харьков, 1927, 25; Игартен В. П., Очерк месторождений полезных ископаемых и минеральных источников Южного Дагестана, «Известия Геологич. комитета», Л., 1927, т. 47, 3; Соседко А. Ф., Новые месторождения антимонита и ванадия в Фергана, Доклад Академии наук, Л., 1927, 12; Ушаков Н. А., Аятское месторождение золота, сурьмяного блеска и ванадия, «МС», 1927, 12; Федоровский Н. М., Минералы в промышленности и сельском хозяйстве, 2 изд., Ленинград, 1927; Черепенко Б. Г., К выбору наиболее рационального способа получения ртути из Нивитовских руд, «Уголь и железо», Харьков, 1927, 27; Щербаков Д. И. и Соседко А. Ф., Работы Южно-Ферганской экспедиции по изучению сурьмянорудных месторождений, Доклад Акад. наук, Л., 1928, А., 11; Gould H. W., Quicksilver, «Engineering a. Mining Journal», N. Y., 1928, v. 125, 3; Behrend, Deutsche Quecksilberlagerstätten, «Die Metallbörse», Berlin, 1927, 88; Foshag W., Quicksilver Deposits of the Pilot Mountains Mineral Country, «U. S. Geol. Surv. Bull.», Nevada, 1927; Reuss F., Der gegenwärtige Stand d. Quecksilbergewinnung in Oesterreich, «Metallbörse», 1928, 8; Schuetz C. N., Occurrence of Quicksilver Ores, «The American Institute of Mining a. Metallurgical Engineers», N. Y., 1930, 335.]

Н. Федоровский.

**РТУТЬ**, Hg, химич. элемент второй группы периодич. системы (аналог цинка и кадмия); ат. в. 200,61, изотопы (в порядке убывающего их содержания в «смешанном элементе» Р.): 202, 200, 199, 201, 198, 196 и 204; порядковое число 80. В элементарном виде Р. серебристо-белый металл, жидкий при комнатной  $t^\circ$ . При атмосферном давлении кипит при 357,25° (скрытая теплота испарения 13,6 cal на 1 г-атом), превращаясь в одноатомный пар; заметно испаряется уже при комнатной  $t^\circ$  (упругость паров Р. при 20° 0,0013 мм рт. ст., чему соответствует вес 1 м<sup>3</sup> насыщенного при этой  $t^\circ$  пара Р.—0,0143 г). При —38,87° Р. застывает и образует в твердом виде ковкий и тягучий металл, кристаллизующийся в гексагональной системе (по внешнему виду кристаллы кажутся правильными октаэдрами). Уд. в. жидкой Р. при 0°—13,59546, при 20°—13,54616, при 100°—13,35166 при  $t^\circ$  замерзания (—38,87°)—13,6902; уд. вес твердой Р. при той же  $t^\circ$ —14,193. Коэф-т расширения жидкой Р. при  $t^\circ$  0—100° весьма значителен и близок к коэффициенту расширения газов. По Шееле и Бланкенштейну уд. в. Р. в интервале этих  $t^\circ$  м. б. определен по ф-ле:

$$\text{Уд. в.} = \frac{13,59546}{1 + \left[ 13,182 \frac{t}{100} + 0,078 \left( \frac{t}{100} \right)^2 \right] \cdot 10^{-3}}$$

Средняя теплоемкость жидкой Р. при 0°—0,03336, при 140°—0,03239; твердой Р. при —41°—0,0335. Средняя теплопроводность между 0° и 34°—0,0197 (около 2,2% теплопроводности серебра). Электропроводность Р. при 0°—1,063 · 10<sup>4</sup> (около 1,58% электропроводности серебра); международный ом—сопротивление столбика чистой Р. 1,063 м длины и сечения 1 мм<sup>2</sup>. Чистая жидкая Р. не смачивает твердых тел, кроме тех металлов, с которыми она образует амальгамы. Поэтому в открытых сосудах ее свободная поверхность принимает в отличие от воды и других жидкостей вид выпуклой поверхности (выпуклого

мениска), а в сообщающихся сосудах уровень ее тем ниже, чем меньше диаметр сосуда. Вылитая каплями на плоскую поверхность Р. принимает вид легко подвижных шарообразных или сфероидальных капель. При растирании с жирами она легко образует серую эмульсию, состоящую из мелких капелек, применяющуюся в медицине под названием серой мази; также можно ее превратить в эмульсию путем продолжительного взбалтывания. Коллоидные растворы ртути стойки только в присутствии защитных коллоидов. Они применяются, как и растворы серебра, в медицине, так как в большом разбавлении обладают высокими бактерицидными (антисептическими) свойствами, будучи в этом виде относительно мало ядовитыми. Загрязненная Р. обладает меньшим поверхностным натяжением, чем чистая, и образует на поверхности сосудов при выливании из них серую пленку.

В отношении химич. агентов Р. является металлом, относительно стойким. В сухом воздухе чистая Р. окисляется с образованием красной окиси HgO только при продолжительном нагревании до  $t^\circ$ , близких к  $t^\circ_{\text{кип}}$ . При дальнейшем сильном нагревании HgO распадается вновь на Р. и кислород. Р. во влажном воздухе, а также загрязненная, окисляется несколько быстрее с образованием закиси ртути Hg<sub>2</sub>O, покрывающей металл тонкой пленкой. При комнатной  $t^\circ$  ртуть легко соединяется непосредственно с хлором и труднее с бромом. С серой Р. соединяется при комнатной  $t^\circ$  при продолжительном расприорании. В расплавленном фосфоре Р. растворяется, но с ним не соединяется. Из минеральных к-т на Р. действуют только те, которые действуют окисляюще, т. е. конц. серная и конц. и разбавленная азотная, а также царская водка, причем в зависимости от концентрации и  $t^\circ$  реакций образуются соединения одноили двувалентной Р. Разбавленная серная и конц. соляная к-ты на Р. не действуют, т. к. последняя обладает положительным потенциалом (в сопоставлении с раствором двувалентной Р. +0,793 V, с раствором двувалентной +0,86 V) и располагается т. о. в ряду напряжений между медью и серебром. С многочисленными металлами Р. образует сплавы—амальгамы (см.); особенно легко со щелочными и щелочноземельными металлами, серебром, золотом, свинцом, оловом, цинком и кадмием, труднее с медью. Совсем не образует амальгам с железом, никелем, кобальтом и марганцем. Для получения амальгам иногда достаточно сопоставления жидкой ртути с соответствующим металлом; некоторые амальгамы получают путем выделения Р. из растворов ее солей на менее благородном металле; иногда пользуются электрич. током, выделяя соответствующий металл на ртутном катоде. Среди сплавов амальгамы занимают особое место, т. к. многие из них жидки или тестообразны уже при комнатной  $t^\circ$ . В химич. отношении они не отличаются от прочих сплавов, т. к. среди них имеются простые растворы других металлов в Р. (например цинк, кадмий), равно как и химич. соединения (щелочные металлы, медь, золото и другие). Особое место занимает амальгама аммония, получающаяся при обработке натриевой амальгамы крепким раствором хлористого аммония, быстро разлагающаяся уже при комнатной  $t^\circ$  на Р., аммиак и водород.

Р. и большинство ее соединений весьма ядовиты. Вследствие этого, а также из-за большой упругости ее паров, у лиц, работающих в атмосфере, содержащей пары Р. (физич. и химич. лаборатории, зеркальные мастерские, амальгамационные ф-ки и т. п.), часто наблюдается хронич. отравление Р., характерными симптомами которого являются: шатание зубов, дрожь рук и головы, головные боли, утомляемость, потеря памяти, нарушение пищеварения и т. д. Причины этого отравления часто ускользают от наблюдения, т. к. капли Р. легко попадают в щели между половицами и т. д., где остаются незамеченными, но, свободно испаряясь, отравляют воздух.

По распространенности в земной коре Р. относится к элементам относительно редким. Содержание ее в земной коре равно  $3 \cdot 10^{-6}$  (приблизительно равно содержанию серебра, висмута или платиновых металлов). Чаще всего Р. встречается в природе в виде самородной Р. или сульфида (см. *Ртутные руды*). В таблице приведены данные статистики добычи ртути в разных странах. На рынок

Мировая добыча ртути (в т.)

Годы	Австрия	Китай	СССР	Чехо-Словакия	Италия	Мексика	Испания	США	Прочие страны	Итого
1911	878	60	30	75	1 073	162	952	531	38	3 771
1915	760	211	—	68	955	91	1 222	716	25	4 081
1916	410	178	—	85	1 093	53	735	1 018	33	3 165
1917	618	261	—	95	1 071	33	817	1 237	24	4 195
1918	420	293	—	85	1 038	161	537	1 119	19	3 705
1919	*	30	—	80	815	1 9	1 221	738	11	3 102
1920	—	45	—	67	1 401	77	861	155	6	2 912
1921	—	98	—	57	1 077	43	655	216	12	2 135
1922	—	17	—	6	1 511	42	1 318	717	141	3 243
1923	—	2	30	51	1 353	45	1 114	240	91	3 224
1924	5	3	65	78	1 311	37	899	304	70	3 099
1925	6	3	10	73	1 833	49	1 277	302	17	3 560
1926	7	2	127	82	1 811	45	1 591	133	112	3 992
1927	6	71	74	55	1 998	81	2 493	309	79	5 100
1928	5	—	70	72	1 988	87	2 195	546	107	5 153
1929	4	—	80	65	1 998	82	2 476	737	—	5 600
1930	—	—	—	—	1 841	—	1 041	713	—	—

\* Рудники в Идрии перешли к Италии.

Р. поступает в железных бутылках 2,7 л емкости, содержащих 34 или 34,5 кг, или в кожаных мешках по 25 кг. Цена 1 кг Р. равна в настоящее время ок. 3,5 долл.

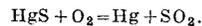
Применение металлической Р. (о применении соединений Р. см. *Ртутные соединения*) обуславливается гл. обр. тем, что Р.—единственный жидкий при комнатной  $t^\circ$  металл, обладающий большим уд. весом, относительно высокой электро- и теплопроводностью и большой химической стойкостью. Благодаря всем этим свойствам Р. применяется для наполнения термометров, барометров, ртутных насосов, для электрич. контактов и многочисленных других физических и химич. приборов. Дуговой спектр Р. весьма богат ультрафиолетовыми лучами, вследствие чего ею наполняют специальные (кварцевые) дуговые лампы, применяющиеся в медицине (искусственное горное солнце) и в технике (люминесцентный анализ). Амальгамы применяются в медицине (для зубных пломб) и применялись ранее в значительном количестве для серебрения зеркал и для огневого золочения; в последнее время эти способы вы-

теснены другими, не отражающимися столь вредно на здоровье рабочих. Также вытесняется из техники способ извлечения благородных металлов из руд путем амальгамации (см. *Золото*, металлургия золота). Нек-рые практич. применения Р. основаны на ее каталитич. свойствах; ею пользуются напр. в производстве уксусного альдегида из ацетилена, а также в анализе органич. соединений при определении азота по Кьельдалю. Совершенно своеобразным применением Р., предложенным в последние годы, является использование ее для питания котлов специальных паровых турбин. Значительные количества Р. используются в медицине в виде мазей, коллоидной Р. или ее соединений.

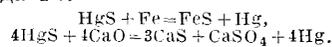
Е. Кронман.

**Р. в металлургии.** Получение Р. из руд осуществляется тремя способами: 1) пирометаллургическим путем, 2) комбинированными процессами обогащения и пирометаллургич. обработкой концентрата, 3) гидрOMETALLURГИЧ. путем. В настоящее время наиболее развиты первые два метода добычи Р. из ее руд (см. *Ртутные руды*).

Пирометаллургические методы извлечения Р. основаны на том, что металлч. Р. не легко окисляется, и при обжиге сульфидных минералов получают металлч. Р. по следующей реакции:



При этом металлч. железо и известь облегчают разложение сульфида Р.:



Т. к. перечисленные реакции осуществляются при  $t^\circ$  выше  $t^\circ_{\text{квп.}}$  ( $357^\circ$ ), то вследствие этого Р. получается в виде паров и требует дальнейшая конденсация их. Получение Р. по первой реакции применимо к относительно бедным рудам. Вторая и третья реакции применимы к концентратам и обогащенным продуктам;  $t^\circ_{\text{пл.}}$  киновари точно не известна, но лежит выше  $580^\circ$ ; окисление ее начинается при  $t^\circ$  ниже  $300^\circ$ , при  $350\text{—}400^\circ$  окисление идет энергично и при  $450^\circ$  очень быстро. Скорость окисления зависит от размера кусков руды и от ее пористости. Печи для обжига ртутных руд применяются следующих типов: 1) вращающиеся трубчатые печи; 2) печь Скотта; 3) многоэтажные механические печи типа Веджа (см. *Веджа печь*). Для переработки концентратов или весьма богатых руд применяются: 1) ретортные (посудные) печи; 2) печи Веджа. Большие (выше 100 т руды в сутки) пирометаллургические ртутные заводы в Америке за последнее время почти исключительно оборудуются вращающимися печами, преи-ущества к-рых состоят в большой производительности, возможности обжигать как кусковую руду, так и мелочь и в сравнительно легком регулировании. Они отличаются меньшей продолжительностью обжига (24 ч. и меньше). На фиг. 1 представлена схема вращающейся печи з-да Новой Идрии (Калифорния), где 1—железный цилиндр длиной ок. 16 м и диам. ок. 1,5 м (внешним), 2—бункер для руды, 3—питатель, 4—питательная труба, 5—приводной механизм, 6—

трубки для подогрева воздуха, 7—змеевик для подогрева нефти, 8—камера для обожженной руды, 9—разгрузочный затвор, 10—конденсационная камера, 11—глазурированные керамические трубы, 12—железные трубы, 13—пылевая камера. Внутри печь выкладывается огнеупорным кирпичом. Средняя часть печного пространства имеет  $t^{\circ} 600^{\circ}$ . Отходящие газы— $250^{\circ}$ . Стоимость трубчатой печи

устройство, пылесадительной установки Котреля и другой вспомогательной аппаратуры. Конденсация ртутных паров осуществляется в специальных устройствах.

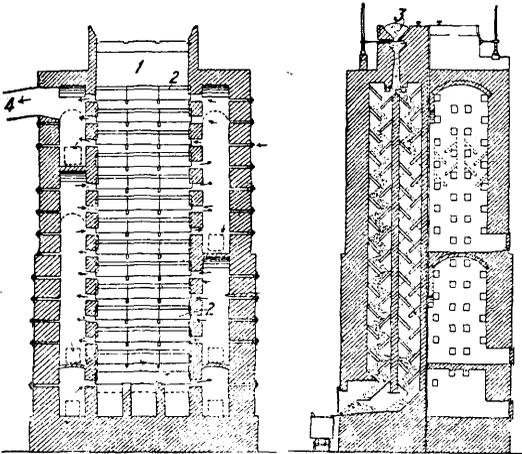
Фиг. 1.



(1914 г.) 457 долл. на 1 т суточной производительности, для которой построена печь. Стоимость обжига—1,02 долл. на 1 т. Механические печи Веджа редко употребляются (дорогое топливо и большое пылеобразование).

Шахтные печи Скотта (фиг. 2) раньше были широко распространены. В настоящее время они употребляются на небольших предприятиях. Они отличаются сравнительно хорошим использованием тепла, не требуют энергии для приведения в движение, не требуют фасонного кирпича и дают невысокую стоимость обработки. Печь представляет шахту 1 из огнеупорного кирпича, высотой около 8 м, снаружи выложенную красным кирпичом. Внутри печи устанавливаются полки 2 из огнеупорного кирпича. Руда засыпается сверху воронку 3 и движется зигзагообразно; 4—канал для отходящих газов; движение горячих газов указано стрелками. Внизу  $t^{\circ}$  достигает  $700^{\circ}$ , наверху  $250^{\circ}$ .

При пирометаллургич. обработке ртутных руд получаются газы, в состав которых входят продукты горения топлива, продукты дистилляции Р., рудная пыль. Для конденсации Р.  $t^{\circ}$  должны быть значительно ниже  $t^{\circ}_{\text{крит.}}$  Р. Для б. или м. полной конденсации  $t^{\circ}$  д. б. понижена по крайней мере до  $40^{\circ}$ . Для этого требуется значительная поверхность охлаждения газового потока. При хорошей постановке конденсации на современных з-дах потеря Р. в газах составляет около 5%. Железные трубы представляют весьма хорошую охлаждающую систему, если только не происходит значительного разъедания в результате присутствия кислотных газов; иногда трубы изнутри покрывают слоем цемента. Хороши в этом отношении керамиковые трубы, но они требуют весьма осторожного обращения: при быстром изменении  $t^{\circ}$  они легко трескаются и обычно менее плотны в местах соединения. Иногда употребляют трубы из бронзы или монель-металла, охлаждаемые водой. В Америке для первоначального охлаждения применяют большие кирпичные камеры; их складывают из красного кирпича на минимальном количестве цемента. За последнее время нашли себе применение (для камер) кафели, покрытые глазурью. На фиг. 3 представлена схема устройства конденсационной системы, где 1—пылеуловительные камеры, 2, 3, 4—конденсационные камеры, или трубы, 5—холодильники и 6—дымовая труба. В новейших устройствах перед конденсационной системой вводят электросадительное устройство по сист. Котреля, работающее на горячих газах, а между пылевой камерой и самой конденсацией устанавливают сепаратор (сист. «циклон»), отделяющий весьма полно остающуюся в газах пыль. Пыль, выделяемая перед конденсацией, поступает обратно в печь. В конденсационных устройствах улавливается отогнанная из печи Р. и, в случае присутствия сурьмы, летучие соединения последней ( $\text{Sb}_2\text{O}_3$  и  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ). Перед выходом в трубу газы обычно проходят через скрубберы, представляющие собой деревянные чаны, внутри которых имеются деревянные перекалдины или куски керамики. Внутри скрубберов распыливается вода: газы охлаждаются до  $20-40^{\circ}$  и в них улавливаются последние следы Р. Для усиления тяги в некоторых случаях устанавливают эксгаустеры. Извлечение Р. пирометаллургич. путем составляет в среднем 75%, хотя некоторые авторы дают и более высокие цифры (90—95%). Главный недостаток получения Р. пирометаллургич. путем—необходимость нагрева до  $t^{\circ} 700^{\circ}$  значительной массы

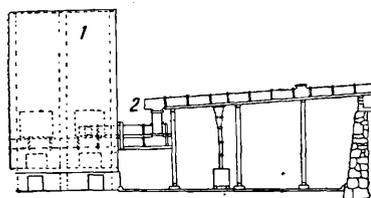


Фиг. 2.

Стоимость (1914 г.) на 40 т суточной производительности 12 000 долл., вспомогательных устройств—10 000 долл. Стоимость обработки 1 т руды 0,8 долл. Ретортные (муфельные) печи системы Мак-Кея весьма просты в эксплуатации, почти не требуют квалифицированной рабочей силы, удобны в случае расширения з-да, работают при  $t^{\circ} 400^{\circ}$ . Работа продолжается 12 час.; производительность 60—70 кг Р. Механич. печи отличаются большей стоимостью установки, усложняют схему технологич. процесса, требуют конденсационных

руды, к-рая содержит сравнительно небольшое (ок. 1%) количество извлекаемого полезного металла. Уже одно это может стимулировать искание более рациональных методов.

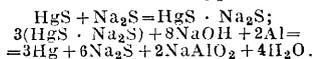
В последнее время применяют комбинированный метод с предварительным обогащением (флотационным и на столах) и последующей пирометаллургич. обработкой концентрата, осуществляемой путем дистилляции. Этим способом можно достигнуть весьма высокого извлечения Р. при стоимости флотационного обогащения 0,5—1,5 доллара на 1 т обработанной руды. Так, на Никитовской опытной обогатительной фабрике [1] получают концентраты, содержащие до 93% Р. (содержание Р. в руде равно 0,17% и ниже). До мировой войны ртутные руды с содержанием 0,4—0,5% считались непромышленными. Низкий уровень цен на Р. не давал возможности ввести обогащение их в промышленную практику. Начиная с 1915 г., на ряде месторождений Р. в Америке были построены обогатительные фабрики, что позволило



Фиг. 3.

значительно шире охватить и использовать природные запасы Р., с доведением предельного промышленного содержания Р. в рудах до 0,17%, а в некоторых случаях и ниже. Указанный процесс, хотя и упростил металлургию Р., но вместе с тем не ликвидировал вполне нек-рые отрицательные стороны, свойственные не только первому (чисто пирометаллургическому), но и второму (комбинированному) методу. К числу последних в первую очередь следует отнести: 1) опасность для жизни и здоровья процессов заводской отгонки Р. вследствие ядовитости ее паров, 2) потери Р. в процессе отгонки вследствие ее весьма низкой  $t_{кип.}$ .

Гидрометаллургия Р. Гидрометаллургич. метод извлечения Р. из руд предложил Мельголенд в 1911 г. Процесс извлечения Р. этим методом был применен к обработке отвалов хвостов, накопившихся после амальгамации богатых серебряных руд и концентратов на рудниках Буффало (С. Америка), где и было введено выщелачивание Р. растворами сернистого натрия с последующим осаждением ее из растворов посредством металлического алюминия по ур-ю:



По ур-ю последней реакции алюминием регенерируется весь  $\text{Na}_2\text{S}$ , находящийся в соединении с Р. в виде двойной соли. Так. обр. расход реагента в данном процессе определяется количеством раствора, удержанного в хвостах, адсорбционными потерями в хвостах и возможными механич. потерями растворителя в процессе самой обработки руды. Сравнительно быстрый процесс растворения Р. (8—10 мин.) позволил весьма упростить про-

цесс выщелачивания и обойтись без агитации пульпы. В случае применения процесса к хвостам, получаемым непосредственно после процесса гидрометаллургич. извлечения серебра, обработка руды сводится к следующему. На фильтре Мура набираются кэки, и раствор серебра отмывается водой. После этого рама с кэком погружается в 4%-ный раствор сернистого натрия, и раствор до тех пор просасывается через кэк, пока не закончится растворение Р. Обычно для этого на 1 т садки требуется 1 т раствора. Промывка водой при этом не производится, так как двойная сернистая соль Р. гидролизуется водой. Затем из раствора осажда-



ся ртуть посредством агитации с гранулированным алюминием.

По окончании агитации дают осадку отстояться и деаэрируют осветленный раствор. Осадок подвергается промывке в специальном чане с мешалкой и затем высушивается паром. После этого жидкая Р. отделяется от порошка, представляющего алюминиевую амальгаму. Жидкую Р. пропускают через ткань, и таким образом получают рыночный продукт. Из оставшейся массы (около 75% Hg) отгоняют Р. в небольшой реторте. Для целей осаждения утилизируют отходы алюминиевого производства (сплески, обрезки и др.). Кроме описанного случая применения выщелачивания к извлечению Р. были и другие случаи применения гидрометаллургии Р. в Калифорнии, в Мексике и в Канаде.

Впрочем до настоящего времени мокрый путь извлечения Р. еще не получил широкого распространения; повидимому это следует связать с установившейся методикой и аппаратурой пирометаллургии Р. Там, где имелась готовая гидрометаллургич. аппаратура цианистых заводов, процесс вводился достаточно успешно. Гидрометаллургия Р. как новый процесс еще не выявила тех затруднений, к-рые будут доминировать в заводском масштабе, но во всяком случае главнейшим явится необходимость защиты аппаратуры от разъедания щелочными растворами сернистого натрия. Следует упомянуть еще известные случаи извлечения Р. в СССР при цианировании хвостов после амальгамации (относятся к более раннему времени, чем описанные выше процессы). В процессе дальнейшего цианирования эфелей Р., находившаяся в соединении, легко растворялась в щелочном цианистом растворе и затем осаждалась при действии на него металлич. цинка.

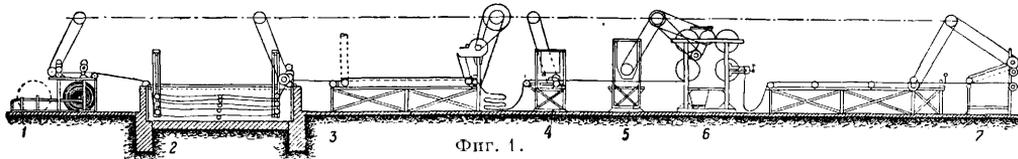
Применение гидрометаллургического метода извлечения ртути даст возможность одновременного извлечения сурьмы, нередко встречающейся в промышленных количествах в ртутных рудах.

Лит.: 1) Ракумов К., Ртутная опытная обогатительная фабрика в Никитовке, Л., 1931; 2) Лаксин И. и Филлипов А. И., Гидрометаллургия ртутных руд и концентратов, М., 1932; 3) Хов Г., Успехи в об-

ласти металлургии ртути за границы, «Цветн. Мет.», М., 1930, 3; Г о л у б к о в И., Доклад о развитии ртутного дела в Никитовке, «Труды I Всес. горн. съезда», М., 1926, т. 6; D u s c h a n L. a. S c h u e t t e C., The Metallurgy of Quicksilver, «Bull. Bureau of Mines», Wash., 1925, 222; D u s c h a n L. H., Improvements in the Metallurgy of Quicksilver, «Amer. Inst. of Min. a. Metallurgical Engin.», Techn. Publ., 1930, 264; M a i e r Ch. G., The Present Status of Our Quicksilver Industry, ibid.; T a f e l V., Lehrbuch d. Metallhüttenkunde, B. 2, Leipzig, 1929; N e u m a n n B., Zur Geschichte d. Quecksilbergewinnung, «Z. ang. Ch.», 1911, v. 34; B r a d l e y W., Quicksilver Resources of California, «Cal. State Min. Bur.», 1918, Bull., 78; M u h l h o l l a n d, Treatment of Low-Grade Cinnabar Ores, «Austr. Min. Stand.», 1911, v. 45; T h o r n h i l l E. B., Wet Method of Mercury Extraction, «Min. a. Sc. Press», 1915, v. 110; T h o r n h i l l E. B., The Recovery of Mercury from Amalgamation Tailings, «Trans. of the American Institute of Mining a. Metallurg. Engin.», N. Y., 1916, v. 52; M u t y l e r P., Mercury in 1928, «Dep. of Comm. Bureau of Mines», Wash., 1929.

И. Планин.

**РУБЕРОИД**, строительный материал, применяемый для кровли или изоляции и изготовляемый из специального тряпичного картона, двукратно последовательно обработанного пропиточной и покровной массой, состоящей из битумов нефтяного или естественного происхождения, асфальтов, асфальтитов, шерстяных или стеариновых пеков или смесью из них. Дать точную рецептуру пропиточной и покровной массы для Р. не представляется



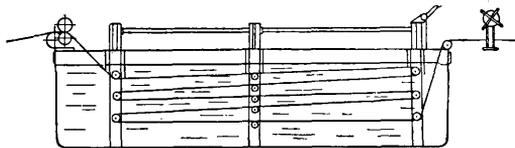
Фиг. 1.

возможным в виду чрезвычайно большого разнообразия применяемых для производства Р. битумов. Каждый раз при составлении рецептуры д. б. применен индивидуальный подход с учетом всех химич. и физич. свойств применяемого сырья. Ориентировочно при работе с русскими нефтяными асфальтами придерживаются следующей рецептуры. Для пропиточной массы: 40% нефтяного битума марки 40—70, 60% — марки 90—120. Для покровной массы: 85% нефтяного битума марки 10—30, 15% типа гильзонит. Р. должен быть с двух сторон обсыпан минеральным веществом равной степени измельчения, предохраняющим его от слипания в рулоне, а также с двух или с одной стороны покрыт более крупным минеральным веществом (дробленый сланец) для придания ему огнеупорности, прочности, изыщного внешнего вида, определенной окраски и других строительных качеств. Р. по своим физико-химич. свойствам, вытекающим из особенностей битумов, применяемых для его производства, при надлежащей выработке его, продолжительное время сопротивляется атмосферным воздействиям без периодического покрытия особым лаком и в течение длинного ряда лет сохраняет относительную пластичность, достаточную твердость и прочность при колебании зимних и летних температур, а также водонепроницаемость и кислотоупорность. Битумы, применяемые в производстве Р., не только прочно связываются с волокнами картона, но дают также чрезвычайно хорошее сцепление с бетоном. Указанный фактор, в сочетании с большой погодостойчивостью Р., дает ему большое преимущество перед всеми другими видами кровельных материалов в области работ по перекрытию железобетонных построек с плоскими кровля-

ми. Родиной Р. были США, откуда он постепенно распространился сначала в Германии, затем в Англии и наконец в России.

Производство Р. в настоящее время широко развито в Германии (ок. 70 млн. м<sup>2</sup> в г.) и в Америке (ок. 135 млн. м<sup>2</sup> в г.). В СССР в настоящее время вырабатывается ок. 8 млн. м<sup>2</sup> в год. Процесс производства рубероида заключается в следующем. Рубероидный картон в виде рулонов (фиг. 1, 1), весом 70—250 кг, подвезенный к пропиточной ванне, устанавливается на оси в особые подшипники, в к-рых он легко может вращаться при размотывании полотна. Т. к. картон содержит в своем составе влагу, причем количество ее благодаря гигроскопичности картона при его хранении во влажной атмосфере может увеличиваться, необходимо подвергнуть его перед поступлением в первую пропиточную ванну предварительному нагреванию. Это производится или пропуская его по обогреваемым паром цилиндрам или же путем протягивания его через особый сушильный шкаф, где он теряет часть своей влаги, а также повышает свою t° до 80°. Пройдя сушильный шкаф, полотно картона шириной в 1—2 м в зависимости от масштабов производства и типа

установленной аппаратуры поступает на пропитку в т. н. первую, или пропиточную, ванну (фиг. 1, 2). На современных рубероидных заводах пропиточная ванна представляет собой железный клепаный бак, в к-ром находится комплект направляющих вращающихся валцов, обеспечивающих полотну картона возможность путем изменения направления своего движения на 180° удлинять путь своего прохождения в ванне, а следовательно и время пребывания в ней. Схема движения полотна картона в пропиточной ванне представлена на фиг. 2. Время, необходимое для полной пропитки картона в первой ванне, зависит от качества картона, t° пропиточной массы и свойств пропиточной смеси, главным обр. ее вязкости. В среднем это время для толстых сортов картона при t° пропиточной массы в 180° определяется приблизительно 1,25 мин.



Фиг. 2.

Недалеко от ванны располагаются варочные котлы, в которых происходит варка как пропитываемой массы, так и мастики, служащей для покровного слоя Р. На современных крупных рубероидных з-дах, где имеется 10—12 варочных котлов, они обычно помещаются в особом помещении, что является целесообразным как по гигиеническим причинам, так и по причинам пожарной безопасности. Из варочного отделения как пропиточная масса в первую ванну, так и покров-

ная масса во вторую ванну подаются по мере надобности или самотеком или же чаще всего особыми ротационными насосами, с обогреваемыми электричеством корпусами, предотвращающими возможность застывания массы в корпусе насоса во время перерывов в работе. Температура размягчения пропиточной массы колеблется от 38 до 43° (по методу Кремер-Сарнова). Пройдя пропиточную ванну, полотно картона проходит через отжимные валики, расположенные над ванной,  $\varnothing$  в 250 мм, с электрическим или паровым обогревом до 180°, т. е. до  $t^{\circ}$ , равной максимальной  $t^{\circ}$  пропиточной массы в ванне. Назначение этих вальцов—хорошо отжать пропитанный картон, удалить с него излишек битумной массы. После отжимных вальцов полотно картона проходит воздушный холодильник (фиг. 1, 3 и фиг. 3), где оно охлаждается струей холод-



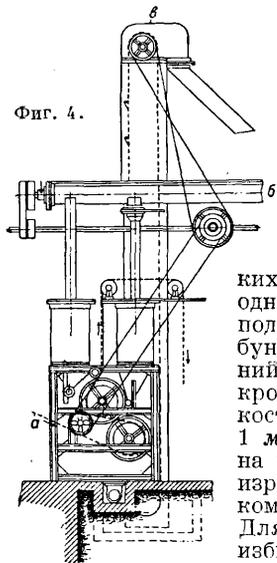
Фиг. 3.

ного воздуха, нагнетаемого вентилятором против движения ленты по принципу противотока, для увеличения интенсивности охлаждения. При небольшой теплопроводности битумов нельзя достигнуть полного охлаждения ленты картона, к-рая понижает свою  $t^{\circ}$  гл. обр. с поверхности. Это понижение  $t^{\circ}$  является особо важным условием хорошего сцепления покровного слоя с пропитанным картоном. Пройдя воздушный холодильник, пропитанный картон проходит

над т. н. покровной, или второй, ванной (фиг. 1, 4), в к-рую полотно не погружается, а лишь снизу отжимным валиком, наполовину погруженным в ванну, на него наносится с нижней стороны покровный слой смеси высокоплав-

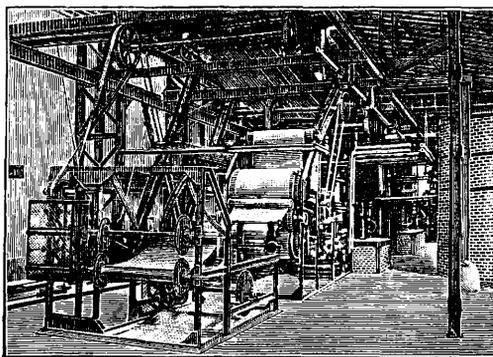
ких битумов, причем одновременно сверху из подвешенного над ванной бункера наносится верхний покровный слой. Покровная ванна имеет емкость всего лишь около 1 м<sup>3</sup>, почему она должна постоянно пополняться израсходованную валиком пскрывающую массу. Для этого и служит тот избыток массы, к-рый поступает из верхнего бун-

кера на поверхность полотна и не удерживается этой поверхностью, а стекает в момент прождения через отжимные валики в ванну. Покровная масса состоит из нефтяных асфальтов, значительно более высокоплавких, чем таковые в пропиточной массе:  $t^{\circ}$  размягчения ее ок. 80—90° (по Кремер-Сарнову). Пройдя покровную ванну, полотно Р. посыпает тальком, что производится на особом аппарате, называемом



Фиг. 4.

талькоопылителем (фиг. 1, 5 и фиг. 4, где а—лента Р., б—подача талька, в—элеватор для обратного талька). Талькоопылитель состоит из охлаждаемых водой барабанов и бункера с тальком, снабженного валиками для лучшего распыления талька. Посыпанная тальком лента Р. направляется для полного охлаждения на систему охлаждаемых водой цилиндров (фиг. 1, 6). Число этих цилиндров бывает от 4 до 8. Необходимость достаточного охлаждения ленты Р. вытекает из способности битумов, даже посыпанных тальком, слипаться в еще не совсем холодном состоянии. После охлаждения лента Р. поступает на резательный аппарат (фиг. 1, 7) для резки ленты в продольном (если ее ширина более 1 м) и поперечном направлениях. Резка ленты в продольном направлении производится дисковыми ножами, а в поперечном—при помощи особого автоматич. аппарата, который имеет счетчик длины и режет ленту на куски по 20 м<sup>2</sup>. Разрезанная лента Р. сматывается на один из валиков намоточного приспособления. После некоторого выстаивания в помещении Р. упаковывается при помощи особых упаковочных станков. На фиг. 5 представлен общий вид рубероидной машины. Все составные части одного рубероидного агрегата, как то: отжимные вальцы пропиточной и покров-



Фиг. 5.

вальной ванны, холодильные барабаны, счетчик длины,—приводятся в действие от одного мотора, соединенного с трансмиссионной установкой. Мощность мотора ок. 15 HP.

В СССР рубероид вырабатывают трех номеров, отличающихся один от другого весом 1 м<sup>2</sup> картона, из к-рого он изготовлен, а именно: № 1—700 г, № 2—550 г и № 3—400 г. Основным условием доброкачественности Р. является равномерность и тщательность его пропитки битумной смесью. Разрез рубероида не должен иметь каких-либо светлых прослоек, указывающих на недостаточную пропитку. В состав смеси для пропитки и покрытия могут входить нефтяные и природные асфальты, асфальтиты, шерстяные и стеариновые пеки. Не допускается в обеих смесях присутствие каменноугольных, древесных, торфяных, сланцевых и бурогольных дегтей. При испытании на разрыв на аппарате Шопера (см. *Бумаги испытание*) полоса Р. шириной в 50 мм при длине 180 мм должна выдерживать для № 1 не менее 40 кг, для № 2 не менее 34 кг и для № 3 не менее 28 кг. Р. должен отличаться также достаточной пластичностью, а именно, полоска его шириной в 50 мм должна выдерживать, не ломаясь и не

давая сквозных трещин, навивание на круглый стержень диаметром в 10 мм при  $t^{\circ} = 15 \div 20^{\circ}$ , после нагревания в воздушном шкафу в течение 7 час. при  $70^{\circ}$  и последующего охлаждения. При нагревании в сушильном шкафу образца Р., подвешенного вертикально, при  $t^{\circ} 80^{\circ}$  в течение 5 ч. битум из него не должен вытекать, потери в весе при этом не д. б. более 0,5%. Р. должен быть водонепроницаем под давлением столба воды высотой в 20 мм, в продолжение 30 суток. Отношение веса картона, принятого за единицу, к весу всех битумов д. б. для № 1 не менее 1 : 1, 7, для № 2 не менее 1 : 1,9 и для № 3 не менее 1 : 2,2. Суммарный вес битума двухпокровных слоев д. б. не менее 400 г на 1 м<sup>2</sup> Р.

Лит.: Лихонин В. А., Производство рубероида, Москва, 1930; Воробьев В. А., Материаловедение по толево-рубероидной промышленности, М., 1930; е го же, Кровельный толь и рубероид, ч. 1, М., 1930; Ив Б. Т., Основы производства рубероида, «СП», 1928, 10; Воробьев В. А., Стандартизация рубероида, «Строительные материалы», Москва, 1930, 7—8; Рубероид, Краткое описание свойств рубероида и его применения в строительном деле, Л., 1931; E l b e n A., Die Fabrikation teerfreier Dachpappen, Berlin, 1924; E l b e n A., Die Fabrikation farbiger teerfreier Dachpappen, B., 1925; M a l c h o w W. und M a l l i s s o n H., Die Industrie der Dachpappe und verwandte Stoffe, Halle a/S., 1928; Н о у е r F., Die Dachpappenfabrikation, Stuttgart, 1927; Nonmetallic Materials, American Society for Testing Materials Standards, Washington, 1927. **В. Воробьев.**

**РУБИДИЙ**, Rb, химич. элемент подгруппы щелочных металлов I группы периодич. системы. Ат. вес 85,44 (изотопы 85 и 87), порядковый номер 37. Открыт в 1861 г. Кирхгофом и Бунзенем с помощью спектрального анализа в минеральных водах из Дюркгейма и в минерале лепидолите. Назван ими по характерным линиям в красной части спектра (rubidus—лат., темнокрасный). Р. мягкий (как воск) металл белого цвета. Удельный вес твердого Р. 1,53 при  $20^{\circ}$ , жидкого 1,475 при  $38,5^{\circ}$  ( $t^{\circ}_{пл.}$ ),  $t^{\circ}_{кип.}$   $700^{\circ}$ , пары Р. голубоватого цвета. Элементарный Р. (так же, как и все его соединения) слабо радиоактивен. Период полураспада определен в 10 лет в пять раз меньше, чем у калия). Распространение Р. в природе характеризуется большой распыленностью. Среднее содержание в метеоритах (только в силикатных)  $4,5 \cdot 10^{-6}$ , в литосфере  $3,4 \cdot 10^{-5}$ . Единственным специфическим минералом является весьма редкий р о д и ц и т (сложный борат алюминия, бериллия и щелочных металлов). В крайне незначительных количествах Р. найден в многочисленных минералах, напр. в полевых шпатах, лейците, трифиллите, сподумене, и в минеральных водах, в к-рые он попадает в процессе выветривания маточных пород и минералов. Во всех случаях он обычно сопровождается калий, литий и цезий. Один из самых богатых Р. минералов—лепидолит, содержащий до 3% Rb<sub>2</sub>O (обычно лишь доли процента). Карналлит некоторых участков рудников в Амерслевене (см. Калийные соли) содержит 0,024—0,035% RbCl. Т. о. при годичной добыче 2 млн. т карналлита в почву с калийными удобрениями попадает ок. 700 т хлористого Р. В некоторых растениях (в табаке, сахарной свекле, чае) Р. скопляется и м. б. легко обнаружен в их золе. Элементарный Р. может быть получен путем перегонки углекислого Р. с углем, электролиза хлористого Р., восстановления гидроокиси Р. металлич магнием или хлористого Р. металлич. кальцием или же прокаливанием виннокислого Р. Средство Р. к кис-

лороду большее, чем у калия: Р. самовозгорается не только при соприкосновении с водой, но и в сухом кислороде. В последнем случае продуктом реакции является смесь окислов: бледножелтого Rb<sub>2</sub>O и более темного RbO<sub>2</sub>. Чистая перекись RbO<sub>2</sub> при прокаливании в вакууме образует черную трехокись Rb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. При взаимодействии металлич. Р. с водой образуется гидроокись RbOH, которую в чистом виде легче получить из сульфата Р. путем обработки его гидроокисью бария.

Почти все соединения Р. являются производными окиси Rb<sub>2</sub>O и весьма сходны с аналогичными соединениями калия, с которыми они в большинстве случаев изоморфны. Важнейшее отличие от солей калия, имеющее большое значение для процесса выделения солей Р. (обычно вместе с аналогичными солями цезия) путем дробной кристаллизации,—относительно меньшая растворимость многих солей Р. Для процесса фракционирования (поскольку в гл. образом алюминийевыми квасцами Rb-Al(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 12H<sub>2</sub>O (растворимость 2,3 г на 100 г воды при  $17^{\circ}$ ), из хлоратом рубидия RbClO<sub>4</sub> (растворимость 1,09 г на 100 г воды при  $20^{\circ}$ ), кислым тартратом и рядом двойных и комплексных солей, напр. хлороплатиновой Rb<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub> (растворимость 0,20 г на 100 г воды при  $20^{\circ}$ ), кремнефтористой Rb<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> и борфтористой RbBF<sub>4</sub>. Р. обнаруживает большую склонность к образованию комплексных солей с галоидами.

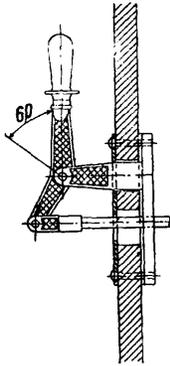
Характерные реакции для качественного химич. определения Р. неизвестны. Для качественного и количественного определения Р. в минералах и породах целесообразнее всего пользоваться спектральным анализом. Характерные линии: α (фиолетовая) 4 204 Å, β (синяя) 4 216 Å, γ (красная) 7 799 Å и δ (красная) 7 950 Å. В ходе обычного химического анализа Р. выделяет вместе с калием и цезием, превращают в одну из упомянутых труднорастворимых солей, а затем фракционируют. Для отделения Р. от цезия его осаждают в виде хлористой соли Р. и олова. Для количественного определения чистых соединений Р. пользуются сульфатом, хлоридом или хлороплатинатом.

Применение Р. весьма ограничено. Небольшие количества его солей применяются в производстве светящихся составов. Имеются предложения применять бромистые соли в медицине взамен соответствующих солей калия. Распространено применение солей Р. (наравне с солями цезия) в качестве реактивов в микрохимич. анализе. В последнее время начинают применять металлич. Р. при производстве фотоэлементов. Добыча соединений Р. производится (за отсутствием спроса) лишь в крайне небольших масштабах, в то время как богатыми промышленными ресурсами могли бы быть маточные щелока от переработки калийных солей и отходы от производства соединений лития (например из сподумена и лепидолита). Стоимость 1 г RbCl колеблется от 15 до 25 америк. центов.

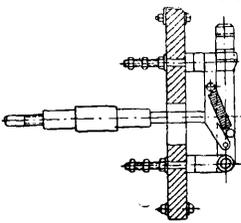
Лит.: Меншуткин В. Н., Курс общей химии, 3 изд., стр. 220—223, М.—Л., 1930; Менделеев Д., Основы химии, 9 изд., т. 2, стр. 28—30 и 250—256, М.—Л., 1928; Х л о п и н В., Рубидий и цезий, «НН», т. 2, стр. 225—226, Л., 1927; Шеллер В. Р. и П о у э л А. Р., Анализ минералов и руд, содержащих редкие элементы, пер. с англ., стр. 43—46, Л., 1928; H o r k i n s B. S., Chemistry of the Rare Elements, p. 50—52, New York, 1923; F r e s e n i u s L., «Zeitschrift analyt. Chem.», Mch., 1931, p. 86, 182; S a n t e m M e l l e r R., «Chemical Age», New York, 1924, v. 22, 566 (Metall. Sect.); T h o r p e E., A Dictionary of Applied Chemistry, v. 5, p. 714—716, 1924; Abegg's Handbuch d. anorganischen Chemie, V. 1, Abt. 1, p. 419—436, Leipzig, 1908; M e l l o r J. W., A Comprehensive Treatise on Inorganic A. Theoretical Chemistry, v. 2, London, 1922. См. также Цезий. **Е. Кронман.**

**РУБИТЬНИК**, рубящий выключатель (см.), служащий для размыкания и замыкания электрич. тока в цепях низкого напряжения. В зависимости от количества одновременно замыкаемых проводов различают одно-, двух- и трехполюсные Р. Трехполюсный Р. (фиг. 1) состоит из трех медных ножей, повертывающихся около осей в нижних контактных пластинах. Верхние 3 конца ножей жестко сое-

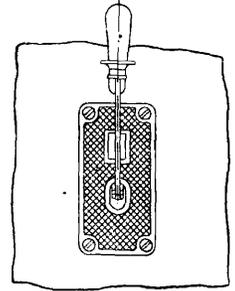
динены траверсой из изолирующего материала. На траверсе пазажена рукоятка. Ножи врубаются в пружинящие контакты и удерживаются в последних трением. Нижние и верхние контакты Р. укреплены на плите (марморной или шиферной) медными проходными болтами, служащими одновременно для присоединения к ним кабельных наконечников проводов. Плита делается и железной, но тогда между токоведущими частями Р. и доской прокладываются изолирующие пластины и трубки. Р. может быть выполнен для присоединения проводов спереди доски. Р. для установки на лицевой стороне щита выполняют без плиты. В таблице даны размеры трехполюсных Р. до 550 В и для сил тока 60—1 500 А.



ствляется при помощи двух вспомогательных ножей, скользящих по внешней боковой стороне пружинящего контакта. Вспомогательные ножи соединены с главным ножом пружинами. При отходе главного ножа из пружинящего контакта обе пружины натягиваются, и как только сила натяжения пружины превысит сопротивление трения вспомогательных ножей о пружинящий контакт, вспомогательные ножи выскакивают, быстро разрывая образующую дугу. Вспомогательные ножи вследствие допускаемой большей плотности тока для них имеют значительно меньшие размеры, чем у главного ножа, и устроены так, что легко м. б. заменены новыми. Р. с мгновенным выключением строят в СССР одно-, двух- и трехполюсными для сил тока 25—600 А и до 550 В.



Фиг. 3.



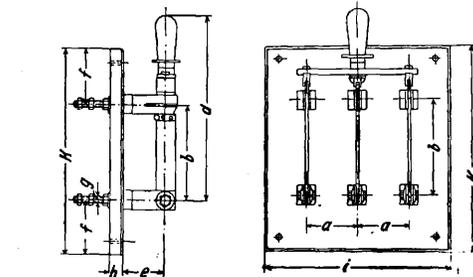
Размеры трехполюсных рубильников ВЭО (в мм).

Сила тока в А	a	b	d	e	g в дм.	h	k
60	50	80	200	35	5/16	15	185
100	60	100	250	40	5/8	20	230
200	70	120	300	50	1/2	25	270
350	80	140	350	60	5/8	25	310
600	100	180	450	80	7/8	25	340
1 000	120	220	550	100	1 1/8	30	420
1 500	150	280	700	120	1 1/8	35	500

Для защиты обслуживающего персонала от дуг, могущих образоваться при выключении и от прикосновения к частям Р., находящимся под напряжением, Р. снабжаются защитными кожухами из изолирующего материала. Р. с защитным кожухом, установленный на лицевой стороне распределительного щита, портит внешний вид щита, кроме того условия гашения дуги под кожухом менее благоприятны. Поэтому предпочтительнее токоведущие части Р. помещать сзади щита. На лицевой же стороне щита устанавливают привод для оперирования Р. На фиг. 3 изображено подобное исполнение Р. Доска Р. крепится к железной конструкции щита, на фигуре не показанной. Ножи Р. соединяются с рычажным приводом железной тягой, пропу-

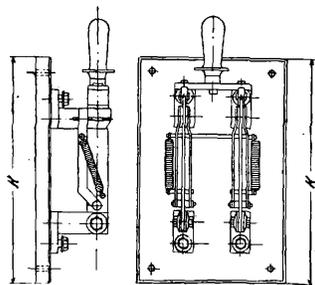
Во избежание появления продолжительной вольтовой дуги между ножом и пружинящим контактом Р. во время выключения и для

предохранения главного ножа от ее воздействия применяют Р. с мгновенным выключением. Благодаря быстрому отключению контакты Р. не подвергаются скорому изнашиванию, а в месте разрыва контактов не образуется заметного количества металлических паров, ухудшающих условия гашения дуги. Р. с мгновенным выключением применяются в цепях постоянного тока, которые являются наиболее неблагоприятными в отношении образования вольтовой дуги.



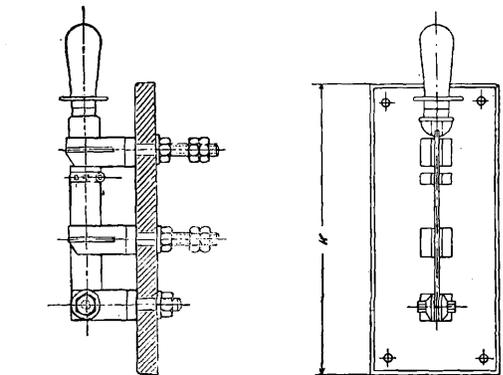
Фиг. 1.

предохранения главного ножа от ее воздействия применяют Р. с мгновенным выключением. Благодаря быстрому отключению контакты Р. не подвергаются скорому изнашиванию, а в месте разрыва контактов не образуется заметного количества металлических паров, ухудшающих условия гашения дуги. Р. с мгновенным выключением применяются в цепях постоянного тока, которые являются наиболее неблагоприятными в отношении образования вольтовой дуги.



Фиг. 2.

На фиг. 2 изображен двухполюсный Р. с мгновенным выключением. Последнее осуществ-

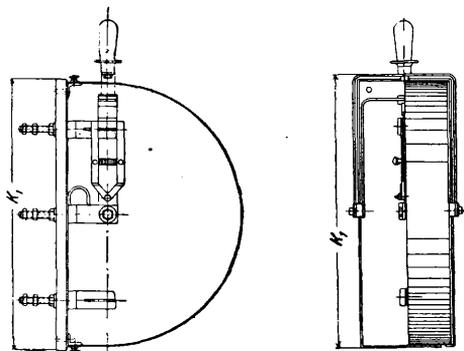


Фиг. 4.

щенной через панель щита. В таком исполнении Р. строят в СССР одно-, двух- и трехполюсные и 100—4 000 А при 550 В.

На фиг. 4 изображен однополюсный Р., у которого поворотный пункт не является токоведущим. Оперирование таким Р. производится только под напряжением, но не под током.

На фиг. 5 изображен однополюсный переключатель Р. (переключатель). Ток, подведенный к контакту, около к-рого повертывается нож, идет через нож к верхнему или нижнему контакту в зависимости от того, в который контакт врублен нож. При применении защитного кожуха рукоятка Р. крепится в скобе, расположенной снаружи кожуха.



Фиг. 5.

При повертывании скобы повертывается нож, жестко с ней соединенный. Во избежание коротких замыканий (вследствие появления устойчивой вольтовой дуги) нижние контакты в переключателях не должны употребляться для выключения под нагрузкой. Подобный переключатель м. б. выполнен для переключения без перерыва тока. В этом случае предусматриваются два ножа, жестко соединенные между собой и расположенные один относительно другого под тупым углом с таким расчетом, чтобы первый нож врубился в пружинящий контакт до того, как второй нож выйдет из контакта. В цепях до 250 В нашими Р. можно выключать полный рабочий ток, равный номинальной силе тока рубильника при полном рабочем напряжении. В цепях 250—500 В Р. можно выключать полный рабочий ток при следующих условиях. При постоянном токе 550 В полный рабочий ток м. б. выключаем лишь в цепях с противоэдс, напр. в цепях шунтового электродвигателя параллельно работающего динамомашин и аккумуляторных батарей, так как между контактами Р. в момент выключения не может возникнуть напряжение, достаточное для поддержания сколько-нибудь мощной дуги. Для цепей, не имеющих противоэдс (осветительная сеть), предельные силы токов выключения должны быть значительно ниже: до 10—25% номинальной силы тока Р. Цепи с индуктивной нагрузкой или вовсе избегают выключать Р., устанавливая для этой цели воздушные автоматические выключатели, или выключают Р. возможно минимальные силы тока, вводя для этого в цепь реостаты.

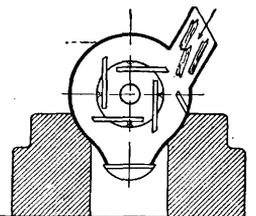
При переменном токе допускается выключение цепей под полной нагрузкой и при полном напряжении, однако (за исключением сильно индуктивных цепей (тихоходные асинхронные электродвигатели). Отклонение Р. асинхронных двигателей должно производиться при замкнутых кольцах якоря, равно как и отклонение трансформаторов на стороне высокого напряжения должно происходить при включенной на сеть обмотке низкого напряжения, так как в противном случае рубильником пришлось бы отключить индуктив-

ный ток под напряжением значительно выше рабочего напряжения. При переменном токе низкого напряжения нет надобности в мгновенном выключении, так как переход эдс через нулевое значение, совершающийся за период выключения несколько раз, создает весьма благоприятные условия для гашения дуги, а потому процесс выключения может происходить более замедленным темпом, чем при постоянном токе. Отказ от мгновенного выключения имеет за собой еще то основание, что большинство цепей содержит самоиндукцию, а мгновенное отклонение таких цепей вызывает сильные перенапряжения, могущие пробить изоляцию проводников. Тем не менее в цепях переменного тока для небольших мощностей устанавливают рубильники с мгновенным выключением. Последние лучше приспособлены для обслуживания неквалифицированным персоналом, так как самый механизм их гарантирует, что процесс выключения не будет происходить с недопустимой медленностью. Преимущества же немгновенного выключения при малых силах тока не имеют сколько-нибудь существенного значения. Необходимым условием для хорошего действия Р. является: плотное прилегание ножа Р. к внутренним боковым поверхностям пружинящего контакта; достаточная площадь соприкосновения контактов для того, чтобы  $i^2$  контактов и остальных частей Р. не превысила установленных границ (см. *Выключатель*). В распределительном устройстве Р. устанавливают так, чтобы образующаяся дуга не могла причинить вреда другим аппаратам и не могла повести к коротким замыканиям, имеющим место, когда металлические части распределительного устройства располагаются слишком близко над Р.

Лит.: Лютер Р. А., Электрич. силовые установки, Л., 1936; Поляков М. Ф., Электрич. станции городских и фабрично-заводских, М.—Л., 1930; Сушкин Н. И. и Глазунов А. А., Центральные электрич. станции и их электрическое оборудование, 2 издание, М.—Л., 1929. А. Попов.

**РУБИЛЬНЫЕ МАШИНЫ**, специальные машины для измельчения древесных отходов, предназначенных для топлива. Для получения наибольшего эффекта при сжигании этих отходов необходимо, чтобы куски топлива были примерно одного и того же размера и равномерно подавались в топку. Р. м. рубят древесные отходы на удобные размеры для механич. транспортировки и сжигания. Эти машины разрушают древесные отходы поперек волокна на куски 30—70 мм длиной.

Машина представляет собою литой кожух (фиг.), внутри к-рого вращается двухконусный тяжелый барабан, несущий на себе с каждой стороны по 4—5 шт. ножей. Между конусами барабана к основной части кожуха прикреплен на болтах неподвижно лежащий тяжелый стальной нож. Через входной жолоб в кожух поступает неиспользованная древесина (рейки, горбыли, обрезки досок и т. д.) и, попадая между неподвижным ножом и вращающимися ножами конусов, измельчается на мелкие куски. Разрубленный материал через отводящее отверстие кожуха падает в особый лоток, а из него по жолобу



транспортера в кочегарку или к складу. Р. м. строятся трех типов с ножами шириной 160, 230 и 280 мм. Характеристика их приведена ниже.

Ширина ножа, мм . . . . .	130	230	280
Число ножей . . . . .	4	5	5
Длина желоба, мм . . . . .	180	180	280
Ширина желоба, мм . . . . .	150	200	150
Производит. в 8 ч., м <sup>3</sup> . . . . .	64	160	200
Потребная мощность, НР . . . . .	7—10	1—20	25—40
Вес, кг . . . . .	740	1 560	2 000

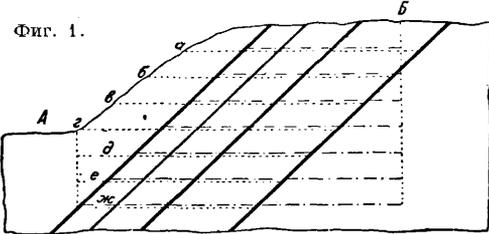
В последнее время в США стали заменять ножи молотками, к-рые шарнирно прикреплены к особым шайбам, насаженным на вал машины. Такая замена имеет то преимущество, что молотки могут работать до 6 мес. без смены, в то время как ножи должны меняться для точки через каждые 6—8 ч., а кроме того молотки не портятся в тех случаях, когда в Р. м. попадает гвоздь или куски железа.

Лит.: Песоцкий Н., Лесоциальное дело, М.—Л., 1930; Крoль А., Лесоциальное производство, Москва—Ленинград, 1930. В. Гессен.

### РУБИН, см. Корунд.

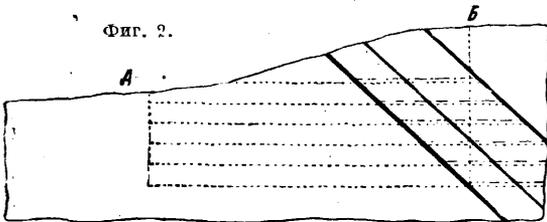
**РУДНИК**, в узком смысле—одна или несколько шахт, соединенных между собою проведенными по определенному плану подземными выработками, в широком смысле—совокупность горных выработок и надземных сооружений, осуществленных в целях эксплуатации месторождения полезных ископаемых и объединенных одним административно-технич. управлением. Размеры Р., его годовая производительность д. б. согласованы с запасом полезного ископаемого, к-рое он должен выработать в определенный срок, 15—25 лет.

Фиг. 1.



Когда размеры Р. определены, приступают к выбору места заложения шахт на данном месторождении. Выбор места для шахт зависит от топографии местности и геологических условий залегания полезного ископаемого, при этом д. б. приняты во внимание и условия транспорта. Условия залегания пластов—наиболее важный фактор, определяющий выбор места для шахт. Если топография местности благоприятствует заложению штолен, и падение пластов согласное с уклоном местности, то необходимо использовать это благо-

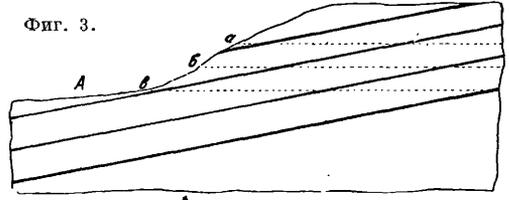
Фиг. 2.



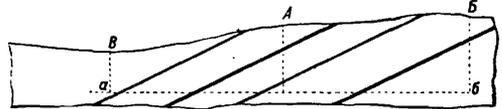
приятное топографич. условие и расположить Р. в пункте А (фиг. 1). При таком расположении Р. верхние части месторождения м. б. выработаны отдельными короткими штольнями а, б, в, а нижние—шахтой г с квершлагами д, е, ж—тоже незначительной длины.

При расположении же Р. в пункте В квершлаг по мере углубления работ будет удлиняться. При падении пластов, направленном в сторону, обратную уклону местности, рудник выгоднее расположить на возвышенности (фиг. 2, пункт В); при расположении же рудника в пункте А длина штолен, квершлагов по

Фиг. 3.

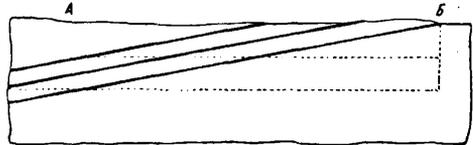


мере углубления работ будет увеличиваться. При уклоне местности, большем угла падения пластов, верхние части месторождения выгоднее выработать шахтами, которые м. б. расположены и на возвышенности (фиг. 3); разработка этих частей штольнями а, б, в представляла бы технические трудности вследствие громадной величины полей по восставанию. Для разработки нижних частей месторождения рудник должен быть расположен в пункте А. Если уклон местности меньше угла



Фиг. 4.

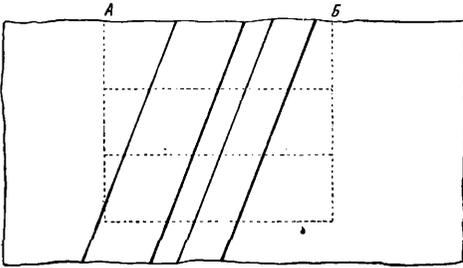
падения пластов, то верхние части месторождения бывает выгодно выработать штольнями. Если местность представляет весьма пологий склон, рудник располагают где-либо в среднем пункте А (фиг. 4), т. к. при расположении Р. на возвышенности (пункт В) для вскрытия одних и тех же пластов, напр. до горизонта ab, пришлось бы провести более глубокую шахту; при расположении же в низком пункте В увеличивается опасность проникания воды через шахты в подземные выработки. При пологом падении свиты пластов Р. располагают в всячем боку месторождения (фиг. 5, пункт А); при расположении



Фиг. 5.

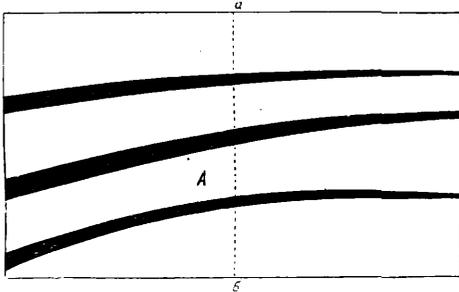
в лежащем боку, например в пункте В, длина квершлагов по мере углубления работ будет слишком велика, что отразилось бы на повышении стоимости добытого продукта. При крутопадающих пластах (фиг. 6) Р. выгоднее располагать в лежащем боку (пункт В); при этом, хотя квершлаг будут несколько длиннее, чем при расположении в всячем боку (пункт А), зато месторождение может быть более полно выработано: отпадает необходимость оставлять предохранительные целики около шахты и под рудничными сооружениями. В отношении простирания месторождения Р. может быть расположен или по линии, делящей простирание пластов пополам (с обеих сторон Р. будет находиться приблизительно

одинаковый запас полезного ископаемого), или в ц. т. масс полезного ископаемого, напр. при изменении мощности пластов по простиранию (фиг. 7, пункт А; линия *а*б делит месторождение по простиранию пополам); в этом случае больший запас ископаемого бу-



Фиг. 6.

дет находиться ближе к шахте, что отразится на удешевлении откатки. Если месторождение представляет антиклинальную складку, верхняя часть которой смята, то рациональнее расположить Р. на каком-нибудь крыле складки, например в пункте А (фиг. 8), чем

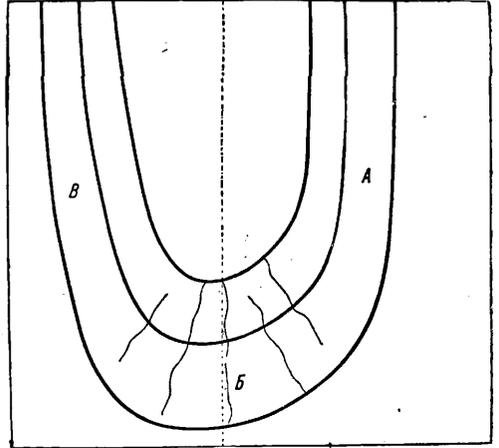


Фиг. 7.

вблизи оси складки (пункт В), где наблюдается нарушение в пластах—разрывы, сбросы и т. п. Другое крыло складки может быть выработано при помощи квершлага или независимо от первого рудником В. В отношении условий транспорта Р. должен быть так расположен, чтобы подъездной путь, соединяющий его со станцией отправления, мог быть проведен с минимальными уклонами, максимальными радиусами закругления и по возможности без тупиков.

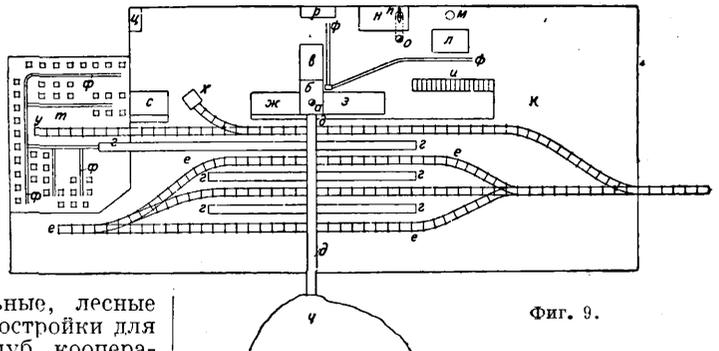
Разбивка Р. К поверхностным сооружениям Р. относятся: надшахтное здание, машинное здание, кочегарка, ремонтные мастерские, электрическая станция, мойки и сортировки, ламповая, материальные, лесные и динамитные склады, жилые постройки для рабочих, контора, больница, клуб, кооператив, школа, рельсовые пути, эстакады, погрузочные площадки и другие сооружения. Центральным пунктом на Р. является подъемная шахта; все технические, хозяйственные и жилые постройки должны быть так расположены на Р., чтобы пользование ими было удобно и не вызывало лишних накладных расходов. На фиг. 9 приведена схема расположения Р., рассчитанного на б. или м. значительную добычу. Подъемная шахта а оборудуется подъемными сооружениями и соответствующими

производительности шахты паровыми или электрическими машинами. Над устьем шахты устанавливается деревянный или металлич. копер а (фиг. 10) высотой 6—30 м; подпорная нога его устанавливается по направлению равнодействующих сил, действующих на копер. Надшахтное здание б (фиг. 9 и 10) имеет обыкновенно не менее двух этажей; в первом этаже на уровне поверхности земли устраивается нижняя приемная площадка, а во втором этаже—верхняя приемная площадка. Высота первого этажа должна быть достаточной, т. к. с нижней площадки производится



Фиг. 8.

спуск в шахту громоздких предметов и крупного леса; на верхней площадке производится разгрузка клетей, спуск порожних вагончиков, мелкого леса и рабочих. Возле надшахтного здания возводится машинное здание в для подъемных машин с кочегаркой (если подъем паровой), чаще же всего, а на новых шахтах исключительно, подъем электрический, и тогда кочегарка отсутствует. Выданное «на гора» добытое ископаемое откатывается в вагончиках до определенных пунктов по эстакадам з; при нескольких параллельно

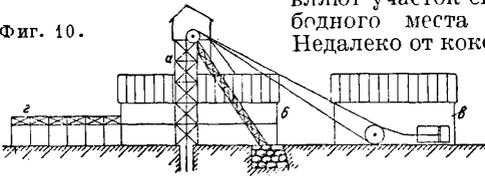


Фиг. 9.

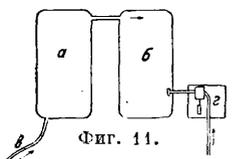
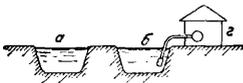
расположенных эстакадах они соединяются общей поперечной эстакадой д (фиг. 9); возле каждой эстакады устраиваются погрузочные площадки, а между ними прокладываются жел.-дор. пути е. Погрузочная площадка д. б. горизонтальная; направления подъездных путей д. б. близкими к направлению горизонталей. При ручной нагрузке погрузочные пути обычно располагают в небольшой выемке или погрузочная площадка насыпается выше уровня поверхности земли. Если полезное

ископаемое необходимо предварительно подвзвргнуть обогащению, то рядом с надшахтным зданием устраивают обогатительные устройства—сортировку *ж* и мойку *з*; вблизи мойки, если добывается коксующийся уголь, устраивают коксовые печи *и*; тогда мытый уголь кратчайшим путем поступает на коксовые печи. Для склада кокса или расширения коксового производства за коксовыми печами оставляют участок свободного места *к*. Недалеко от коксо-

Фиг. 10.



вых печей рационально устраивать кочегарку *л* с дымовой трубой *м*; в этом случае можно использовать тепло продуктов горения коксовых печей. Рядом с кочегаркой можно расположить здание электрической станции *н*. Вентиляционную шахту удобно поместить в пункте *о*, с тем, чтобы вентилятор *и*, двигатель и компрессоры поместить в здании электрической станции. В этом случае будет достигнуто удобство надзора за машинами. Недалеко от подъемной шахты располагают мастерские *р*, а в пункте *с*—рудничный магазин для хранения разных материалов и горных инструментов. Большую площадь отводят под лесной склад *т* с 3—4-месячным запасом лесных материалов; чтобы выгрузка лесных материалов из вагонов не мешала маневрам и погрузке ископаемого, на лесном складе устраивают туник *у*. На лесном складе, а также к кочегарке и к мастерским укладывают откаточные пути *ф*. На больших *Р.* для чистки и ремонта паровозов устраивают небольшое депо *х*. По пути в рабочую колонию располагают ламповую *ц*. Место для отвалов пустой породы *ч* отводят с наветренной стороны от *Р.* и колоний жилых построек, т. е. отвалы вследствие содержания в них горючих веществ и серного колчедана загораются и выделяют вредные для здоровья газы. Пустой породой при неровной местности заполняют ближайшие овраги; если же местность ровная и поверхность нужна *Р.*, то породу сваливают в виде конусного холма (т. н. терриконик). Для хранения взрывчатых веществ устраивают динамитный погреб—здание, обнесенное земляным валом; по обязательным правилам динамитный погреб должен отстоять от технич. и жилых построек не менее чем на 500 м. Колония жилых построек располагается в таком месте, где разработка полезного ископаемого не будет производиться, иначе пришлось бы под ними оставлять предохранительные пелики или же вследствие осадки почвы над выработанными пространствами часто ремонтировать здания. Бanya устраивается или вблизи колонии или вблизи шахты. Больница должна отстоять от жилых помещений не ближе 300 м. Для технических нужд часто на *Р.* устраивают пруд; если используют шахтную воду, то устраивают два пруда *а*, *б*



Фиг. 11.

на должна отстоять от жилых помещений не ближе 300 м. Для технических нужд часто на *Р.* устраивают пруд; если используют шахтную воду, то устраивают два пруда *а*, *б*

(фиг. 11); в канаве *в* вода лишается механических примесей, в пруде *а* вода отстаивается; водокачкой *г* осветленная вода из пруда подается к местам потребления.

Лит.: Бок и В. И., Ирантяч. курс горного искусства, т. 1, 4 изд., М.—Л., 1928, т. 3, М.—П., 1923; Справочник по каменному делу, под редакцией А. А. Скопинского, Харьков, 1929.

И. Мушенко.

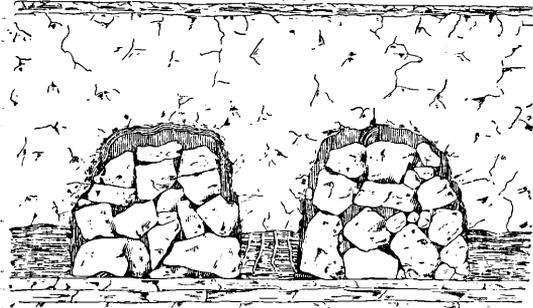
**РУДНИЧНАЯ ОТКАТКА**, перемещение добытого ископаемого в вагончиках рудничного типа по рельсовым путям, проложенным как в подземных выработках, так и на поверхности. По источникам затрачиваемой энергии *Р. о.* бывает мускульная (откатка людьми и лошадьми) и механическая. Последняя производится как неподвижными двигателями (откатка канцевым канатом и бесконечным канатом или цепью), так и подвижными двигателями (например воздуховозы, бензиновозы, контактовые и аккумуляторные электровозы). Контактные электровозы вследствие опасности воспламенения рудничного газа не могут применяться в газовых шахтах, хотя они наиболее дешевы в эксплуатации; самыми дорогими в этом отношении являются аккумуляторные электровозы. Выданные из шахты груженные вагончики после взвешивания направляются по эстакадам (см. *Рудник*) или по путям, проведенным на поверхности земли к складам добытого ископаемого, где и разгружаются при помощи опрокидывателей. Чаще груженные вагончики по путям в надшахтном здании направляются к особым опрокидывателям; затем полезные ископаемые поступают в бункеры и далее на сортировку или мойку. Об откатке в подземных выработках см. *Доставка рудничная*.

Лит.: см. *Доставка рудничная*.

**РУДНИЧНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ**, см. *Сигнализация рудничная*.

**РУДНИЧНОЕ КРЕПЛЕНИЕ**, совокупность работ по предохранению *горных выработок* (см.) от обрушений и в связи с этим по предохранению горнорабочих от несчастных случаев. Горные выработки нарушают равновесие окружающих их горных пород, вследствие чего (за исключением случая прохождение в очень крепких породах, когда выработка может стоять без всяких изменений) как правило прилегающие к выработке породы начинают прогибаться, ломаться, растрескиваться и обрушиваться. Явление это, начиная с прилегающих к выработкам пород, постепенно распространяется на вышележащие породы и прекращается лишь тогда, когда деформации достигнут поверхностных слоев или когда вследствие увеличения объема обрушившихся пород все свободное пространство будет заполнено и породы придут в новое равновесие. Эластичные породы оседают без разрыва сплошности их, не эластичные—разбиваются трещинами на отдельные части, которые при отсутствии крепления стремятся упасть в выработку. Если предоставить разрушению развиваться дальше, то постепенно очертания выработки изменяются, и в породах, окружающих выработку, образуется своего рода естественный свод (фиг. 1), который принимает на себя давление вышележащих пород. Этот свод естественного равновесия ограничивает давление пород на крепь: на нее давит своим весом лишь порода, находящаяся внутри свода. При крепких породах этот свод более пологий, при слабых—высокий. После проведения горной выработки

и закрепления ее давление пород на крепь выявляется не сразу, а постепенно, усиливаясь в зависимости от скорости распространения деформаций в породах, окружающих выработку. Через определенный промежуток времени это давление на крепь достигает



Фиг. 1.

максимума, после чего породы приходят в новое состояние равновесия, остатки напряжений в породах исчезают, давление на крепь уменьшается и становится постоянным нормальным давлением в отличие от периодического давления в периоды перегруппировки напряжений в деформирующихся породах. Обычно, основываясь на данных практики, принимают, что величина давления не зависит от глубины, на к-рой находится выработка. Однако при более внимательном изучении независимость от глубины, имеющая место в огромном большинстве случаев, не может быть принята безоговорочно. И при очень большой глубине приходится считаться с возрастанием давления, причем в этом случае изменяется самая картина явлений: опоры уступают давлению и начинается выдавливание их в выработку, так что главное давление получается уже не сверху, а сбоку. С этим связано как признак крайне напряженного состояния явление стрелания пород, когда с боков (реже в почве и кровле) с треском отскакивают б. или м. крупные куски породы, причем объем отскокших кусков изменяется, что указывает на сжатое состояние породы. Особый вид давления пород вызывается т. н. поддуванием пород (напр. вспучивание почвы).

Расчет давления пород. При штольнеобразных выработках свод естественного равновесия можно допустить (по Протодьяконову) цилиндрическим и в сечении своем ограниченным параболой. В этом случае принимается, что на крепь давит своим весом параболический объем породы, имеющий своим основанием потолок выработки и высотой полупролет выработки, деленный на коэф. крепости пород кровли. Уравнение параболы при начале координат в вершине свода  $x^2 = afy$ , высота параболы  $b = \frac{a}{f}$  и площадь ее  $S = \frac{3}{4}ab$ , где  $x$ —абсцисса точки параболы,  $y$ —ордината ее (направленная вниз),  $a$ —половина ширины свода в основании,  $b$ —высота свода,  $f$ —коэф. крепости пород (для глины  $f = 1$ ) в кровле. Давление пород на одну погонную единицу выработки можно выразить формулой

$$P = \frac{4\delta a^2}{3f},$$

где  $\delta$ —вес кубич. единицы породы. При сред-

нем значении  $\delta$ , равном 2 500 кг/м<sup>3</sup>, давление в кг на 1 п. м будет

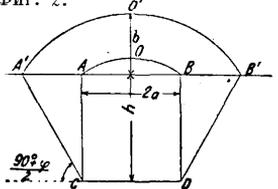
$$P = \frac{10\ 000a^2}{3f},$$

где  $a$  в м. Если кровля выработки не горизонтальна, а наклонна под углом  $\alpha$  к горизонту, то  $P$  нужно умножить на  $\cos \alpha$  (только до угла 60°; при большем угле величину давления можно положить равной такой же, как при угле в 60°). Из последней ф-лы видно, что давление не зависит от глубины, на к-рой находится выработка. Вес 1 м<sup>3</sup> (в кг) в массиве (величина  $\delta$ ) для различных пород таков:

Антрацит . . . . .	1 400—1 700
Базальт . . . . .	2 700—3 200
Бурый уголь . . . . .	1 200—1 500
Галечник . . . . .	1 800—2 600
Глина сухая . . . . .	1 500—1 300
Глина свежая . . . . .	1 670—1 850
Твердая глина . . . . .	1 000—2 600
Доломит . . . . .	2 900
Земля свежая, глинистая, плотно утрамбованная, сырая, жирная . . . . .	2 000
Земля сухая . . . . .	1 600—1 900
Земля тощая, сухая . . . . .	1 340
Известняк . . . . .	2 460—2 810
Каменный уголь . . . . .	1 200—1 500
Каменная соль . . . . .	2 280—2 410
Мел . . . . .	2 300—2 500
Мергель . . . . .	1 800—2 600
Песок тонкий и сухой . . . . .	1 200—1 650
Песок тонкий и сырой . . . . .	1 300—2 050
Песок крупный . . . . .	1 400—1 500
Кварц . . . . .	2 500—2 800
Кремнистый известняк . . . . .	4 500—4 900
Гранитные породы . . . . .	2 400—3 000
Песчаник . . . . .	2 200—2 500
Глинистый сланец . . . . .	2 650—2 700

При определении бокового давления (при соответствующих породах) в штольнеобразных выработках принимается, что на крепь давит не только объем  $AOB$  (фиг. 2), но и части (призмы)  $AA'C$  и  $BB'D$  и опирающийся на них сводчатый объем  $A'O'B'$ . Среднее боковое горизонтальное давление в кг/м<sup>2</sup> выразится формулой:

Фиг. 2.



$$P_c = \delta \operatorname{tg} \frac{90-\varphi}{2} \left[ \frac{h}{2} \left( 1 + \frac{2 \operatorname{tg} \frac{90-\varphi}{2}}{3f} \right) + \frac{4a}{3f} \right],$$

где  $h$ —высота выработки в м,  $\varphi$ —угол трения боковых пород ( $\operatorname{tg} \varphi = f$ ); значения остальных букв прежние. Значения  $\varphi$ ,  $f$  и сопротивление сжатию различных пород приведены ниже в таблице. Engesser для определения давления сыпучих пород на потолок крепи дает следующую формулу:

$$P = \delta a \left[ \frac{H \operatorname{tg}^2 \frac{90-\varphi}{2}}{H \operatorname{tg} \varphi + a \operatorname{tg}^2 \frac{90-\varphi}{2}} + \frac{\operatorname{tg} \varphi}{3} \right],$$

где  $P$ —в кг/м<sup>2</sup> горизонтальной проекции выработки,  $H$ —глубина от поверхности в м, значение остальных букв прежние; при большом отношении  $\frac{H}{a}$  вместо этой ф-лы можно пользоваться следующей:

$$P = \delta a \left( \operatorname{tg}^2 \frac{90-\varphi}{2} \operatorname{ctg} \varphi + \frac{\operatorname{tg} \varphi}{3} \right).$$

Для определения высоты образующегося свода в таких породах, как глина, мергель и т. п.

Характеристика крепости горных пород.

Категории	Степень крепости	Породы	Коэф. крепости $f$	Прочн. со-прот. скалы в кг/см <sup>2</sup>	Значение $\varphi$
I	В высшей степени крепкие	Плотные кварциты и базальты . . . . .	20	2 000	87° 8'
II	Очень крепкие	Кварцевый порфир. Наиболее крепкие песчаники и известняки . . . . .	15	1 500	86° 11'
III	Крепкие	Гранит. Крепкие песчаники и известняки . . . . .	10	1 000	84° 18'
IIIa	»	Каменноугольн. известняк	8	800	82° 53'
IV	Довольно крепкие	Обыкновенный каменноугольный песчаник . . . . .	6	600	80° 32'
IVa	Довольно крепкие	Песчаный сланец . . . . .	5	500	78° 41'
V	Средние	Крепкий глинистый сланец	4	400	75° 58'
Va	»	Некрепкий сланец. Плотный мергель	3	300	71° 34'
VI	Довольно мягкие	Мягкий сланец. Антрацит, каменный грунт . . . . .	2	200	63° 26'
VIa	Довольно мягкие	Щебенистый грунт. Разруш. сланец, крепкий уголь . . . . .	1,5	—	56° 19'
VII	Мягкие	Глина	1,0	—	45° 00'
VIIa	»	Суглинок. Гравий, мягкий уголь . . . . .	0,8	—	38° 40'
VIII	Землистые породы	Растительная земля. Сырой песок. Торф . . . . .	0,7	—	35° 00'
IX	Сыпучие породы	Песок . . . . .	0,6	—	30° 58'
X	Плывучие породы	Плывун . . . . .	0,3	—	16° 42'
		Камен. уголь	2,0	—	—
		{ самый крепкий . . . . .	1,8	—	—
		{ весьма крепкий . . . . .	1,6	—	—
		{ крепкий . . . . .	1,2	—	—
		{ средний . . . . .	0,8	—	—
		{ мягкий . . . . .	0,6	—	—

Для воды  $f=0$  и  $\varphi=0$ .

Ritter дает такое выражение:  $b = \frac{a^2}{4c}$ , а для давления в кг на 1 м. м выработки

$$P = 2ad \left( \frac{a^2}{12c} - c \right),$$

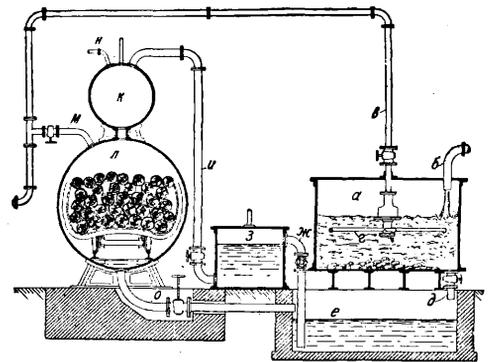
где  $a$ ,  $b$  в м,  $c$ —коэф., зависящий от рода породы (напр. для крупного песка, гравия  $c=0,06$ , для ломких пород 20, крепкой скалы 30). Ф-лы Ritter'а не всегда дают подходящие результаты. Gröger из наблюдений над изломом временного деревянного крепления в туннеле на большой глубине вывел заключение, что боковое давление равно одной трети, а в почве—половине давления, наблюдающегося в кровле. Из многочисленных аналогичных наблюдений в шахтах, принимая прочную, а не предельную нагрузку, проф. Протодьяконов пришел к выводу, что рудничное деревянное (средних размеров) крепление в средней прочности породах (коэф. крепости равен 4) выдерживает 0,076 кг/мм<sup>2</sup>; эти эмпирич. данные совпадают с результатом выведенных им теоретич. ф-л давления. Вывод ф-л давления на стенку шахты основывается на теории давления грунта на подпорную стенку. Проф. Протодьяконов для определения этого давления дает следующую ф-лу (в кг/м<sup>2</sup>):

$$P = \delta H \operatorname{tg}^2 \frac{90-\varphi}{2},$$

где  $H$ —глубина шахты в м, значение остальных букв прежнее.

Крепежные материалы. Материалами для крепления служат дерево, камень и металл. Из древесных пород для крепления применяются сосна, ель, пихта, дуб, ясень,

клен, граб, бук, лиственница, акация (за границей). Лесные материалы делятся на следующие сорта: круглый, пиленный и колотый. Круглый лес в зависимости от размеров—бревно, коротыш, подтоварник, стойка, жердь; пиленный лес в зависимости от формы—пластина, брус, горбыль (обпол), чистые доски (с опиленными краями) и доски обзолные; колотый лес получается обычно путем раскалывания старых поломанных стоек и применяется для затяжки стенок подготовительных выработок. Продолжительность службы леса зависит от породы леса и условий, в к-рых он находится в выработках. В среднем принимают, что крепь из дуба служит 50 месяцев, бука—24, сосны—18, акации—9, белого бука, клена—6. Продолжительность службы дерева значительно увеличивается его предварительной обработкой, которая состоит в высушивании и пропитке его антисептиками (см. *Дерево, пропитка*); содержание дерева в состоянии равномерной влажности и хорошая вентиляция выработок также предохраняют дерево от гниения. Пропитывание крепящегося леса производят без подогревания и с подогреванием, для чего в последнем случае дерево кладут в замазываемые в печь железные корыта с налитой в них пропитывающей жидкостью и кипятят в течение 20—30 минут. Лучших результатов достигают пропитыванием в особых устройствах, в которых можно производить выкачивание и нагнетание воздуха; в первом случае из дерева выделяются его соки, а при нагнетании воздуха пропитывающая жидкость вгоняется в поры дерева. Наиболее



Фиг. 3.

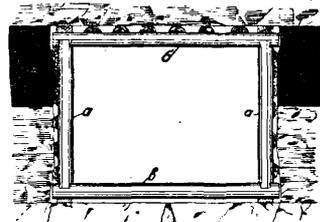
распространенной для этой цели служит установка завода Рютгера (фиг. 3). Пропитывающая жидкость готовится в резервуаре  $a$ , в который кладут противогнилостные вещества; по трубке  $b$  туда поступает вода, а по трубке  $v$ —пар; мешалкой  $z$  раствор перемешивается; по трубке  $d$  готовый раствор поступает в запасный резервуар  $e$ . Воздушным насосом по трубке  $ж$  жидкость перекачивается в резервуар  $з$ , отсюда по трубе  $и$  в котел  $к$  и котел  $л$ ; для подогревания раство-

ра в котел по трубе *м* поступает пар; для выкачивания воздуха служит трубка *н*; излишний раствор по трубе *о* поступает в запасный резервуар. Кроме пропитки по Рютгерсу существуют и другие способы, напр. Рюпинга, Корба и др. Пропитывающими веществами служат поваренная соль, креозот, карболинеум, хлористый цинк, сулема, фтористые препараты, медный купорос, железный купорос и др. или же смеси из этих веществ. По опытным данным одного из рудников во Франции увеличение срока службы леса выражается следующими цифрами (за единицу принят срок службы дерева без пропитки): обугленное дерево—2,44; осмоленное—7,42; пропитанное медным купоросом—9,77; железным купоросом—11,11; креозотом—16,36; хлористым цинком—34,00. Камни для крепления применяются естественные и искусственные. Естественный камень хотя и представляет прочный строительный материал, но применяется довольно редко, так как обработка его стоит дорого. Естественные камни должны иметь однородное и плотное строение, не иметь трещин и обладать свойством хорошо схватываться раствором. Наиболее пригодны для крепления сланцевые породы, известняки, песчаники, кварциты и мелкозернистый гранит. Размеры камней зависят от размеров выработки и местных условий.

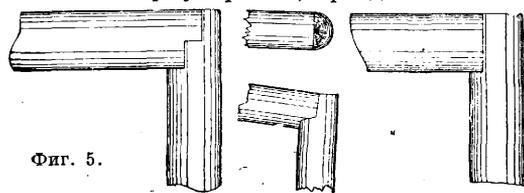
К искусственным камням относят кирпич и бетониты. Кирпич употребляется обыкновенный строительный стандартного размера. Цементные камни-бетониты изготавливаются из смеси цемента, песка и мелкого щебня или гравия в различных пропорциях, чаще всего в отношении 1 : 2 : 3. Форма и размеры бетонитов весьма разнообразны, чаще всего они имеют клинообразную или искривленную форму. Иногда изготавливаются и более сложных форм. Для прочности в бетониты иногда вводят железную арматуру. В последнее время широкое применение получили бетон и железобетон. Из металлов применяются железо, сталь, чугун и как вспомогательный материал в качестве прокладок при чугунном водонепроницаемом креплении—свинец.

**Крепление штольнеобразных и наклонных выработок.** Для крепления штольнеобразных и наклонных выработок применяется гл. обр. дерево; каменное и металлич. крепления применяются сравнительно редко. При д е р е в я н н о м к р е п л е н и и главные выработки (наклонные шахты, квершлагги, основные штреки, бремсберги, уклоны) закрепляются по преимуществу дубовым лесом; в выработках второстепенного значения, срок службы которых не особенно велик (промежуточные штреки, путевые ходки, просеки—«печи»), применяется сосновый и других пород лес. Толщина леса, идущего на крепление, зависит от мощности пласта и его падения, прочности окружающих пород и назначения выработок; в выработках главных толщина леса 13—20 см, второстепенных 9—15 см. Наиболее простое крепление при небольшом давлении и коротком сроке службы выработок—стойка, подбитая между кровлей и почвой выработки, или же горбыль, прижатый к кровле 2—3 такими стойками. Для большей устойчивости нижний конец стойки помещается в небольшое углубление (лунка). Главным видом крепления являются рамы, или д в е р н ы е о к л а д ы,—полные (фиг. 4), состоящие

из двух стоек *а* (ножек), верхняка *б* (переклад, матка) и лежня *в*. Обычно для большей устойчивости стойки внизу разносят стороны: этим устраняется выпирание нижних концов стоек внутрь выработки. При достаточно прочной почве применяется неполный дверной оклад. В неполных дверных о к л а д а х отсутствует лежень; они применяются при неупучивающейся почве. Стойки с перекладами соединяются в лапу (при давлении сверху—фиг. 5, при давлении сбо-

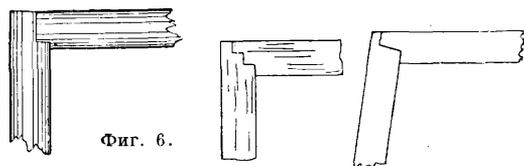


Фиг. 4.



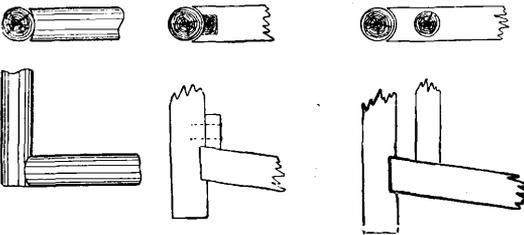
Фиг. 5.

ку—фиг. 6), паз (фиг. 7), шип (фиг. 8) и стык (фиг. 9); форма замка зависит от направления давления пород. Пригонка соединения должна быть тщательной во избежание



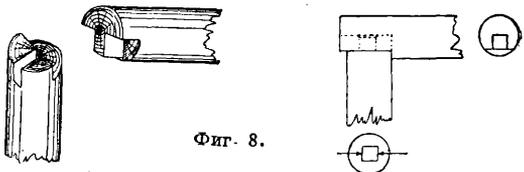
Фиг. 6.

преждевременной поломки крепи. Для устранения возможности скольжения стойки вдоль переклада (боковое давление) вверху между стойками располагают расколоты (фиг. 7)



Фиг. 7.

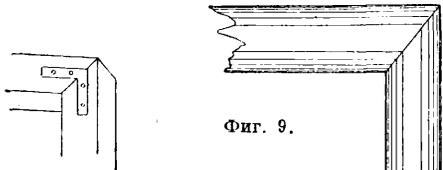
или же к перекладу прибивают пришивины (липуха). По установке рамы она заклинивается клиньями, располагаемыми у замка рамы. Дверные оклады при слабых породах



Фиг. 8.

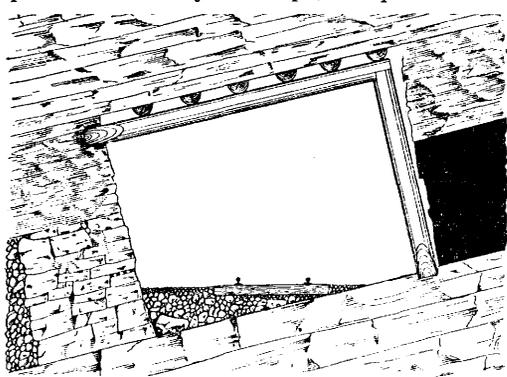
ставятся один возле другого (сплошная крепь), в средних породах—на расстоянии 0,7 м, в крепких породах 1—2 м. В наклонных выработках дверные оклады устанавливаются с небольшим наклоном в сторону восстания и

с большим «разносом» ножек (разность расстояний между ними по низу и по верху рамы). В зависимости от крепости пород бока и кровля выработки забираются горбылями, а в некоторых случаях тонкими или же рас-



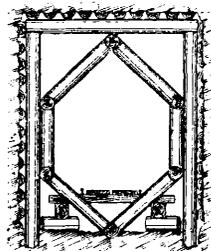
Фиг. 9.

колотыми стойками. При наличии прочной почвы и устойчивой породы с одной стороны выработки ограничиваются установкой лишь одной стойки и переклада—крепление в п о л о к л а д а («крючок», фиг. 10). Иногда применяют эластичную крепь в виде перекладов, опирающихся на костры, между бревнами к-рых засыпана пустая порода. При больших



Фиг. 10.

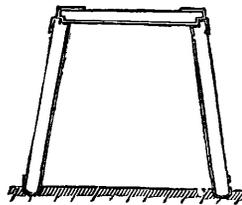
давлениях переклады усиливают добавочными стойками, подкосами и распираемыми ими подводами; иногда внутри рамы устанавливают различного вида составную крепь (фиг. 11). Удачные результаты в условиях слабых неустойчивых пород дало применение в Подмосковном бассейне канатного крепления. Под канатным креплением подразумеваются обычные дверные, полные или неполные, оклады, в отдельных своих звеньях подхваченные стальным канатом. Во избежание выскакивания каната из гнезд канат обычно загибается по другую сторону кругляка, прикрепляется к нему загнутыми костылями, а между деревом и канатом на расстоянии 0,5 м подкладываются металлические пластины, загнутые по образцу



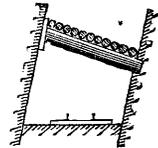
Фиг. 11.

разрезывания дерева канатом (фиг. 12). При разработке тонких жил и при устойчивых породах при крепении штреков часто ограничиваются установкой одних распорок (фиг. 13). Нижний конец каждой распорки заделывается в гнездо в лежачем боку на желательной высоте, обычно не менее 1,5 м от почвы, верхний же конец поκειται на подкладке, имеющей целью дать распорке большую опорную площадь. Чтобы при давлении сверху или

движении всякого бока распорки не выпали, они ставятся с некоторым наклоном навстречу возможному движению. Распорки ставятся друг от друга на расстоянии 1,35—1,5 м. Места пересечений штреков с квершлагами, бремсбергами, уклонами закрепляются к а м е р н ы м и ра м а м и особенно прочно. Эти рамы имеют большие размеры, чем обыкновенные,

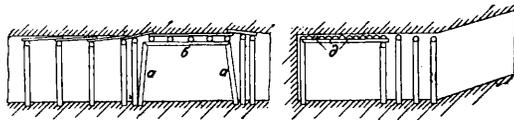


Фиг. 12.

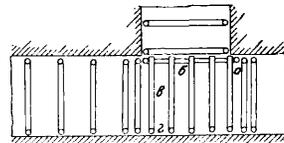


Фиг. 13.

и состоят из стоек а и переклада б (фиг. 14). На переклад б одним концом кладут «крючки» в, другой конец их опирается на стойки г. Поверх перекладов б затягиваются горбыли д. Стойки и переклады для прочности схватываются железными скобами. Иногда для пере-

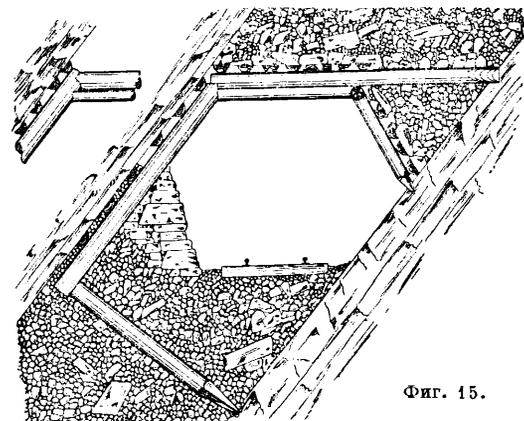


Фиг. 14.



кладов камерных рам идут ж.-д. рельсы или двутавровые железные балки.

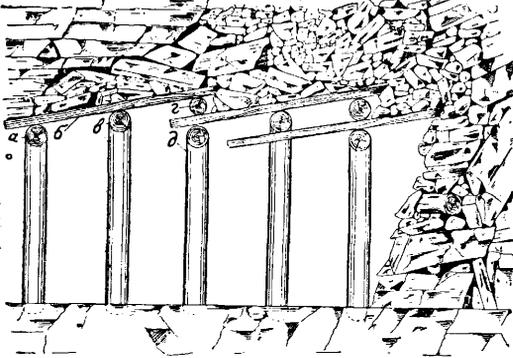
Для устранения возможности поломки крепи (от первичного давления или давления в больших выработанных пространствах) в некоторых случаях применяют п о д а т л и в о е крепление. Податливость, эластичность, крепи достигается: заострением нижнего конца стойки (фиг. 15), вставкой в крепь куска мягкого дерева, подсышкой в лунку под стойку



Фиг. 15.

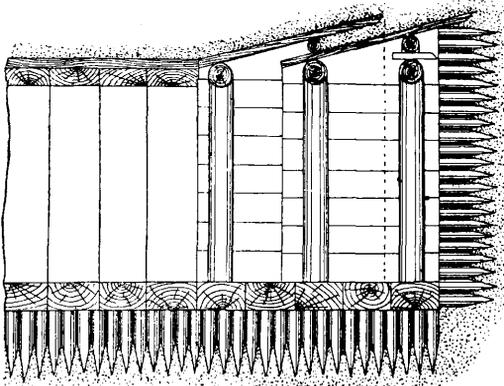
мелкого угля, установкой оклада на небольшом расстоянии от боков выработки. На одном английском руднике незаостренная стойка держалась 16 дней, заостренная 63 дня. В породах слабых, сыпучих, пльвучих применяются з а б и в н а л и к о л ь е в а я крепи, которыми закрепляются выработки или только со стороны кровли или со всех сторон. При потолочной забивной крепи в промежутке

между перекладом *a* (фиг. 16) и кровлей во всю ширину выработки забивают с некоторым подъемом колья *b* из дубовых толстых досок размерами: длиной 1,3—2,25 м, шириной 15—23 см, толщиной до 5,5 см. Когда забой подвинется на половину длины кольев, устанавливают промежуточный дверной оклад *c*. Когда колья забиты на всю длину, устанавливают вспомогательный переклад *e*, а под ним двер-



Фиг. 16.

ной оклад *d*. В промежуток между перекладами забивают следующий ряд кольев. Чтобы колья не разбивались при забивке, на концы их набивают железные оковки. В сыпучем песке, или пльвуне, избежание прорыва породы не только сверху, но и с боков, а иногда и снизу, является необходимостью применения полной забивной крепи с защитой кольями выработки со всех сторон. В этом случае забой выработки защищается щитом из досок, поддерживаемым особыми подпорками. Выработка, пройденная с помощью забивной крепи, немедленно закрепляется сплошной крепью дверными окладами или какой-нибудь другой прочной крепью. При очень тонкозернистом пльвуне применяется кольевая крепь. Колья



Фиг. 17.

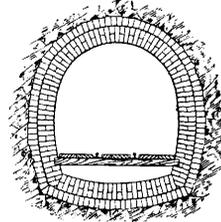
пирамидальной формы забиваются друг под друга по всей площади забоя. Для подвигания забоя колья постепенно забиваются глубже, выпуская понемногу пльвун. Таким же образом крепится в случае необходимости и почва выработки (фиг. 17).

Расчет деревянного крепления производятся по следующим формулам: давление сверху (в кг)  $P = \frac{a^2 L}{300f^2}$ ; изгибающий момент для переклада  $M = \frac{5}{16} P \cdot a$ ; диаметр переклада  $D =$

$$= 1,47 \sqrt[3]{\frac{Pa}{k}} \text{ или же } D = 0,22a \sqrt[3]{\frac{L}{kf}}; \text{ диам.}$$

стоек  $d = 1,34 \sqrt[3]{\frac{Pl}{k}}$  или  $d = 0,2a \sqrt[3]{\frac{Ll}{afk}}$ , где *a*—половина ширины выработки, *L*—расстояние между дверными окладами, *l*—длина стойки (все размеры в см), *f*—коэф. крепости породы, *k*—прочное сопротивление изгибу материала в кг/см<sup>2</sup> (для дубового леса равно 80 кг/см<sup>2</sup>, для соснового 60 кг/см<sup>2</sup>).

Каменное крепление применяется в ответственных выработках, срок службы которых продолжителен. Наиболее устойчиво крепление круглого сечения, но оно менее экономично, чем крепление яйцевидного и эллиптического сечений. Наиболее распространено сводчатое крепление; своды возводятся по кругу, сегменту, овалу и эллипсу. Прямые стены проводятся по пинуре и отвесу, криволинейные и с откосами—по шаблонам. Каменная стена с вертикальной лицевой стороной оказывает достаточное сопротивление только давлению сверху; боковому же давлению такая стена сопротивляется лишь своим весом, сцеплением раствора и камня и трением подошвы кладки о почву выработки. Поэтому, дабы увеличить сопротивление стены боковому давлению, необходимо толщину стены

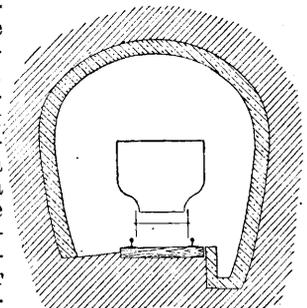


Фиг. 18.



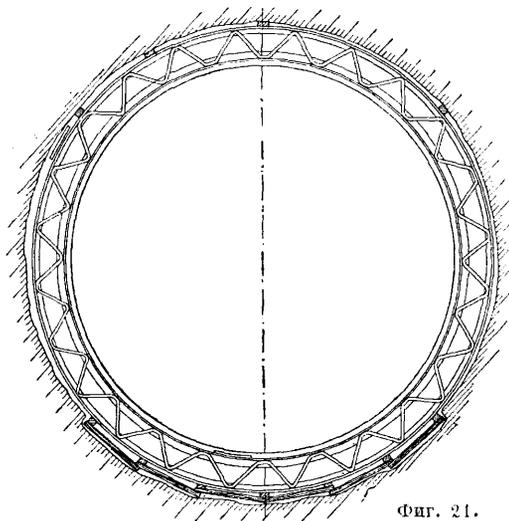
Фиг. 19.

постепенно увеличивать по направлению к почве выработок. При слабой почве для предотвращения осадки стен укладывают фундаментные плиты или же устраивают опрокинутые своды (фиг. 18), на обращенных пятках которых возводятся стены. Выработки при каменном креплении закрепляют временной деревянной крепью, которую затем при возведении каменного крепления удаляют. Для каменного крепления идет естественный камень-бут, тесаный камень, кирпич, бетон. В случае возведения круглого, эллиптического, яйцевидного и сводчатого креплений применяют шаблоны или кружала металлические, а чаще сколоченные из толстых деревянных досок; кружала перекрывают опалубкой из досок. Толщина стен при каменном креплении 50—80 см. На фиг. 19—крепление штрэка полуэллиптического сечения. Наиболее часто применяется бетонное крепление (фиг. 20). Толщина бетонных стен 15—40 см в зависимости от размеров выработки, свойств проходимых пород, срока службы и состава бетона. Обычно применяется бетон состава 1 : 3 : 4; иногда бе-



Фиг. 20.

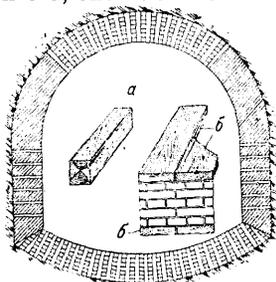
тон такого же состава идет на своды, а для стен идет более тощий бетон. Приготовленный бетон забрасывают за опалубку, разравнивают и хорошо утрамбовывают деревянными или



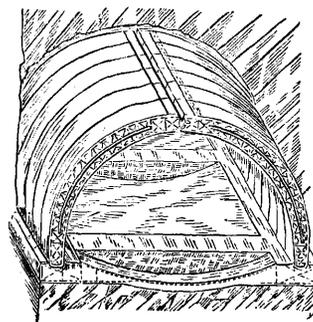
Фиг. 21.

чугунными трамбовками слоями в 25 см толщиной. При бетонировании сводов кружала забирают досками и бетонирование производят сбоку.

Наиболее прочным креплением является железобетонное; оно противостоит как сжимающим, так и изгибающим и растягивающим усилиям и хорошо выдерживает неравномерные нагрузки. Каркас обыкновенно готовится из железных прутьев от 7 до 20 мм толщиной. Прутья располагают на расстоянии 10—40 см друг от друга; прутья в местах примыкания связывают мягкой проволокой толщиной 0,7—1,0 мм. На фиг. 21 показано железобетонное крепление с двойным каркасом по сист. Брейля. Иногда производят крепление бетоном по железным двутавровым балкам, причем кружалами служат куски досок соответствующей формы, поставленные на ребро и обшитые сверху опалубкой. Для прочности под кружала подкладываются железные полосы, опирающиеся на нижние полки балок.



Фиг. 22.

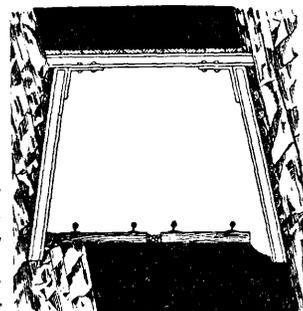


Фиг. 23.

Податливое крепление. Податливость каменной крепи достигается прокладкой деревянных дощечек между камнями (фиг. 22: а—прокладка в сводах, б—в стенах) или же путем устройства крепи из составных частей, свободно соединенных друг с другом

как бы на шарнирах (фиг. 23). Податливое крепление необходимо при большом и особенно одностороннем давлении окружающих выработку пород. При конструкции с деревянной прокладкой давлением пород раздавливаются прокладки, благодаря чему крепь получает возможность несколько податься, не разрушаясь. При креплении же из свободно соединенных между собой отдельных частей последние могут отклоняться, также не разрушаясь.

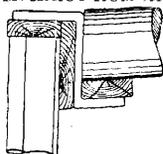
Торкрет-бетон. В условиях пород, достаточно прочных (песчаники, известняки и т. п.), не требуется прочного крепления. Здесь встает задача предохранить породы от разрушения (под влиянием воздуха и влаги) нанесением какого-либо защитного слоя. Эта задача разрешается применением торкретирования (см.)—механического нанесения под давлением сжатого воздуха штукатурки из смеси песка и цемента на стенки выработки. Слой торкрет-бетона хорошо защищает стенки выработок от выветривания.



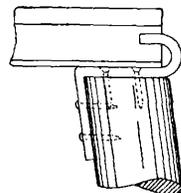
Фиг. 24.

Железное крепление в виду его дороговизны применяется сравнительно редко—там, где деревянное крепление быстро гниет. Для крепления идут обычно рудничные и жел.-дор. рельсы, которые изгибают так, чтобы получались дверные оклады с вертикальными боками и дугообразным верхом, или же составленные из отдельных прямолинейных частей. Такие оклады ставятся на расстоянии ок. 1 м друг от друга; бока и потолок забирают досками, колотым деревом, кругляками или железом. Железные части соединяют угольниками (фиг. 24), муфтами, накладками, башмаками.

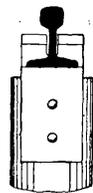
Для смешанного крепления применяют комбинации материалов—дерева, камня, железа. Чаще всего применяют крепление из железа и дерева, причем на стойки идет дерево, а на переклады—рудничные рельсы, двутавровые балочки или же железное зетового сечения. Соединение переклад со стойками показано на фиг. 25, 26 и 27. При креплении из кирпича и железа, из камня и железа на каменные стенки обычно кладут рельсовые переклады,



Фиг. 25.



Фиг. 26.



Фиг. 27.

а из камня и дерева—переклады из дерева. Податливость смешанного крепления достигается применением деревянных прокладок а в каменных стенах (фиг. 28, где б—рельсовый переклад, лежащий на деревянных кругляках в).

Расчет каменного крепления. Общее давление породы, забутки и собственного веса свода в кг/м<sup>2</sup> горизонтальной проекции свода определяется по следующему ф-лам:

$$p = \delta(2b + e + d)$$

или

$$p = \delta \left( \frac{2a}{f} + e + d \right),$$

где  $\delta$ —вес в кг/м<sup>3</sup> материала свода, породы и забутки,  $b$ —высота свода давления в м, которая м. б. определена по формуле  $b = \frac{a}{f}$ ,  $2a$ —пролет выработки в проходке,  $f$ —коэф. крепости породы в кровле,  $d$ —толщина свода крепления в м,  $e$ —высота забутки над замком свода. Уравнение параболич. свода давления, отнесенное к вершине (по Протодьякову):  $y = \frac{x^2}{a}$  и высота свода давления  $b = \frac{a}{f}$ , где  $y$ —вертикальная ордината, направленная вниз,  $x$ —горизонтальная абсцисса, значение остальных букв прежние.

По этим данным свод может быть рассчитан методами строительной механики. Каменное крепление выдерживает почти в 6 раз (5,6 раза) большее давление по сравнению с деревянной крепью (при равных условиях). Для того чтобы запас прочности гарантировал крепление от разрушения при меняющихся условиях (крепость пород и другие факторы), расчетное давление пород принимают вдвое большим теоретического, и кроме того к рассчитанной толщине крепления прибавляют запас  $\frac{150}{k}$  см (где  $k$ —прочное сопротивление в кг/см<sup>2</sup> материала крепления). Для расчетов каменного сводчатого крепления применяют также и эмпирич. ф-лы; так, подъем свода получают из ф-лы  $h_0 = \frac{l_0}{\sqrt{f}}$  (где  $l_0$ —полупролет свода в свету крепи); толщину свода—из формулы  $d = 4,4 \frac{l_0}{k \sqrt{f}} \cdot \sqrt[3]{\frac{l_0}{h_0}}$  (значение букв прежние, все размеры в см); полупролет выработки—из ф-лы  $a = l_0 + d + e$ , где  $e$ —толщина забутки, равная 10—20 см; в существующих сводах  $a$  в среднем равно  $1,25l_0$ .

Расчет железобетонного крепления. Для упрощения расчетов давление на свод допускают постоянным и вычисляют по тем же ф-лам, как и для каменного крепления. Толщина крепления  $d$  в любом шве с координатами  $x$  и  $y$  (по средней линии) определяется из выражения:

$$\sigma = \frac{px \operatorname{tg} \alpha + T}{d \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} \pm \frac{6 \left[ \frac{px^2}{2} - T(y + C) \right]}{d^2},$$

где  $\sigma$ —прочное сопротивление сжатию бетона в кг/м<sup>2</sup>;  $\alpha$ —угол между касательной в любой точке и осью абсцисс;  $T$ —горизонтальный распор свода в кг, вычисляемый по формуле  $T = \frac{pl^2}{2h}$  (где  $h$ —подъем средней линии свода в м,  $l$ —полупролет средней линии свода в м);  $C$ —эксцентриситет точки приложения силы  $T$  от средней линии свода в замке в м, вычисляемый по формуле:

$$C = \frac{S}{l} - \frac{h}{3},$$

где  $S$ —площадь между осью абсцисс и сред-

ней линией свода в м<sup>2</sup> (площадь средней линии свода); значение остальных букв прежние. К вычисленной величине  $d$  прибавляют в запас  $\frac{150}{k}$ , где  $k$  имеет прежние значение.

Первый член правой части выражения означает напряжение от сжатия, второй—от изгиба; при знаке + получается на одном крае крепления наибольшее сжимающее напряжение  $\sigma_d$ , при знаке — получается на другом крае наибольшее растягивающее усилие  $\sigma_2$ . При расчете каркаса принимают, что все растягивающие напряжения  $Z$  должны выдерживаться железом (сжимающее—бетоном); они определяются по формуле:

$$Z = \frac{\sigma^2}{2(\sigma_d + \sigma_2)} \cdot d;$$

тогда суммарная площадь поперечного сечения железа в см<sup>2</sup> определится по формуле:

$$F = \frac{\sigma^2}{2z(\sigma_d + \sigma_2)} \cdot d,$$

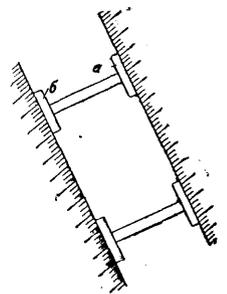
где  $z$ —допускаемое напряжение железного каркаса на растяжение (ок. 500 кг/см<sup>2</sup>).

**Крепление очистных выработок.** Крепление в пластовых месторождениях. Крепление очистных выработок в каменноугольных и других рудниках, разрабатывающих пластовые залежи, д. б. просто и дешево в виду короткого срока их существования, почему здесь чаще всего применяется деревянная крепь. Это крепление очистных выработок можно разделить на виды: 1) забойщикское и 2) основное. К забойщикскому креплению относится подбойка стоек забойщиками или отбойщиками по мере обнажения кровли. Стойки по длине выбираются в зависимости от мощности пласта с нек-рым запасом, чтобы стойку можно было натуго забить между кровлей и почвой; с длиной стойки связана и ее толщина. Соответствие между длиной и толщиной стойки обычно таково (в см):

Длина стоек	...	100—150	150—180	200—250	250—300
Толщина	...	9—15	11—17	13—19	15—21

При прочных боковых породах стойка устанавливается непосредственно между почвой и кровлей; обычно нижний конец стойки ставят в небольшое углубление—лунку.

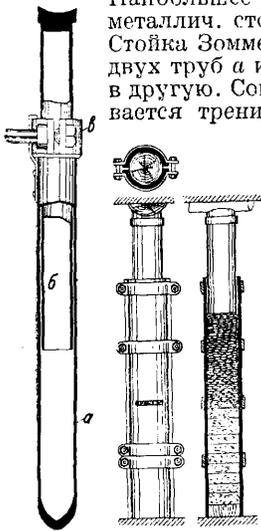
При слабой кровле над стойкой под кровлю подводят кусок обалопа  $a$ —подлапку, а при слабой почве, особенно в крутопадающих пластах, подлапку укладывают и на почву под стойкой  $b$  (фиг. 29). Очень часто при слабых породах под кровлю и на почву под стойки укладывают целые обалопы длиной 1—2 м. Если несмотря на наличие обалопов кровля все же осыпается, то под обалопы подводят дополнительную затяжку. В крутопадающих пластах для предупреждения опрокидывания стоек при ползучей кровле или почве стойки устанавливают с некоторым наклоном к плоскости напластования. Расстояние между рядами стоек при устойчивых и крепких породах бывает до 3—4 м, а при средних и слабых—не более 0,7—1 м. Расстояние между стойками колеблется в таких же пределах. Значительно реже имеют у нас применение металлич. стойки, хотя необходимо отметить, что несмотря на высокую стоимость



Фиг. 29.

применение их выгоднее, чем применение деревянных стоек, т. к. металлич. стойки м. б. использованы для работы по несколько раз.

Наибольшее применение получили металлич. стойки податливого типа. Стойка Зоммера (фиг. 30) состоит из двух труб *a* и *б*, вдвигающихся одна в другую. Сопротивление обуславливается трением, вызываемым зажатием хомута *в*. В стойке Неллена (фиг. 31)

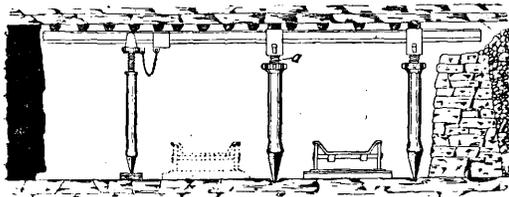


Фиг. 30.

Фиг. 31.

вставлен деревянный кругляк, под который подкладывают торфяные брикеты, измельченную породу и другие сжимающиеся вещества. В стойке Рейнгаарта (фиг. 32) эластичность достигается устройством нижней вставной заостренной части из дерева. Винт *a* регулирует перестановку стоек. Часто, чтобы достигнуть более плавного оседания кровли, деревянным стойкам также придают податливость заострением нижнего их конца. Заострение стоек часто выполняется на специальных станках.

Основное крепление. К основному креплению относятся крепление забоя к острами и органной крепью. К основному

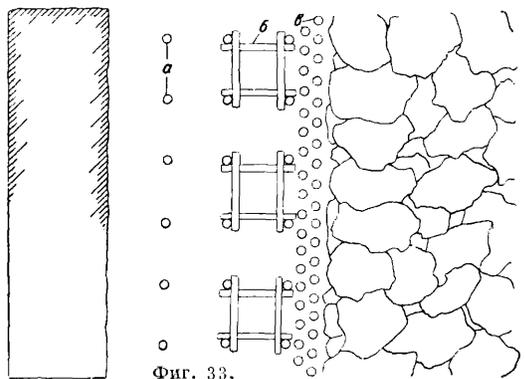


Фиг. 32.

креплению следует также отнести и закладку. Костер (клеть) часто складывают из стоек, уже бывших в употреблении: две или более стойки кладут параллельно одна другой, на них помещают второй ряд стоек перпендикулярно к первому и т. д., пока не дойдут до кровли, после чего плотно расклинивают. Реже костер складывают в виде тр-ка. Пустоту внутри костра часто заполняют породой. Располагают костры рядами, параллельными линии забоя, на различном расстоянии друг от друга в зависимости от давления кровли. Расстояние между рядами колеблется от 1,5 до 4 м (доходя иногда до 10—15 м). Расстояние между кострами в ряду 1—3 м (реже больше). В крутопадающих пластах во избежание скатывания стоек при укладке костра забивают дополнительные стойки по углам (фиг. 33). С подвиганием забоя костры разбирают и переносят на новое место. В последнее время костровую крепь часто заменяют кустовой. Кусты состоят из 16—20 стоек, вертикально установленных друг около друга.

Органная крепь состоит из толстых стоек, пробитых вплотную друг к другу в один, два и даже три ряда. Органная крепь в один ряд часто называется частоколом, или комплектным рядом. Органная крепь

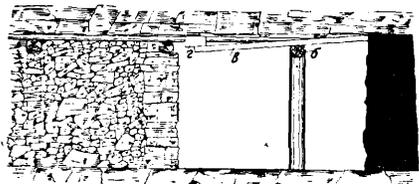
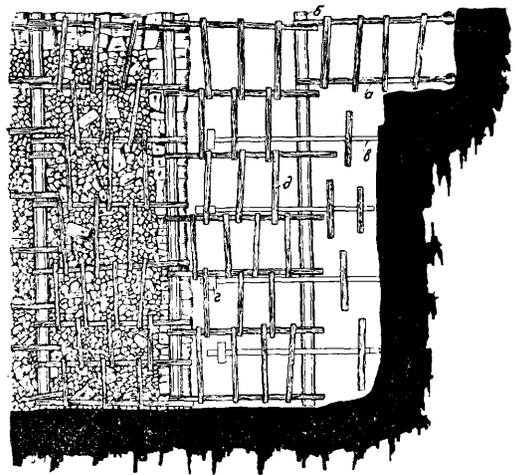
применяется для ограждения пеликов угля от раздавливания и для лучшего управления кровлей. В последнем случае она пробивается по линии, намеченной для обрушения кровли.



Фиг. 33.

Производя всевозможные вариации из комбинации забойщицкой и основной крепей, можно исчерпать все случаи крепления очистного забоя. В каждом отдельном случае выбор вида крепления будет зависеть от свойств кровли (фиг. 33: *a*—забойщицкая крепь, *б*—костры, *в*—органная крепь).

Передовое (опережающее) крепление применяется при разработке мощных пластов со слабой кровлей для поддержания ее, пока еще нельзя поставить постоянную крепь. Существует несколько видов такого крепления. На фиг. 34 показано крепление с помощью продвижения затяжек *a*, опирающихся на прогон *б* и на временно поставленные стойки; между прогоном и кровлей вбиваются длинные клинья *в*, укрепляемые подкладками *г*, а сверху

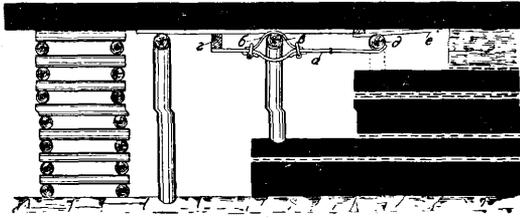


Фиг. 34.

клиньев забиваются затяжки *д*. На фиг. 35 показано крепление (патент Шваака), где железная полоса *a* при помощи хомута *б* укреплена на прогоне *в*; один конец полосы расклинен

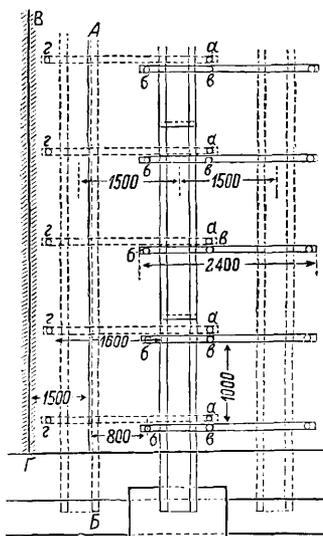
клином *г*, другой конец поддерживает прогон *д*; между этим прогоном и кровлей забиваются затяжки *е*.

Крепление механизированных очистных забоев. В этом случае крепление принимает несколько иной вид, т. к. при



Фиг. 35.

расположении забойщачки крепи надо учесть размеры работающих в забое механизмов, выдерживая соответствующие расстояния между рядами стоек обычно около 0,80—1,0 м и пробивая последние строго по шнуру. Кроме того теперь обычно обаполы, поддерживающие кровлю, располагают перпендикулярно забою. При переходе к работе непрерывным потоком является необходимость обеспечить комплексную переноску доставочных механизмов. Эта задача разрешается методом крепления лав, предложенным инж. Либхардтом (фиг. 36). По простиранию пласта кровля затягивается распилы на расстоянии 1—1,5 м друг от друга, причем концы распилы заходят друг за друга. Под концы подбивают стойки *а*, *б* так, что конвейер располагается между стойками, принадлежащими двум разным распилам. Перед переноской конвейера под старый распил подбивают стойки *в*.

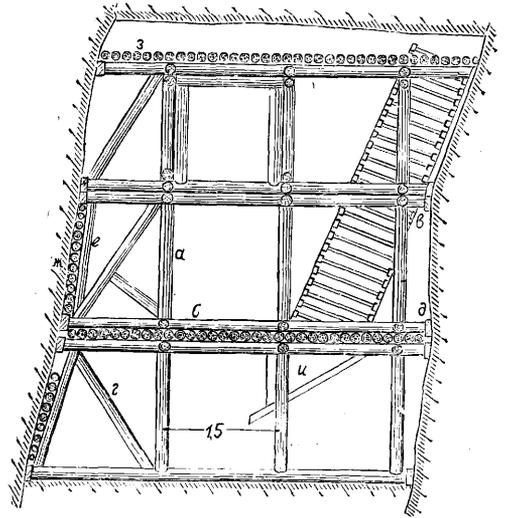


Фиг. 36.

конвейером подрубленного угла распилы устанавливаются по лаве в новом положении. При плохой кровле крепление *д*, *б* усилено.

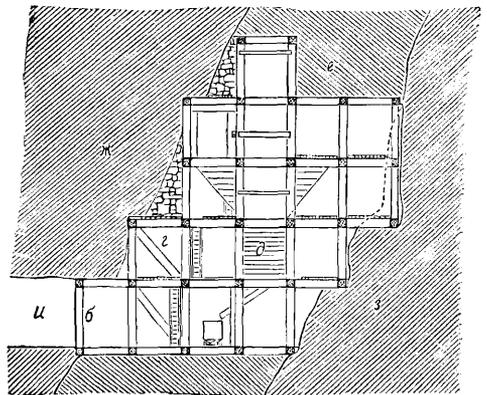
Крепление в рудных месторождениях имеет специфич. особенности, связанные с характером месторождений и применяемыми системами разработки. Обычно применяемое деревянное крепление состоит из стоек, распоров, костровой или клетевой крепи и квадратных окладов. Стойка (подпорка) и здесь является главным элементом руднич-

ной крепи, т. к. встречается в соединении почти со всеми формами крепления. Крепление стойками выполняется так же, как было указано выше. Распорная крепь (распорки) в сущности выполняет те же функции, что и стойки, применяясь при эксплуатации крутопадающих жил и линз малой и средней мощности (чаще всего до 4 м), хотя бывают случаи применения и в жилах мощностью до 12 м, с употреблением составных распорок (фиг. 37: *а*—стойка, *б*—



Фиг. 37.

горизонтальная распорка, *г*—диагональная распорка, *д*—клинья, *е*—подкос, *ж*—затяжки, *з*—накат, *и*—люк). На фиг. 37 изображено крепление длинными распорками в комбинации со стойками с применением обычных способов усиления распорной крепи. Толщина распорной крепи в зависимости от мощности жилы, крепости боковых пород и давления применяется от 150

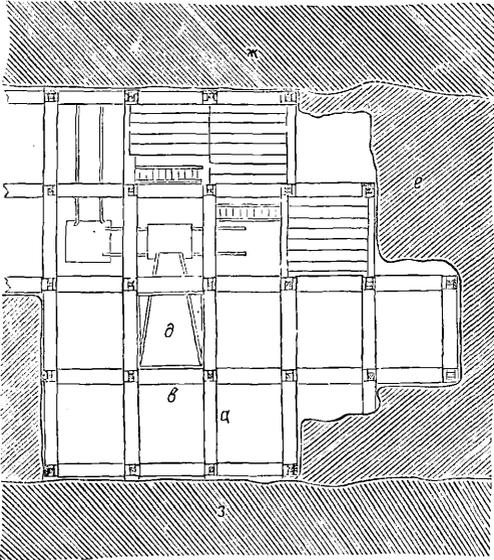


Фиг. 38а.

до 280 мм. Расстояние между распорками по простиранию обычно 0,9—1,5 м, между стойками 1,2—1,5 м.

Квадратные оклады (фиг. 38а и 38б). По почве укладывают лежни *а*, раскрепляя их через одинаковые расстояния перпендикулярными к ним распорками *в*. На пересечении лежней с поперечными распорками отвесно ставятся стойки *б*. На каждые

смежные стойки кладут вкрест простиранию переклады так, что переклады опираются на стойки своими концами. На стойки же, но только по направлению вдоль простирания, укладываются продольные распорки. Уложенные переклады и распорки образуют новый горизонт, или ярус (на Урале ш о р а). Последовательным наращиванием стоек, перекладов и распорок крепь подводят к бокам и кровле забоя и прочно расклинивают. Концы отдельных частей крепления должны заделываться так, чтобы наибольшее поперечное сечение противозежало наибольшему давлению.



Фиг. 38б.

Для усиления крепления в нужных случаях в квадратные оклады вводят диагональные подкосы *г*, располагая их по направлению наибольшего давления. [Прочие обозначения на фиг. 38 (а и б): *д*—ларь для руды, *е*—жила, *ж*—висячий бок, *з*—лежащий бок, *и*—штрек.] Размеры окладов (в м) чаще всего принимаются: 2,4 × 1,5 × 1,5; 2,13 × 1,5 × 1,5; 2,13 × 1,8 × 1,8 и 2,2 × 2 × 2. Толщина стоек и распорок изменяется в зависимости от давления от 20 до 40 см, причем стойки берутся толще распорок. Наиболее употребительная толщина стоек—25—30 см, распорок—20—30 см.

Расчет крепления. Зависимость толщины стойки от нагрузки на нее выражается формулой

$$d = \sqrt[3]{\frac{Pl}{8k}},$$

где *P*—нагрузка на стойку в кг, *d*—толщина стойки в см, *l*—длина стойки в см, *k*—сопротивление стойки сжатию в кг/см<sup>2</sup>. Давление *P* можно определить из такого выражения:

$$P = \frac{\delta a}{fN} \cdot \cos \alpha,$$

где *a*—половина свободного пролета нависающего пространства (например половина наклонной высоты подэтажа), *δ*—объемный вес породы в кг/м<sup>3</sup>, *f*—коэф. крепости породы, *N*—число стоек на 1 м<sup>2</sup> площади пласта, *α*—угол падения пласта (углы, большие 60°, принимаются при расчете как равные 60°). Зависи-

мость *l* между длиной стойки и толщиной ее *d* можно выразить так:  $\frac{l}{d^2} = 100$ , где *l* и *d* в м. Число стоек *N* на 1 м<sup>2</sup> определяется из ф-лы

$$N = \frac{125 \delta a \cos \alpha}{f k \sqrt{l}},$$

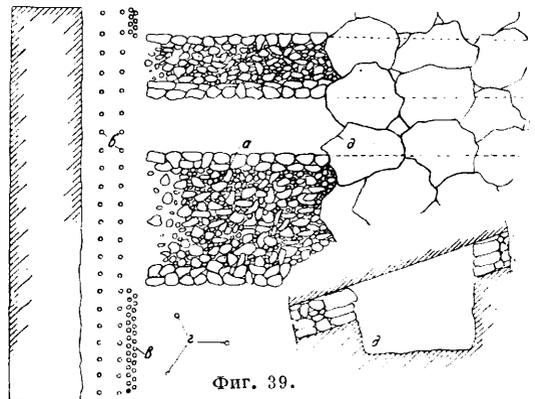
где *k*—прочное сопротивление стойки сжатию в кг/см<sup>2</sup>; значение остальных букв прежние. Давление на 1 обпол, подбитый стойкой, в кг вычисляется по формуле

$$P_1 = \frac{\delta L \cos \alpha}{3/N},$$

где *L*—расстояние между стойками по падению пласта; значение остальных букв прежние. Толщина *e* затяжек из досок:  $e = \sqrt{\frac{3P_1 L}{4uk}}$ , где *u*—ширина затяжек; для горбылей толщина берется в полтора раза больше. Количество материала на 1 м<sup>2</sup> площади пласта можно определить по упрощенным формулам: число стоек  $N = \frac{5}{j}$ ; толщина стоек

$d = 0,1 \sqrt{l}$ ; количество обпол (в п. м) равно  $1,1 \sqrt{N}$ ; количество затяжек (в п. м) равно  $\frac{12}{j}$ . При расчете крестов пользуются следующими упрощенными ф-лами: число крестов на 1 м<sup>2</sup> площади пласта равно  $\frac{5,7}{aj}$  [*a*—полупролет очистного пространства (по падению) в м]; объем древесины в одном кресте (в м<sup>3</sup>) равен  $\frac{m^3}{6}$  (*m*—мощность пласта в м); толщина леса в кресте (уложенных), как представлено на фиг. 35) равна  $0,11 \sqrt{m^2}$  и длина их  $m \sqrt{m}$ .

Стандартизация в Р. к.—один из важнейших моментов в производственной жизни горных предприятий. Стандарт удешевляет производство, предотвращает излишние затраты труда, сберегает сырье. Однако широкое введение стандартов в Р. к. встречает большие трудности, так как влечет за собой стандартизацию и самих горных выработок. Несмотря на большую проводимую по этой линии работу до настоящего времени в Р. к. имеются только два стандарта, принятых Всесоюзным комитетом по стандартизации при



Фиг. 39.

Госплане: стойка рудничная для каменноугольной пром-сти Донецкого и Подмосквовного бассейнов сосновая и еловая (ОСТ 2762) и обпол хвойных пород для крепления горных выработок (ОСТ 3308).

З а к л а д к а выработанного пространства. Густой породой производится при разработках крутопадающих, так и пологих пластов:

Если закладкой заполняется все выработанное пространство, она называется **п о л н о й**, в противном случае—**н е п о л н о й**, или **ч а с т и ч н о й**. Закладка устраняет опасность нарушения поверхностных слоев, улучшает проветривание очистных выработок, уменьшает накопление угольной пыли и скопление гремучего газа, устраняет необходимость оставления целиков и уменьшает стоимость ремонта крепи; но несмотря на такое значение закладки часто вследствие ее высокой стоимости не представляется возможным ее осуществить. Материал для закладки получают при проходке различных подземных выработок; если же его недостаточно, то он доставляется с поверхности. Выше на фиг. 39 показано крепление, где *а*—частичная закладка, *б*—забойщическая крепь, *в*—органичная крепь, *г*—сторожевые стойки, *д*—бутовый штрек. О производстве закладки механическим путем и **м о к р о й** закладки см. *Механизация горных работ и Разработка полезных ископаемых*. О крепении шахтообразных выработок см. *Шахта*.

*Лит.*: Б о к и й В., Практик. курс горного искусства, 4 изд., т. 1, М.—Л., 1928; Шевяков Л., Сборник статей по горному искусству, Харьков, 1927; Описание Донецкого бассейна, т. 1, выпуски 1, 2, Екатеринослав; Протодьяконов М., Давление горных пород и рудничное крепление, 2 издание, ч. 1, М.—Л., 1931; Кошелев В., Крепление горных выработок, Харьков, 1931; Коуней Д., Крепление металлург. рудников, пер. с англ., М.—Л., 1931; Справочник по каменноугольному делу, составленный под ред. А. А. Скачинского, Харьков, 1929; Г е ф е р Г., Справочная книга по горному делу, ч. 1, Берлин, 1924; Н а з а р о в Г., Крепление горных выработок, М.—Л., 1931; Т р у ш к о в Н., Разработка рудных месторождений золота, М.—Л., 1932; К р е й н В., Методы разработки руд, М.—Л., 1931; Ш о п и н с к и й К., Системы разработки медных руд, М.—Л., 1932; В и л ь я м с М., Механизация горных работ, М.—Л., 1932; H e i s e F. u., H e r b s t F., Lehrbuch d. Bergbaukunde, B. 2, 4 Aufl., Berlin, 1923. **И. Мушено.**

### РУДНИЧНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ, см. Освещение.

**РУДНИЧНЫЕ ПЖАРЫ**, пожары, происходящие на руднике под землей или на поверхности около входов в подземные выработки. Р. п. называют и все те случаи, когда в воздухе рудничных выработок появляются газообразные продукты горения и тления какого-либо горючего материала, если эти продукты (пожарные газы) не следствие каких-либо специальных производственных процессов, например огневых работ. Р. п. представляет большую опасность для тех, кто застигнут им в подземных выработках, так как при этом всегда возможна массовая гибель людей от отравления и удушья пожарными газами, от взрывов этих последних, а если рудник газовый, то и от взрыва гремучего газа. Р. п. бывают **п о в е р х н о с т н ы е** (горят технич. сооружения, материалы, склады угля и колчеданистых руд, отвалы породы и т. д.) и **п о д з е м н ы е** (загораются крепление, материалы, полезное ископаемое—уголь, некоторые руды—горные породы, содержащие уголь или колчеданы и т. п.). Главные причины поверхностных Р. п.—неосторожное обращение с огнем, неисправность огнедействующих приборов и машин, токопроводов и иного электрического оборудования, самовозгорание складов полезного ископаемого и отвалов, поджоги и т. д. Главные причины возникновения подземных Р. п.—самовозгорание каменного угля, колчеданистых медных руд, боковых пород и остатков крепежного леса в старых выработках неосторожное обращение с огнем, применение открытых ламп,

пламя и искры от токопроводов, электрических устройств и машин, взрывные работы, паропроводы, взрывы гремучего газа и угольной пыли. При разработке мощных пластов каменного угля наибольшее число (до 80%) подземных Р. п. происходит от самовозгорания каменного угля. Вообще самовозгоранию подвержены пласты и толщи такого каменного угля, углистых сланцев, колчеданистых руд, которые сильно поглощают кислород и легко окисляются. Благоприятствуют самовозгоранию раздвоенность толщ, наличие в них трещин, оставление в выработанном пространстве угольной и рудной мелочи и крепежного леса, наличие в угле и породе включений серного колчедана, слабая вентиляция и т. д. Пожары, происходящие от самовозгорания пластов угля или толщ колчеданистых руд, сопряжены с меньшей угрозой массовой гибели людей, чем в том случае, когда загорается крепь, сено и т. п., по тушению первых труднее и длятся они иногда десятки лет [например пожар в Калатинском медном руднике на Урале длится уже 15 лет, в Черемховском бассейне (В. Сибирь) уже несколько лет горит пласт угля около ст. Головинской].

Признаки начинающегося в подземных выработках пожара: сначала запах тления, потение некоторых мест в выработках, нагревание толщ полезного ископаемого и пород от слабого (30—40°) до состояния раскаленности, повышение  $t^{\circ}$  воздуха—иногда до нескольких десятков градусов, появление пара, дыма и пламени.

Химич. состав пожарных газов, или, точнее говоря, состав атмосферы в выработках, где происходит пожар, м. б. весьма разнообразен в зависимости от того, что и при каких условиях горит. Газы эти удушливы, ядовиты и взрывчаты, для них характерно: 1) пониженное содержание  $O_2$  (падающее к концу пожара в изолированных пространствах до долей %) и повышенное— $CO_2$  (от нескольких % до 10—15%); 2) наличие  $CO$  (от долей % до 7—8, однако редко более 2%),  $H_2$  и  $CH_4$  (от нескольких % до нескольких десятков %); 3) примесь  $SO_2$ , иногда  $H_2S$ . Когда пожар разгорается, содержание  $CO$  наибольшее, при стихании пожара содержание  $CO$  падает за счет увеличения %  $CO_2$ .

Мероприятия по борьбе с Р. п. распадаются на две категории: а) мероприятия, осуществляемые до возникновения пожара—в целях предупреждения его и облегчения тушения пожара и ведения спасательных операций; б) мероприятия, осуществляемые, когда пожар возник. К мероприятиям первой категории относятся: 1) огнестойкое крепление устьев шахт и штолен, рудничных дворов, околотовальных выработок и всякого рода подземных машинных и иных камер; 2) огнестойкие надшахтные и околошахтные сооружения, отделенные одно от другого брандмауэрами или определенной величины растояниями; 3) удаление из этих сооружений всякого рода огнедействующих приборов, горючего или самовозгорающегося материала; 4) снабжение устьев шахт и штолен приспособлениями для быстрого закрытия их (двери, люды), а вентиляционных установок—приспособлениями для перемены направления вентиляции; 5) специальные противопожарные меры предосторожности при токопроводке и электрич. установках; 6) установка водя-

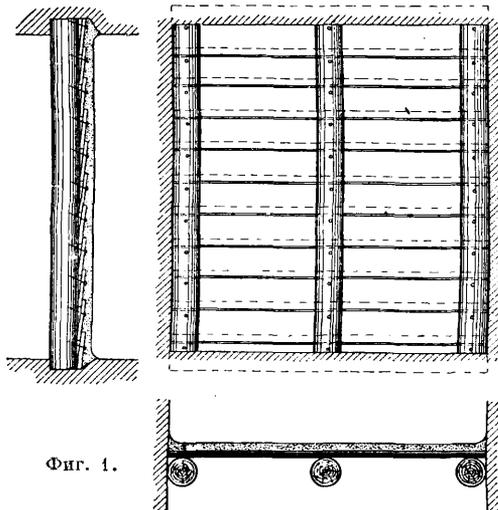
ных и химических огнетушителей (пенгонов) в поверхностных и подземных сооружениях; 7) противопожарные двери, простые и автоматические, для быстрого изолирования горячей части рудника от остальных и всего рудника от поступления в него пожарных газов при возникновении пожара в надшахтном здании или стволе шахты; 8) пожарные и спасательные организации с материальными базами необходимого снаряжения и материалов на дневной поверхности и разбросанными по сети выработок рудника складами необходимейших инструментов и материалов для борьбы с возникшим пожаром; 9) пожарная сигнализация; 10) подземные камеры-убежища для людей, отрезанных пожаром от выхода из рудника; 11) специальные меры против самовозгорания полезного ископаемого и породы в поверхностных складах и отвалах и в подземных выработках, где для предупреждения самовозгорания и облегчения борьбы с возникшим пожаром рекомендуется: а) выемка склонных к самовозгоранию пластов и толщ угля и руд с полной закладкой выработанного пространства пустой породой и оставлением в этом последнем возможно меньшего количества угольной мелочи и крепящего леса; б) покрытие долго стоящих толщ полезного ископаемого в штреках и подобных им выработках торкрет-бетоном и шламовыми рубашками; в) деятельное проветривание действующих выработок и тщательное изолирование выработанных и незаложенных пространств от поступления в них воздуха.

Мероприятия второго рода, осуществляемые, когда Р. п. уже возник, имеют целью спасение людей и имущества рудника и тушение пожара; они распадаются на две категории: 1) мероприятия общего характера: вывод из рудника людей и лошадей, точное выяснение очага пожара и размеров его, вызов пожарной и спасательной организации, закрытие ответственных противопожарных дверей и люд, перемена (в нужных случаях) направления вентиляции, установ ее и т. д.; 2) собственно борьбу с пожаром и тушение последнего.

Вследствие чрезвычайного многообразия условий, при которых происходит пожары в рудниках, способы тушения их также весьма разнообразны, но в общем можно различать два основных метода тушения Р. п.—активный и пассивный. При активном методе (непосредственное тушение) тушение Р. п. производится: 1) заливанием водой; 2) тушением газами ( $\text{CO}_2$ , иногда паром; последнее однако сопряжено с рядом неудобств и, вообще говоря, не рекомендуется); 3) выбойкой, разбрасыванием и тушением горящих масс, крепящего леса и т. п.; 4) заливанием горящих целиков глиняным раствором или разболтанной в воде тонкой золой, нагнетаемыми в толщу целиков через специально проводимые скважины, и другими мероприятиями. При пассивном способе: 1) изолируют горящее место или участок посредством специальных пожарных перемычек для прекращения к пожару доступа воздуха (кислорода); 2) закрывают все шахты и заполняют рудник углекислотой или сернистым газом, для чего устраивают временные печи около устьев шахт, подающих в рудник воздух, и обжигают в этих печах углекислые породы и сернистые руды; 3) наконец как крайнее средство затопляют рудник на продолжительное время водой. Все-

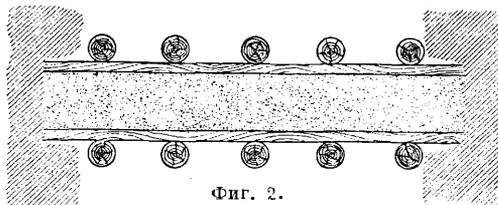
гда предпочтительнее активный метод. К пассивному методу прибегают, если очаг пожара мало доступен или совершенно недоступен и если активная борьба явно опасна вследствие возможности взрыва газов или по каким-либо иным причинам.

Пожарные перемычки бывают временные и постоянные. Временные перемычки бывают матерчатые или дощатые обычные, с промазкой глины или торкретируемые (фиг. 1),



Фиг. 1.

или двойные (фиг. 2) с забуткой промежутка между передней и задней стенкой глиной или золой. Постоянные перемычки бывают след.: 1) кольевые (чурбачковые, клецовые), возводимые из горизонтально укладываемых на известковом тесте отрезков деревянных стоек; 2) кирпичные, в 2—3 кирпича на известковом или цементном растворе, или бетонные; 3) комбинированные—две кирпичные или бетонные стены с забуткой промежутка глиной, золой или бутовым камнем. Назначение временных перемычек—возможно скорейшее прекращение доступа кислорода к горящему месту и выхода пожарных газов, чтобы так, обр. облегчить более длительную работу по возведению постоянных перемычек для окончательной изоляции горящего места или участка.



Фиг. 2.

Возведение временных, а в особенности постоянных, перемычек нередко весьма трудная и опасная операция (работу приходится вести в дыму, в удушливой и ядовитой атмосфере при возможности взрывов пожарных и гремучего газов). Вследствие этого перемычки возводят с соблюдением ряда предосторожностей, из к-рых особо существенны: наличие около сооружаемой перемычки респираторной команды, иногда занятой и непосредственно возведением перемычки; частое опробование воздуха; осланцевание выработки инертной (каменной) пылью впереди и позади места перемычки и т. п. Практически важен (для успеха дела) также

и порядок возведения перемычек, окружающих место пожара; их можно возводить или сначала со стороны поступления к горящему месту свежего воздуха, а затем со стороны выхода, или наоборот, или же одновременно с двух сторон. Каждая из этих трех комбинаций имеет свои преимущества и недостатки, и среди специалистов горного дела нет установившегося мнения, какой порядок возведения наиболее правилен, но большинство считает более целесообразным сначала ставить перемычки со стороны входа свежего воздуха. При окружении места пожара перемычками по крайней мере в двух перемычках д. б. проложены железные трубы (1—2) с кранами или клапанами для взятия через них проб воздуха из-за перемычки, замера температуры, спуска воды и т. д. Пробы воздуха анализируются на  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$  и другие горючие углеводороды и по изменению процентного содержания этих газов судят о том—разгорается ли пожар, стихает или уже прекратился.

Если по ходу работ в руднике не имеется надобности в проникновении на участки, изолированные противопожарными перемычками, и постепенное снижение %  $O_2$  в пробах газов из-за перемычек указывает на достаточную воздухопроницаемость последних, то такие участки иногда оставляют в состоянии изоляции на все время существования рудника. Чаще однако спустя некое время (от нескольких месяцев до года и даже нескольких лет) изолированный участок вскрывают. Вскрытие перемычек представляет операцию не менее ответственную, чем возведение их, и опасную, так как при этом не раз бывали случаи гибели людей от выброса из-за вскрываемых перемычек ядовитых и горючих газов, сильные взрывы последних, а иногда и возобновление пожара, нередко весьма интенсивное. К вскрытию перемычек приступают поэтому лишь тогда, когда по ряду признаков можно считать, что изолированный пожар прекратился; работу ведут с такими же предосторожностями, как и при возведении перемычек. Признаки прекращения пожара: полное исчезновение в пробах воздуха из-за перемычек  $CO$ , снижение содержания  $O_2$  до нескольких % (даже до 1—2%), повышенное содержание  $CO_2$  (10—15%) и снижение темпе-

ратуры. Весьма благоприятным для вскрытия перемычек обстоятельством считается также невысокое содержание в упомянутых пробах метана и других взрывчатых газов.

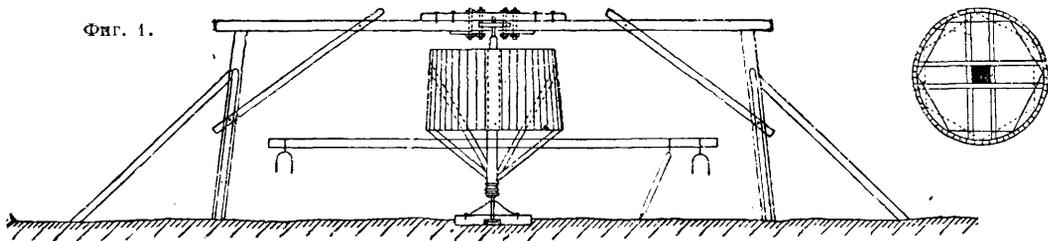
Существует два способа вскрытия пожарных перемычек: 1) работа в направлении струи свежего воздуха заключается в том, что предварительно обеспечивают тем или иным способом обильную подачу к вскрываемой перемычке свежего воздуха и отвод испорченного, и под защитой такой вентиляции производят вскрытие перемычки; 2) шлю-

з о в а н е—на некотором расстоянии (30—40 м) впереди подлежащей вскрытию перемычки ставят временную деревянную или кирпичную перемычку с дверью и, держа последнюю закрытой, разбирают постоянную перемычку (работая в респираторах) настолько, чтобы в ней образовался проход достаточных размеров; навесив в проходе дверь, очищают воздух на участке между первой и второй перемычкой; затем впереди второй перемычки, отойдя на 30—40 м вглубь изолированного участка, ставят новую временную перемычку с дверью, очищают воздух на участке между второй и третьей перемычкой и таке обр. постепенно приближаются к месту, где был пожар. Второй способ вскрытия пожарных перемычек более медленный, но менее опасный, чем первый. Вследствие чрезвычайного разнообразия обстоятельств и условий, при которых возникают и протекают Р. п., очень трудно дать какие-либо более детальные правила или указания относительно борьбы с ними кроме общих принципиальных установок, рассмотренных выше. Полезные указания для ориентировки в каждом отдельном случае могут дать описания бывших пожаров и борьбы с ними.

Лит.: А р о н А., Борьба с подземными пожарами, пер. с франц., «ГЖ», 1910, 6 и 7; Г р и н д л е р В. Ф., Рудничный спасательное дело, тл. 9, Тушение пожаров в рудниках, Харьков, 1915; Г р и н д л е р В. Ф. и П е ч у н П. М., О предупреждении массовой гибели горнорабочих во время взрывов и пожаров на рудниках, Харьков, 1930; Г у т е р С. Я., «Инженерный работник», Харьков, 1931, 3—4; С к о ч и н с к и й А. А. и К о м а р о в В. Б., Иностранная литература по рудничным пожарам с 1900 по 1930 г., «ГЖ», М., 1931, 9; Hauptbericht d. Oberschlesischen Grubenbrandkommission, «Ztschr. d. Oberschlesischen Berg- u. Hüttenmaschinen Vereines», Kattowitz, 1911, Sept.; Rules a. Regulations to be Followed for the Prevention of Fires, «Coal Age», N. Y., 1917; S t o r r o w J. a. G r a h a m W., The Application of Gas Analysis to the Detection of Gob-Fires, «Colliery Guardian», L., 1924; H a r r i n g t o n D., Metal Mine Fires, «Bureau of Mines», Technical Papers, Wsh., 1923, 374; A b a d i e M., Lutte contre les feux des mines, «Revue de l'industrie minière», P., 1927; R i c e, P a u l a. B e r n e w i t z, Fifty Nine Coal-Mine Fires how They Were Fought a. what They Teach, «Bureau of Mines», Wsh., 1927, Bulletin 229; Р у б а Г., Handbuch d. Grubenrettungswesens, B. 1, Brände u. Grubenexplosionen, Lpz., 1929; G l a e s e r O. A., Mine Fire Prevention a. Fighting, «The Mining Congress Journal», Wsh., 1930, August. А. СКОЧИНСКИЙ.

**РУДНИЧНЫЙ ПОДЪЕМ**, подъем по вертикальным выработкам на дневную поверхность добытого полезного ископаемого и пустой породы, а также спуск и подъем людей,

Фиг. 1.

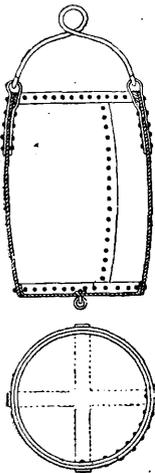


материалов, машин и пр. Различают подъем мускульной силой и механич. силой; первый способ применяется при проходке шурфов, при проходке, иногда и эксплуатации, неглубоких шахт небольшого сечения; второй способ—при проходке и эксплуатации шахт всяких размеров. Ручной подъем производится обыкновенно до глубины 2—30 м с помощью воротка в ведрах, бадах и ящиках; при подъеме с большей глубины используются конный воротом, устройство которого ясно видно из фиг. 1. Бады для механического подъема

материалов, машин и пр. Различают подъем мускульной силой и механич. силой; первый способ применяется при проходке шурфов, при проходке, иногда и эксплуатации, неглубоких шахт небольшого сечения; второй способ—при проходке и эксплуатации шахт всяких размеров. Ручной подъем производится обыкновенно до глубины 2—30 м с помощью воротка в ведрах, бадах и ящиках; при подъеме с большей глубины используются конный воротом, устройство которого ясно видно из фиг. 1. Бады для механического подъема

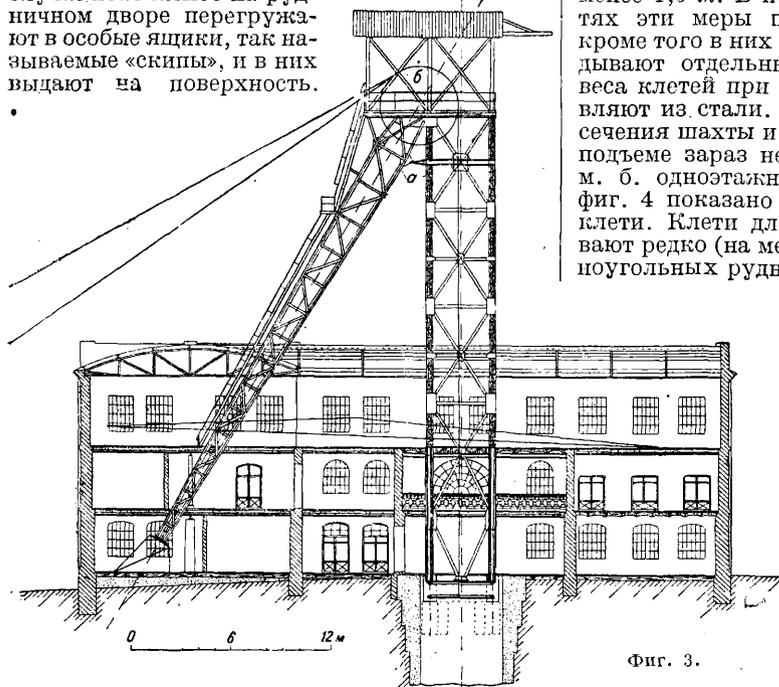
изготавливаются клепаными из железа; форма их—цилиндрическая, конусообразная, бочкообразная и т. п. На фиг. 2 показано устройство бабды цилиндрического сечения.

Р. п. в эксплуатационных шахтах, так наз. шахтный подъем, при все увеличивающихся глубине шахт и количестве добываемого полезного ископаемого является одним из главных факторов разработки месторождений шахтами. Шахтная подъемная установка состоит из копра *a* (фиг. 3) с укрепленными на нем двумя направляющими шкивами *b*, подъемной машины с барабаном для намотки канатов и прикрепленных к ним подъемных сосудов. В соответствии с этим шахтные подъемные установки классифицируют по следующим четырем признакам: по роду подъемных сосудов, по органу намотки каната, по способу уравновешивания системы подъема и по роду двигателей. По первому признаку шахтный подъем разделяется на подъем в клетях и подъем в скипах.



Фиг. 2.

В первом случае ископаемое, доставленное от забоя к шахте в вагончиках, не перегружается, а выдается на поверхность в тех же вагончиках; во втором случае ископаемое на рудничном дворе перегружают в особые ящики, так называемые «скипы», и в них выдают на поверхность.

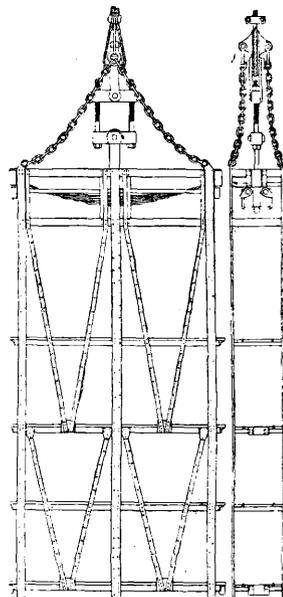


Фиг. 3.

**Подъем в клетях.** Различают два вида клетьевого подъема: подъем в обыкновенных клетях (при нем груженные вагончики выкатываются из клетки и вместо них вкатывают порожние вагончики) и в опрокидывающихся клетях (груженные вагончики разгружаются путем опрокидывания вместе с клетью).

Подъем в обыкновенных клетях. Клетки устроены след. образом. Рамы из про-

фильного железа скрепляются в прочный остов профильным же железом. Боковые стенки скрепляются полосовым или угловым железом. Соединение отдельных частей производится клепкой, а в последнее время и сваркой. Для возможности спуска в клетях труб, крепежного леса, рельсист. п. крыша клетки устраивается откидной, а днища отдельных этажей (в многоэтажных клетях) съемными. В клетях, предназначенных для спуска и подъема людей, длинные стороны обшивают перфорированным листовым железом или проволоочной сеткой. Высота этажа в таких клетях должна быть не менее 1,8 м. Верхний этаж клетки должен быть так устроен, чтобы от пола клетки до наинизшего положения той части, которая выдвигается в крыше клетки, было не менее 1,9 м. В исключительности грузовых клетях эти меры предосторожности отпадают; кроме того в них вместо сплошного пола укладывают отдельные брусья. Для облегчения веса клетей при глубоких шахтах их изготавливают из стали. Величина клетей зависит от сечения шахты и ее производительности. При подъеме зараз нескольких вагончиков клетки м. б. одноэтажными и многоэтажными. На фиг. 4 показано устройство четырехэтажной клетки. Клетки для одного вагончика устраивают редко (на металл. и небольших каменноугольных рудниках). В каждом этаже клетки устанавливают от одного до четырех вагончиков, чаще по два вагончика либо рядом (клеть широкая и короткая) либо один за другим (длинная и узкая). Для задерживания вагончиков в клетях во время ее движения применяют различные устройства: железные скобы, закрывающие выход из клетки, особые рычаги с пальцами, зацепляющимися вагончик за его ребро, устройства, задерживающие ось или колесо вагончика. На фиг. 5 показан один из видов такого устройства: педаль *a* и задержка *b* с противовесом *c*, связанные между собой кулисным соединением, вращаются около неподвижных осей *g* и *d*. При вкатывании вагончик нажимает на педаль, вследствие чего задержка опускается, пропуская вагончик в клетку, а затем противовесом приводится в прежнее положение. При выкатывании вагончика нажимают ногой на педаль; когда второй скат вагончика подойдет к задержке, в этот момент

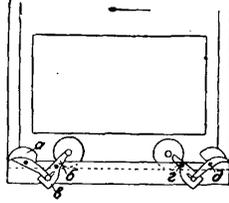


Фиг. 4.

фильного железа скрепляются в прочный остов профильным же железом. Боковые стенки скрепляются полосовым или угловым железом. Соединение отдельных частей производится клепкой, а в последнее время и сваркой. Для возможности спуска в клетях труб, крепежного леса, рельсист. п. крыша клетки устраивается откидной, а днища отдельных этажей (в многоэтажных клетях) съемными. В клетях, предназначенных для спуска и подъема людей, длинные стороны обшивают перфорированным листовым железом или проволоочной сеткой. Высота этажа в таких клетях должна быть не менее 1,8 м. Верхний этаж клетки должен быть так устроен, чтобы от пола клетки до наинизшего положения той части, которая выдвигается в крыше клетки, было не менее 1,9 м. В исключительности грузовых клетях эти меры предосторожности отпадают; кроме того в них вместо сплошного пола укладывают отдельные брусья. Для облегчения веса клетей при глубоких шахтах их изготавливают из стали. Величина клетей зависит от сечения шахты и ее производительности. При подъеме зараз нескольких вагончиков клетки м. б. одноэтажными и многоэтажными. На фиг. 4 показано устройство четырехэтажной клетки. Клетки для одного вагончика устраивают редко (на металл. и небольших каменноугольных рудниках). В каждом этаже клетки устанавливают от одного до четырех вагончиков, чаще по два вагончика либо рядом (клеть широкая и короткая) либо один за другим (длинная и узкая). Для задерживания вагончиков в клетях во время ее движения применяют различные устройства: железные скобы, закрывающие выход из клетки, особые рычаги с пальцами, зацепляющимися вагончик за его ребро, устройства, задерживающие ось или колесо вагончика. На фиг. 5 показан один из видов такого устройства: педаль *a* и задержка *b* с противовесом *c*, связанные между собой кулисным соединением, вращаются около неподвижных осей *g* и *d*. При вкатывании вагончик нажимает на педаль, вследствие чего задержка опускается, пропуская вагончик в клетку, а затем противовесом приводится в прежнее положение. При выкатывании вагончика нажимают ногой на педаль; когда второй скат вагончика подойдет к задержке, в этот момент

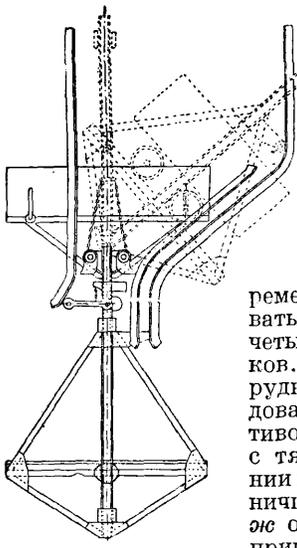
первый скат находится на педали и вагончик свободно выкатывается из клетки.

Подъем в опрокидывающихся клетях. Опрокидывающиеся клетки состоят из наружной и внутренней частей, соединенных между собою шарнирами. Наружная часть в виде вертикальной рамы с двумя поперечными балками подвешивается к подъемному канату. Внутренняя часть состоит из платформы с вертикальными боковыми стенками в виде буквы **L**. Во время опрокидывания наружная часть сохраняет свое вертикальное положение, а внутренняя вращается около шарнира. Опрокидывающиеся клетки изготавливаются одноэтажными (только для одного вагончика) для обычных вагончиков и для вагончиков с откидной лобовой стенкой; первый тип применяется редко, а именно, когда приходится использовать существующий парк обычных вагончиков. Второй тип показан на фиг. 6. Для удержания вагончика в клетке при движении и опрокидывании существуют особые устройства, одно из которых изображено на фиг. 7.



Фиг. 5.

Вагончик порельсам, уложенным на наклонном полу клетки, докатывается до упорного рычага *a*; в подном клетки расположен вал *б*, на котором могут перемещаться захваты *в*, схватывающие ободы всех четырех колес вагончиков. Приемная площадка рудничного двора оборудована кулаками *г* с противовесом *д* и ползуном с тягой *е*. При опускании клетки на уровень рудничного двора контргруз *жс* опирается на ползун, причем упорный рычаг *a* наклоняется и освобождает ось ската, а захваты *в* отклоняются в сторону и освобождают колеса вагончиков. Вагончик выкатывается и отклоняет кулак *г*, а ползун выдвигается из-под контргруза *жс*, к-рый, опускаясь, перевешивает рычаг *a* в запирающее положение для сменного вкатывающегося в клетку вагончика. В надшахтном здании производительность подъема зависит от емкости вагончика, глубины шахты, скорости подъема и времени погрузки и разгрузки клетей. В табл. 1 и 2 приведены характеристика и производительность подъема в опрокидывающихся клетях.



Фиг. 6.

В США допускается до 160—180 подъемов в час. Преимущества подъема в опрокидывающихся клетях по сравнению с подъемом в обычных клетях следующие: 1) полная автоматичность разгрузки и загрузки клетей. В табл. 1 и 2 приведены характеристика и производительность подъема в опрокидывающихся клетях.

Преимущества подъема в опрокидывающихся клетях по сравнению с подъемом в обычных клетях следующие: 1) полная автоматичность разгрузки и загрузки клетей. В табл. 1 и 2 приведены характеристика и производительность подъема в опрокидывающихся клетях.

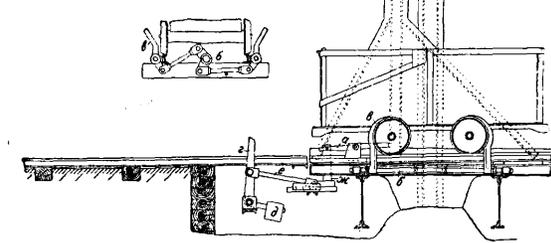
Табл. 1.—Характеристика подъема в опрокидывающихся клетях.

Глубина подъема в м	Время чистого подъема в ск.	Время разгрузки и загрузки в ск.	Полное время подъема в ск.	Число подъемов в 1 ч.
50	25	10	35	103
100	30	10	40	90
150	35	10	45	80
200	38	10	48	75
250	42	10	52	69
300	45	10	55	65
350	48	10	58	62
400	52	10	62	58
450	55	10	65	55
500	58	10	68	53

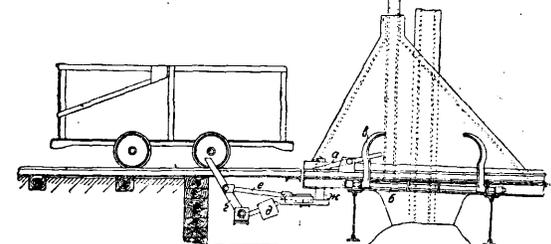
Табл. 2.—Производительность подъема в опрокидывающихся клетях (в ч.).

Емкость вагончика (т угля)	Глубина подъема в м									
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	Производительность подъема в 1 ч.									
0,75	77	68	60	56	52	49	43	43	41	40
1,0	103	90	80	75	69	65	62	58	55	53
1,5	182	135	120	112	103	98	93	87	83	79
2,0	206	180	160	150	138	130	124	115	110	103
2,5	258	225	200	188	172	162	155	145	138	132
3,0	309	270	240	225	206	195	183	174	165	159

отделении), 3) надшахтные сооружения более легки, компактны и дешевы, 4) устраняется смена вагончиков в надшахтном здании, 5) вагонный парк значительно сокращается, 6) отсутствуют опрокидыватели в надшахтном здании и 7) производительность подъема больше. Недостатки этого подъема следующие: 1) клетки тяжелее и дороже обычных, 2) двигатель д. б. более мощным, 3) вагончик сложнее (с откидной лобовой стенкой), 4) невозможность непосредственно (без перегрузки) отправить уголь в шта-

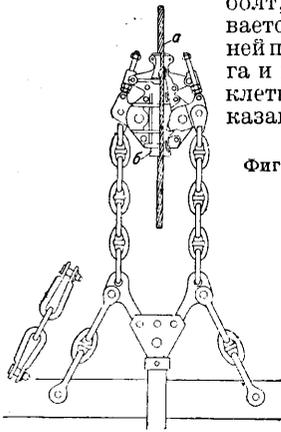


Фиг. 7.

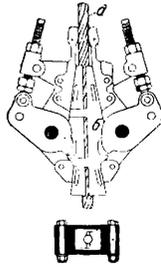


бели, 5) опасность подъема людей и необходимость вследствие этого устройства специальных посадочных площадок ниже приемной площадки и особых автоматически действующих приспособлений, гарантирующих невозможность опрокидывания людей в бункер.

Оборудование клетьевого подъема. Соединение каната с клетью производится при посредстве петли, составленной из его же конца. Загнутый вверх конец каната должен прикрепляться выше петли к телу самого же каната зажимами. Петля по жлобу отгибает вставленный в нее диск, остро оттянутый вверх и заполняющий пространство петли. Через отверстие диска проходит болт, к которому подвешивается серья, к последней подвешиваются штанга и цепи, соединяемые с клетью. На фиг. 8 и 9 показаны соединения, при-

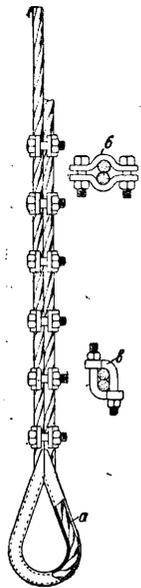


Фиг. 8.



меняемые за границей. Нижняя часть каната *a* без изгиба входит в зажимную буксу *б*; в канатном узле (фиг. 9) канат вкладывается в обойму *a*, изготовленную в виде железного загнутого желобка; защемление загнутой части каната с прямой его частью производится или зажимом *б* или угловыми винтами *в*. Приготовленный т. о. конец каната присоединяется к клетю при помощи цепей

(обычно их 4) или главной штанги или одновременно обоими способами (фиг. 4). На случай разрыва цепей укрепляются 4 запасные цепи. Для безопасного движения клетей применяют шахтные проводники из дерева, профильного железа (обычно рельсы) или проволочных канатов. По способу расположения проводники разделяются на головные, или лобовые (устанавливаются у передней и задней стороны клетю), боковые и угловые. Проводники прикрепляют к расстрелам гл. обр. при помощи болтов. На фиг. 10 показано прикрепление рельсовых проводников по обе стороны центрального расстрела по системе Бриара. По направляющим скользят особые, т. н. направиляющие, лапы в количестве обычно четырех (2 привинчены к верхней раме и 2 к нижней). Для уменьшения толчков и предохранения проводников от слишком быстрого изнашивания

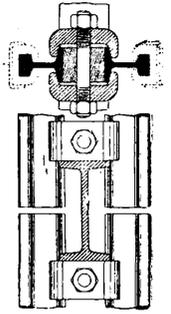


Фиг. 9.

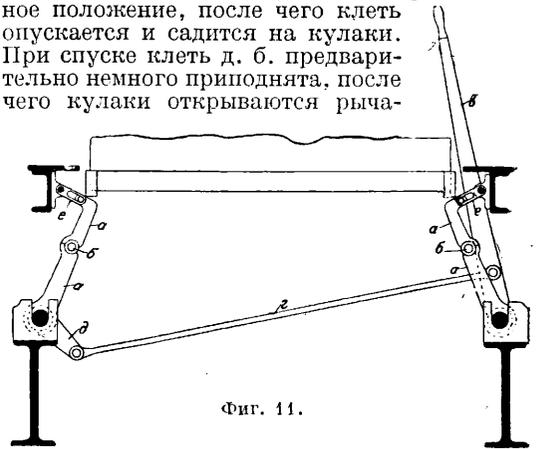
в старых, потерявших первоначальную вертикальность шахтах применяют лапы с каучуковой прокладкой или со стальными пружинами; иногда в этих случаях сверху клетю укрепляют ролик. Канатные направляющие устанавливают в шахтах малых и средних глубин; при больших глубинах применение их опасно вследствие их провисания и раскачивания.

Для необходимого натяжения канатов нижние концы их пропускают через узкие отверстия в рамах и прикрепляют к этим концам грузы. Клеть движется или по четырем проводникам (по углам клетю) или по трем.

Для установки клетю на приемной верхней площадке применяют особые установочные приспособления, т. н. «кулаки». Применение кулаков не обязательно при условии, если подъемная установка имеет помимо сигнализации устройство, не позволяющее машинисту преждевременно произвести спуск — подъем. Кулаки простого устройства изготовляют из ковкого железа; они насаживаются на два вала; при горизонтальном положении кулаки опираются на особые подкладки. При подъеме клетю кулаки автоматически поднимаются клетью и по прохождении ее падают от собственного веса, принимая горизонтальное положение, после чего клеть опускается и садится на кулаки. При спуске клетю д. б. предварительно немного приподнята, после чего кулаки открываются рыча-

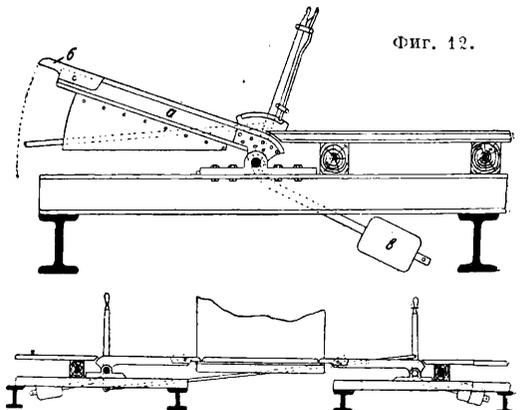


Фиг. 10.



Фиг. 11.

гом, укрепленным на валу, соединенном с другим валом тягами (другая пара кулаков). Недостатком этого устройства состоит в том, что при каждом спуске клетю нужен лишний маневр (предварительное приподнимание клетю).



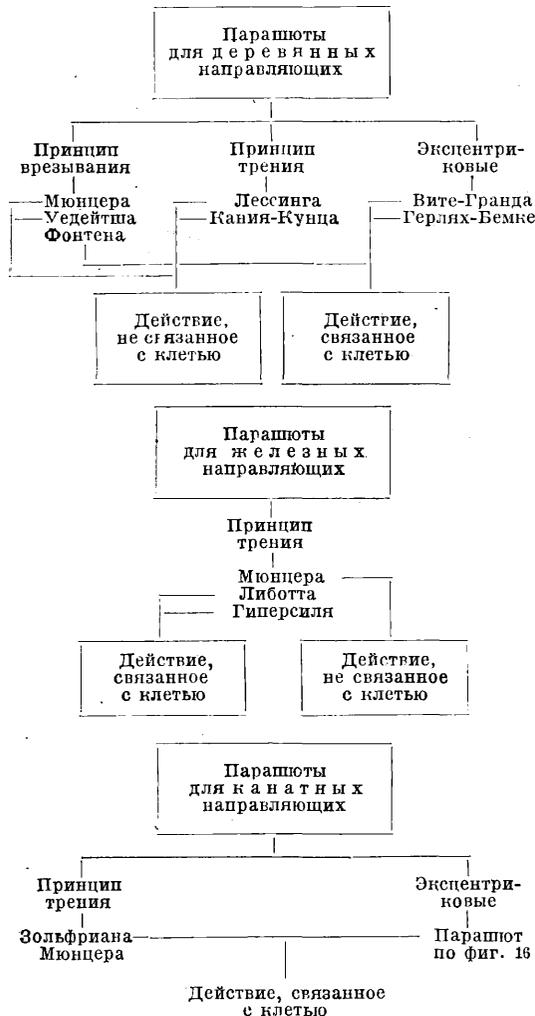
Фиг. 12.

Для избежания этого применяют приспособления, которые могут оттягиваться назад в то время, когда на них стоит клеть. Одно из таких приспособлений (Westmeyer'a) дано на фиг. 11. Рычаги *a* вращаются на осях *б*; рукояткой *в* при помощи тяги *г* и плеча рычага



мешают движению рабочих. Существует несколько систем механик толкателей—напр. сист. Heckel (фирмы Düsterloh), электрический толкатель системы Gewerkschaft Eisenhütte, Demag и др.

На случай разрыва подъемного каната для предохранения клетей от падения в шахту они снабжаются парашютами. Парашюты по действию захватов (к о ш е к) делятся на парашюты врезывания (в проводник), трения и эксцентриковые (действующие одновременно и врезыванием и трением). Пример эксцентрикового парашюта для канатных направляющих приведен на фиг. 16. Эксцентриковая головка *a* помещена в обхватывающую канат коробку *b*; рычаг *c* головки на одном конце несет груз, другой конец соединен с пружиной *g*; этот рычаг подвешен на цепи *d* к серье подъемного каната; при обрыве каната рычаг *c* под действием пружины и груза падает вниз; эксцентриковая головка зажимает направляющий канат, врезываясь в него. Классификация всех систем парашютов представлена на следующей схеме.



няющие от излишнего подъема клетки (от переподъема), разделяются на устройства, действующие на клеть, и приспособления, влияющие на ход подъемной машины. К первым относится сближение направляющих (проводников) под верхней приемной площадкой; вследствие трения лап о проводники клеть останавливается. Чтобы клеть не упала в шахту (в случае поломки звеньев цепи от удара о шкив), устанавливают на соответствующей высоте копровые кулаки. Более целесообразным средством является приспособление для выключения каната (конструкция Haniel'a-Lueg'a). Указанные устройства применяются только в том случае, если электрическая подъемная машина не имеет двух автоматически действующих устройств (обязательных при максимальной скорости подъема людей выше 4 м/сек и грузов выше 6 м/сек), гарантирующих невозможность поднятия клетей под направляющие шкивы (например ограничители конечной скорости и концевого выключателя); для всех паровых подъемных установок сближение направляющих и устройство аварийных копровых кулаков обязательно. Для правильного управления подъемной машиной устанавливается указатель глубины. Он состоит из двух маленьких салазок, движущихся по колонке вниз и вверх; положение салазок и скорость их движения соответствуют положению и скорости движения клетки в шахте (в уменьшенном масштабе). Существуют и другие указатели глубины и скорости подъема. В чисто грузовых подъемных вертикальных шахтах наибольшая скорость *v* подъема д. б. не более величины, даваемой ф-той  $v = \sqrt{aH}$ , где *H*—высота подъема в м, *v*—скорость в м/сек, *a*—постоянная величина, зависящая от рода двигателей. В указанных подъемных установках с паровыми двигателями постоянная *a* не должна превышать 0,5; в подъемных установках с электрическими двигателями без автоматич. остановки постоянная *a* не должна превышать 0,525, а при автоматич. останове 0,75. Предельные скорости подъема людей приведены в табл. 3.

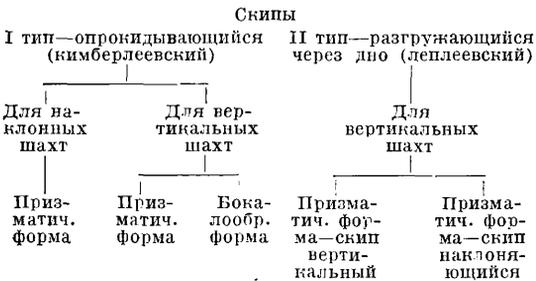
Табл. 3. — Подъемные скорости *v* (в м/сек) подъема людей в клетях.

Высота подъема <i>H</i> в м	Установки с паровыми двигателями	Установки с электродвигателями без автоматического останова	Установки с электродвигателями с автоматическим остановом
10	2,21	2,45	2,75
20	3,16	3,50	3,90
30	3,87	4,25	4,75
40	4,47	4,90	5,50
50	5,00	5,50	6,10
75	6,10	6,70	7,50
100	7,07	7,80	8,70
200	10,0	10,4	10,8
300	10,9	11,5	12,0
400	11,7	11,0	12,0
500	12,0	12,0	12,0
600	12,0	11,0	12,0
700	12,0	12,0	12,0
800	12,0	12,0	12,0
900	12,0	12,0	12,0
1000	12,0	12,0	12,0

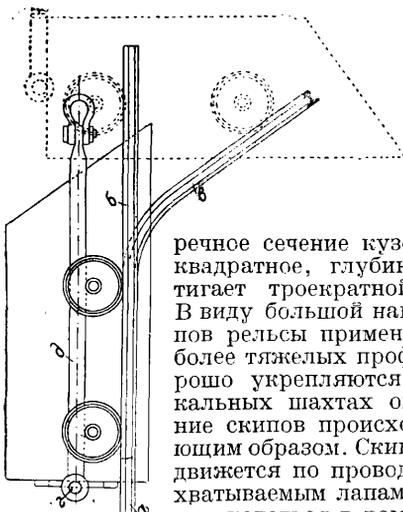
Здесь скорость *v* вычислена по ф-ле  $v = \sqrt{aH}$  до высоты подъема, к-рая соответствует предельной скорости 10 м/сек, а выше по формуле  $v = 8,3 + 0,017aH$ , которая дает несколько большие значения.

Своевременная остановка клетки в конце ее подъема при современных больших глубинах шахты и больших скоростях подъема имеет большое значение. Приспособления, предохра-

**Подъем в скипах.** Конструкция скипов в настоящее время и самые скиповые установки имеют большое разнообразие. Различают скипы по способу нагрузки, по форме кузова скипа и по роду применения в вертикальных или наклонных шахтах. Классификация скипов представлена на следующей схеме.



При скиповом подъеме в наклонных шахтах задние колеса скипа имеют более широкий обод (150—200 мм), чем передние (75 мм). На поверхности у разгрузочной площадки шахтные рельсы *a* (фиг. 17) изогнуты; в месте перегиба прокладывают рельсы *b* с более широкой колеей, по которой продолжают катиться задние колеса скипа; передние колеса катятся по изогнутым рельсам *в*, благодаря чему скип принимает наклонное положение и содержащее его высыпается. Кузов описываемого скипа склепывается из котельного железа и может вращаться на оси *г*; на оси укреплен рама *д*; к кольцу ее прикрепляется подъемный канат. Боковые и передние стенки имеют толщину 8—12 мм; дно и задняя стенка толщиной 10—16 мм; они устилаются деревянными досками, обшитыми листовым железом. Попе-

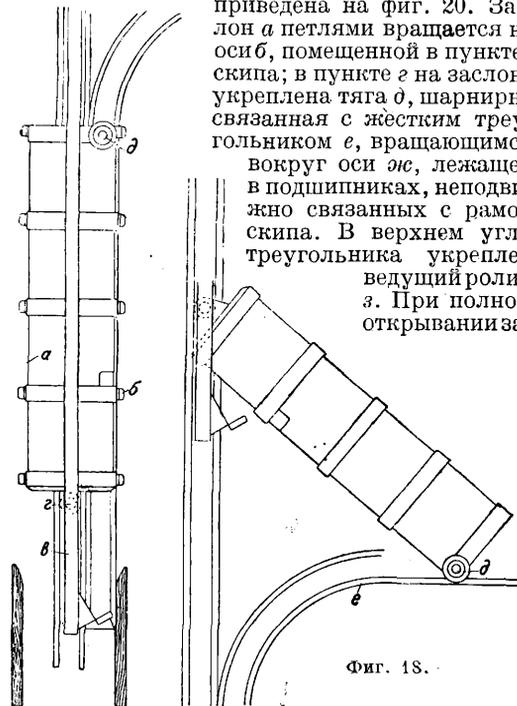


Фиг. 17.

речное сечение кузова обычно квадратное, глубина же достигает трехкратной ширины. В виду большой нагрузки скипов рельсы применяются наиболее тяжелых профилей и хорошо укрепляются. В вертикальных шахтах опрокидывание скипов происходит следующим образом. Скип *a* (фиг. 18) движется по проводникам, обхватываемым лапами *б*; он может качаться в раме *в* вокруг

оси *г*; у переднего конца скипа укреплен ролик *д*. При подходе к разгрузочной площадке этот ролик попадает на изогнутый путь *е*, в то время как рама *в* продолжает подниматься вверх, благодаря чему скип принимает наклонное положение и опорожняется. Для того чтобы скип при обратном ходе не заклинился или не опустился вверх дном, к раме ниже скипа прикрепляют особый буфер или же устраивают дополнительную кривую направляющую, по которой катится ролик *д* при илзишем подъеме

скипа. На фиг. 19 изображен скип, разгружающийся через дно, после того как будет открыт заслон. Открывание заслона производится автоматически при посредстве изогнутых по особой форме железных направляющих и скользящему по ним ролику. Схема механизма, управляющего открытием заслона,



Фиг. 18.

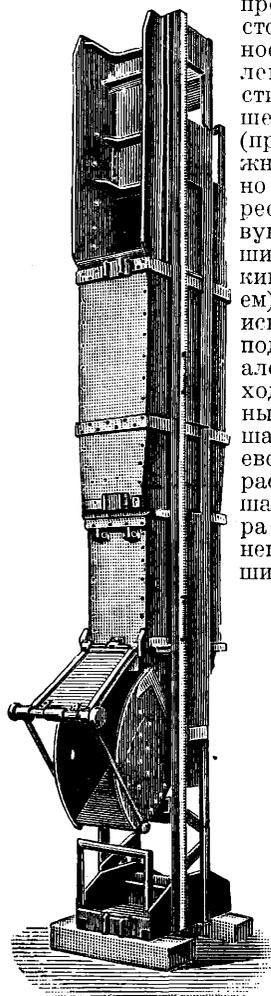
приведена на фиг. 20. Заслон *a* петлями вращается на оси *б*, помещенной в пункте *в* скипа; в пункте *г* на заслоне укреплен тяга *д*, шарнирно связанная с жестким треугольником *е*, вращающимся вокруг оси *жс*, лежащей в подшипниках, неподвижно связанных с рамой скипа. В верхнем углу треугольника укреплен ведущий ролик *з*. При полном открывании за-

слона последний перекрывает неподвижный жолоб *и*, укрепленный на копре, чем предотвращается падение кусков ископаемого в шахту. Существует несколько других приспособлений для открытия заслона. В наклоняющихся скипах ось вращения корпуса скипа помещена в верхней части рамы. Наклонение его достигается с помощью ролика или специальными двигателями, действующими сжатым воздухом.

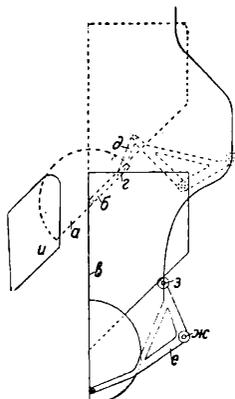
Нагрузка скипов может производиться непосредственно из доставленных от забоя вагончиков (в шахтах небольшой производительности) или из бункеров емкостью для одного скипа или с запасом на 1—1½ часа работы скипа. При разделении нагружаемого материала по сортам нагрузка совершается из нескольких бункеров. На фиг. 21 изображена нагрузка скипа у рудничного двора шахты. На фиг. 22 изображено оригинальное устройство для наполнения скипов на одной немецкой угольной шахте. Вагончики с грузом подкатываются к двум опрокидывателям *a*, откуда уголь попадает на грохот *б*; отсеянный уголь идет на ленту *в*, а мелочь попадает в бункер *г*. Уголь с ленты поступает в дробилку *д* и на транспортную ленту *е*, распределяющую уголь по бункерам 1—4. Под бункерами находятся две рядом расположенные ленты, подводящие уголь к дозатору *жс*, расположенному на платформе для взвешивания. По рештакам *з* уголь попадает в скип *и*. Выработки *к*, *л*, *м* сообщаются между собой при помощи подъемника *н*. Каждый бункер содержит 250 т угля.

При сравнении опрокидывающихся скипов с разгружающимися через дно—первые имеют

преимущества: 1) по простоте, жесткости и прочности конструкции, 2) по легкости и равномерности разгрузки, 3) по меньшему весу и стойкости (применение скипов с нижней разгрузкой особенно целесообразно при переоборудовании существующих шахт с небольшим сечением и невысоким надшахтным зданием). Применение скипов исключает возможность подъема людей и материалов; в виду этого приходится иметь или отдельные шахты (неглубокие шахты в США), или клетевую подъемы располагают в той же шахте большого диаметра (фиг. 23), или наконец скип и клеть подвешивают на одном канате.



Фиг. 19.

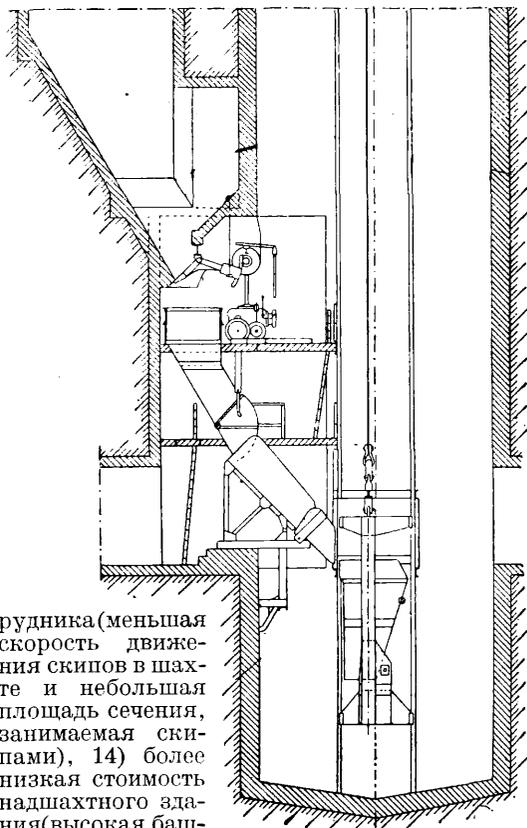


Фиг. 20.

При сравнении скипового подъема с клетевым первый имеет следующие преимущества:

1) большая производительность подъемной шахты, 2) совершенная механизация нагрузки и выгрузки, 3) надежность действия, 4) меньшее сечение шахты при равных других условиях, 5) более выгодное отношение полезного груза к суммарному, 6) меньшая мощность подъемной машины, 7) при той же производительности возможность подъема с меньшими скоростями и ускорениями (меньший износ канатов, машин), 8) вследствие устройства бункеров большая независимость подъема от других горных работ, 9) спокойный ход скипов (увеличивается срок службы проводников, лап), 10) сравнительно равно-

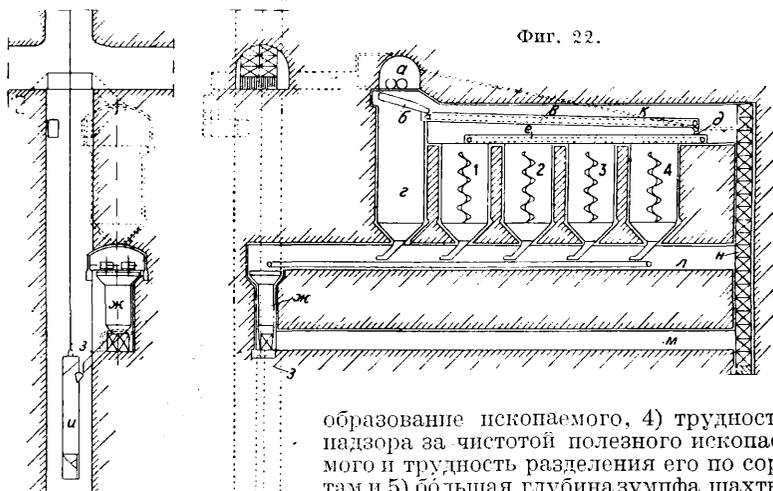
мерное потребление энергии подъемом, 11) возможность применять при разработках вагонетки с большей емкостью (меньший вагонный парк, меньший износ их), 12) возможность точного взвешивания, 13) лучшая вентиляция



Фиг. 21.

рудника (меньшая скорость движения скипов в шахте и небольшая площадь сечения, занимаемая скипами), 14) более низкая стоимость надшахтного здания (высокая башня с минимальной площадью пола).

К недостаткам скипового подъема относятся: 1) большие затраты по оборудованию рудничных дворов (бункера, приспособления для нагрузки), 2) необходимость оборудования отдельного подъема для спуска людей и материалов, 3) большее измельчение и пыле-

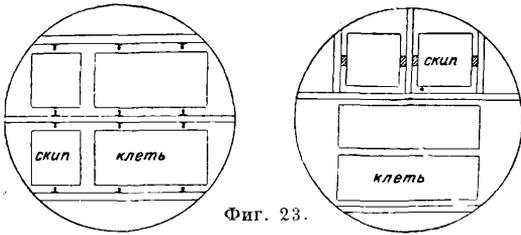


Фиг. 22.

образование ископаемого, 4) трудность пазора за чистой полезной ископаемого и трудность разделения его по сортам и 5) большая глубина зумфа шахты.

Р. п. в обыкновенных клетях преимущественно распространен в СССР и Европе;

подъем в скипах, в клетях с наклоняющейся платформой и в опрокидывающихся клетях широко применяется в Америке; за последнее время подъем в скипах начинает распространяться все больше в Европе. В СССР на шах-



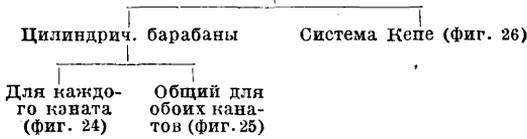
Фиг. 23.

тах с большой производительностью имеется несколько установок шахтного подъема с опрокидываемыми клетями и со скипами.

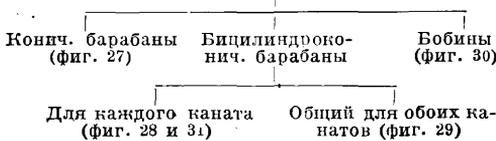
**Органы навивки каната.** По органу навивки каната подъемные установки подразделяются на установки с барабанами или шкивами постоянного радиуса навивки и переменного радиуса навивки. Классификация органов навивки приведена на следующей схеме.

Органы навивки каната

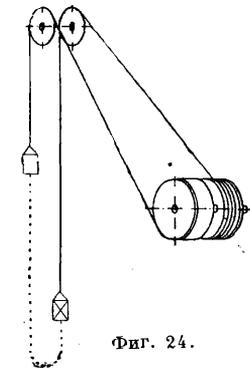
I тип — органы с постоянным радиусом навивки



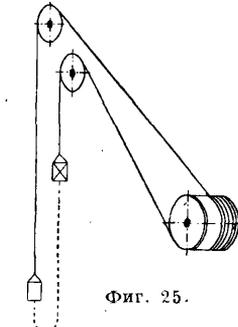
II тип — органы с переменным радиусом навивки



Цилиндрич. барабаны благодаря простоте конструкции дешевы и имеют в СССР большое распространение. На новых шахтах Донецкого и др. бассейнов установлены б. ч. подъемные машины с такими барабанами без нижнего подвешенного каната для глубин меньших 300 м и с нижним подвешенным канатом — для



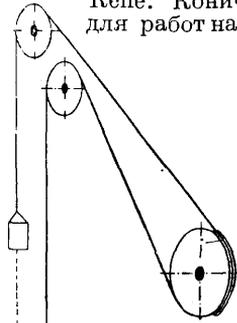
Фиг. 24.



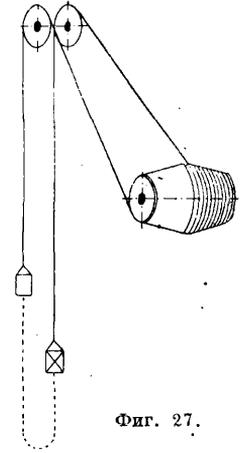
Фиг. 25.

больших глубин. При системе Кепе для обеспечения достаточного сцепления между подъемным канатом и ободом шкива трения при всех положениях клетей необходим подклетевой или хвостовой канат. Эта система аналогична передаче гибкой связью; направляющие шкивы и шкив трения расположены в одной вертикальной плоскости. Система Кепе

применяется главным образом в Германии. В СССР имеется несколько установок системы Кепе. Конические барабаны удобны для работ на значительных глубинах,

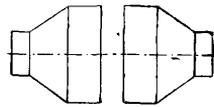


Фиг. 26.

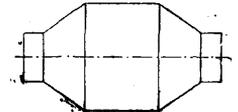


Фиг. 27.

так как при этом подъеме не требуется тяжелый нижний канат. В начале подъема навивка производится на малый радиус, а при окончании подъема — на большой; при спуске — наоборот. Конические барабаны применяются гл. обр. в Германии и Англии. На бицилиндроконических барабанах канат первоначально навивается на малом цилиндре, затем

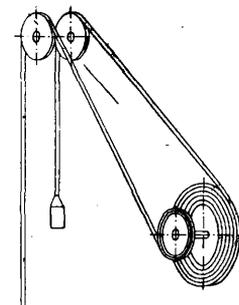


Фиг. 28.



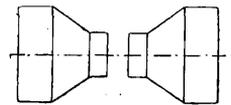
Фиг. 29.

на конической части и на большом цилиндре, являющемся общим для обоих канатов. Бицилиндроконич. барабаны применяются гл. обр. во Франции и Англии для больших глубин. Эти барабаны по своей конструкции более компактны, чем конические, и имеют лучшее уравновешивание. В Америке при малых гл-



Фиг. 30.

бинах для опрокидных клетей применяются эти барабаны с резким профилем и большим углом подъема конуса. В СССР имеется несколько установок с бицилиндроконич. барабанами. В Подмосковном



Фиг. 31.

каменноугольном бассейне для шахт малой глубины возможно развитие двух видов подъемных установок; при применении обыкновенных клетей наиболее простыми и удобными будут электрич. лебедки с цилиндрич. барабанами. При применении клетей с наклоняющейся или переворачивающейся платформой (америк. типы) возможно распространение америк. системы подъема с бицилиндроконич. барабанами резкого профиля, соеди-

ненными зубчатой передачей с асинхронным мотором. Бобины служат для навивки плоского каната (аналогично с навивкой киноленты). Для плоских алойных канатов бобины очень удобны; при навивке плоских металл. канатов благодаря неравномерной свивке иногда получаются перекосы каната, вызывающие увеличение напряжений в отдельных проволоках, что ведет к сокращению срока службы каната. Бобины нашли применение во Франции и Бельгии. Установки с бобинами для эксплуатационных работ в настоящее время в СССР не проектируются, но зато находят применение при проходке глубоких шахт, так как с изменением высоты подъема легко можно регулировать длину каната и иметь одновременно хорошее уравнивание.

**Системы уравнивания Р. п.** Различают два вида систем уравнивания: неуравновешенные системы и уравновешенные системы. Классификация их приведена на следующей схеме.

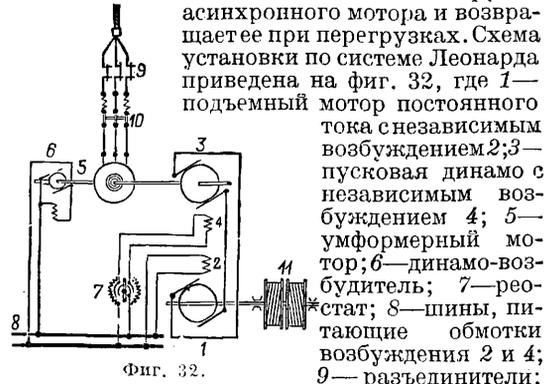
#### Системы уравнивания подъема



Неуравновешенная система имеет место при цилиндрич. барабанах без нижнего подвесного каната. Полное статич. уравнивание достигается подвеской нижнего каната одинакового погонного веса с подъемным канатом. Частичное статическое уравнивание достигается подвеской нижнего каната с погонным весом, меньшим, чем у подъемного каната, или же применением установок с переменным радиусом навивки. Динамическое уравнивание достигается подвеской нижнего каната с большим погонным весом, чем подъемный (т. н. система с тяжелым нижним канатом), или применением барабанов с переменным радиусом навивки с более резким профилем барабана. При системе динамического уравнивания, предложенной акад. Федоровым (т. н. гармонической Р. п.), с полным уравниванием сил инерции применяется специально рассчитанный тяжелый нижний подвесной канат, чем достигается постоянство момента вращения в течение всего подъема. Сист. полного динамич. уравнивания, предложенная проф. Макаровым, основана на применении специально рассчитанного профиля барабана.

**Приводы.** Порода привода установки бывают с паровыми подъемными машинами и электрическими подъемными машинами, среди которых можно выделить три основные системы: а) с асинхронным подъемным двигателем трехфазного тока и зубчатой передачей (ординарной или двойной); б) с подъемным двигателем постоянного тока и умформерной группой сист. Леонарда (с зубчатой передачей или без нее, с непосредственным соединением вала барабана с валом тихоходного мотора); в) то же, но только добавляется маховик Ильгнера в

умформерной группе и регулятор скольжения для асинхронного мотора в умформерной группе. Область применения трех перечисленных систем установки с асинхронным мотором применяется сравнительно меньшей мощности и главным образом на тех установках, где режим работы двигателя мало меняется,—например скиповые подъемы и клетевые подъемы с мало меняющимися функциями подъемов, где возможна работа с одинаковыми максимальными скоростями подъема. К недостаткам установок с асинхронным мотором следует отнести большие нагрузки на электрич. подстанции при пуске машин в ход (пусковая мощность составляет обычно ок. 180% от установленной подъемного мотора); к достоинствам—меньшая стоимость их. Установки с умформерной группой сист. Леонарда благодаря возможности производить регулирование скорости Р. п. почти без потерь энергии позволяет выбрать диаграммы подъема, дающие небольшие перегрузки на электрической подстанции, и кроме того легко автоматизировать подъем. Для очень крупных установок, где необходимо выравнивать нагрузку станции, применяется система Ильгнера-Леонарда: маховик умформерной группы накапливает энергию в моменты неполной нагрузки асинхронного мотора и возвращает ее при перегрузках. Схема установки по системе Леонарда приведена на фиг. 32, где 1—



Фиг. 32.

10—автоматический максимальный выключатель; 11—барабан подъемной машины.

На фиг. 33 представлена выполненная фирмой АЕГ детальная схема коммутации двух одновременно работающих подъемных машин, электрифицированных по системе Ильгнера-Леонарда с общим умформерным агрегатом.

**Расчет каната.** Средняя прочность всех проволок каната д. б. не менее  $110 \text{ кг/мм}^2$  и не более  $180 \text{ кг/мм}^2$ . В настоящее время применяют исключительно проволочные канаты из тигельной стали с временным сопротивлением на разрыв  $140\text{--}180 \text{ кг/мм}^2$ . Расчет подъемного каната для вертикального подъема благодаря почти пропорциональности погонного веса каната его разрывному сопротивлению удобнее производить (в отношении определения погонного веса каната) по ф-ле акад. М. М. Федорова:

$$p = \frac{Q_0}{\frac{K_2}{m \cdot \beta \gamma} - \lambda H_0} \text{ кг/м,}$$

где  $Q_0$ —вес концевого груза в кг,  $K_2$ —временное сопротивление проволок каната на разрыв в  $\text{кг/мм}^2$ ,  $m$ —запас прочности каната,  $\gamma$ —вес  $1 \text{ м}^3$  металла каната в кг,  $\beta$ —коэффициент, учитывающий утяжеление каната благодаря наклонному положению проволок в канате после свивки и наличию сердечников.

При расчетах обыкновенно принимают  $K_2 = (150 \div 160) \cdot 10^6$  кг/м<sup>2</sup>;  $m = 7$  для исключительно грузовых подъемов;  $m = 8 \div 9$  для подъемов, которые обслуживают также спуск и подъем людей;  $\gamma = 7800$  кг/м<sup>3</sup> для тигельной стали;  $\beta = 1,15 \div 1,35$ ,  $\lambda = \frac{q}{p}$ , где  $q$  в кг/м — погонный вес нижнего подвесного каната ( $\lambda = 1$  для подъемов без нижнего каната или с нижним подвесным канатом одинакового погонного веса с подъемным,  $\lambda > 1$  для Р. п. с нижним подвесным канатом большего погонного веса, чем подъемный);  $H_0$  в м — вертикальная длина каната от оси направляющего шкива до нижней погрузочной площадки в шахте. По рассчитанному погонному весу делается выбор каната по каталогу и проверяется запас прочности выбранного каната. Предельные углы отклонения каната на направляющих шкивах и барабанах в плоскости струны каната от плоскостей, перпендикулярных к оси направляющего шкива или барабана, практикой установлены в  $1^\circ 30'$ . Наименьшая допустимая наклонная длина  $L$  (в м) струны каната, соответствующая предельному углу отклонения каната в  $1^\circ 30'$ , м. б. определена по следующим ф-лам:

Для установок с одним общим барабаном

$$L_{\min} \cong 19B, \quad (1)$$

для установок с двумя барабанами

$$L_{\min} \cong 19(2B + a - S) \quad (2)$$

или

$$L_{\min} \cong 19(S - a), \quad (3)$$

где  $B$  в м — ширина барабана, на которой производится навивка каната;  $a$  в м — внутреннее расстояние между навивочными частями двух барабанов;  $S$  в м — расстояние между осями направляющих шкивов в плоскости, параллельной оси барабанов. Для расчета принимается наибольшее значение из ф-л (2) или (3). Отношение наименьшего диаметра барабана или шкива к наименьшему диаметру проволок, составляющих канат, должно быть не менее 1200 при стали с сопротивлением на разрыв  $120$  кг/мм<sup>2</sup>; при более крепкой стали это отношение может быть уменьшено, но не ниже, чем до 1000. Отношение диаметра барабана и направляющих шкивов к диаметру каната должно быть не менее 80 в установках на поверхности.

Расчет подъемных установок с постоянным радиусом навивки производят, исходя из двух различных положений. 1) В основу расчета принимают определенный закон движения подъемного сосуда, т. е. кинематику подъема, в связи с чем получается определенный закон изменения моментов вращения на валу барабана, а следовательно и мощности двигателя. 2) В основу расчета принимают определенный закон изменения момента вращения подъемной машины (чаще всего постоянство момента вращения в течение всего периода подъема или части его), что приводит как следствие к определенному изменению скорости и ускорения подъема подъемных сосудов (например изменение скорости по закону кругового или гиперболич. синуса, изменение ускорения по закону кругового или гиперболич. косинуса). В качестве основного динамич. ур-ния подъемной машины с постоянным радиусом навивки независимо от способа расчета можно пользоваться ур-нем

акад. М. М. Федорова для усилия (в кг) на окружности навивки:

$$F = kQ - \Delta(H - 2x) + Mj \text{ кг},$$

где  $Q$  — полезный поднимаемый груз в кг;  $k$  — грузовой коэф., учитывающий сопротивление движению до барабана ( $k = 1,1 \div 1,25$ );  $\Delta = q - p$  в кг/м — разность погонных весов нижнего подвесного и подъемного канатов;  $H$  — полная высота Р. п. в м;  $x$  — путь в м, пройденный подъемным сосудом от начала Р. п.;  $M$  — масса всех движущихся частей подъемной установки, приведенная к окружности навивки каната на барабан в  $\frac{\text{кг см}^2}{\text{м}}$ ;  $j$  — линейное ускорение подъемного сосуда в  $\text{м/сек}^2$ . Определение мощности подъемного мотора производится по ф-ле

$$N_{\text{eff}} = \frac{M_{\text{eff}} \Omega}{102 \eta} \text{ kW},$$

где  $\Omega$  — максимальная угловая скорость барабана в течение подъема в  $\text{сек}^{-1}$  (скорость при нормальном числе оборотов двигателя);  $\eta$  — кпд зубчатой передачи, если таковая имеется;  $M_{\text{eff}}$  — эффективный момент вращения на валу барабана, к-рый м. б. определен по квадратичной ф-ле:

$$M_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{\Sigma(M^2 t)}{a(t_1 + t_3) + t_2 + \beta \theta}} \text{ кгМ},$$

где  $\Sigma(M^2 t)$  складывается из отдельных элементов: 1) При изменении  $M$  по прямой от величины  $M_1$  до  $M_2$  в течение времени  $t_1$

$$\Sigma(M^2 t) = \frac{M_1^2 + M_1 M_2 + M_2^2}{3} \cdot t_1.$$

2) При значениях  $M_1$  и  $M_2$ , близких друг другу, можно принять

$$\Sigma(M^2 t) = \frac{M_1^2 + M_2^2}{2} \cdot t_1.$$

3) При  $M_2 = M_1$

$$\Sigma(M^2 t) = M_1^2 t_1.$$

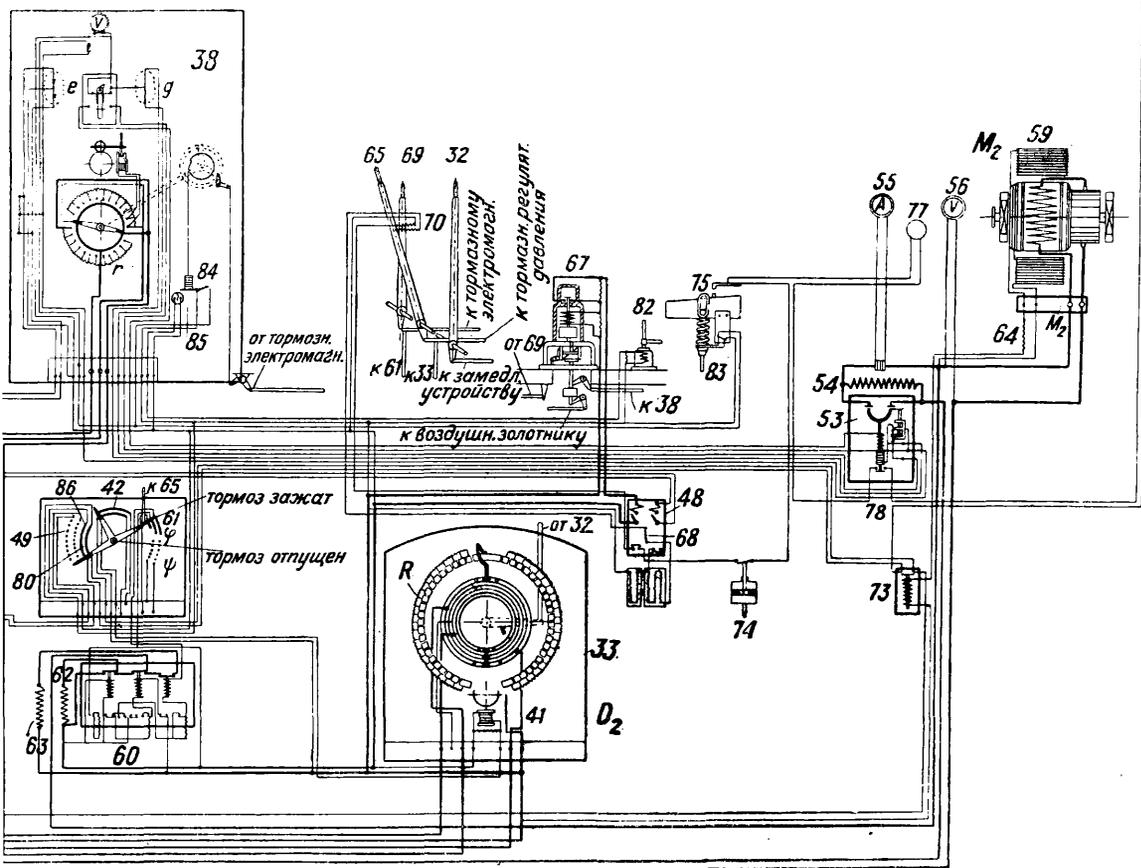
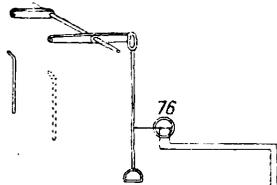
4) При  $M_2 = 0$

$$\Sigma(M^2 t) = \frac{M_1^2 t_1}{3}.$$

Здесь  $t_1$  и  $t_3$  — продолжительность ускоренного и замедленного движения подъемного сосуда в ск.;  $t_2$  — продолжительность равномерного движения в ск.;  $\theta$  — продолжительность паузы в ск.;  $a$  — коэф., учитывающий ухудшение охлаждения мотора при неполном числе оборотов;  $\beta$  — то же при останове мотора. Коэф.  $a$  и  $\beta$  зависят от конструктивных особенностей подъемного мотора. Например фирма General Electric Co. дает следующие их значения: для моторов постоянного тока  $a = 0,75$ ,  $\beta = 0,5$ ; для асинхронных моторов трехфазного тока  $a = 0,5$ ,  $\beta = 0,25$ . Для определения мощности подъемного мотора при проектировании Шахтстрой пользуется коэффициентами, предложенными акад. М. М. Федоровым:  $a = 1$  и  $\beta = 1/3$ . Подсчитанный и выбранный подъемный мотор необходимо проверить на перегрузку в начале нормального подъема и на перегрузку при маневрировании.

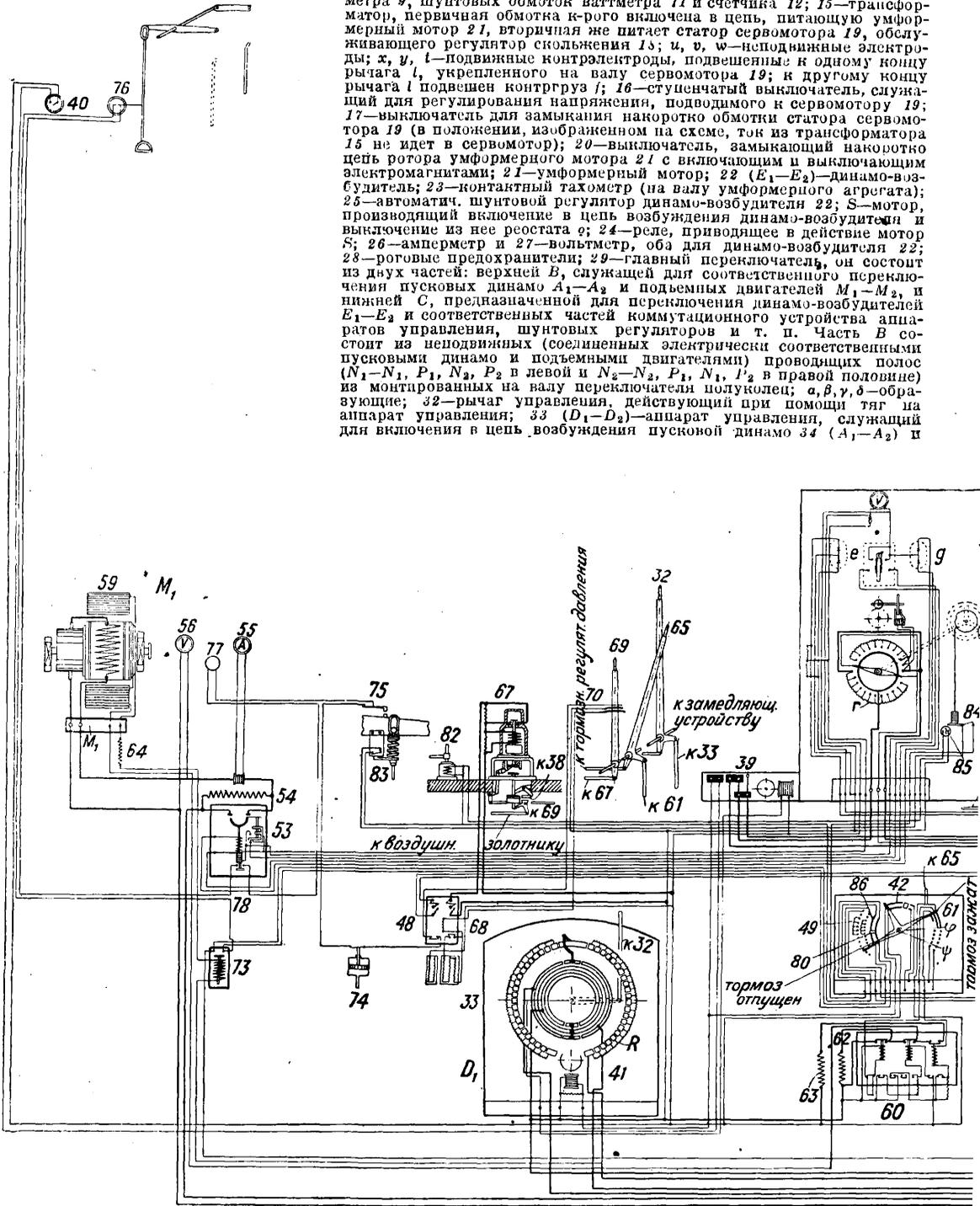
Лит.: Федоров М. М., Теория и расчет гармонич. рудничного подъема, Екатеринбург, 1914; его же, Наивыгоднейший режим в некоторых типах рудничных подъемных установок, «Уголь и Железо», Харьков, 1926, 11—12; Шклярский Ф. Н., Динамика рудничного подъема с постоянным радиусом навивки на основе трапециоидальной диаграммы скорости, М., 1924; его же, Электрификация рудничного подъема, Л., 1932; Макаров В. С., Общая теория вертикальных шахтных подъемников с простыми клетями, «ГЖ», 1930, 8—9; Еланич Г. М., Подъемные машины с бидлидроконич. барабанами, «Инженерный работ-

выключения из нее реостата R; 35—маховик; 36—регулирующее сопротивление в главной цепи возбуждения пусковой динамо 34; 37—запасное сопротивление, включаемое в цепь возбуждения пусковой динамо, при работе подъема с уменьшенной скоростью; 38—автоматич. выключатель цепи возбуждения пусковой динамо 34, где e, g—сигнальные лампы и r—реостат; 39—ограничитель хода; 40—сигнальный выключатель для подъема с уменьшенной скоростью; 41—блокировочный электромагнит, находящийся при аппарате управления 33, служит для ограничения скорости подъема; 42—контактные полосы; 44—пусковой реостат для мотора 45 компаундирующего агрегата K; 46—динамо (генератор) агрегата K; 47—шунт; 48—контакт, размыкающий цепь возбуждения динамо 46; 49—регулирующее сопротивление на контактной доске; 50—регулирующее сопротивление в вспомогательной цепи возбуждения пусковой динамо 34; 53—автоматич. максимальный выключатель цепи, соединяющей динамо 34 с подъемным двигателем 59; при определенной перегрузке этот выключатель не размыкает совершенно указанную цепь, а вводит в нее сопротивление 54; 55—амперметр; 56—вольтметр; 59 (M<sub>1</sub>—M<sub>2</sub>)—подъемный двигатель; 60—приспособление для защиты возбуждения подъемного двигателя от случайного ослабления; 61—контакты на контактной доске, служащие для включения приспособления 60; 62 и 63—сопротивления; 64—регулирующее сопротивление цепи возбуждения подъемного двигателя 59; 65—рукоятка рабочего маневрового тормоза; при положении φ контактного выключателя 61 возбуждение подъемного двигателя ослаблено; при положении ψ возбуждение имеет полное значение; 67—тормозной электромагнит; 68—сопротивление цепи тормозного электромагнита; 69—рукоятка предохранительного тормоза; 70—выключатель, связанный с действием предохранительного тормоза; 73—предохранительное приспособление, включенное в цепь возбуждения подъемного двигателя; 74—выключатель, действующий при помощи сжатого воздуха; 75—выключатель, размыкающий цепь тормозного электромагнита при неисправном действии механического тормоза; 76—конечный выключатель, смонтированный на копре; 77—конечный выключатель на указателе глубины; 78—вспомогательный контакт максимального выключателя 53; 79—вспомогательные контакты главного автомата, масляного выключателя 5; 80—контактные полосы на контактной доске, соединенные приспособлением 73; 82—электрически управляемый воздушный вентиль; 83—выключатель, связанный с рабочим тормозом; 84—выключатель в схеме автоматич. выключателя 38; 85—выключатель воздушного вентиля 82; 86—вспомогательные контакты на контактной доске, соединенные с выключателем 38 и вентиляем 82.





Фиг. 33: 1—разъединители; 2—общий для двух подъемов автоматич. масляный трехполюсный выключатель; L—шины, к-рые снабжают током два умформерных мотора 21; 3—измерительный трансформатор напряжения, служащий для включения вольтметра 4; 5—автоматич. масляный выключатель с максимальными электромагнитами в двух фазах каждой цепи, питающей соответственный умформерный мотор 21; 6—сигнальные лампы у выключателя 5; 7—измерительный трансформатор тока, служащий для включения максимальных электромагнитов выключателя 5, амперметра 10, серийных обмоток ваттметра 11 и счетчика 12; 8—измерительный трансформатор напряжения, служащий для включения минимального электромагнита выключателя 5, вольтметра 9, шунтовых обмоток ваттметра 11 и счетчика 12; 15—трансформатор, первичная обмотка к-рого включена в цепь, питающую умформерный мотор 21, вторичная же питает статор сервомотора 19, обслуживающего регулятор скольжения 13; и, в, w—исподвижные электроды; x, y, t—подвижные контактные электроды, подвешенные к одному концу рычага 4, укрепленного на валу сервомотора 19; в другом конце рычага 4 подвешен контргруз 7; 16—ступенчатый выключатель, служащий для регулирования напряжения, подводимого к сервомотору 19; 17—выключатель для замыкания накоротко обмотки статора сервомотора 19 (в положении, изображенном на схеме, ток из трансформатора 15 не идет в сервомотор); 20—выключатель, замыкающий накоротко цепь ротора умформерного мотора 21 с включающим и выключающим электромагнитами; 21—умформерный мотор; 22 (E<sub>1</sub>—E<sub>2</sub>)—динамо-возбудитель; 23—контактный тахометр (на валу умформерного агрегата); 25—автоматич. шунтовой регулятор динамо-возбудителя 22; S—мотор, производящий включение в цепь возбуждения динамо-возбудителя и выключение из нее реостата 9; 24—реле, приводящее в действие мотор S; 26—амперметр и 27—вольтметр, оба для динамо-возбудителя 22; 28—роговые предохранители; 29—главный переключатель, он состоит из двух частей: верхней B, служащей для соответственного переключения пусковых динамо A<sub>1</sub>—A<sub>2</sub> и подъемных двигателей M<sub>1</sub>—M<sub>2</sub>, и нижней C, предназначенной для переключения динамо-возбудителей E<sub>1</sub>—E<sub>2</sub> и соответственных частей коммутационного устройства аппаратов управления, шунтовых регуляторов и т. п. Часть B состоит из неподвижных (соединенных электрически соответственными пусковыми динамо и подъемными двигателями) проводящих полюсов (N<sub>1</sub>—N<sub>1</sub>, P<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, P<sub>2</sub> в левой и N<sub>2</sub>—N<sub>2</sub>, P<sub>1</sub>, N<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> в правой половине) из монтированных на валу переключателя полуколец; α, β, γ, δ—образующие; 32—рычаг управления, действующий при помощи тяг на аппарат управления; 33 (D<sub>1</sub>—D<sub>2</sub>)—аппарат управления, служащий для включения в цепь возбуждения пусковой динамо 34 (A<sub>1</sub>—A<sub>2</sub>) и



нии», Днепропетровск, 1926, 9, 10, 11 и 12; Уманский В. Б., Выбор системы электрич. привода и динамич. режима для рудничных подъемных установок с постоянным радиусом навивки, «Уголь и Железо», Харьков, 1928, 34; с его же, Выбор типа подъемной установки, там же, 1928, 39; Шмидт Ф., Основные положения подъемных машин, пер. с немского, Харьков, 1929; с его же, Паровые подъемные машины, пер. с нем., Харьков, 1928; Филипп В., Электрич. подъемные машины, пер. с нем. с дополнительной статьей инж. В. Б. Уманского, Харьков, 1929; Герман А. П., Шахтный подъем, Л., 1932; Терпигорев А., Рудничная доставка, 2 изд., М., 1929; Ферстер Э., Электрич. подъемные машины, Харьков, 1931; Broughton H. H., Electric Winders, L., 1927; Etudes techniques du groupement des houillères victimes de l'invasion, t. 2, Cables-Appareils d'enroulement, P., 1926; t. 3, Machines d'extraction, P., 1926. И. Ильичев и И. Мушенко.

**РУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ**, скопление *руды* (см.) в массе земной коры. В некоторых случаях Р. м. может быть причислено к горным породам, составляя часть земной коры (напр. пластовые залежи бурого железняка). Учение о Р. м. можно определить как учение о формах залегания, распространения и происхождения скопления минеральных масс в таком количестве, к-рое достаточно для промышленной добычи заключающихся в них руд. Вследствие того что Р. м. представляют скопление рудных минералов, они образуются в результате тех же основных процессов, которые повели к образованию минералов. Концентрация рудных минералов в их месторождениях может происходить при одном из следующих процессов: 1) дифференциация магмы; 2) контактовый метаморфизм; 3) выпадение из растворов в порах и пустотах горных пород вне контактовой зоны; 4) выпадение из растворов в трещинах, в различной степени связанных с изверженными породами; 5) метасоматизм (исключительно); 6) седиментация; 7) метатезис, или элювиальные образования; 8) региональный метаморфизм; 9) механическое обогащение.

Из распределения различных элементов месторождений 1-го типа видно, что одни из них связаны с основными горными породами (Ca, Ba, Sr, Mg, Fe, Mn, Ni, Co, Cr, Pt, Ti, P, V, Si, Cl), другие с кислыми (U, Ta, Nb, W, Mo, Sn, Th, B, K, Li, F, Si), третьи не обнаруживают определенной связи ни с теми ни с другими (Au, Ag, Hg, Cu, Pb, Zn). Месторождения 1-го типа, образованные процессами дифференциации в силикатовых магмах, называются магматическими и выделены нами. По отношению к имеющимся породам такие месторождения являются сингенетическими и (отложенными одновременно). Форма их разнообразна; наблюдается постепенный переход (по составу) в окружающие породы. Образование таких месторождений являлось результатом единого процесса распада первоначальной магмы, вследствие чего месторождения расположены внутри изверженной массы. В месторождениях 2-го типа отложение рудных и сопровождающих минералов может быть результатом следующих факторов: непосредственной реакции между расплавленным веществом и окружающими породами, пневматолита, пневматогидатогенеза, выпадения из растворов. Форма таких месторождений м. б. чечевицеобразной или штокообразной, представляющей переходы к форме жилы. Месторождения 3-го типа приближаются к контактово-метаморфическим, от которых отличаются только отсутствием ясно выраженной связи с изверженными породами или положением вне контактовой зоны. Не-

которые проявляют ясную связь с термаль-ной деятельностью восходящих источников и имеют форму вкрапленников (см. *Руды*). В месторождениях 4-го типа преобладает процесс метасоматизма; образование их зависит от вадозовой циркуляции вод. Месторождения 5-го типа, а именно жильные, образуются путем заполнения трещин и являются одними из самых многочисленных и многообразных месторождений. Месторождения 3, 4 и 5-го типов являются результатом дальнейшей фазы послевулканич. процессов— деятельности восходящих термальных минерализованных растворов. Форма таких месторождений зависит от условий, при которых происходит движение этих растворов по трещинам. По отношению к вмещающим породам эти месторождения являются эпигенетическими (образованными позднее). Месторождения 6-го типа, происходящие вследствие выпадения из растворов на поверхности земли, образуются и в настоящее время в озерах, болотах и на дне морей. Относящиеся к 7-му типу метатетические, или элювиальные, месторождения имеют 3 стадии образования: 1) извлечение рудных (металлических и неметаллических) соединений, 2) путь растворов, 3) отложение руд. Форма таких месторождений бывает неправильной. Месторождения 8-го типа образовались при метаморфических изменениях горных пород под влиянием давления и высокой  $t^{\circ}$ ; при этом минеральные вещества, к-рые сначала были рассеяны в массе породы, м. б. сконцентрированы. Месторождения 9-го типа образовались вследствие механич. обогащения продуктов разрушения древнего месторождения; отсюда возникают россыпи и обломочные месторождения. На практике не всегда можно провести ясную в теории разницу между месторождениями последнего типа и метаморфическими в тесном смысле этого слова.

Процессы образования Р. м. можно свести к двум основным причинам: 1) процесс перемещения и концентрации внутри земной коры и на поверхности; 2) процессы, происходящие на земной поверхности, в результате которых становятся доступными месторождения, образовавшиеся на больших глубинах. Процессы изменения вещественного состава месторождения, связанные с самым процессом его образования, носят название первичных; процессы, происходящие после его образования, — вторичных. Для практики горного дела большее значение имеют вторичные изменения, так как первичные происходят на еще недоступных глубинах. В результате вторичных изменений, происходящих в месторождениях благодаря как механическому, так и химич. процессам, получаются три зоны месторождений (сверху вниз): окисления, обогащения (или цементации) и зона первичных неизменных руд; из них верхняя (иногда и средняя) может отсутствовать, будучи разрушенной или смытой.

Сопровождающими минералами Р. м. называются минералы, к-рые вместе с рудами образуют Р. м. В частности для *жиль* (см.) они носят название жильных минералов. Самыми обыкновенными сопровождающими минералами являются кварц и халцедон; другой группой является группа карбонатов извести, магнеза, железа и марганца;

к третьей группе относятся тяжелый и плавиновый шпаты. Структура рудного образования зависит от способа срастания всех минеральных веществ, составляющих Р. м.

Определение благонадежности месторождения и выгодности эксплуатации его необходимо предшествует его разработке. Благонадежным считается месторождение с достаточным количеством рудного вещества и с достаточным содержанием руды на единицу веса или объема. Выгодность месторождения зависит от многих условий: себестоимости добычи руды, расходов по обогащению, доступности месторождения и от целого ряда других.

Ниже приведены месторождения соответственно их типам. Д и ф е р е н ц и а ц и я м а г м ы. Месторождения платины: СССР—горы Качканар и Благодать, Псковский, Николаевский, Павданский и Котлымский районы (Урал). Южная Африка—Родезия. Месторождения хромита: СССР—рудник Галогорский (Урал). Канада—близ Квебека. Малая Азия—Смирна и Антиохия. Месторождения титано-магнетитовые: СССР—гора Магнитная (Урал). Никелевые руды: Канада—Седберн.

К о н т а к т о в ы й м е т а м о р ф и з м. Железные руды: СССР—горы Магнитная и Качканар, Ирбитский район (Урал). Саксония—Корваллис. Испания—Бальбао. Месторождения слюды: СССР—Байкал, по реке Слюдянке. С. Америка—Южная Дакота, рудник «Нью Йорк». Цинковые руды: Норвегия—Арендаль. Швеция—Данемора. Месторождения золота: СССР—Кузнецкий Алатау, Ольгинский рудник. Америка—Мексика, рудник «Санто-Фе». Железные руды: СССР—горы Благодать и Высокая (Урал); Сибирь—Минусинский район; Забайкалье; Киргизские степи; Д. Восток. Цинково-марганцевые месторождения: Сев. Америка—провинция Нью-Джерси. Швеция—Лейбан. Месторождения меди: СССР—Турьинские рудники (Урал); Сибирь—Минусинский район, Глафириновский рудник; Закавказье—Алавердское месторождение. С. Америка—Новая Мексика, Аризона, Ута и др. Италия—Тоскана.

Выпадение из растворов в порах и пустотах горных пород. Месторождения золота: СССР—Березовское, Благодатское и Пышпинское месторождения (Урал); Восточное Забайкалье—верховье р. Кары (золото-турмалиновая формация); Д. Восток—верхнее течение р. Олекмы. С. Америка—Аппалахи. Канада—рудник Халлингер. Медные руды: СССР—Западный Алтай по р. Локтевке, Демидовский рудник; Кузнецкий Алатау—рудник «Знаменитый». Южная Норвегия—Свартуаль. Сев. Америка—Кордильеры, Штат Юта, рудник «Кактус».

Выпадение из растворов в трещинах, в различной степени связанных с изверженными породами. Железные руды: Зап. Германия—провинция Вестфалия, Зигерланд. Месторождения золота: СССР—хребты Калбинский и Нарымский (Сибирь), Семипалатинская область, Кузнецкий Алатау; Западные Саяны; Андреевский, Туманный, Воскресенский и другие рудники Забайкалья. Сев. Америка—внутренние Кордильеры. Восточная Австралия—провинция Виктория. Серебро-свинцово-цинковые руды: СССР—Нагольный край Донбасса; Мурманский берег; Алагирское предприятие, Садонский рудник (Кавказ).

М е т а с о м а т и з м. Месторождения золота: Ю. Африка—Трансвааль. С. Америка—месторождения Блек-Хилльс (Ю. Дакота). Железные руды: СССР—западный склон Урала, Златоустовский округ. Испания—Бальбао. Штирия—Эрцберг. Серебро-свинцовые и цинковые руды: СССР—Нерчинский округ, Киргизские степи и Д. Восток. С. Америка—штаты Колорадо, Миссури и др. Греция—Лаурион.

С е д и м е н т а ц и я. Железосодержащие формации: СССР—Криворожские руды; Курская магнитная аномалия. С. Америка—Мезаби. Месторождения марганца: СССР—Украина, Никопольское месторождение; Кубанская область по р. Белой. Оолитовые месторождения: СССР—Урал; Керченский полуостров. Северная Франция—Нормандия, Бретань.

М е т а т е з и с, или э л о в и а л ь н ы е о б р а з о в а н и я. Месторождения золота: СССР—Вост. Сибирь, Олекминско-Витимская горная область. Ю. Америка—Гвиана. Месторождения олова: СССР—склоны Шерловой горы (Забайкалье). Алюминиевые руды: СССР—Тихвинский у., б. Новгород. губ.; Урал—Журавлинское месторождение, б. Пермская губ. Германия—Вестервальд.

Р е г и о н а л ь н ы й м е т а м о р ф и з м. Железные руды: СССР—восточный склон Урала. Норвегия—Раузинд. Швеция—Гелливар. Цинковые месторождения: Швеция—Эммеберг. Месторождения меди: Швеция—Фалунь.

М е х а н и ч е с к о е о б о г а щ е н и е. Золотые россыпи Урала и Сибири; платиновые россыпи Урала. Монацитовые россыпи Бразилии.

Лит.: Богданович К., Рудные месторождения, т. 1—2, СПб, 1912—13; Заварзин И. А., О классификации магматических рудных месторождений, «Изв. Геол. комитета», Л., 1926, т. 45, 2; Левинсон-Лессинг Ф., Опыт классификации магматических рудных и иных месторождений, «Доклады Академии наук СССР», Л., 1927; Мейстер А., Металлические полезные ископаемые СССР, М.—Л., 1926; Обручев В., Рудные месторождения, ч. 1 (общая), М., 1928; Эммонс В., Введение в учение о рудных месторождениях, истр. англ., Л.—М., 1925; Beuschlag F., Krusch P. u. Vogt J., Die Lagerstätten d. nutzbaren Mineralien u. Gesteine, V. 1—2, 2 Aufl., Stg., 1914—1922; Dammner B. u. Tietz O., Die nutzbaren Mineralien, 2 Aufl., V. 1—2, Stg., 1927—28; Emmons W. H., Ore Deposits, N. Y., 1913; Emmons W. H., General Economic Geology, N. Y., 1922; Gregory J. W., The Elements of Economic Geology, L., 1928; De Launey L., Gîtes minéraux et métallifères, t. 1—3, P., 1913; Kemp J. F., Igneous Rocks a. Circulating Waters as Factors in Ore Deposition, «Transactions of the Amer. Inst. of Mining Engineers», 1902; Lindgren W., Mineral Deposits, 3 ed., N. Y., 1928; Moreau G., Étude industrielle des gîtes métallifères, 2 éd., P., 1923; Rastall R. H., The Geology of the Metalliferous Deposits, Cambridge, 1923; Richardson C. H., Economic Geology, N. Y., 1919; Ries H., Economic Geology, 5 ed., N. Y., 1925.

Н. Федоровский.

**Руды**, смесь различных минералов (или смесь минералов с пустой породой), которая должна подвергнуться предварительно процессам обработки для извлечения из нее полезных минералов. В прежней практике Р. называли минералы или смеси минералов с пустой породой, из которых можно выделить тот или другой металл, но в настоящее время понятие Р. распространяется также и на неметаллич. ископаемые (например Р. на серу, Р. на мышьяк). Разница между понятиями Р. и полезное ископаемое состоит в том, что термин Р. всегда заключает понятие о переработке этой Р., тогда как полезное ископаемое может находиться в природе в чистом виде (например каолин, каменная соль и т. д.). Значение металла. руд в тяжелой индустрии чрезвычайно велико. Особенное зна-

чение имеют железные Р. и Р. цветных металлов (исключительное значение в настоящее время приобретают Р. алюминия).

Образование минералов идет различными путями. 1) При действии газов и паров—т. н. пневматолитические и (при участии также и водяных паров) пневматогидагогенные процессы; при этом твердая порода может подвергаться разным воздействиям со стороны газов и паров, вступающих в соединение с ее частью или только играющих роль минерализаторов (способствуя образованию минералов). 2) При охлаждении расплавленной массы, причем выделение минералов происходит в известной последовательности, первыми выделяются наиболее основные минералы. Весь процесс застывания носит название кристаллизации. Соприкасаясь с боковыми породами, расплавленная масса действует на них своей высокой темп-рой, в результате чего породы перекристаллизовываются. Минералы, образовавшиеся от взаимодействия расплавленной массы и боковых пород, называются контактными, а самый процесс их образования—контактовым метаморфизмом (см. *Метаморфизм*). 3) Выпадением из водных растворов; образование минералов этим способом происходит при понижении темп-р, при выделении газа из раствора, при уменьшении давления и т. д. Чрезвычайно важное значение имеет процесс замещения одних пород другими, называемый метасоматизмом. Минеральные вещества, выделяющиеся из различных растворов и газов при движении их по пористым слоям, могут образовывать вкрапления (мелкие гнезда рудного вещества, рассеянные в горной породе) и вкрапленные руды; так, многие песчаники содержат медные руды, другие проникнуты киноварью и пр.

Минеральные вещества, которые можно добывать как Р., весьма многочисленны и разнообразны. Минералы, вместе с Р. образующие *рудные месторождения* (см.), называются вообще сопровождающими минералами, в частности для ж-л—жилными минералами (см. *Жилы*). Число сопровождающих минералов очень велико. Самые важные из них: в жилах выполнения—кварц и другие виды кремнезема, кальцит, доломит, барит и плавиковый шпат; в метасоматич. рудных телах—кварц, полевой шпат, слюда и хлорит, иногда турмалин; пегматитовые и другие жилы изверженных пород содержат кварц, полевой шпат, слюду, апатит, берилл и ряд редких минералов, иногда содержащих редкие элементы. Главнейшие Р.—золотые, медные, железные, марганцевые, серебряные, свинцовые, цинковые, никелевые, кобальтовые, ртутные, славянские, висмутовые, сурьмяные, мышьяковые, урановые, ванадиевые, агро-руды, серные Р. (см. соответствующие статьи). Рудные месторождения рассеяны на больших расстояниях друг от друга, занимая лишь самую незначительную часть пространства какой-нибудь страны, напр. в США, временами дававших 60% годовой мировой добычи меди, половина всего количества медных Р. была добыта на пространстве 2 кв. миль. Р. алюминия (криолит) раньше добывалась из одного только месторождения Юж. Гренландии, платина—гл. обр. на Урале. Содержание металла в Р. (для большинства металлов) определяется

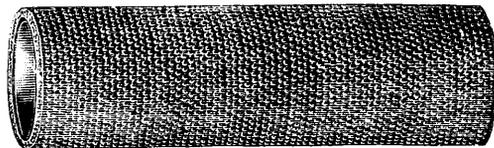
в процентах по весу. Для золота и платины содержание металла обыкновенно дается количеством металла на единицу веса или единицу объема.

Лит.: см. *Рудные месторождения*.

Н. Федоровский.

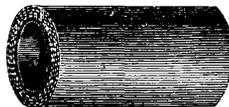
**РУЖЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО**, см. *Техника ружейного дела*.

**РУКАВА**, тканевые прорезиненные, применяются в различных отраслях промышленности для передвижения жидкостей, газа, воздуха и пара. Рукава можно разделить на работающие при повышенном внутреннем давлении (напорные выкидные) и при внутреннем давлении, пониженном по сравнению с



Фиг. 1.

атмосферным (всасывающие заборные). В первом случае основой конструкции Р. являются прорезиненные тканевые или плетеные прокладки из хлопчатобумажной, льняной или пеньковой пряжи. Слой прокладок обложен слоем резины или только с внутренней стороны (льняные пожарные выкидные, так наз. *пеньковые*) или также и с наружной стороны (большинство рукавов другого назначения). Напорные Р. разделяются на Р. для холодной воды, слабо кислых и пищевых жидкостей (пива, спирта и др.), горячей воды, щелочей и кислот (исключая азотную и конц. серную), для перекачки нефти, бензина и других нефтепродуктов, для целей автогенной сварки (ацетиленовые и кислородные), для сжатого воздуха (так наз. *пневматические* и ж.-д. тормозные) и для пара (паропроводные). Назначение внутреннего слоя



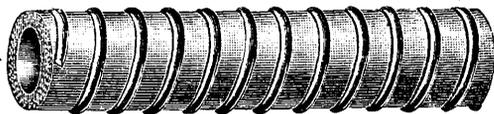
Фиг. 2.

резины—предохранять прокладки и сопротивляться действию проводимых через Р. жидкостей или (паропроводные) повышенной  $t^{\circ}$ . В случае нефтяных рукавов нефтестойкость резины условна и во избежание закупорки просвета разбухшей резиной обычно внутри Р. вкладывают металл. спираль. Наружный слой предохраняет прокладки от истирания. В случае особо грубых условий рабо-



Фиг. 3.

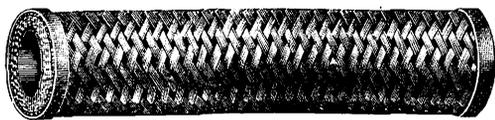
ты, истирания с каменистые породы и т. п. (напр. пневматич. Р. для рудничных работ и др.) иногда предохраняют резиновый слой обвиванием металл. спиралью или бечевой, оплеткой проволокой или веревкой. Часто удается добиться того же результата надеванием на Р. деревянных или металл. катков



Фиг. 4.

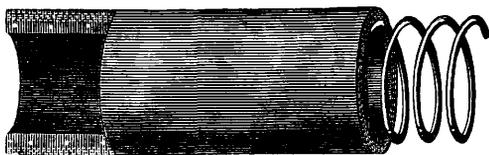
ты, истирания с каменистые породы и т. п. (напр. пневматич. Р. для рудничных работ и др.) иногда предохраняют резиновый слой обвиванием металл. спиралью или бечевой, оплеткой проволокой или веревкой. Часто удается добиться того же результата надеванием на Р. деревянных или металл. катков

на небольшом взаимном расстоянии. В случае пониженного давления внутри Р. (всасывающие Р.) основным элементом конструкции является проволочная спираль, расположен-



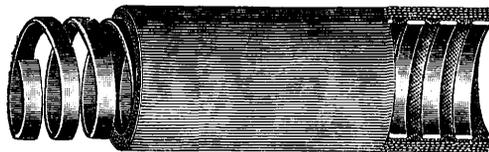
Фиг. 5.

ная с внутренней стороны слоя прокладок или между ними и предохраняющая от сплющивания атмосферным давлением. От сплющивания (прогиба) в промежутке между витками спирали предохраняет жесткость слоя прокладок. Этот тип Р. также может сопри-



Фиг. 6.

касаться с различными жидкостями, с соответствующими требованиями к свойствам резины. Спираль не доходит до краев Р., оставляя мягкие муфты для соединения Р. Примеры различных конструкций Р. даны на прилагаемых рисунках (фиг. 1—8).



Фиг. 7.

На фиг. 1 изображен обычный пожарный рукав из хлопчатобумажной ткани, обложенный внутри резиновым слоем. На фиг. 2—обычный напорный рукав с четырьмя тканевыми прокладками. На фиг. 3—комбинированный напорный Р. с двумя тканевыми прокладками и одной проpletкой. На фиг. 4—бронировка напорного Р. спиралью из полукруглой проволоки. На фиг. 5—бронировка напорного Р. оплеткой из тонкой проволоки. На фиг. 6—гладкий всасывающий Р. с закрытой спиралью из круглой проволоки. На фиг. 7—гладкий всасывающий Р. с открытой спиралью из плоской проволоки. На фиг. 8—бензиновый и нефтяной Р. с открытой спиралью из плоской проволоки, лежащей на нефтеупорном тканевом слое, предохраняющем толстый внутренний резиновый слой.



Фиг. 8.

Прорезинка тканевых прокладок для Р. производится на шпирдер-каландрах, втирающих горячую резину в ткань. Внутренний и внешний резиновые слои или выпускаются в виде трубки на шприцмашине или составляются из каландрового листа. Плетеные прокладки получают пропусканьем (однократно или несколько раз) заготовки Р. через оплетательную машину. Обычно сборка Р. происходит на трубчатых металлич. сердечниках (дорнах), в результате чего длина одного куска Р. ограничивается 18—21 м. Для получения больших длин плетеных напорных Р.  $\varnothing$  9—16 мм (садовых поливных) америк. техника заменяет жесткие дорны надуванием рукавной заготовки воздухом, что дает дли-

ны до 150 м. Тканевые прокладки располагаются в Р. таким образом, что основа и уток образуют с осью Р. угол ок. 45°. Это создает растяжимость тканевого слоя как при внутреннем давлении, так и при изгибании Р. Вулканизация Р. производится обычно в среде пара, давлением 2,5—3,0 atm, на тех же дорнах, причем для получения плотного резинового слоя Р. обычно предварительно забинтовывают влажной тканью. Упомянутые длинные Р. вулканизуют или в прессах между желобчатыми плитами или в свищовой скорлупе на катушках в котлах, причем дорны заменяют надуванием воздухом. Ткань для рукавов применяется полотняного переплетения с основой и утком приблизительно одинаковой прочности и растяжимости (необходимость симметричного распределения напряжений и деформаций в прокладке, положенной диагонально). За границей применяется хл.-бум. ткань, в СССР до последнего времени—льняная. Наиболее обширный ассортимент рукавных тканей (СИПА) дает следующие предельные характеристики: вес 115—730 г/м<sup>2</sup>, толщина 0,3—1,3 мм, прочность на разрыв 8—45 кг/см<sup>2</sup>. Средние наиболее ходовые сорта ткани имеют вес 300—500 г/м<sup>2</sup>, толщину 0,8—1,0 мм, прочность 20—30 кг/см<sup>2</sup> (по способу захвата участка). Основные характеристики ходовых Р. в СССР определены общесоюзными стандартами (ОСТ 241, 422, 452, 493, 2854).

Для расчета прочности Р. на внутреннее (обычно гидравлическое) давление существует несколько формул. В основу их кладется характеристика прочности тканевых прокладок наиболее прочного слоя конструкции Р. (разрывная прочность резины составляет 45—100 кг/см<sup>2</sup>). В первом приближении исходят из внутреннего  $\varnothing$  по резиновому слою и рассчитывают как тонкостенный металлический цилиндр. Более точные ф-лы учитывают  $\varnothing$  по прокладкам, возрастание неравномерности прочности ткани при увеличении длины куска и растяжимость Р. по  $\varnothing$  под давлением. При обычно применяемой рукавной ткани эти ф-лы м. б. выражены в следующем упрощенном виде. Обозначения:  $N$ —число прокладок,  $D$ —внутренний  $\varnothing$  Р. в мм,  $S$ —толщина одной прокладки в мм,  $t$ —толщина внутреннего резинового слоя в мм,  $P$ —внутреннее давление жидкости (кг/см<sup>2</sup>), при к-ром наступает разрыв прокладок,  $L$ —коэф. равномерности ткани, зависящий от длины Р.

Длина Р. в м . . . . .	1	5	10	20
Коэф. $L$ . . . . .	0,9	0,75	0,7	0,5

Старая ф-ла Резинотреста:

$$P = \frac{250N}{D} \tag{1}$$

Упрощенная ф-ла Барлоу:

$$P = \frac{250 LNS}{NS + \frac{D}{2} + t} \tag{2}$$

Упрощенная формула Бостонского рукавного завода:

$$P = 16 N \sqrt{\frac{25,4}{D}} (1 - 0,21 \sqrt{N} - 1). \tag{3}$$

Ф-ла (1) близка к действительности лишь при небольшом числе прокладок, тонком внутреннем резиновом слое и достаточно большом внутреннем  $\varnothing$  Р. Ф-ла (2) дает обычно более низкие величины, чем обе другие, приближаясь к ним в случае коротких Р., т. е. когда

$L=0,9$ . Ф-ла (3) не учитывает толщины внутреннего резинового слоя. Запас прочности тех Р., где разрыв прокладок не вызывает крупных аварий и жертв (промышленные Р. для холодной воды и т. п.), берется в зависимости от условий эксплуатации от 4 до 5. В ответственных же Р. (крупные паропроводные) доводят запас прочности до 10. Испытательное давление обычно берут 0,5—0,6 разрывного, во избежание чрезмерной деформации проверяемых Р. Рукава хранят обычно в кругах, за исключением всасывающих и других Р. со спиралью, к-рые при  $\varnothing$  от 50 мм и больше следует хранить в выпрямленном виде. Губительным для Р. является неправильное или грубое укрепление на соединительных муфтах, особенно самодельных. Следует избегать трения о твердые предметы. Жидкость из Р. после употребления следует выпускать, особенно к-ты, нефтепродукты и т. п. Прочный наружный резиновый слой более предохраняет рукава, чем бронировка проволоочной спиралью.

Л. Горбунов.

Лит.: Горбунов Л. М., Поливные рукава для небольшого расхода воды, выбор их и уход за ними, «Журн. резин. пром.», Москва, 1928, 5, стр. 220—225; Изготовление рукавов непрерывным потоком, перевод с нем., там же, 1928, 2, 3; MacIschlan A. D., Конструкция напорных рукавов (проплетка или тканевая прокладка), пер. с англ., там же, 1929, 3—4; Aus der Praxis, «Gummi-Zeitung», Berlin, 1928, 1, p. 25—26; T. a l a y A., Testing of Railway Brake a. Heating Hose, «India Rubber Journals», London, 1931, v. 81, 1, p. 11—12.

Р. пожарные тканые бывают двух типов: 1) просто тканые, поступающие в работу с ткацкого станка, и 2) прорезиненные путем пропуска воды внутрь под давлением резинового шланга. Первый тип Р. годен лишь для небольших давлений; при давлении 5 атм они пропускают воду в виде мелких струек и свистей. Оба типа Р. изготавливают ordinarilyми, двойными и тройными (см. табл.). В ка-

товляют следующих размеров: двойные с внутренним диам. 25, 40, 45 мм, тройные—45, 50, 65 и 75 мм, отклонения допускаются в  $\pm 2$  мм. Длина куска—20 м, отклонения по длине:  $-1\%$ ,  $+3\%$ . Толщина внутреннего резинового слоя допускается в пределах 1—1,5 мм. Приемка и испытание согласно ОСТ 241 состоят в том, что отбирают от партии образцы в количестве не менее 10% общего числа кругов в партии и их подвергают следующим испытаниям: 1) стальной рулеткой проверяют длину Р., 2) внутренний диаметр измеряют при помощи деревянного конуса, 3) проверяют строение ткани согласно нормам ОСТ, 4) производят осмотр ткани с наружной стороны, 5) осматривают ребра, отмечая протертые места на них. Кроме того один образец по выбору: а) испытывают на толщину внутреннего резинового слоя; б) определяют на глаз качество резины, ее чистоту, однородность, отсутствие трещин, пузырьков, светлых и темных пятен; в) проверяют прочность при вулканизации резинового слоя к ткани, для чего вырезают по длине Р. ленту шириною 30 мм и длиной 300 мм. На ленте по всей ее длине делают два надреза до ткани на расстоянии 10 мм один от другого. Надрезанную т. о. среднюю полоску отделяют рукою от ткани, в середине отделенного конца полоски подвешивают груз в 1,5 кг. Скорость, с к-рой резиновый слой под действием падающего груза отделяется от ткани Р., не должна превышать 25 мм/мин. В случае неудовлетворительности результатов хотя бы одного из указанных испытаний партию возвращают для пересортировки. При вторичной сдаче этой партии число образцов, подвергаемых испытанию, удваивают и при неудовлетворительности результатов хотя бы одного из испытаний всю партию забраковывают. В случае

Характеристика пожарных рукавов.

Вид рукава	Диаметр в дм.	Ширина в сложенном виде в дм.	Основа №	Число ниток	Число зубьев берда	Вес 100 м в кг	№ пряжи	Утол. Прокляток на 1 дм.	Вес основы в 100 м ткани в кг	Вес утка в 100 м ткани в кг	Вес 100 м готового товара в кг
<b>Обыкновенный</b>											
Ординарный . . . . .	$3/4-31/2$	$11/8-53/4$	11/3	111-390	9-13	4,37-20,1	10/7	$11 \times 2,5, 31-21, 9, 3, 2$	15,3	8,5-40,2	8,5-40,2
Двойной . . . . .	$3/4-31/2$	$11/8-53/4$	15/3	193-772	12-18	5,27-21,5	10/10	$10 \times 2,6, 15-29, 9, 1, 17-20, 2$	10,9-50,7	10,9-50,7	10,9-50,7
Тройной . . . . .	1-3	$15/8-5$	16/3	244-375	15-12	7,05-20,6	10/11	$9 \times 2,8, 6-25, 1, 5, 7-19, 7$	15,3-11,8	15,3-11,8	15,3-11,8
<b>Прорезиненный</b>											
Ординарный . . . . .	$11/16-31/16$	$13/4-57/8$	20/4	194-594	12-37	7,1-20,6	20/14	$11 \times 2,8, 7-25, 2, 5, 3-15, 5$	11	40,7	11-40,7
Двойной . . . . .	$11/16-39/16$	$13/4-57/8$	20/4	228-756	14-47	7,95-26,6	20/22	$10 \times 2,9, 7-32, 1, 6, 7-22, 6$	18,1-55	18,1-55	18,1-55
Тройной . . . . .	$113/16-39/16$	$3-57/8$	20/1	388-75	24-17	13,9-27,3	20/8	$9 \times 2, 17-33, 3, 13, 1-26, 2$	30,4-59,5	30,4-59,5	30,4-59,5

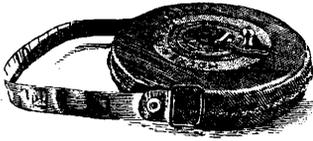
честве основы и утка применяют льняную пряжу мокрого прядения указанных выше номеров. В ткани для Р. первого типа применяют исключительно миткалевое переплетение, т. к. лишь оно может дать достаточно плотную и водонепроницаемую ткань. Для прорезиненных Р. применяют шестиремизную саржу и атлас, т. к. при этих переплетениях наилучшим образом используется в ткани пряжа. Наиболее ответственную часть ткани—основу, к-рая несет главную работу и подвержена наибольшему износу, располагают на наружной стороне Р. Рукава хорошего качества должны отвечать нормам заправок и установленных испытаний; Р. должен быть гибким, без ткацких недостатков: узлов, подплетин, близен. Согласно ОСТ 241 льняные прорезиненные пожарные Р. изго-

положительных результатов перечисленных испытаний все рукава подвергают испытанию гидравлич. давлением: двойной Р.  $\varnothing$  25, 40 и 45 мм—на 15 кг/см<sup>2</sup>, тройной  $\varnothing$  45 и 50 мм—на 18 кг/см<sup>2</sup> и тройной  $\varnothing$  65 и 75 мм—на 15 кг/см<sup>2</sup>. При гидравлическом испытании на поверхности рукава не должно наблюдаться выступания воды, поверхность его должна оставаться в продолжение всего времени испытания совершенно сухой.

Лит.: Садов М. В., Технич. ткани, Изд-во Вознесенск, 1929.

**РУЛЕТКА**, мерный снаряд, служащий для измерения небольших расстояний в пределах длины ленты рулетки. Р. представляет собою льняную тесьму (фиг. 1) с делениями, нанесенными с обеих сторон в разных линейных мерах. Для устранения влияния влажности

тесьму Р. вываривают в масле и окрашивают масляной краской. Деления на тесьме наносят через 1 см (черной краской) с отметкой целых м (красной краской): Длина тесьмы бывает 5, 10 и 20 м. Счет делений идет от кольца ленты или специального штриха на ленте. Для устранения растяжения тесьмы делают ее из двух склеенных полотняных полос, между которыми пропускают во всю длину ленты тонкую медную проволоку. Тесьму наматывают вокруг оси спирально и закладывают в плоский цилиндрический кожаный или фибровый чехол (диам. ~ 13 см), в к-ром сбоку имеется вырез для прохода ленты. Намотка тесьмы производится рукояткой, помещенной сверху чехла и соединенной с осью. Свертывание тесьмы в футляре спирально и послужило поводом к названию рулетка. Тесьмяные рулетки заменяют стальными. На стальной ленте наносят деления: сантиметровые, дециметровые и кроме того см первого м делятся на мм; деления наносят с одной стороны. Стальные Р. изготавливаются длиной в 1, 5, 10 и редко в 25 м. Преиму-



Фиг. 1.

щества стальной Р. очевидны: такая лента еще лучше сохраняет свою длину. Помимо измерений линии рулетка со стальной лентой применяется при измерении остатков у концов базисов, при съемке ситуации в угломерной съемке и т. п.

В настоящее время за границей изготавливают такие рулетки (фиг. 2), у которых стальная лента выдвигается из своей металлической оправы автоматически и по выдвижении не сгибается благодаря специальному профилю, принимаемому лентой в прямом положении.

Лит.: Курс геодезии, под ред. Ф. Н. Красовского, т. 1, М.—Л., 1939; Витковский В. В., Топография, 3 изд., Москва, 1928; Соловьев С. М., Курс низшей геодезии, 3 изд., М., 1914; Орлов П. М., Курс геодезии, 2 изд., М., 1929; его же, Практика низшей геодезии, под ред. П. М. Орлова, 8 изд., М., 1929; Бик А. Н. и Чеботарев А. С., Учебник низшей геодезии, М.—Л., 1928. В. Платон.

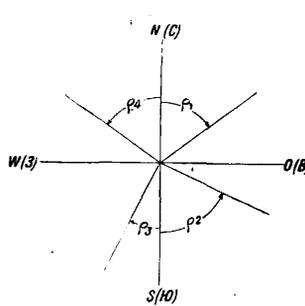
**РУМБ** линии местности, угол между направлением линии местности и ближайшим к нему направлением меридиана (на N или S), считаемый от направления меридиана, вправо или влево, до направления на предмет, от 0 до 90°. Р. всегда—острый угол (фиг. 1). Из самого определения Р. видно, что во всех четырех четвертях может встретиться Р., одинаковый по абсолютной величине, поэтому для полного определения Р. линии к градусной величине его прибавляется название этого направления относительно стран света. Для дан-

ного чертежа, как это видно из фиг. 1, будем иметь

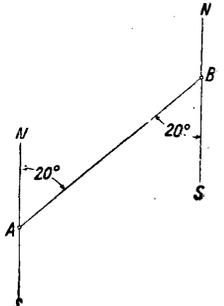
NO : e<sub>1</sub>, или СВ : e<sub>1</sub>; SW : e<sub>2</sub>, или ЮЗ : e<sub>2</sub>;  
SO : e<sub>2</sub>, или ЮВ : e<sub>2</sub>; NW : e<sub>4</sub>, или СЗ : e<sub>4</sub>.

В геодезии различают Р. прямой и обратный; различие между ними заключается только в названии, градусная же величина этих Р. одна и та же, потому что прямой Р. измеряется в начальной точке А направлением на конечную В, а обратный—в конечной направлении на начальную А. Например если прямой Р. данного направления АВ NO : 20°, то обратный—SW : 20° (фиг. 2).

Р. определяется по буссоли инструмента, к-рая имеет специально построенное румбич. кольцо, а именно: вся окружность кольца разделена на четыре равные части, подразде-



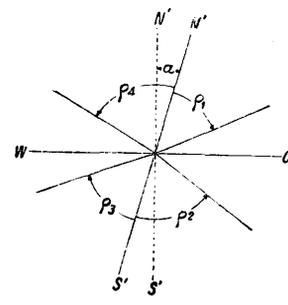
Фиг. 1.



Фиг. 2.

ленные на градусы и полуградусы от 0 до 90°, причем нулевые деления поставлены у концов одного диаметра; деления 90° поставлены по концам другого диаметра, перпендикулярно к первому; подпись делений идет через 10°, от концов диаметра 0° вправо и влево от 0 до 90°. Отсчет Р. по кольцу возможно делать с точностью до 15', деля на-глаз пополам наименьшее деление шкалы в 30'. Отсчитывание Р. по буссоли производится след. обр.: диаметр 0° направляется на предмет посредством визирования трубой или диоптром, коллимационная плоскость которых совпадает с диаметром 0° (направление на предмет);

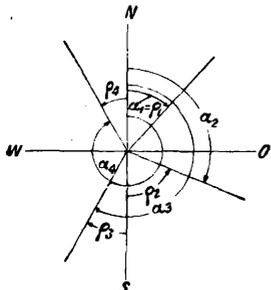
дают стрелке успокоиться; отсчитывают число градусов по концу стрелки, ближайшему к предмету, на который визировали, и по положению стрелки определяют название румба (направление меридиана). Определенный таким образом Р. называют магнитным Р.



Фиг. 3.

Если принять во внимание величину склонения магнитной стрелки в данное время, то от магнитного Р. можно перейти к истинному Р. Для построения планов необходимо иметь Р., точность отсчета к-рых соответствовала бы и точности измерения угла, что невозможно получить непосредственно по буссоли вследствие изменения склонения магнитной стрелки и грубого отсчитывания Р. по кольцу бус-

соли. Для перевода магнитных Р. в истинные необходимо знать склонение магнитной стрелки (фиг. 3) в данное время в данном месте, считая склонением отклонение сев. конца магнитной стрелки от истинного меридиана,



Фиг. 4.

и пользоваться следующим правилом: если склонение восточное, то при Р. NO и SW истинный Р. равен магнитному плюс склонение, при Р. NW и SO истинный Р. равен магнитному минус склонение. По имеющейся зависимости азимута между азимутом и Р., а также между азимутом и внутренним углом полигона, можно получить путем вычислений Р. через азимут в полном соответствии с точностью измеренного угла. Действительно из фиг. 4 видна зависимость между азимутом и Р.:

Азимут $\alpha_1$ . . . . .	СВ : $\varrho_1$
» $\alpha_2$ . . . . .	$180^\circ - \varrho_2 = \text{ЮВ} : \varrho_2$
» $\alpha_3$ . . . . .	$180^\circ + \varrho_3 = \text{ЮЗ} : \varrho_3$
» $\alpha_4$ . . . . .	$360^\circ - \varrho_4 = \text{СЗ} : \varrho_4$

где  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  и  $\alpha_4$  — азимуты направлений, а  $\varrho_1, \varrho_2, \varrho_3$  и  $\varrho_4$  — градусная величина Р. тех же направлений.



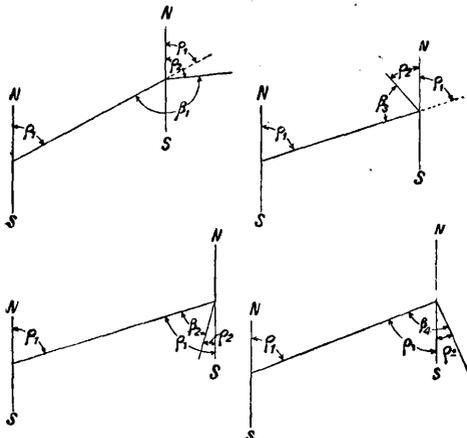
Фиг. 5.

Между азимутами и внутренними углами полигона существует следующая геометрич. зависимость (фиг. 5). Если имеем некоторую сторону многоугольника на местности АБ, ее азимут  $\alpha_1$ , определенный в точке А инструментом, азимут  $\alpha_2$  последующей линии ВВ и если при точках А, Б и В измерены внутренние углы  $\beta_1, \beta_2$  и  $\beta_3$ , и т. п., то, как видно из чертежа (фиг. 5),

$$\alpha_2 = \alpha_1 + 180^\circ - \beta_1,$$

$$\alpha_3 = \alpha_2 + 180^\circ - \beta_2 \text{ и т. д.,}$$

т. е. азимут  $\alpha_2$  линии последующей равен азимуту  $\alpha_1$  предыдущей плюс  $180^\circ$  минус угол  $\beta_2$ , вправо по ходу лежащий, или азимут линии



Фиг. 6.

последующей равен азимуту линии предыдущей плюс  $180^\circ$  плюс угол, влево по ходу лежащий. Вычислив азимуты через внутренние

углы, возможно получить для каждого азимута Р. сторон с точностью измеренного внутреннего угла. По вычисленным указанным способом Р. производится накладка полигонов (составляется план), называемая в геодезии «накладка по румбам».

Для контроля в поле измеренных внутренних углов полигона существует некая геометр. зависимость между Р. двух смежных сторон, заключающаяся в следующем (фиг. 6): 1) если линии имеют одинаковые направления (СВ и СВ), то угол  $\beta_1$  между этими двумя направлениями (астролябический, т. е. меньший  $180^\circ$ ) равен  $180^\circ$  минус разность Р.:  $\beta_1 = 180^\circ - (\varrho_1 - \varrho_2)$ ; 2) если линии имеют противоположные направления (СВ и ЮЗ), то угол  $\beta_2$  между ними равен разности Р.:  $\beta_2 = \varrho_1 - \varrho_2$ ; 3) если линии имеют направления с разными вторыми буквами направления (СВ и СЗ), то угол  $\beta_3$  равен  $180^\circ$  без суммы Р.:  $\beta_3 = 180^\circ - (\varrho_1 + \varrho_2)$  и 4) если названия Р. направлений отличаются первыми буквами (СВ и ЮВ), то угол  $\beta_4$  равен сумме:  $\beta_4 = \varrho_1 + \varrho_2$ . Контроль астролябического угла румбами производится в каждой вершине обходного полигона; он гарантирует от грубых просчетов. В. Платон.

Лит.: см. Репер.

**РУПОР**, труба с жесткими стенками и переменным сечением, равномерно изменяющимся по некоторому закону от узкого к широкому концу. Р. применяется: 1) для усиления звуковой отдачи какого-либо источника (мембраны, голоса и др.), 2) для концентрации звукового излучения в области некоего б. или м. узкого телесного угла, 3) для усиления звука, приходящего от далекого источника путем его концентрации от широкого к узкому концу. Особенно важное значение имеют конический и экспоненциальный Р. Дифференциальное уравнение распространения звука в Р. имеет в общем виде такую форму [1]:

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + c^2 \frac{\partial \Phi}{\partial x} \cdot \frac{\partial}{\partial x} (\ln S). \quad (1)$$

Здесь  $\Phi$  представляет собой потенциал скоростей, производная от которого по координате дает скорость частиц (см. *Гидродинамика*),  $c$  — скорость звука,  $S$  — площадь поперечного сечения Р.,  $x$  — расстояние по оси Р. от его вершины. Для конического Р.  $S = \Omega x^2$ , где  $\Omega$  — телесный угол Р. Дифференциальное уравнение Р. принимает вид:

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{2c^2}{x} \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial x};$$

его решение для случая распространения периодич. волн с круговой частотой  $\omega$  будет

$$\Phi = \frac{A}{\Omega x} \cos(\omega t - kx), \quad (2)$$

где  $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{c}$ ,  $\lambda$  — длина волны,  $A$  — амплитуда потока среды. Решение вида (2) выражает только прямую волну, идущую от узкого конца к широкому; такой процесс возможен лишь в бесконечном Р., где не будет отражения на конце. Если на расстоянии  $x$  от вершины в Р. колеблется поршень сечения  $S$ , имеющий амплитуду скорости  $\left(\frac{\partial \xi}{\partial t}\right)_0$ , то величина

$$A = S_1 \left(\frac{\partial \xi}{\partial t}\right)_0 = \Omega \left(\frac{\partial \xi}{\partial t}\right)_0 x_1^2$$

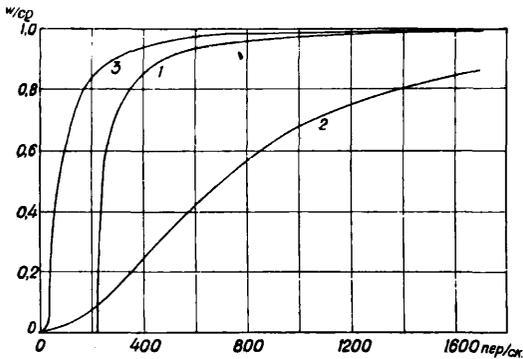
(амплитуда потока среды) и сила звука, порождаемого колебанием поршня на расстоянии  $x$  от вершины, где сечение равно  $S$ , будет

$$I = \frac{A^2 \rho c}{2S \Omega^2} \cdot \frac{k^2}{1 + k^2 x_1^2} = \frac{A^2 \rho c}{2S_1 S} \cdot \frac{k^2 x_1^2}{1 + k^2 x_1^2}, \quad (3)$$

где  $\rho$  — плотность среды и  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ . Из формулы (3) можно заключить, что 1) при низких частотах ( $kx_1 \ll 1$ ) сила звука в бесконечном коническом Р. будет пропорциональна квадрату частоты (фиг. 1, кривые 2 и 3, нижний отрезок); 2) при высоких частотах сила звука асимптотически приближается к максимальной величине

$$\frac{A^2 \rho c}{2SS_1} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial \xi}{\partial t} \right)_0^2 \rho c \frac{S_1}{S};$$

3) чем дальше от вершины отрезок конус, т. е. чем больше  $x_1$ , тем равномернее будет частотная характеристика излучения, т. е. тем при более низкой частоте будет достигнуто предельное значение излучения. На фиг. 1 кривая 2



Фиг. 1.

относится к Р. с углом при вершине в  $4,6^\circ$ , кривая 3 — к Р. с углом  $35,6^\circ$ ; если считать радиус узкого конца условно за 1, то первый Р. отрезан на расстоянии 24,9 от вершины, второй — на расстоянии 3,12. На фиг. 1 по ординатам нанесена не сила звука (звуковой поток), а отношение его сопротивления излучения  $w$  к сопротивлению излучения (см. Звук) для плоской волны ( $\rho c$ ); если сопротивление излучения умножить на эффективное значение скорости частиц  $\left( \frac{\partial \xi}{\partial t} \right)_{\text{эфф.}} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial \xi}{\partial t} \right)_0$ , то получим

общую излучаемую через Р. за 1 ск. энергию; если разделить эту энергию на площадь сечения  $S$ , то получится сила звука на расстоянии  $x$ , кривая дается ф-лой (3). Поведение Р. конечной длины будет отличаться от вышеописанного, т. к. здесь будет иметь место отражение на конце, которое тем значительнее, чем больше длина волны по сравнению с размерами выходного отверстия [2]. При высоких частотах отражения на конце почти нет, и потому верхние части характеристик изменятся мало. Чем больше выходное отверстие Р., тем ближе его характеристика к кривым фиг. 1.

Для экспоненциального Р., сечение которого изменяется по закону  $S = S_1 e^{ax}$ , дифференциальное уравнение (1) для расходящихся периодических волн будет иметь решение:

$$\Phi = \frac{Ae^{-\frac{a}{2}x}}{S_1 k^2} \cos(\omega t - \beta x + \theta), \quad (4)$$

где  $a$  — число, характеризующее расхождение Р.,  $\beta = k \sqrt{1 - \frac{a^2}{4k^2}}$ , а  $\theta$  — произвольная постоянная, определяемая из начальных условий. Скорость волны в экспоненциальном Р. будет:

$$c' = \frac{\omega}{\beta} = \frac{\omega/k}{\sqrt{1 - \frac{a^2}{4k^2}}} = \frac{c}{\sqrt{1 - \frac{a^2}{4k^2}}}. \quad (5)$$

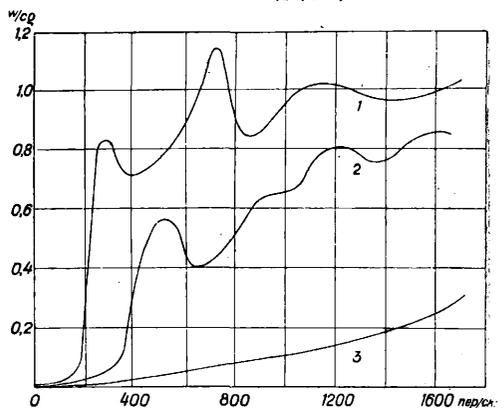
Если  $a^2 < 4k^2$ , то скорость волн в Р. будет больше скорости звука  $c$  в данной среде; при  $a = 2k$  скорость волн в Р. делается мнимой. Т. о. если  $\omega < \frac{ac}{2}$ , то Р. перестает пропускать

волны и действует аналогично конденсаторному фильтру. Сила звука в экспоненциальном Р. на расстоянии  $x$  от начала рупора

$$I = \frac{A^2 \rho c}{2SS_1} \sqrt{1 - \frac{a^2 c^2}{4\omega^2}}. \quad (6)$$

На фиг. 1 кривая 1 относится к бесконечному экспоненциальному Р., имеющему одинаковые входное и выходное отверстия ( $R_1 = 2,5$  см и  $R = 18,5$  см,  $a = 0,08$ ) с коническим Р., к которому относится кривая 2, и одинаковую с ним длину 50 см. Из сравнения ясно, что экспоненциальный Р. отрезает низкую область частот, но зато в остальной части характеристика его имеет весьма равномерный ход и быстро достигает предельного значения. Поэтому практически экспоненциальный Р. имеет преимущество перед коническим, тем более что его критич. частота  $\omega_0 = \frac{ac}{2}$  всегда м. б. опущена настолько низко, что отрезаемая область частот не будет играть роли [3]. Так, для экспоненциального Р., к которому относится кривая 1 на фиг. 1,  $\omega = 1360$ , т. е.  $f_0 = 217$  пер/сек., что уже не вызывает серьезных искажений;  $\omega_0$  легко можно сделать еще гораздо меньше.

Для Р. конечной длины на конце получается отражение и частотные характеристики принимают более сложный вид. На фиг. 2 даны сопротивления излучения для экспоненциального Р. (кривая 1), конического Р. (кривая 2) указанных выше размеров и для поршневой мембраны (радиуса 2,5 см), излучающей в открытое пространство (кривая 3). Из сравнения фиг. 1 и 2 ясно: 1) что конечный экспоненциальный Р. уже не имеет резко выраженной критич. частоты; 2) что излучение обоих типов Р., проходя через ряд максимумов и минимумов, приближается к общему пределу, соответствующему сопротивлению излучения для плоской волны ( $\rho c$ ); 3) что экспонен-

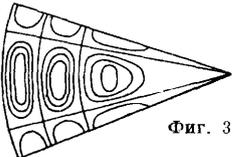


Фиг. 2.

циальный Р. раньше достигает предела и следовательно имеет преимущество перед коническим Р. в отношении равномерности характеристик; 4) что по сравнению с открытой поршневой мембраной излучение через Р. сильно повышается, особенно при низких частотах. Если длина волны больше диаметра выходного отверстия, возможно отражение от конца и образование стоячих волн и соб-

ственных колебаний системы, а следовательно при передаче звука через Р. получится искажение тембра. Простейшая форма образования стоячей волны в коническом рупоре — это стоячие волны по длине, подобно тому как это имеет место в органичных трубах. Для Р., открытого с обоих концов, частоты собственных колебаний будут:  $\omega_n = \frac{n\pi c}{l}$  или  $l = \frac{n}{2} \lambda_n$ , где  $l$  — длина Р.,  $\lambda_n$  — длина волны  $n$ -ой гармоники, а  $n$  — целое число. Для Р., закрытого с одного конца (напр. мембраной),  $\omega_n = \frac{2n+1}{2} \frac{\pi c}{l}$

или  $l = \frac{2n+1}{4} \lambda_n$ . В экспоненциальном Р. образование стоячих волн происходит почти по тем же законам. Если Р. имеет тупой угол, то выходное отверстие велико и условия для образования стоячих волн неблагоприятны, так как не будет сильного отражения; наоборот, для узких рупоров выходное отверстие мало и стоячие волны будут резко выражены, в виду чего узкие Р. дают сильные искажения тембра. Кроме образования стоячих волн в продольном направлении они могут возникнуть и в поперечном направлении, причем образуются узловые плоскости, проходящие через ось, и узловые конусы [4], и весь объем Р. делится на ряд ячеек (фиг. 3).



Фиг. 3.

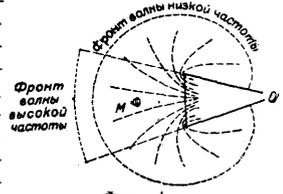
Кроме резонансных частот, связанных с самым объемом Р., могут резонировать и давать призвуки стенки Р., что тоже отрицательно влияет на качество передачи; так напр., тонкий

металлический Р. придает звуку своеобразный резкий оттенок. Чтобы этого избежать, Р. лучше делать более массивным и из материалов со значительным внутренним трением (картон, палье-маше, дерево). При использовании Р. в электроакустич. приборах звук от мембраны площадью  $S_2$  через переходную камеру проходит к входу в Р. (сечение  $S_1$ ). Если принять, что Р. имеет предельное сопротивление излучения во всех частотах  $S_{1де}$ , то, предполагая, что размеры камеры меньше длины волны, можно показать, что излучаемая энергия будет в  $S_2/S_1$  раз больше, чем если бы Р. с входным сечением  $S_2$  был приложен к мембране без переходной камеры. Уменьшая  $S_1$ , можно сильно повысить излучение звука. Это соображение использовано Венте и Турасом [5], для построения мощного громкоговорителя, который дал на опыте КПД до 50%; входное отверстие из переходной камеры представляло собой узкую кольцевую щель, постепенно расширяющуюся и переходящую в трубу Р. Стюарт и Линдсей дают следующий коэф. усиления излучения  $a$  через Р. по сравнению с мембраной, излучающей в открытое пространство [6]:

$$a = \frac{2\pi}{k^2 S_2} \frac{1}{1 + \sin^2 kd \left( \frac{S_1^2}{S_2^2} - 1 \right)}$$

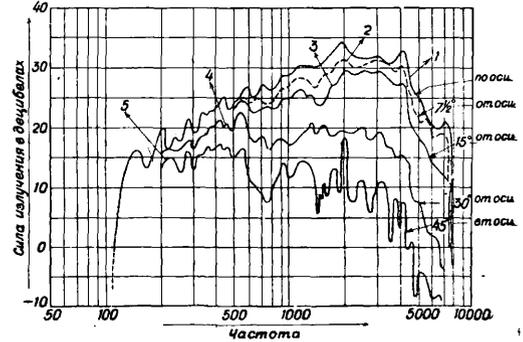
Здесь  $d$  — длина переходной камеры и  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ . Если  $d$  мало, то усиление излучения  $a = \frac{2\pi}{S_2}$ , т. е. при длинных волнах резко растет. Для коротких волн (высоких частот) формула уже неверна, ибо рупор не дает усиления излучения выше известного предела частот (фиг. 1). Кроме способности усиливать излучение Р.

обладает еще свойством сосредоточивать звук в направлении своей оси, причем это свойство направленности звуковые волны сохраняют отчасти и по выходе из Р. Свойство это резко выражено лишь в области коротких волн ( $\lambda < R$ ), для длинных же звук расходится от конца Р. в форме сферич. волны (фиг. 4, М — микрофон, О — источник звука), и никакого эффекта направленности при этом не получается. Т. о. ясно, что тембр звука существенно меняется: по оси рупора высокие тона передаются полностью, низкие же относительно ослаблены; в боковых направлениях высокие тона быстро ослабевают, остаются почти одни низкие, что ведет к неразборчивости при передаче речи. На фиг. 5 показаны характеристики излучения громкоговорителя



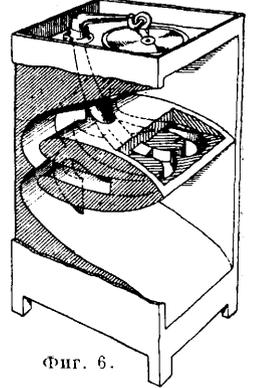
Фиг. 4.

с экспоненциальным Р. (критическая частота: 115 пер/сек.) на расстоянии в 3,6 м при различных углах к оси Р. (фиг. 5: кривая 1 — излучение по оси Р., 2 — 7 1/2° от оси, 3 — 15° от оси, 4 — 30° от оси, 5 — 45° от оси). При боковых направлениях сила звука высоких частот падает и тем более резко, чем больше угол; при 5 000 пер/сек. излучение по оси примерно на 30 децибел, т. е. в 1 000 раз, сильнее, чем под углом в 45°. При использовании Р. в качестве м е г а ф о н а (разговорной трубы) в направлении оси хорошо концентрируются обертоны выше 1 000 пер/сек., к-рые имеют важнейшее значение для разборчивости речи, благодаря чему разговор в мегафон возможен на расстояниях в сотни м. Для экономии места Р. может быть изогнут в несколько плавных оборотов, при этом его длина будет значительна, и выходное отверстие можно сделать достаточно большим. На фиг. 6 показан такой сложный изогнутый Р. для граммофона; канал Р. разбивается на две части, каждая из них снова на две части и наконец все четыре хода соединяются у выходного отверстия. Общее сечение рассчитывается по экспоненциальному закону.



Фиг. 5.

с экспоненциальным Р. (критическая частота: 115 пер/сек.) на расстоянии в 3,6 м при различных углах к оси Р. (фиг. 5: кривая 1 — излучение по оси Р., 2 — 7 1/2° от оси, 3 — 15° от оси, 4 — 30° от оси, 5 — 45° от оси). При боковых направлениях сила звука высоких частот падает и тем более резко, чем больше угол; при 5 000 пер/сек. излучение по оси примерно на 30 децибел, т. е. в 1 000 раз, сильнее, чем под углом в 45°. При использовании Р. в качестве м е г а ф о н а (разговорной трубы) в направлении оси хорошо концентрируются обертоны выше 1 000 пер/сек., к-рые имеют важнейшее значение для разборчивости речи, благодаря чему разговор в мегафон возможен на расстояниях в сотни м. Для экономии места Р. может быть изогнут в несколько плавных оборотов, при этом его длина будет значительна, и выходное отверстие можно сделать достаточно большим. На фиг. 6 показан такой сложный изогнутый Р. для граммофона; канал Р. разбивается на две части, каждая из них снова на две части и наконец все четыре хода соединяются у выходного отверстия. Общее сечение рассчитывается по экспоненциальному закону.



Фиг. 6.

Р. может применяться также для усиления при приеме звуковых сигналов или речи. Слуховая труба для глухих, амбушюр микрофона, медицинский стетоскоп служат примерами такого рода усиления по принципу концентрации звуковых волн. Воспринимающие Р. могут давать значительное усиление (в десятки раз), но так же, как и излучающие, они искажают звук благодаря резонансным свойствам. Это последнее обстоятельство можно иногда использовать с выгодой при подборе слуховых труб для глухих, чтобы усилить звуки в той области, где произошла наибольшая потеря слуха у данного лица. Для восприятия низких звуков, напр. звуков аэроплана, приходится применять очень длинные Р. (звук оу л а в л и в а т е л и) с большим выходным отверстием. Так, Ветпман [?] применял конические Р. длиной в 2, 3 и 5 м; отношение длины боковой стенки к диаметру выходного отверстия выгодно брать ок. 2 : 1. Такие Р. позволили увеличить слышимость аэроплана в  $1\frac{1}{2}$ —2 раза (до 25 км). Направленное действие такого конического приемного Р. довольно резко выражено; так, Р. длиной 2 м позволяет оценить направление с точностью до 3°; звук двух аэропланов м. б. разделен при угловом расстоянии в 5°.

Лит.: Харкевич А. и Ломагин К., Опыт расчета рупорного громкоговорителя, «Вестник электропромышленности», 1930, 11; 1) Webster A. C., «Proceedings of the National Academy of Sciences», Wash., 1919, v. 5, p. 279; Crandall J., Theory of Vibrating Systems a. Spond, N. Y., 1926, p. 153; 2) Crandall J., ibid., p. 150; 3) Kellogg E., «General Electric Review», Schenectady, 1924, v. 27, p. 556; Hannan C. a. Slepian J., «Journal of the American Institute of Electrical Engineers», N. Y., 1924, p. 7250; 4) Hoersch V., «The Physical Review», N. Y., 1923, v. 21, p. 706; ibid., 1925, v. 25, p. 218; 5) Wentz E. a. Thurston A., «Bell System Technical Journal», N. Y., 1928, v. 7, p. 140; 6) Stewart A., Lindsay, Acoustics, p. 154, L., 1930; 7) Waetzmann E., «Ztschr. f. techn. Physik», Lpz., 1921, B. 2, p. 166 и 191; Muller-Pouillet, Lehrb. d. Physik, V. 1, T. 3, p. 302, 11 Aufl., Brschw., 1928.

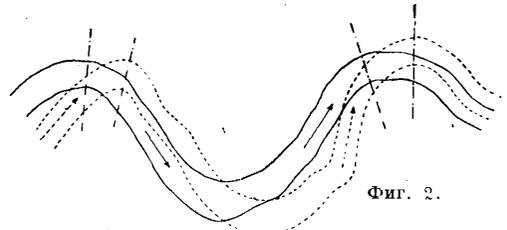
С. Ржевкин.

**РУСЛО** речное, та часть долины, по которой фактически осуществляется речной сток. Общий характер Р. зависит от геологич. и топографич. условий местности. У большинства равнинных рек можно различать между ними Р., покрытое стоком непрерывно в течение всего года, и полое Р., или пойму, покрываемое водой лишь на короткое время паводков. Р. равнинной реки, текущей обычно в легко размываемых породах, состоит

из смеси мельчайших частиц наносов с гравелистым и галечным материалами, которые при повышении уровня воды отчасти уносятся течением во взвешенном состоянии, отчасти путем перекачивания по дну меняют свое местоположение; рельеф Р. большинства равнинных рек поэтому чрезвычайно изменчив и принимает

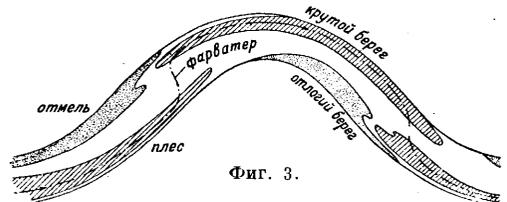
разнообразные формы при различных горизонтах воды. Естественный сток, предоставленный самому себе, протекает прямолинейно, почти всегда только на своих верховьях, при наличии значительных скоростей течения, или же на участках, выработанных водою в мягких каменистых породах.

Как общее правило Р. равнинной реки, протекающей в аллювии, имеет извилистую, или меандрическую, форму, причем в широких и пологих долинах при отсутствии факторов, стесняющих развитие излучин (меандр), последние с течением времени сближаются на расстояние, достаточное для прорыва промежутка между ними во время высокого горизонта воды в реке (фиг. 1, пунктир). В конечных частях оставленной потоком излучины



Фиг. 2.

отлагаются наносы, в остальной же части ее вода или движется очень медленно или останавливается, образуя староречье. Необходимо отметить, что на протяжении значительных промежутков времени можно наблюдать перемещение меандр также в направлении течения (фиг. 2). В устьях, подверженных морским приливам и отливам, таких изгибов Р. в виде излучин не образуется. В очертаниях рельефа Р. при всей его изменчивости тем не менее можно установить некоторые общие черты; например река представляет собою чередование глубоких участков, плёсов, и мелких частей, перекатов, причем плёсы соответствуют изгибам Р. в плане, а перекаты—перегибам, т. е. местам перехода Р.



Фиг. 3.

от одного закругления к другому. Все очертания рельефа Р. носят плавный характер: намывные отмели и косы, образующиеся у выпуклых берегов, острова, образуемые разветвлением реки на протоки, осередки и (загопленные острова), происшедшие путем намыва или влечения по дну наноса, глубокие части плёсов представляют собою образования с вытянутыми вдоль течения плавными очертаниями (фиг. 3). Изменение уровня воды в реке отражается след. обр. на рельефе Р.: при межени перекаты смываются сильнее, а плёсы соответственно мелеют; при подъеме воды скорость движения над перекатами уменьшается быстрее, чем на плёсах; уклон на перекатах уменьшается в большей степени, чем на плёсах; движущая сила наносов в зависимости от уклона уменьшается на перекатах быстрее, чем на плёсах; перекаты становятся мельче, а плёсы глубже.

Поперечное сечение Р. в редких случаях имеет сходство с параболой или другой правильной кривой. Линия наибольших глубин, фарватер, на прямых участках реки проходит приблизительно по середине стока или извивается между намывными осередками, если таковые имеются; в излучинах реки фар-

ватер совпадает с плёсами и поэтому прилегает к крутому вогнутому берегу реки. На форму Р. существенно влияет наличие большого количества водорослей, а также карчей, имеющих в некоторых реках в изобилии. Вообще род грунта русла реки существенно влияет на профиль Р. при недостаточно устойчивом Р. рек. Иногда при недостаточной кривизне излучины плёсы и перекаты перемещаются вниз по течению. Р. может быть в большей или меньшей мере устойчивым или неустойчивым. В первом случае частицы дна перемещаются только во время половодий и то на небольшое протяжение; во втором случае частицы все время передвигаются на большие расстояния, постепенно размельчаясь от трения одна о другую и о ложе реки. Боковой размыв (б о к о в а я э р о з и я) Р. происходит от центробежной силы, возникающей при криволинейном движении потока, и от добавочной силы, отклоняющей постоянно по закону Кориолиса массу движущейся воды в северном полушарии вправо, а в южном—влево, если смотреть в сторону движения. Первая сила для единицы массы  $m$ . б. выражена величиной

$$P_1 = \frac{v^2}{\rho}, \quad (1)$$

а вторая—величиной

$$P_2 = 2vw \sin \varphi, \quad (2)$$

где  $v$ —скорость струи речного потока,  $\rho$ —радиус кривизны изгиба реки,  $w$ —угловая скорость вращения земли,  $\varphi$ —широта места. Т. о. на правый в северном полушарии или левый в южном полушарии вогнутый берег действует сила

$$S_1 = P_1 + P_2 = v \left( \frac{v}{\rho} + 2w \sin \varphi \right), \quad (3)$$

а на левый в северном полушарии или правый в южном полушарии вогнутый берег действует сила

$$S_2 = P_1 - P_2 = v \left( \frac{v}{\rho} - 2w \sin \varphi \right). \quad (4)$$

Отсюда следует, что в сев. полушарии правый берег размывается более интенсивно, чем левый, а в южном полушарии наоборот, так как хотя абсолютная величина добавочных усилий Кориолиса незначительна по сравнению с центробежной силой, тем не менее, если взять очень большой промежуток времени, влияние добавочных усилий окажется гораздо более значительным, чем влияние центробежных сил. Это объясняется тем, что первые силы при связанном с развитием меандр убывании скоростей течения уменьшаются пропорционально первой степени, в то время как последние убывают гораздо скорее—пропорционально квадратам скоростей, причем действие первых не обусловлено какими-либо пределами, они всегда активны, между тем как активность последних обусловлена минимальным продольным уклоном реки, при котором еще возможен размыв. Устойчивость Р. характеризуется коэффициентом устойчивости Р., под которым В. М. Лохтин разумеет отношение среднего диаметра зерен, составляющих ложе реки, к уклону реки. Таким образом, чем крупнее зерна грунта, по которому течет река, и чем меньше уклон реки, тем больше коэффициент устойчивости Р., а следовательно тем устойчивее и само Р. Деформируется Р. реки, с одной стороны, вслед-

ствие происходящего постоянно размыва и, с другой стороны, вследствие отложения наносов, причем чем более размываем грунт Р., тем более деформируется оно.

В Р. рек по мнению Н. С. Лежневского существует два течения: одно—верховое сбойное, сходящееся клинообразно, которое спускаясь на фарватере до дна, делает в нем глубокие продольные гладкие углубления (донная глубинная эрозия); другое—донное, расходящееся веерообразно, уклоняющееся постепенно от направления сбойного по фарватеру к почти нормальному берегам направлению. Вторым течением взрытый первым течением грунт на фарватере и грунт, размывый из вогнутого берега, складываются на песчаных отмелях, причем передвижение наносов происходит порывами и не прямо вниз по течению, а зигзагами, в косых направлениях к гребням песчаных валиков. Кривизна вогнутого берега влияет на интенсивность продвижения частиц, а следовательно на углубление дна реки. По степени устойчивости русла М. А. Великанов классифицирует реки след. обр., разделяя их на четыре класса: 1) реки с наименее устойчивым Р.; *паводок* (см.) изменяет не только глубину Р., но зачастую и самое очертание его (низовья кавказских рек); 2) реки с мало устойчивым Р.; размыв и отложения изменяют лишь очертания изобат Р., самое же Р. (не считая медленного перемещения береговой линии, развития меандр и т. д.) в плане остается относительно неизменяемым; углубления и наращивания происходят беспорядочно в разных местах; перекаты меняют ежегодно свое расположение и очертания (р. Висла); 3) реки с устойчивым Р.; размыв и отложения совершаются периодически на одних и тех же местах; нарастание перекатов равно приблизительно величине меженного углубления, вследствие чего перекаты подвержены лишь периодическим колебаниям около нек-рого среднего значения (р. Волга); 4) реки с наиболее устойчивым Р.—в скалистых, крупногалечных и вообще в относительно неразмываемых грунтах с ничтожным количеством наносов и слабым влечением их по дну (р. Енисей). Р., размываемое в одном каком-либо месте, нарастает в другом в виде перекатов, кос или осередков; однако образовавшиеся отмели подвергаются в свою очередь деформации, причем при размыве в одном месте происходит намыв в другом. Это обстоятельство заставляет на судоходных реках обратить сугубое внимание на своевременное выявление рельефа Р. и на создание рациональной речной обстановки. Наносные мели встречаются почти во всех реках, несущих остатки, и преимущественно ниже впадения притоков. Выправительными работами достигается некоторое постоянство положения наносных мелей и ложа реки, но сохранения того же ложа после каждого *паводка* (см.) при передвижении наносов достигнуть не удастся. Возможность закрепления мелей зависит гл. обр. от свойств и количества наносов, уклона реки, расходов воды и общих размеров реки. Придание Р. надлежащей формы составляет одну из задач *регуляции рек* (см.).

С. Бриллиг.

Лит.: см. Реки.

**РУТЕНИЙ**, Ru, химич. элемент подгруппы легких платиновых металлов VIII группы периодич. системы. Ат. в. 101,7, порядковый

номер 44. Открыт в 1845 г. Клаусом. Элементарный Р. (в компактном виде)—металл, напоминающий по внешнему виду платину, но значительно более твердый и хрупкий (легко дробится в порошок). Уд. вес  $\sim 12,2$  при  $20^\circ$ ;  $t_{пл.}^{\circ} \sim 2450$ . Тв. по Бринелю 220 (иридий 172). Термич. коэф. расширения  $9,1 \cdot 10^{-6}$  при  $20^\circ$ . Р. принадлежит к относительно редким элементам. По Ноддаку среднее содержание его в метеоритах равно  $9 \cdot 10^{-6}$ , в литосфере  $5 \cdot 10^{-8}$ . Специфич. минералами являются природный осмистый иридий (в среднем 6% Р.), самородная платина (доли %), а также л а у р и т, весьма редкий сульфид платиновых металлов, найденный в Орегоне и на Борнео (среднее содержание Р. 12% от суммы платиновых металлов). Небольшие количества Р. находятся также в полиметаллических рудах, из которых попадают в разные отходы металлургич. производства (см. Платина, м е т а л л у р г и я). Изверженные породы содержат Р. в среднем  $1,8 \cdot 10^{-8}$ , первичные сульфиды  $1 \cdot 10^{-6}$ . В виде порошка (темносерого цвета) Р. обнаруживает сильные каталитич. свойства, напр. легко окисляет спирт в альдегид и уксусную кислоту. Получен также коллоидный Р. путем восстановления растворов его солей. Взрывчатая разнородность Р. получается при растворении его сплавов с цинком в соляной к-те; предполагают, что взрывчатость объясняется превращением этой модификации в обычную, более стабильную. В сухом виде в обычных условиях Р. не окисляется. В окислительной атмосфере при очень высоких  $t^\circ$  (пламя гремучего газа) Р. сгорает с образованием темносиней, нерастворимой в к-тах окиси Р.  $RuO_2$  с небольшой примесью высшего окисла  $RuO_3$ . При плавлении на воздухе Р. покрывается лишь тонкой пленкой окислов, но окклюдирует большое количество кислорода. Р. окисляется легче других платиновых металлов (кроме осмия). Минеральные кислоты на Р. не действуют. Царская водка растворяет его медленно с образованием  $RuCl_3$ , причем необходимо азотную к-ту постепенно добавлять к соляной, т. к. непосредственная обработка азотной к-той пассивирует Р. Свободный хлор и фтор соединяются с Р. при повышенных  $t^\circ$ ; тонкий порошок Р. растворяется также в гипохлоритах.

Соединения Р. крайне разнообразны (но относительно мало изучены), т. к. он бывает двух-, трех-, четырех-, семи- и восьмивалентным, причем низшие степени окисления рутения являются основаниями, а высшие—золотообразующими окислами. При сплавлении со щелочами и окислителями (селитрой, хлоратами, перекисью натрия) Р. образует зеленые сплавы, содержащие рутенаты типа  $Me_2RuO_4$ , образующие с водой желтые растворы. Растворы рутенатов под действием кислот разлагаются с выделением двуокиси  $RuO_2$  и перрутунатов  $MeRuO_4$ ; ангидрид соответствующей кислоты  $Ru_2O_7$  еще не получен. Хлор окрашивает растворы рутенатов в зеленый цвет, образуя перрутунаты, например  $KRuO_4$ . При более интенсивном воздействии хлора образуются также четырехокиси Р.  $RuO_4$  в виде легко возгоняющихся ( $t_{пл.}^{\circ} 25,5^\circ$ ,  $t_{кипл.}^{\circ}$  выше  $100^\circ$ ), слабо растворимых в воде золотисто-желтых призматич. кристаллов, издающих запах озона (не ядовитых). Раствор  $RuO_4$  в воде нейтрален, но со щелочами образует легко растворимые соединения, видимо перрутунаты  $MeRuO_4$  или  $MeRuO_5$  или же и те и другие, причем отдает часть кислорода. Соляная к-та восстанавливает четырехокиси Р. и рутенаты с выделением хлора и образованием буро-желтого треххлористого Р.  $RuCl_3$ , обнаруживающего большую склонность к образованию сложных (комплексных) солей, напр.  $K_2RuCl_5 \cdot H_2O$  (в сухом виде буро-фиолетовая, в растворе оранжевая). При нагревании растворы треххлористого Р. темнеют и выделяют объемистый осадок. Металлич. цинк окрашивает их в синий цвет с образованием первоначально двуххлористого Р.  $RuCl_2$ , а потом металлического Р. При более осторожном восстановлении рутенатов можно получить соединения четырех-

валентного рутения, например  $K_2RuCl_6$ , образующего яркочерные водные растворы. При пропускании сероводорода растворы рутенатов окрашиваются сначала в голубой цвет, видимо вследствие образования  $RuCl_2$ , а потом выделяют темный осадок колеблющегося состава. Предполагают существование сульфидов  $Ru_2S_3$ ,  $RuS_2$  и  $RuS_3$ . В низших степенях окисления рутений образует соли с минеральными кислотами, например  $Ru(SO_4)_2$ ,  $Ru(NO_3)_2$  и т. д.

Чувствительной качественной реакцией на Р. является образование голубой окраски при воздействии металлич. цинка или сероводорода на растворы треххлористого Р. В присутствии всех остальных металлов характерной для Р. является красная окраска при добавлении к раствору углекислых и азотистокислых щелочей и сульфата аммония. Количественное отделение Р. от всех остальных платиновых металлов мало отличается от методов технологического отделения (см. Платина, м е т а л л у р г и я). Взвешивают Р. в виде элементарного металла или двуокиси. Вследствие хрупкости и относительно легкой окисляемости металлический Р. почти не имеет применений. Предложено применение четырехокиси Р. взамен несколько более дорогой четырехокиси осмия для окраски гистологич. препаратов (выделение черного элементарного металла). Следует полагать, что будут использованы и каталитич. свойства Р. Ввиду отсутствия спроса добыча Р. весьма ограничена. Стоимость 1 г Р. в 1930 г.  $\sim 1,3$  америк. долл. (немного дешевле родия).

Лит.: Меншуткин Б. Н., Курс общей химии, 3 изд., М.—Л., 1930; Менделеев Д., Основы химии, 9 изд., т. 2, М.—Л., 1928; Шеллер В. Р. и Поуэлл А. Р., Анализ минералов и руд, содержащих редкие элементы, пер. с англ., Л., 1928; Норкин С. В., Chemistry of the Rarer Elements, N. Y., 1923; Thorpe E., A Dictionary of Applied Chemistry, v. 5, L., 1924; Tyler P. M. a. Santmyers R. M., Platinum, «U. S. Bur. of Mines», Inform. Circ. 6389, 1931, Febr.; Noddack J. u. W., «Ztschr. f. physikal. Chemie», Bodenstein-Festband, Lpz., 1931, p. 890. **Е. Нронман.**

**РУТИЛ**, наиболее распространенный титановый минерал квадратной системы. Встречается в виде столбчатых, игольчатых и волокончатых кристаллов и зерен, гл. образом в магматических горных породах (диоритах, сиенитах, реже диабазов и базальтах) как первичные выделения при кристаллизации магмы, также в породах динамометаморфических (гнейсах, слюдяных сланцах, амфиболитах), в жилах, на контакте изверженных и осадочных пород и в пегматитовых жилах. При разрушении коренных пород с Р. последний скопляется (часто вместе с золотом, цирконом, ильменитом) в аллювиальных россыпях. По хим. составу  $TiO_2$  (60% Ti, 40%  $O_2$ ); всегда содержит железо в виде  $FeO$  и  $Fe_2O_3$  (до 35—45%); цвет буро-красный прозрачный или просвечивающийся до черного непрозрачного; спайность по призме (110) совершенная; двойники колеччатые по грани (011); тв. 6—6,5; уд. в. 4,2—4,3 (у черного Р.—и г р и н а—до 5,2); блеск алмазный до металловидного; излом раковинистый до неровного; черта серая, желтая до светлорубой; кислоты ( $HCl$ ,  $HNO_3$  и слабая  $H_2SO_4$ ) не действуют; крепкая  $H_2SO_4$  разлагает с трудом. Разновидности Р.: богатый железом (до 45%) и з е р и т; черный Р. (переход к изериту)—и г р и н; сетчатые сростки игольчатого, обычно более светлого Р.,—с а г е н и т; Р., начавший выветриваться (с 0,6% воды),—п а р е д р и т. Спутники Р.—кварц, гематит, полевой шпат, ильменит, хлорит, апатит. М е с т о р о ж д е н и я Р. очень многочисленны, но промышленные месторождения залегают в следующих местах: Нор-

вегия, окрестности гор. Арендаль (Р. встречается в апатитовых жилах); штат Виргиния в США (Р. встречается в гнейсах—до 10%); полуостров Флорида и остров Мадагаскар (россыши). В СССР разрабатываемых месторождений Р. пока не имеется. На Урале (Кыштымская и Каслинская дачи) в русловых россыпях рр. Сугомак, В. Кыштым и др. Р. часто встречается вместе с золотом и мог бы добываться промывкой одновременно с последним; Р. попал в россыпь при разрушении пегматитовых жил, залегающих в гнейсе. Пробная промывка песков по реке Сугомак дала содержание рутила в песке 0,07—0,09%. В слюдяном сланце на Урале встречаются крупные кристаллы рутила.

Применение Р.: 1) изготовление ферротитана—добавки к спец. сортам стали (стойкой на удары); 2) изготовление купротитана для добавления в спец. бронзы и др. медные сплавы; 3) производство титановых белил; 4) производство эмали в керамике и изготовление искусственных зубов (для придания массе кремового цвета); 5) прозрачные разновидности шлифуются как украшения.

Добыча Р. в Виргинии и Флориде достигает 5 450 т в год. Рудники Арендала дают незначительное количество: 40—60 т. На Мадагаскаре из добытого Р. во время войны было изготовлено около 200 т четыреххлористого титана  $TiCl_4$  для военных надобностей (дымовые завесы). Цена на концентрат с 94—95% Р. (1-я половина 1930 г.) 10 центов, молотый Р. 15—27 центов за англ. фунт.

Лит.: Сырокомский В. С., Титан, «НП», т. 3, Л., 1929; Кураев Н., Рутил в Кыштымской даче, «ГК», 1931, 2 (приведен список месторождений рутила на Урале); Тринклер Г. В., Титан, «Головой обзор минер. ресурсов за 1926/27 г.», Л., 1928; Болдырев К. И., Курс описательной минералогии, ч. 2, Л., 1928; Краусс Е. Н. и Нилт В. Ф., Mineralogy, N. Y., 1928. П. Топольницкий.

**РЫБИЙ ЖИР**, тресковый жир, жир, получаемый из печени рыб семейства тресковых (треска, пикша, сайда, налим, навага). Отличительной чертой Р. ж. служит значительное количество холестерина и окрашивающие: в голубой цвет раствора свежего Р. ж. в  $CS_2$  после прибавления крепкой серной кислоты и в пурпуровый—испорченного Р. ж.

После улова рыбу потрошат и печень отбирают отдельно, сохраняя ее до переработки в бочках. От способа хранения печени зависит качество получаемого из нее Р. ж. Сырье (печень), хранимое при условиях низкой температуры, дает первосортный товар; Р. ж. получается прозрачный, яркого желтого цвета, с приятным запахом и на рынке носит название медицинского Р. ж. Способ вытапливания Р. ж. из печени рыб также играет большую роль в качестве получаемого продукта. Р. ж., вытопленный в котлах на голом огне, дает продукт низших сортов; вытопленный в котлах, обогреваемых паром, или в вакуум-аппаратах дает высшие сорта. Следует также отметить, что сырье (печень) легко подвергается в процессе вытапливания жира прогорканию, окислению глицеридов жирных кислот кислородом воздуха. Было предложено несколько способов режима вытапливания жира. Геердаль произвел вытапливание в атмосфере водорода. Затем были предложены способы вытапливания: 1) в атмосфере индифферентного газа (углекислоты) и 2) в вакуум-аппаратах при пониженном давлении. Р. ж., получаемый при соблюдении условий указан-

ных режимов, дает продукт наивысшего качества. Установку для вытапливания Р. ж.—см. *Салотенное производство*.

Химический состав Р. ж. до настоящего времени точно не установлен. Р. ж. из печени трески (наиболее исследованный) содержит: глицериды кислот миристиновой, пальмитиновой, стеариновой, олеиновой и эруковой; ненасыщенных кислот с формулами  $C_{16}H_{30}O_2$  и  $C_{20}H_{38}O_2$ ; 17—21% высоконенасыщенных кислот с индексом числом 324. Присутствует клубанодоновая кислота (см. *Спр. ТЭ*, т. II). Константы Р. ж. (медицинского): удельный вес 0,922—0,927; индекс число 134,8—174,7; число омыления 171—193,4. Удельный вес Р. ж. технического 0,9243—0,9273. Р. ж. отличается богатым содержанием витамина А (антиксерофтальмический) и небольшим—витамина D.

Пищевые вещества	Витаминная активность
Рыбий жир . . . . .	+++
Молочный жир . . . . .	+++
Яичный желток . . . . .	+++
Бычье сало . . . . .	++
Шпикат . . . . .	++
Хлопковое масло . . . . .	—

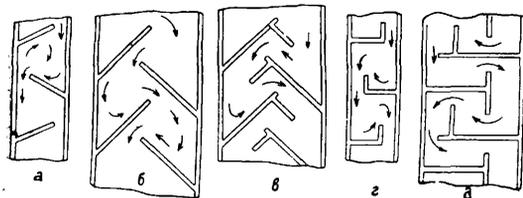
В виду того что Р. ж. является пищевым веществом с большим содержанием витаминов, на сохранение его должно быть обращено особое внимание. Процесс обработки рыбьей печени, получение Р. ж. и его рафинирование (включая также и дезодорацию) должны быть правильно организованы. Как пример может быть указан следующий способ получения Р. ж. После вытопки жира из печени его фильтруют при помощи специальной фильтрационной установки, после чего производят белиение Р. ж. Это белиение производится в атмосфере азота или углекислоты при температуре 50° углем А (при соотношении: 3 части угля на 100 частей Р. ж.). После фильтрования Р. ж. дезодорируют. Для дезодорации сконструированы специальные установки различных систем. Препарат Р. ж. с высоким содержанием витаминов (по Эйлеру, Рибони) получают смешиванием Р. ж. с тройным количеством 96%-ного винного спирта при постоянном встряхивании и последующей отгонкой из смеси спирта в вакууме. Для получения пищевых веществ, богатых витаминами, приготавливают из Р. ж. витаминные концентраты, которые прибавляют в значительном количестве к пище.

Способ приготовления витаминконцентратов (по Миллеру): 10 кг Р. ж. после нагревания в атмосфере индифферентного газа острожно омыляют 2,5 кг едкого кали (20 л винного спирта). После охлаждения до температуры 30° смешивают с соляной кислотой (в эквивалентных едкому кали количествах) и после короткого взбалтывания дают смеси отстояться. Нижний слой, содержащий витамины, декантируют и, прибавив к нему 5 кг хлопкового масла, перемешивают в течение 2 ч. без доступа воздуха. После снятия верхнего слоя смесь фильтруют и концентрируют.

Лит.: Лялин Л., Жиры и масла, Петроград, 1922; Миллер М., Химия и технология витаминов, «Русско-германский вестник науки и техники», Москва—Берлин, 1932, 10; Heftner G., Technologie der Fette und Öle, В. 2, Berlin, 1921; «Ch.-Ztg.», 1899, 23; 1906, 33; «Journal of the Society of Chemical Industry Japan», 1923, 26; «Analyst», L., 1898, 23. Н. Раницкий.

**РЫБОВОДСТВО**, см. *Прудовое хозяйство*.  
**РЫБОВЫЕ СНАСТИ**, см. *Сети рыболовные*.

**РЫБОХОДЫ**, рыбоподъемы, устройства, сооружаемые при плотинах для пропуска рыбы между бьефами. При преграждении плотинами водных потоков нарушается их естественный гидрологический режим, что часто в корне подрывает интересы существовавшего до того рыбного хозяйства. Чтобы дать рыбе возможность перемещаться в удобные для метания икры части реки или те части, где она сможет найти пищу необходимого ей качества, устраивают Р. Основным условием для рационального проектирования Р. является достаточно полное знакомство с характером и условиями жизни пород рыб, для к-рых предполагается устроить Р. Исследования показали, что с целью метания икры некоторые породы рыб передвигаются из нижних в верхние части рек, проводя там даже первый период жизни (угри), и идут в обратном направлении для отыскания пищи. Эти породы рыб, называемые с т р а н с т в у ю щ и м и, сравнительно немногочисленны; к ним относятся: лосось, медоница, морская и речная миноги, морская форель, осетр, сельдь, угорь и др. Остальные более многочисленные породы называются о с е д л ы м и, передвигаются лишь в определенных частях рек, обычно возвра-

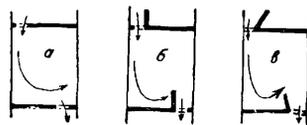


Фиг. 1.

щаясь к своему исходному пункту; к ним относятся: вьюн, ерш, голавль, карп, красноперок, налим, окунь, палья, плотва, пескарь, рыбец, сом, стерлядь, судак, хариус, щука, уклейка, подуста, язь и многие другие. Это передвижение рыб наблюдается весной, летом и осенью, с мая по сентябрь, и происходит особенно оживленно в летний период, а весной и осенью лишь при теплой и солнечной погоде; при пасмурной же и холодной погоде большого движения рыбы не наблюдается.

Основными требованиями, предъявляемыми к проектируемому Р., должны быть удачный выбор места расположения и конструкции Р. Несоблюдение этих требований даже лишь в небольшой части всегда ведет к нарушению работы Р., чему имеем многочисленный ряд примеров из практики строительства Р. Вход в Р. со стороны нижнего и выход со стороны верхнего бьефов д. б. расположены так, чтобы рыба могла их легко найти. Выход желательно располагать в верхней по течению части плотины. Если это затруднительно, то, имея в виду, что рыба, не могущая пройти через плотину в верхней части, будет передвигаться вниз по течению вдоль ниспадающей с плотины струи воды, ища здесь прохода, можно расположить на этом пути вход Р.; если вход будет замечен и не загружен с верховой стороны, то можно ожидать исправной работы Р. Если же и этот путь является нежелательным, то, учитывая, что рыба, утомленная попытками найти вход Р., отходит для отдыха в глубокое место неподалеку от плотины, можно вход расположить по пути или около этого места.

При расположении входа дальше расстояния от хода рыбы она в него не попадет, и Р. будет бездействовать. Практически это расстояние колеблется 2÷12 м в зависимости от скоростей падающей с плотины воды. При проектировании входа важно учитывать, что рыбу привлекает шум воды и она идет на сильное течение; поэтому желательно через Р. пропускать достаточный расход воды и создать у входа заметное для рыбы течение. Располо-

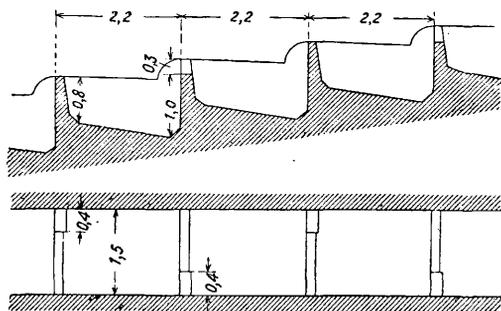


Фиг. 2.

жение входа вблизи гидростанции, как это часто практикуется, не является желательным, так как входящий во всасывающую трубу турбин сильный ток воды делает незаметной для рыб сравнительно слабую струю, втекающую в рыбоход. Целесообразным был бы пропуск сбрасываемого через плотину расхода целиком через Р., однако это не всегда возможно по эксплуатационным соображениям, а также вследствие значительной потери через Р. воды без утилизации ее энергии. Даже в том случае, если выбор места расположения Р. будет удачен, но рыба не сможет его преодолеть, он будет бездействовать. Для того чтобы рыба могла преодолеть течение воды в Р., необходимо, чтобы возможная работа рыбы не превышала секундную работу  $T$  в кгм, необходимую для ее подъема против течения, определяемую по формуле

$$T = k \cdot \frac{P(v+w)^2}{2g}$$

где  $P$ —вес рыбы в кг,  $v$  и  $w$ —скорости (в м/сек):  $v$ —наибольшая скорость передвижения рыбы в тихой воде, а  $w$ —скорость течения воды в Р., ускорение силы тяжести  $g=9,81$  м/сек<sup>2</sup>,  $k$ —практич. коэф. (2—2,5). Возможная мощность рыбы по наблюдениям может доходить на коротком протяжении до 60 кгм/сек. Поэтому при устройстве Р. в виде лотков крутого

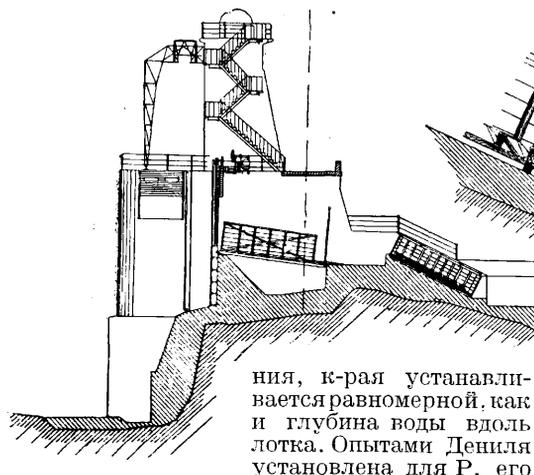


Фиг. 3.

уклона необходимо по длине через каждые 10—15 м устраивать горизонтальные площадки для отдыха рыб, иначе рыба не сможет подниматься по Р. Необходимо стремиться, чтобы по длине Р. была постоянная скорость течения, отсутствовали прыжки воды и глубина не убывала к нижнему бьефу. Р. по возможности желательно придавать прямолинейное направление, воду в нем иметь мутную, хорошо освещенную, со звучным движением. В конструкции рыбохода необходимо избегать острых углов и частей, легко могущих поранить рыбу.



$i=1:1,5$ , представляющий собою лоток усиленной шероховатости с расположенными по его дну и бортам зубьями—ступами особого очертания в виде обратной волны, показанной на фиг. 6 в разрезах. Благодаря ступам значительно уменьшается скорость тече-



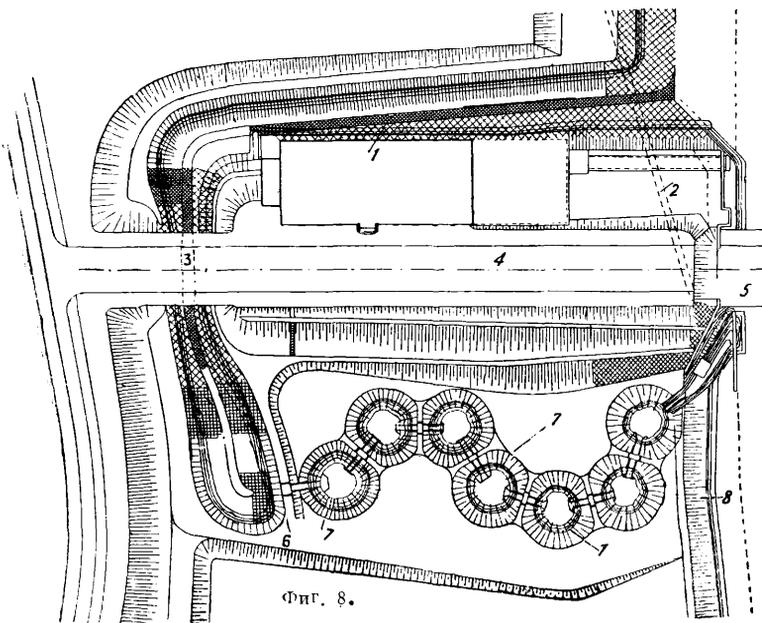
ния, к-рая устанавливается равномерной, как и глубина воды вдоль лотка. Опытами Дениля установлена для Р. его коэффициент сопротивления

$$b = 0,0214 + \frac{0,00084}{R}$$

Равномерная скорость течения может быть определена по формуле

$$w = \sqrt{\frac{R \cdot i}{b}}$$

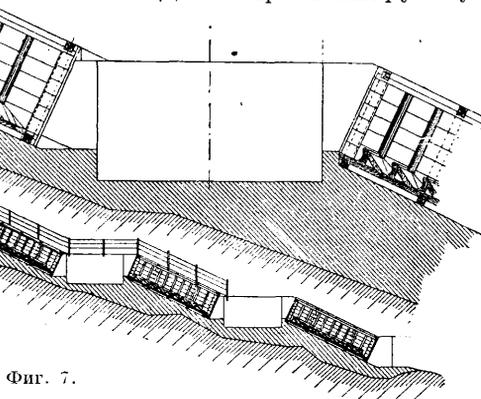
где  $i$ —уклон лотка Р.,  $R$ —гидравлич. радиус, равный  $\frac{B \cdot H}{B + 2H}$ ,  $B$  и  $H$ —ширина и глубина воды в Р. Дениль рекомендует принимать вы-



Фиг. 8.

соту выступов зубьев  $\frac{1}{3} - \frac{1}{4}H$ ;  $B=1-1\frac{1}{5}H$  и расстояния между зубьями по оси  $1\frac{1}{2}-2H$ ; при  $i=1:1,5$   $H=0,40$  м и  $B=0,6$  м. Денилю удалось достигнуть равномерной скорости  $w=2,09$  м/сек вдоль всего лотка. Р. системы Дениля получили широкое распространение

благодаря простоте конструкции, небольшим и равномерным скоростям течения, почти одинаковым вдоль лотка глубинам и исправному пропуску рыбы. На фиг. 7 приведены чертежи Р. сист. Дениля, сооруженного при плотине Земо-Овчальской гидроэлектрической станции близ Тифлиса. Эксплоатация показала, что оседлые рыбы вполне преодолевают Р. сист. Дениля при самых крутых укло-



Фиг. 7.

нах, что же касается странствующих рыб, то такой уклон им не под силу и для исправной работы Р. не должен превосходить  $1:4$ .

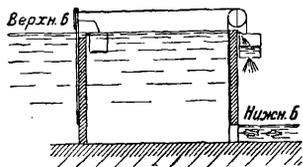
Система Дениля нашла себе применение в ручейковых Р. с характером течения, сходным с течением воды в горном ручье. Р. этого типа изображен на фиг. 8, где 1—водоподводящая канава, 2—осушительный канал, 3—щитовой затвор под мостом, 4—соединительная дамба, 5—плотина, 6—решетка, 7—Р., 8—мостовая на цементе. Р. состоит из ряда бассейнов, соединенных между собою узкими лотками—каналами. Бассейны имеют форму

усеченного конуса с заложением откосов  $2:1$ , с диам. зеркала воды 5 м и дна 1 м. Каналы, соединяющие бассейны, представляют собою лотки усиленной шероховатости сист. Дениля и располагаются так, чтобы образовать в смежных бассейнах наиболее длинный путь с водоворотами и тиховодами для отдыха рыбы. Несмотря на сравнительно высокий переход между бассейнами, а именно 0,45 м, эксплуатация показала высокие качества этого рыбохода, в особенности для прохода через него лососей.

Наблюдения показали, что пропуск рыбы между бьефами могут при определенных условиях производить судоходные шлюзы, замечая в этом случае Р.; напр. в шлюзе водоподпорного сооружения Кахлет на р. Дунае несмотря на су-

ществование специально устроенного Р. часто наблюдаются большие стаи рыб, среди к-рых можно наблюдать шук значительной величины. Это дало основание Речену предложить вместо обычного Р. специальный рыбоходный шлюз особого устройства, привлечен-

ный на фиг. 9. Отверстия, соединяющие шлюзную камеру размерами 3×8 м с бьефами, снабжены шитами, автоматически последовательно поднимаемыми и опускаемыми, что вызывает попеременное наполнение и опорожнение рыбоходного шлюза. Несмотря на тщательно продуманную конструкцию шлюза Рекена рыба им совершенно не пользовалась. Замечено, что рыбы избегают устройств,



Фиг. 9.

в к-рых наблюдаются сильные водяные удары и изменение характера течения за короткие промежутки времени, что повидимому и является причиной неудачной работы рыбоходного шлюза, где период шлюзования составляет всего только 4 минуты; возможно, что увеличение времени шлюзования исправило бы работу рыбохода этого типа.

Лит.: А н и с и м о в Н., Водоподъемные плотины, М.—Л., 1931; Курс внутренних водных сообщений, под ред. К. Анулова и др., т. 2, Искусственные водные пути, М.—Л., 1928; Ж у к С., Лесоплавные лотки, расчет и конструкции сплавных желобов, бревнопусков и плотоходов, Л., 1925; Подарев В., Гидротехнич. сооружения, ч. 1, Плотины, вып. 5, М., 1927; Ф и д м а н А., Водное строительство Германии, М., 1924; Ф р а н ц и у с О., Гидротехнич. сооружения, пер. с нем., т. 1, М., 1929; Ч а р н о м с к и й В., О лотках и каналах прямоугольного сечения усиленной шероховатости в применении к рыбоходам, плотоходам, быстротам и ввозному судоходству, Л., 1924; Д о м р а ч е в П., Влияние строящихся сооружений на промысел Волховского сига, «Материалы по исследованию р. Волхова и его бассейна», Л., 1924, вып. 3, ч. 1; В о р о н е ц к и й В., Описание рыбохода при гидроэлектрич. установке р. Волхова, там же, Л., 1924; П у з ы р е в с к и й Н., Рыбоходы и пути к улучшению их конструкции, «Труды 2 Всесоюзного гидрологич. съезда в Ленинграде 20—27/IV 1928 г.», ч. 3, стр. 435—444; E n g e l s H., Handbuch des Wasserbaues, В. 2, Lpz., 1923, p. 1288—1302; L u d i n A., Die Nordischen Wasserkräfte, В., 1930; S c h o k l i t s c h A., Der Wasserbau, В. 2, W., 1930; D e n i l G., Les échelles à poissons et leur application aux barrages de Meuse et d'Ouarthe, «Annales des travaux publics de Belgique», Bruxelles, 1909; D e n i l G., Les échelles hydrauliques, «Annales de l'association des ingénieurs sortis des écoles spéciales de Gand», série 5, t. 21, 1909; H ä r r y A., Die Fischwege an Wehren und Wasserwerken, «Publikation der schweizerischen Wasserwirtschaft», 1917, 5; H i n t e r l e i t n e r A., Fischpässe u. Fischaufstieg an den Kanalisierungsstufen d. Grossschiffahrtsstrasse Rhein-Kaflis-Donau, «Wasserkraft u. Wasserwirtschaft», Mch., 1931, H. 12; N e w e l l F. H. a. M o r p h y D. W., Principles of Irrigation Engineering, N. Y., 1913; G e r h a r d t P., Wehre u. Fischwege, Handb. d. Ing. Wiss., T. 3, В. 2; F r i s c h h o l z., Anlage u. Betrieb v. Fischpässen, Handb. d. Binnenschifffahrt Mitteleuropas, В. 6, Lief. 1, Stg., 1924; K o c h., Aufstiegskontrollen an Fischpässen, «Deutsche Wasserwirtschaft», Charlottenburg, 1930, H. 11—12; S c h a s s m a n n., Die Wirksamkeit d. verschiedenen Fischaufstiegsvorrichtungen an Stauwehren, ihre Notwendigkeit und Anwendungsmöglichkeit im Einzelfalle, «Schweizerische Fischerzeitung», Zürich, 1930; R e c k e n L., Fischschleuse, «Allgemeine Fischerei-Zeitung», Augsburg, 1905, H. 12.

С. Наглинский

**РЯБИНА**, Sorbus (сем. Rosaceae), дерево или кустарник. К почве нетребовательна, светолюбива. Древесина рябины отличается крепостью, плотностью и вязкостью; в изделиях сильно усыхает и коробится (кроме вида Sorbus aria), легко поддается шлифовке, окраске и полировке. Кору Р. употребляют как дубильный материал. Плоды съедобны. Виды Р.: Sorbus aucuparia—район распространения ее Азия и Европа, удельный вес древесины равен 0,7; Sorbus amurensis—Дальний Восток; Sorbus domestica—Малая Азия, Северная Африка и Южная Европа, удельный вес древесины 0,87, разводят ради плодов; Sorbus aria—Средняя Европа, декоративное расте-

ние, удельный вес древесины равен 0,89—1,0; Sorbus torminalis—Европа и Малая Азия.

**РЯДЫ.** Ч и с л о в ы е Р., бесконечная последовательность чисел (положительных или отрицательных, действительных или комплексных):  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n, \dots$ ; в математике под Р. понимают выражение

$$a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n + \dots \quad (1)$$

С х о д и м о с т ь Р. Пусть  $S_n$ —сумма  $n$  первых членов Р. (1), т. е. пусть

$$S_n = a_1 + a_2 + \dots + a_n.$$

Если  $S_n$  при неограниченном возрастании числа  $n$  стремится к некоторому пределу  $S$ , то ряд (1) называется с х о д я щ и м с я, а величина  $S$ —его с у м м о й. Таким образом

$$S = \lim_{n \rightarrow \infty} S_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n a_k;$$

короче это записывают так:

$$S = a_1 + a_2 + \dots + a_n + \dots, \text{ или } S = \sum_{n=1}^{\infty} a_k.$$

Простейший пример сходящегося Р.—геометрическая прогрессия со знаменателем, по абсолютной величине меньшим единицы. Сумма членов такой прогрессии дается ф-лой:

$$a + aq + aq^2 + \dots + aq^n + \dots = \frac{a}{1-q},$$

где  $|q| < 1$ . Из определения сходимости Р. следует, что изменение, прибавление или отнимание любого конечного числа членов Р. не отразится на его сходимости. Если  $S_n$  при неограниченном возрастании  $n$  не стремится ни к какому конечному пределу, то Р. называют р а с х о д я щ и м с я. Примерами расходящихся Р. являются: геометрич. прогрессия со знаменателем, по абсолютной величине большим единицы, и Р.  $1 + (-1) + 1 + (-1) + \dots$ ; для этого Р.

$S_1 = S_3 = \dots = S_{2n-1} = 1; S_2 = S_4 = \dots = S_{2n} = 0;$  поэтому  $S_n$  при  $n \rightarrow \infty$  не стремится ни к какому

пределу. Сходимость Р.  $\sum_1^{\infty} a_k$  влечет за со-

бой сходимость Р.  $\sum_1^{\infty} qa_k$  и  $\sum_1^{\infty} qa_k = q \sum_1^{\infty} a_k.$

Сходимость рядов  $\sum_1^{\infty} a_k$  и  $\sum_1^{\infty} b_k$  влечет сходи-

мость Р.  $\sum_1^{\infty} (a_k + b_k)$  и

$$\sum_1^{\infty} (a_k + b_k) = \sum_1^{\infty} a_k + \sum_1^{\infty} b_k.$$

Признаки сходимости. Для сходимости Р. необходимо и достаточно, чтобы

$$S_{n+p} - S_n = \sum_{k=n+1}^{n+p} a_k$$

при неограниченном возрастании числа  $n$  и при произвольном изменении положительного числа  $p$  стремилась к нулю (признак Коши). Необходимым условием сходимости Р. является условие  $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = 0$ ; это условие получается из признака Коши, если  $p=1$ . Условие это

не является достаточным условием сходимости; так,  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{n}}$  расходится несмотря на то, что это условие выполняется. Действительно,

для  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{n}}$  сумма

$$S_n = \frac{1}{\sqrt{1}} + \frac{1}{\sqrt{2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{n}} \geq \frac{1}{\sqrt{n}} + \frac{1}{\sqrt{n}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{n}} = \frac{n}{\sqrt{n}} = \sqrt{n},$$

и следовательно  $\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = \infty$ . Другим примером расходящегося ряда, удовлетворяющего условию  $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = 0$ , является гармонический ряд

$$\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{n} + \dots$$

Абсолютная и условная сходимости. Сходящийся  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$  называется абсолютно сходящимся, если  $\sum_{n=1}^{\infty} |a_n|$  сходится. Сходящийся  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$  называется сходящимся условно, если  $\sum_{n=1}^{\infty} |a_n|$  расходится. Пример абсолютно сходящегося  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$  — геометрическая прогрессия с знаменателем  $q$ , если  $|q| < 1$ . Примеры  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ , сходящихся условно, дает теорема Лейбница. Пусть  $p_1, p_2, \dots, p_n$  — положительные не возрастающие с увеличением  $n$  числа и такие, что  $\lim_{n \rightarrow \infty} p_n = 0$ ; при этих предположениях  $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} p_n$  сходится. Из приведенной теоремы следует, что  $\sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{1}{\sqrt{1}} - \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{1}{\sqrt{4}} + \dots \right)$  и  $\sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{1}{1} - \frac{1}{2} + \frac{1}{3} - \frac{1}{4} + \dots \right)$  сходятся. Сходимость этих  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$  условна, ибо  $\sum_{n=1}^{\infty} |a_n|$ , составленные из абсолютных величин их членов, расходятся. Перестановка членов в абсолютно сходящемся  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$  не нарушает сходимости  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$  и не меняет его суммы. Перестановка членов в условно сходящемся  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$  может нарушить его сходимость или, не нарушая сходимости, изменить его сумму.

Пример:  $\sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{k+1} \frac{1}{k}$  условно сходится;  $\sum_{k=1}^{\infty} \left( \frac{1}{1} + \frac{1}{3} - \frac{1}{2} + \frac{1}{5} + \frac{1}{7} - \frac{1}{4} + \dots \right)$ , получившийся от закономерной перестановки членов в предыдущем  $\sum_{k=1}^{\infty} a_k$ , хотя и сходится, но имеет другую сумму. Но тот же условно сходящийся  $\sum_{k=1}^{\infty} a_k$  можно сделать расходящимся путем соответствующей перестановки членов. Если по крайней мере

один из двух сходящихся  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$  и  $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$

сходится абсолютно, то справедлива следующая ф-ла для произведения этих  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n \cdot \sum_{n=1}^{\infty} b_n = \sum_{n=1}^{\infty} (a_1 b_n + a_2 b_{n-1} + \dots + a_n b_1)$ .

Сравнение Р. Признаки абсолютной сходимости. Если  $\sum_{n=1}^{\infty} b_k$  (все  $b_k > 0$ ) сходится и если  $|a_k| < b_k$ , то  $\sum_{n=1}^{\infty} a_k$  абсолютно сходящийся. Доказательство этого положения следует из признака Коши следующим образом:

$$\left| \sum_{k=n+1}^{n+p} a_k \right| < \sum_{k=n+1}^{n+p} |a_k| < \sum_{k=n+1}^{n+p} b_k;$$

правая часть последнего неравенства при  $n \rightarrow \infty$  имеет пределом 0, следовательно то же будет и с  $\sum_{k=n+1}^{n+p} |a_k|$ .

Из сравнения данного Р. (1) с геометрической прогрессией получают следующие достаточные признаки абсолютной сходимости: пусть  $\lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{a_{n+1}}{a_n} \right| = l$ . Если  $l < 1$ , то

$\sum_{n=1}^{\infty} a_n$  сходится, и если  $l > 1$ , то  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$  расходится (признак Даламбера). Пусть  $\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{|a_n|} = l$ ; если  $l < 1$ , то  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$  абсолютно сходится; если  $l > 1$ , то  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$  расходится (признак Коши). Пусть  $\varphi(x)$  положительная невозрастающая ф-ия, определенная при  $0 < x < \infty$  и такая, что  $\int_a^{\infty} \varphi(x) dx$  существует ( $a > 0$ ). Если члены ряда (1) удовлетворяют неравенствам  $|a_n| \leq \varphi(n)$ , то  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$  абсолютно сходится (интегральный признак сходимости).

Доказательство: по предположению Р.  $\sum_{k=1}^{\infty} \int_{k-1}^k \varphi(x) dx$  сходится; члены Р. (1) не больше членов этого Р., так как  $\int_{k-1}^k \varphi(x) dx \geq \int_{k-1}^k \varphi(k) dx = \varphi(k) \geq |a_k|$ . Следовательно и  $\sum_{k=1}^{\infty} |a_k|$  сходится.

Примеры применения признаков сходимости:  $\sum_{k=1}^{\infty} k q^k$  при  $|q| < 1$  сходится, так как  $\lim_{k \rightarrow \infty} \left| \frac{(k+1) q^{k+1}}{k q^k} \right| = |q|$  меньше единицы.  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^a}$  при  $a > 1$  сходится, т. к.  $\int_a^{\infty} \frac{dx}{x^a}$  существует (при  $a > 1$ ). Приводим суммы указанных Р. при  $a=2$  и  $a=4$ :

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{\pi^2}{6}; \quad \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^4} = \frac{\pi^4}{90}.$$

Р. функции. Дана последовательность функций  $f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x), \dots$

Ряд

$$f_1(x) + f_2(x) + \dots + f_n(x) + \dots \quad (3)$$

называется сходящимся в точке  $x = a$ , если числовой Р.

$$f_1(a) + f_2(a) + \dots + f_n(a) + \dots \quad (4)$$

сходится. Суммой Р. (3) при  $x = a$  называется сумма Р. (4). Р. (3) называется сходящимся в промежутке  $a \leq x \leq b$ , если он сходится в каждой точке этого промежутка. Р. (3) называется равномерно сходящимся в промежутке  $a \leq x \leq b$ , если каждому положительному числу  $\epsilon$  можно поставить в соответствие такое число  $N$ , что при всяком  $n \geq N$ , при произвольном положительном  $p$  и при любом  $x$  в промежутке  $a \leq x \leq b$  удовлетворяется неравенство

$$\left| \sum_{k=n+1}^{n+p} f_k(x) \right| < \epsilon.$$

Пример неравномерно сходящегося

Р.: в промежутке  $-1 \leq x \leq +1$  Р.  $\sum_{k=0}^{\infty} \frac{x^k}{(1+x^2)^k}$

сходится к функции

$$S(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x = 0 \\ 1 + x^2 & \text{при } x \neq 0. \end{cases}$$

Относительно равномерно сходящихся рядов справедливы следующие теоремы: равномерно сходящийся Р. непрерывных ф-ий сходится к непрерывной ф-ии. Равномерно сходящийся Р. интегрируемых ф-ий можно интегрировать по-членно, т. е. в случае равномерной сходимости Р. (3) справедливо следующее равенство:

$$\int_a^b \left[ \sum_1^{\infty} f_k(x) \right] dx = \sum_1^{\infty} \int_a^b f_k(x) dx.$$

Если Р., составленный из производных  $f'_k(x)$  членов сходящегося Р. (3), сходится равномерно, то сумма  $S(x)$  Р. (3) дифференцируема и  $S'(x) = \sum_1^{\infty} f'_k(x)$ .

Степенным Р. называется Р. вида:  $a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots$ . Если степенной Р. сходится при нек-ром значении  $x = x_0$ , то он сходится равномерно при  $|x| < R < |x_0|$ . Пример: Р.  $\frac{1}{1+x} = 1 - x + x^2 - \dots$  равномерно сходится при  $|x| < R < 1$ . Интегрируя по-членно от 0 до  $x$ , получим:

$$\ln(1+x) = \frac{x}{1} - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \dots \text{ для } |x| < 1.$$

**Ряды Фурье.** Система ортогональных функций (см.)

$$f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x) \dots \quad (5)$$

называется полной, если кроме  $F(x) \equiv 0$  не существует другой ф-ии  $F(x)$ , удовлетворяющей равенствам:

$$\int_a^b F(x) f_i(x) dx = 0, \text{ где } i = 1, 2, \dots, n, \dots$$

Числа  $a_i = \int_a^b F(x) f_i(x) dx$  называются коэффициентами Фурье функции  $F(x)$ .

Для любой  $F(x)$  с интегрируемым квадратом справедливо неравенство Бесселя:

$$\int_a^b [F(x)]^2 dx \geq \sum_1^{\infty} a_n^2.$$

Если система (5) полна, то предыдущее неравенство обратится в равенство Парсеваля:

$$\int_a^b [F(x)]^2 dx = \sum_1^{\infty} a_n^2.$$

Ряд  $\sum_1^{\infty} a_n f_n(x)$  называется рядом Фурье, порожденным функцией  $F(x)$ . В случае полной системы (5) интеграл

$$\int_a^b \left[ F(x) - \sum_1^n a_i f_i(x) \right]^2 dx$$

с неограниченным увеличением  $n$  стремится к нулю. Частным случаем системы ортогональных функций является система тригонометрических функций.

**Тригонометрические Р. Системы функций**

$$1, \sin x, \cos x, \sin 2x, \cos 2x, \dots, \sin nx, \cos nx, \dots \quad (A)$$

ортогональна и полна в любом промежутке длины  $2\pi$ . Эта система называется системой тригонометрических функций. Ряд

$$\frac{1}{2} a_0 + (a_1 \cos x + b_1 \sin x) + (a_2 \cos 2x + b_2 \sin 2x) + \dots + (a_n \cos nx + b_n \sin nx) + \dots, \quad (B)$$

где

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} f(x) \cos nx dx$$

и

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} f(x) \sin nx dx (n = 1, 2, \dots),$$

называется тригонометрич. Р. Фурье функции  $f(x)$ . Тригонометрические Р. Фурье применяются в целом ряде задач физики и техники (см. *Дифференциальные уравнения*). Функция  $f(x)$  удовлетворяет условию Дирихле в промежутке от  $x = a$  до  $x = b$ , если этот промежуток можно разбить на конечное число промежутков, внутри каждого из которых ф-ия  $f(x)$  непрерывная и имеет конечное число максимумов и минимумов. Примером ф-ии, удовлетворяющей условию Дирихле, является любая непрерывная ф-ия, имеющая в рассматриваемом промежутке конечное число максимумов и минимумов (например любой полином). Р. Фурье (B), построенный для ф-ии  $f(x)$ , периодической с периодом  $2\pi$  и удовлетворяющей условию Дирихле, сходится. Сумма членов этого Р. равна ф-ии  $f(x)$  во всех точках непрерывности  $f(x)$ ; в точках разрыва  $f(x)$  она равна среднеарифметическому  $\frac{f(x+0) + f(x-0)}{2}$  правого  $[f(x+0)]$  и левого  $[f(x-0)]$  предельных значений  $f(x)$  в этой точке (теорема Дирихле).

Замечания: 1) если  $f(x)$  имеет отличный от  $2\pi$  период  $T$ , то Р. (B) заменяется рядом

$$a_0 + \sum_1^{\infty} \left( a_n \cos \frac{2\pi nx}{T} + b_n \sin \frac{2\pi nx}{T} \right),$$

где

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} f(x) \cos \frac{2\pi nx}{T} dx$$

и

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} f(x) \sin \frac{2\pi nx}{T} dx \quad (n = 1, 2, \dots);$$

2) если  $f(x)$  четная, т. е. если  $f(-x) = f(x)$ , то все  $b_n$  ( $n = 1, 2, \dots$ ) равны нулю. Если  $f(x)$  нечетная, т. е. если  $f(-x) = -f(x)$ , то  $a_n = 0$  ( $n = 0, 1, 2, \dots$ );

3) ф-ию  $f(x)$ , определенную в промежутке от  $x=0$  до  $x=\pi$ , можно разложить в тригонометрич. Р. Фурье след. образом: пусть

$$\varphi(x) = \begin{cases} f(x), & \text{если } 0 \leq x < \pi \\ -f(-x), & \text{если } -\pi \leq x < 0, \end{cases}$$

где  $\varphi(x)$  — нечетная и следовательно для нее Р.

(В) обращается в  $\sum_1^{\infty} b_n \sin nx$ , но при  $x \geq 0$

ф-ии  $f(x)$  и  $\varphi(x)$  совпадают, следовательно ф-ия  $f(x)$ , определенная в промежутке от  $x=0$  до  $x=\pi$ , разлагается в Р. Фурье по одним синусам. Аналогично, полагая

$$\psi(x) = \begin{cases} f(x), & \text{если } 0 \leq x < \pi \\ f(-x), & \text{если } \pi \leq x < 0, \end{cases}$$

убеждаемся в том, что  $f(x)$  можно разложить в Р. по одним косинусам. Отсюда следует, что системы ортогональных в промежутке от 0 до  $\pi$  функций

$$1, \cos x, \cos 2x, \dots, \cos nx, \dots$$

и

$$\sin x, \sin 2x, \dots, \sin nx, \dots$$

полны в этом промежутке и периодическая функция  $f(x)$  с периодом  $\pi$  разложима в тригонометрич. Р. Фурье по функциям каждой из этих систем.

Суммирование средними арифметическими Фейера — процесс, применяемый в случае расходимости Р. Фурье при отыскании непрерывной функции по ее коэффициентам Фурье. Процесс этот состоит в нахождении предела выражения

$$\frac{S_0 + S_1 + \dots + S_n}{n+1},$$

где

$$S_n = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^n (a_k \cos kx + b_k \sin kx).$$

Для любой непрерывной функции  $f(x)$  имеет место соотношение:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{S_0 + S_1 + \dots + S_n}{n+1} = f(x);$$

это соотношение и позволяет находить значение функции  $f(x)$  по данным коэф-там Фурье. Примеры разложений в Р. Фурье:

$$1) x = \sum_1^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{2}{n} \sin nx \quad \text{при } -\pi < x < +\pi;$$

$$2) |x| = \frac{\pi}{2} - \sum_1^{\infty} \frac{4 \cos(2k+1)x}{\pi(2k+1)^2} \quad \text{при } -\pi < x < +\pi;$$

$$3) \frac{\pi-x}{2} = \sum_1^{\infty} \frac{\sin nx}{n} \quad \text{при } 0 < x < 2\pi.$$

Интеграл Фурье. Если  $\int_{-\infty}^{+\infty} |f(x)| dx$  есть

конечная величина и  $f(x)$  удовлетворяет в любом конечном промежутке условиям Дирихле, то можно разложить  $f(x)$  в сходящийся Р. Фурье для любого промежутка  $(-l, +l)$ . В пределе, при  $l \rightarrow \infty$  Р. Фурье обращается в интеграл Фурье:

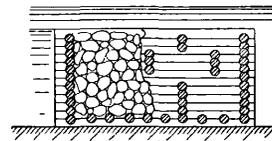
$$\frac{f(x+0) + f(x-0)}{2} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} d\lambda \int_{-\infty}^{+\infty} f(a) \cos \lambda(x-a) da.$$

Представление функции в виде интеграла Фурье имеет большое значение для тех дифференциальных уравнений физики и техники, где ищется решение в бесконечном промежутке (например теплопроводность неограниченной среды).

Лит.: Смирнов В., Курс высшей математики, т. 2, 2 изд., М.—Л., 1931; Курант Р., Курс дифференциального и интегрального исчисления, ч. 1, М., 1931; Привалов И., Ряды Фурье, М.—Л., 1930; Гурсат Е., Cours d'analyse mathématique, t. 1—3, P., 1923—24; Кноп Р. К., Theorie u. Anwendung d. unendlichen Reihen, 2 Aufl., B., 1924. М. Крейнес.

**РЯЖИ**, бременчатые срубы с дном или без такового, заполняемые камнями и применяемые в качестве фундаментов под сооружения, возводимые в воде, например под набережные, опоры мостов (см.), дамбы, молы и т. п. Рязжевые фундаменты устраивают в тех случаях, когда твердый грунт основания не допускает забивки свай или же, наоборот, при очень слабых грунтах основания (ил, торф). Т. к. в состав рязжевых фундаментов входит дерево, то высота Р. должна быть такова, чтобы дерево постоянно находилось под водою, поэтому высота рязжевых фундаментов определяется положением самого низкого горизонта воды во время волны. Неприемимы рязжевые фундаменты в морях, в к-рых водится червь, разрушающий дерево. Расход камня при Р. меньше, чем при фундаментах из каменной наброски. Р. со стороны воды имеют обыкновенно вертикальные стенки и потому допускают причал судов вплотную к пристаням, основанным на них. Р. дают дно в тех случаях, когда приходится их основывать на слабом грунте; при твердых и скалистых грунтах дно отсутствует. Р. рубят из бревен, соединяя бревна в местах их пересечения в обло и укладывая один венец на другой либо вплотную либо с зазором. При укладке венцов с зазором ряжи требуют устройства достаточного числа поперечных связей и применимы лишь при наличии довольно крупного камня. В плане Р. делают в виде прямоугольников, причем короткие стороны Р. рубят из цельных бревен, длинные же стороны м. б. собраны из сроченных бревен.

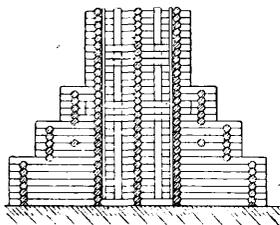
Стенки рязжей делают б. ч. вертикальными (фиг. 1), однако, когда по местным условиям необходимо придать Р. большую устойчивость, стенки возводят наклонными или уступчатыми; в последнем случае уступы м. б. расположены с одной или с двух сторон (фиг. 2).



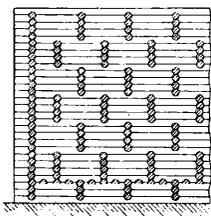
Фиг. 1.

Чтобы придать Р., имеющим сравнительно большие размеры в плане, ббльшую жесткость

и прочность, стены скрепляют поперечными связями, представляющими собою поперечные стенки высотой в несколько венцов. Поперечные бревенчатые связи располагают в шахматном порядке (фиг. 3). Венцы скре-

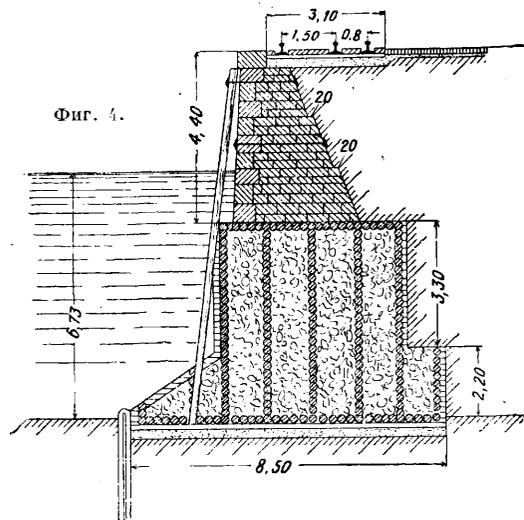


Фиг. 2.



Фиг. 3.

пляют между собой скобами или же соединяют между собой посредством ершей, проходящих через 2—3 венца, причем забивают, считая по длине венцов, в расстоянии 3—4 м друг от друга в шахматном порядке. Дно Р. делается с зазорами или без них; в первом случае бревна кладут с промежутками, сообразуясь с размерами имеющегося в наличии камня; во втором случае бревна рубят плотную, что допускает применение более мелкого камня. Дно располагают на такой высоте от нижнего края сруба, чтобы оно лежало на сжатом слое наносов, когда нижние венцы сруба врежутся в землю и дойдут до материка. В этом случае все приходящееся на Р. давление передается матерiku через дно и стенки. При сравнительно большой толщине слабого грунта последний уплотняют наброской из мелкого камня, на котором сооружают каменную постель, служащую основанием для ряжевых фундаментов. При установке нескольких ряжей в ряд их располагают либо отдельно, не связывая друг с другом, либо так, чтобы верхние венцы были сплошные и объединяли все Р. фундамента. Для стенок и дна Р. обыкновенно берут бревна толщиной 27—30 см.

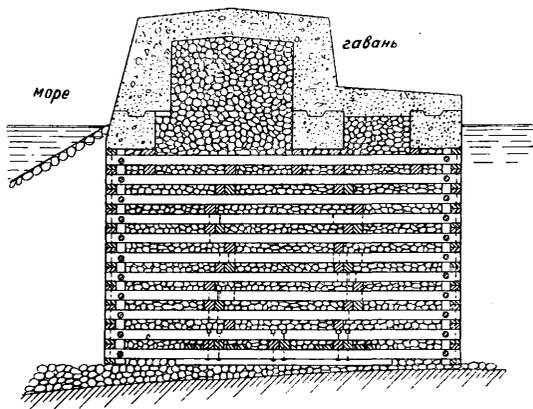


Фиг. 4.

При постройке морского канала в Петербурге Р. придавали ширину 3,2—6,4 м и возможно большую длину (10 м) для уменьшения числа стыков и соединений; глубина, на к-рую опускаются Р., доходит иногда до 10 м; смежные Р. сращивали при помощи длинных заершон-

ных гвоздей, а верхние их венцы соединяли схватками и болтами. На фиг. 4 представлена набережная в Кронштадте, основанная на ряжевых фундаментах.

Когда Р. служат фундаментом сооружений, подверженных сильному прибою волн, и в особенности когда Р. имеют большую высоту, они не могут быть признаны вполне устойчивыми; поэтому для образования напр. молов в открытом море Р. не всегда применимы. До приступа к работам по устройству ряжевых фундаментов производят исследование, обмер и осмотр дна при помощи водолазов. Неровности в твердом грунте выравнивают при помощи каменной наброски или слоя бетона. В Швеции место установки ряжей предварительно ограждают (при помощи водолазов) мешками, заполненными бетоном; между двумя такими грядами мешков с бетоном опускают в ящиках бетон для основания. Слабый грунт уплотняют камнем соответствующих размеров. При



Фиг. 5.

небольшой толщине слоя наноса планировка дна не требуется; в этом случае Р., врезавшись нижними венцами в слой наноса, будет лежать дном своим на уплотненном наносе. При большой толщине наноса может получиться по мере загрузки ряжа неравномерная осадка и коробление сруба. Исследование дна и планировка производится до образования льда. Если дно водоема имеет небольшой уклон, то рубку ряжа ведут таким образом, чтобы концы бревен были обращены в одну сторону и пришлись над более глубоким местом дна. При горизонтальном или выровненном дне водоема концы кладут попеременно в обе стороны.

Наиболее удобным временем для устройства ряжевых фундаментов является зима в тех местностях, где в это время года вода замерзает и образуется достаточной толщины ледяной покров, могущий выдержать приходящийся на его долю во время этих работ груз. Когда вода замерзнет, на льду производят разбивку работ. Место, предназначенное для Р., очищают от льда, вырубая для этого достаточной ширины полосу льда. Через образовавшуюся таким путем мафину (прорубь) перебрашивают ряд бревен, на к-рых производят сборку дна и первых четырех или пяти венцов Р., после чего поддерживающие Р. бревна удаляют, продолжая рубку на воде. При рубке не над прорубью Р. спускают в последнюю, после того как срублено несколько венцов выше дна Р. При наличии дна по мере сборки сру-

ба производят загрузку Р. камнем, постепенно погружая его в воду настолько, чтобы было удобно работать плотникам; при этом следят за равномерным погружением Р. в воду, исправляя крен с помощью привязанных к нему канатов. Особенную осторожность необходимо проявлять, когда Р. близок ко дну водоема. Погрузку камня зимою надлежит производить возможно быстрее, не допуская образования льда внутри Р. По окончании рубки, когда сруб доведен до проектной высоты, производят окончательную загрузку сруба камнем, причем Р. принимает окончательную осадку. В летнее время сборку Р. производят на берегу вблизи мест, достаточно глубоких для спуска на воду в тихую погоду; при этом сруб в пять примерно венцов спускают на воду и отводят к месту погружения, где начинают загружать камнем. В остальном работа летом ничем не отличается от таковой зимою. В США срубы заменяют клетками из брусьев, причем каждый последующий ряд перекрывает предыдущий в перпендикулярном направ-

лении; брусья рядов скрепляются между собою, образуя жесткую систему. Загружаемый камень соразмеряется в данном случае с размерами зазоров между наружными брусьями клеток. От прибоев волны загруженные камнем клетки защищают каменной наброской в виде откоса, а против подмыва их располагают при слабом грунте на каменной постели, лежащей на уплотненном основании. На фиг. 5 показано расположение клеток на плотном грунте, вырвненном каменной наброской.

Лит.: Д м о х о в с к и й В. К., Курс оснований и фундаментов, М.—Л., 1927; К у р д ю м о в В. И., Краткий курс оснований и фундаментов, 3 изд., СПб, 1902; П о л е щ у к А. А., Курс строительного искусства, ч. 3. Основания и фундаменты, СПб, 1903; F r a n z i u s O., Der Grundbau, hrsg. v. R. Otzen, T. 3, Wasserbau, B. 1, B., 1927; B r e n n e c k e L.—L o h m e y e r E., Der Grundbau, 4 Aufl., B. 1—2, B., 1927—30; W i l l m a n n L. u. Z s c h o c k k e C., Der Grundbau, Handb. d. Ing. Wiss., B. 3, Lpz., 1906; H a s s k a r l, Bericht 94 zum XII Int. Schiff. Kongress, Philadelphia, 1912; L u n d b e r g u. F e l l e n i u s, Steinkistengründung u. Beton in Säcken, Bericht 100 zum XII Int. Schiff. Kongress, Philadelphia, 1912; Mémoires de la Société des ingénieurs civils, P., 1883; «Engineering News Record», New York, 1909, v. 59.

С. Брилинг.

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ К XIX ТОМУ Т. Э.

- Авантюрия** 754.  
**Автогигия** 663.  
**Адролоацетат** 165.  
**Адсорбент** 500.  
**Адсорбция** 500.  
**Азид ртути** 804.  
**Азолитмин** 217.  
**Активации** 226.  
**Активность вещества** 177.  
**Активный** 285.  
**Актинолит** 753.  
**Акустическая проводимость** 441.  
**Алланит** 289.  
**Аллигатор (ножницы)** 242.  
**Аллиловое горчичное масло** 759.  
**Альграфия** 676.  
**Альдегидаммиак** 383.  
**Альдоль-анилин** 389.  
**Амальгамы ртутные** 809.  
**Амилацетат** 165, 169.  
**Амилловый спирт** 169.  
**Амилформат** 169.  
**Аммоний углекислый** 391.  
**Амфибол** 752.  
**Ангстрем рентгенологический** 618.  
**Апон** 166, 169.  
**Антенна рамочная** 94.  
**Антиокислители** 390.  
**Антиоксиданты** 390.  
**Аптофиллит** 753.  
**Апохроматы** 665.  
**Арфедсонит** 753.  
**Асбест антофиллитовый** 754.  
**Афонский состав** 748.  
**Ацетальдегидэтилендиамин** 389.  
**Ацетилтетраэдролит** 160.  
**Ацетон** 166, 169.  
**Ацетоновое масло** 166.  
**Аэрограф** 673.
- Багет** 96.  
**Банд-аппарат** 211.  
**Барабаны бицилиндроконические** 872.  
**Барабаны конические** 872.  
**Барневинит** 754.  
**Бассейн** 470.  
**Башмак** 465.  
**Белькопор** 676.  
**Бензин** 155, 169.  
**Бензин «калоша»** 156.  
**Бензин лаковый** 156.  
**Бензол** 157, 169.  
**Бергамаскит** 754.  
**Берд** 591.  
**Берда паяные** 593.  
**Бердочное производство** 589.  
**Бертоллида** 186.  
**Бестнезит** 289.  
**Бимолекулярная реакция** 223.  
**Бифуркация** 470.  
**Боронка** 769.  
**Бочка (грохот)** 770.  
**Брагга формула** 625.  
**Бутанол** 163.  
**Бутара** 769.  
**Бутиллацетат** 164, 169.  
**Бутиловый спирт** 163, 169.  
**Бутилформат** 169.  
**Бэча** 393.
- Ветрянка** 513.  
**Вивка** 591.  
**Винный спирт** 162.  
**Вираппенники** 881.  
**Волораздел** 470.  
**Возбуждение автопараметрическое** 438.  
**Возбуждение гетероавтопараметрическое** 434.  
**Возбуждение параметрическое** 434.  
**Волочение** 331.  
**Восстановление** 221.  
**Время релаксации** 510.  
**Вскрытие пожарных перемычек** 855.  
**Вскрышка** 43.  
**Вулканизация** 403, 404, 405.  
**Вулканизирующие агенты** 382.  
**Вульфеналаидр** 399.  
**Выемка полосами** 28.  
**Выемочное поле** 14.  
**Выемочный участок** 14.  
**Выключение канала** 866.  
**Выкрывание** 672.  
**Выпадение из растворов** 879.  
**Выправление рукавов (рек)** 266.  
**Вытеснение** 221.  
**Вытяжка на прессах** 331.
- Гадолиний** 285.  
**Гадолинит** 289.  
**Газолин** 155.  
**Гастальдит** 754.  
**Гашеная известь** 383.  
**Геанс** 64.  
**Гедрит** 753.  
**Гексагидрокрезол** 163.  
**Гексагидрофенол** 163.  
**Гексалин** 163, 169.  
**Гексалинацетат** 165, 169.  
**Гексахлорэтан** 161.  
**Гелиографюра** 674.  
**Генцианаоза** 225.  
**Гепталит** 163.  
**Гиббса-Коновалова закон** 174.  
**Гиббса парадокс** 171.  
**Гиббса теорема** 171.  
**Гидратация** 177, 221.  
**Гидрогенизация** 222.  
**Гидроизогипсы** 472.  
**Гидрометаллургия ртути** 813.  
**Гидротерцил** 157, 169.  
**Гильотина** 394.  
**Глазурная оболочка** 735.  
**Глазурь** 735.  
**Глаукофан** 753.  
**Глет** 382.  
**Гликоль** 169.  
**«Глубина» блений** 426.  
**Глубокая печать** 674.  
**Глюкоза** 225.  
**Гольмий** 285.  
**Гониметр Вейсенберга** 628.  
**Горден (шприц-машина)** 396.  
**Горчичные масла** 758.  
**Графики** 17.  
**Графчик** 591.  
**Гудрон нефтяной** 388.
- Даламбера признак** 912.  
**Дамбы поперечные** 269.  
**Дверной оклад** 835.  
**Дверной оклад неполный** 836.  
**Двигатели воздушные реактивные** 82.
- Двигатели прерывисто-взрывные** 81.  
**Двигатель Мело** 82.  
**Двигатель постоянного давления** 80.  
**Двигатель Шандера** 82.  
**Двойное разложение** 221.  
**Двухпроводная система** 111.  
**Девулканизация** 236, 243.  
**Дегидратация** 221.  
**Дегомация** 90.  
**Дезодоратор** 201.  
**Дезодорация жиров** 201.  
**Действующая высота рамки** 94.  
**Дека** 159.  
**Денагидронафталин** 159.  
**Декалин** 159, 169.  
**Декортикационная машина Крагельского и Толлочко** 92.  
**Декортикация зеленая** 90.  
**Декортикация сухая** 90.  
**Дешанол** 157.  
**Депрессия** 179.  
**Диаминодифениламин** 389.  
**Дианозитив** 674.  
**Диатол** 165.  
**Диацетоновый спирт** 166.  
**Дивергенция** 189.  
**Дигестор** 750.  
**Дигидрорезорцин** 443.  
**Диметиламиноазобензол** 217.  
**Диметилосалат** 169.  
**Динамическая ось реки** 479.  
**Динамометр резновый** 329.  
**Динитрорезорцин** 444.  
**Дипентен** 157, 169.  
**Дирезорцин** 443.  
**Дирхле теорема** 914.  
**Диродан** 758.  
**Дисперсия молекулярная** 718.  
**Диспрозий** 285.  
**Дифенил-этилендиамин** 389.  
**Дифференциация магмы** 879.  
**Дихлорбензол** 161.  
**Дихлоргидрил** 167.  
**Дихлорметан** 159.  
**Дихлорэтилен** 160, 161, 169.  
**Диэтилкарбонат** 165, 169.  
**Диэтилосалат** 165, 169.  
**Долбление** 331.  
**Дорн** 883.  
**Древесный спирт** 162.  
**Дроссель** 213.  
**Дроссельная катушка** 213.  
**Дюкро машина** 744.
- Европий** 285.  
**Едкий натр** 384.  
**Едкое кали** 384.
- Жад** 754.  
**Желоба** 769.  
**Живое сечение** 471
- Закладка** 845, 850.  
**Закладка гидравлическая (мокрая)** 13.  
**Закладка пневматическая** 13.  
**Закладка полумокая** 14.  
**Закладка пространств** 12.  
**Закладка сухая** 12.  
**Закон Рауля** 172.  
**Закрахмаливание** 585.  
**Запруды донные** 269.  
**Затягивание** 257.

- Заходки 25, 767.  
Звукоулавливатели 895.  
Зимнее масло 203.  
Зубья одиночные 298.  
Зубья сегментные 299.
- Изерит** 900.  
Изоамиловый спирт 163.  
Изоамилформат 164.  
Изображение латентное 665—666.  
Изобутиловый спирт 163, 169.  
Изоморфные смеси 180.  
Изогиоциановые эфиры 758.  
Изоты 478.  
Иллиний 285.  
Иматехника 746.  
Импеданс механический 441.  
Инкремент ацетиленовой связи 719.  
Инкремент этиленовой связи 719.  
Интеграл Фурье 916.  
Иогансена формула 734.  
Иодокрахмальная бумага 217.  
Иодозин 217.  
Искатель 714.  
Иттербий 285.  
Иттриалит 289.  
Итрий 285.  
Иттроанталит 289.
- Баландровый эффект** 398.  
Баломель 801.  
Камера ионизационная 609.  
Камфорное масло 157.  
Канатные направляющие 361.  
Канатный узел 861.  
Каолин 386.  
Кариитин 754.  
Карналлит 819.  
Кассиопей 285.  
Катализаторы 225.  
Катаракт 513.  
Катодные лучи 619.  
Катушка самоиндукции 213.  
Каучук жидкий 388.  
Каучук минеральный 388.  
Кельбингид 754.  
Кенотрон 606.  
Керосин 156.  
Кетоны 166.  
Кианка 463.  
Клаузиуса-Клапейрона ур-е 178.  
Кливаж 10.  
Клеть 845.  
Кокшаровит 754.  
Колебания неактивные 136.  
Колода 743.  
Кольцовое масло 107.  
Кольцо Витегера 315.  
Компенсатор Жамена 711.  
Конго бензоурпурин 217.  
Конденсация напыляемая 500.  
Конец реакции 225.  
Консервирование жиров 202.  
Копыта 734.  
Кордилит 289.  
Корндорфера формула 219.  
Корона 54.  
Коса (гидр.) 896.  
Коссприт 754.  
Костер 845.  
Котлы 485.  
Коши признак 912.  
Кошна (захват) 865.  
Коэффициент деформации 718.  
Коэффициент использования 555.  
Коэффициент ректификации 490.  
Крашва китайская 87.  
Крахмальная бумага 217.  
Крепёжные материалы 833.  
Крепление в полочкада 837.  
Крепление в рудных месторождениях 847.  
Крепление выработок 835.  
Крепление железное 842.  
Крепление железобетонное 841.  
Крепление забойщицко 844.  
Крепление каменное 840.  
Крепление канатное 837.  
Крепление механизированных очистных забоев 847.  
Крепление опережающее 846.  
Крепление основное 845.  
Крепление передовое 846.  
Крепление податливое 838, 841.  
Крепление смешанное 842.  
Крепь забивная 838.  
Крепь забойщицкая 851.  
Крепь кольцевая 838.  
Крепь органная 32, 846.
- Крепь распорная 848.  
Крепь сплошная 836.  
Кривая расходов 480.  
Кривые резонанса 422.  
Кристалл-рефрактометр 710.  
Кристаллы смешанные 179.  
Критерий Шлезингера 320.  
Крокидолит 754.  
Кросит 754.  
Крючок 837.  
Ксенотим 289.  
Ксенография 671.  
Ксилит 169.  
Кулак копровый 866.  
Кулаки 862.  
Кушферит 754.  
Куркума 217.
- Лавы** длинные 16.  
Ланмод 218.  
Ланмус 217.  
Лантан 285.  
Лантаниды 285.  
Лантанит 289.  
Лавы направляющие 861.  
Латекс 402, 403.  
Латушь кованная 187.  
Лаурит 899.  
Лачение 586.  
Левкас 97.  
Левзие 445.  
Ленты 767.  
Ленидолит 819.  
Летучесть 177.  
Ле-Шателье-Вант-Гоффа принцип 181.  
Линогравюра 671.  
Листель 96.  
Лочоррит 289.  
Лютеций 285.  
«Люцидоль» 201.
- Магацинирование** 33, 38.  
Магматические выделения 877.  
Магнезия углекислая 386  
Марни 660.  
Массовый коэффициент поглощения 615.  
Массовый коэффициент рассеяния 137.  
Мастификация 245, 395.  
Меандры 484.  
Мегафон 894.  
Мельницы горные 12.  
Мельницы рассевные 114.  
Меркурохром 804.  
Меры тихоходности 282.  
Месторождения жильные 878.  
Месторождения метатетические 878.  
Месторождения мощные 10, 36.  
Месторождения обломочные 878.  
Месторождения сингенетические 877.  
Месторождения средней мощности 33.  
Месторождения толстые 10.  
Месторождения тонкие 10, 33.  
Месторождения элювиальные 878.  
Месторождения эпигенетические 878.  
Метаморфизм контактовый 879, 881.  
Метаморфизм региональный 880.  
Метанол 162.  
Метасиликат 752.  
Метасоматизм 880, 881.  
Метатезис 880.  
Метиланол 163.  
Метиланол 166, 169.  
Метиллапетат 164, 169.  
Метилвиолет 217.  
Метилгексалин 163, 169.  
Метилгексалинацетат 169.  
Метилгликоль 169.  
Метилгликоляцетат 165, 169.  
Метилловый красный 217.  
Метилловый спирт 169.  
Метилловый фиолетовый 217.  
Метилоранж 217.  
Метилрот 217.  
Метилформат 164, 169.  
Метилпиклогексанол 163.  
Метилпиклогексанон 166.  
Метилпиклогексилацетат 165.  
Метилпиленгликоль 163.  
Метод вращения 624.  
Метод коэффициентов 474.  
Метод перцентилей 474.  
Метод порошков 624.  
Менцо-тинто 674.  
Микропекс 386.
- Миксер Бэнбери 394, 397.  
Минерал-руббер 388.  
Минерализаторы 881.  
Минералы жильные 878.  
Минералы контактовые 881.  
Машина машина 91.  
Мишметалл 290.  
Мишотта машина 91.  
Многопроводные системы 111.  
Модуль река 482.  
Мозандрит 289.  
Молекулы активные 226.  
Мономолекулярная реакция 223.  
Монохлорбензол 169.  
Монтаж ремней 600.  
Мотив 106.  
Муар 670.  
Мутьность воды 487.  
Мягчители 236, 387.
- Навивка каната** 871.  
Накладка по рубмам 890.  
Наклон (slope) 413.  
Наполнители 386.  
Направление резания 308.  
Напряжение зажигания 505.  
Наращивание решивской проволоки 602.  
Нарезание резьбы 331.  
Нарезка V-Cut 733.  
Нарезка валков 729.  
Нарезка «оргинал-даусон» 733.  
Нафталин 158.  
Неодим 285.  
Непрерывный поток в забоях 17.  
Неравенство Бесселя 914.  
Нерастворители 151.  
Нерв каучука 395.  
Нефрит 754.  
Нитрин 900.  
Ника 744.  
Нож циркулярный 594.  
Ножки гильотины 392.  
Ножка угли 25, 32.  
Ножницы (прибор) 590.  
Ножовки 303.
- Обогащение механическое** 880.  
Обратимые реакции 224.  
Обрезки 741.  
Обточка грубая 331.  
Одноцикловая работа в забое 17.  
Окисление 221.  
Окись магния 383.  
Окись мезитила 166.  
Окись ртути 802.  
Окись свинца 382.  
Окись цинка 384.  
Оклады квадратные 848.  
Органические соединения ртути-званные 800.  
Ореолы 667.  
Орлец 761.  
Осмотическое давление растворов 177.  
Остановы 566.  
Острые наравные 310.  
«Острота» кривой резонанса 423.  
Отбельные земли 200.  
Отбойка угли 21.  
Отводки для перевода ремня 563.  
Отклонение луча в призмах 704.  
Открытые работы 43, 766.  
Относительное понижение упругости пара 172.  
Отравление ускорителей 387.  
Отражение селективное 697.  
Отставание массы 196.  
Офсет 676.  
Офсетная печать 676.  
Охладители 726.  
Очистные работы 9.
- Пайка рога** 745.  
Панама 755.  
Панели 9.  
Панты 751.  
Параллельные реакции 224.  
Парашот врезывания 865.  
Парашот трения 865.  
Парашот эксцентриковый 865.  
Паредрит 900.  
Паризит 289.  
Парнейсирование 205.  
Пастеризация 493.  
Пенек 751.  
Пенгогон 853.  
Пентахлорэтан 161, 169.  
Перевулканизация 406.

- Перегруппировка внутренняя 221.  
 Передача открытая 556.  
 Передача перекрестная 556.  
 Перегаты 475, 896.  
 Переклюатели ступеней 634.  
 Перемещения устья 267.  
 Перемычки пожарные 854.  
 Периметр смоченный 471.  
 Перхлоратилен 161, 169.  
 Печать ракепельная глубокая 674.  
 Печать рельефная 670.  
 Печи (разработка ископаемых) 24.  
 Печи ваньные 141.  
 Пигментная бумага 675.  
 Пика формула 54.  
 Пила фрикционная 302.  
 Пилы для дерева 304.  
 Пилы для камня 306.  
 Пилы для металла 295.  
 Пилы круговые 297.  
 Пилы ленточные 295, 304.  
 Пилы лучковые 294, 305.  
 Пилы-полотно 303.  
 Пилы рамные 294, 305.  
 Пилы стапковые 294.  
 Пилы циркулярные 294.  
 Пинолин 157.  
 Пирантон 166, 169.  
 Пиррофорные сплавы 290.  
 Пиццини 621.  
 Планограмма 17.  
 Пластинки роговые 745.  
 Пластификация 236, 395.  
 Плашка 743.  
 Плащелка 590.  
 Плёс 475, 896.  
 Площадки начальные 863.  
 Плути райольные 65.  
 Поглотители жидкие 497.  
 Подвижные устройства 269.  
 Подготовительные работы 9.  
 Поддувание 11.  
 Подлапка 844.  
 Подмога 774.  
 Подошва (кошата) 734.  
 Подсечка руды 41.  
 Подушка (разработка ископаемых) 40.  
 Подушка роговая 734.  
 Подъем шахтный 857.  
 Подъемные установки 875.  
 Пожары поверхностные 851.  
 Пожары подземные 851.  
 Пожаровые работы 767.  
 Поинты 768.  
 Показатель утомляемости 416.  
 Полезное ископаемое 880.  
 Полезное число 469.  
 Полимент 97.  
 Полировальный состав 748.  
 Половой настил 772.  
 Полуви-система 26.  
 Полу якоря 226.  
 Полиаризация 729.  
 Полиаризация рассеянных лучей 139.  
 Поперечины 772.  
 Порядок спектра 610.  
 Постоянная времени разбега 650.  
 Поталь 97.  
 Потенциал возбуждения 612.  
 Правка рельсов 535.  
 Правосозид 285.  
 Пресс вулканизационный 404.  
 Преципитат белый 802.  
 Пригорание резины 397.  
 Приемник регенеративный 257.  
 Призма Амичи 708.  
 Признаки сходимости 910.  
 Приток 470.  
 Провар 140.  
 Провод нулевой 111.  
 Проводники шахтные 861.  
 Протоны 772.  
 Прокатка 331.  
 Промывочные устройства 769.  
 Процилладетат 169.  
 Проциллабутират 165.  
 Проциллаовый спирт 162, 169.  
 Проциллапропионат 165.  
 Противогазы 680.  
 Протрава рога 746.  
 Прошивка 331.  
 Пру-Дальтона кратных отношений закон 184.  
 Пусковое число 643.  
 Питка 465.  
 Равенство Парсеваля 914.  
 Развертывание 331.  
 Раздвоение рек 267.  
 Разложение 221.  
 Разнос ножек 837.  
 Разность гомологическая 718, 719.  
 Разработка воронками 45.  
 Разработка мельницами 45.  
 Разработка отвалов металлургических заводов 46.  
 Разработка сплошная 19.  
 Разрез тннутый 292.  
 Разрезание 308.  
 Разряд в вакууме 56.  
 Разряд дуговой 55.  
 Разряд скользящий 57.  
 Разряд тлеющий 55.  
 Районирование почвы 65.  
 Ракета Гейля 84.  
 Ракета Кюнцера 84.  
 Ракета Оберта 87.  
 Ракета Огеназекка 87.  
 Ракетный двигатель 78.  
 Ракеты пороховые медленно горящие 81.  
 Ракль 87.  
 Рама байонетная 104.  
 Рамы камерные 838.  
 Рапс 107.  
 Распиловка 331.  
 Распорки 848.  
 Рассеяние рентгеновых лучей 136, 622.  
 Растворители скрытые 151.  
 Растворительная способность 149.  
 Растр 663.  
 Расход весовой 192.  
 Расход воды 471.  
 Расход массовый 192.  
 Ратинэ 195.  
 Ратировальная доска 195.  
 Раули-Вант-Гоффа формула 179.  
 Реагентные бумаги 215.  
 Реактивность реактора 215.  
 Реактивный аппарат 78.  
 Реакции необратимые 221.  
 Реакции обратимые 221.  
 Реакция консекутивная 225.  
 Реверсивный механизм 230.  
 Регенерат 389.  
 Регенератор Бауера 619.  
 Регенераторы 253.  
 Регенерация 255.  
 Регенерация резины 236.  
 Регулирование горных потоков 260.  
 Регулирующий прибор 271.  
 Режим вулканизации 404, 405.  
 Резина 398.  
 Резиновые изделия 406.  
 Резонанс 2-го рода 434.  
 Резонанс параметрический 435.  
 Резонансная частота 441.  
 Резонатор 425.  
 Резорцинацетат 444.  
 Рекомбинация 609.  
 Ректификационные аппараты 490.  
 Ревулятор 257.  
 Реле в радиотехнике 519.  
 Реле телеграфное 522.  
 Реле телефонные 529.  
 Ремень свернутый 596.  
 Ремиз металлический 587.  
 Ремизка 585, 586.  
 Ремни «балата» 594.  
 Ремни верблюжьи 584, 594, 597.  
 Ремни звенчатые 595.  
 Ремни звеньевые 595.  
 Ремни кожаные 572, 594.  
 Ремни круглые 596.  
 Ремни овальные 596.  
 Ремни пенковые 594.  
 Ремни пластинчатые 597.  
 Ремни ребристые 596.  
 Ремни резиновые 594.  
 Ремни сложенные 597.  
 Ремни стальные 594, 598.  
 Ремни текстильные 581.  
 Ремни тканые 597.  
 Ремни трапециoidalные 597.  
 Ремни хлопчатобумажные 584, 594, 598.  
 Ремни шарнирные 595.  
 Рентгеновые лучи жесткие 608.  
 Рентгеновые лучи мягкие 608.  
 Рентгенограмма Дебая 625.  
 Репродукционные аппараты 664.  
 Репродукция трехцветная 668.  
 Ремсусы 463.  
 Рессорные листы 686.  
 Ретрансмиттеры 687.  
 Рефрактометрия 703.  
 Рефракция атомная 718.  
 Решетки 21.  
 Рибекит 753.  
 Ринколит 289.  
 Рифление 729.  
 Рихтерит 753.  
 Рог искусственный 749.  
 Рог литой 749.  
 Рог соединительный 735.  
 Рог фарфоровый 742.  
 Рога бычьи 740.  
 Роговая масса 748.  
 Роговая мука 741, 750.  
 Роговая стружка 741.  
 Роговой камень 754.  
 Роговые массы искусственные 741.  
 Роговые стекла 742.  
 Родан 756, 758.  
 Роданид железа 757.  
 Роданид золота 757.  
 Роданид хрома 758.  
 Роданиды 757.  
 Роданистая ртуть 758.  
 Роданистоводородная кислота 756.  
 Роданистое олово 758.  
 Роданистое серебро 758.  
 Роданистые соединения 756.  
 Роданистый алюминий 757.  
 Роданистый аммоний 757.  
 Роданистый барий 757.  
 Роданистый калий 757.  
 Роданистый кальций 757.  
 Роданистый магний 758.  
 Роданистый натрий 758.  
 Роданистый свинец 758, 759.  
 Родановые эфиры 758.  
 Роданометрическое подное число 755.  
 Родидит 819.  
 Розовая вода 761.  
 Роллики направляющие 570.  
 Россиль 878.  
 Ротмунда формула 179.  
 Ротор (ветрословные башни) 795.  
 Ртутная бумага 217.  
 Ртуть азотнокислая 803.  
 Ртуть амидхлористая 802.  
 Ртуть гремучая 804.  
 Ртуть дуборостная 802.  
 Ртуть двуокисная 804.  
 Ртуть двуххлористая 800.  
 Ртуть иодистая 804.  
 Ртуть иодная 804.  
 Ртуть одноклористая 801.  
 Ртуть оксиданная 802.  
 Ртуть роданистая 804.  
 Ртуть сернистая 803.  
 Ртуть сернокислая 803.  
 Ртуть уксуснокислая 803.  
 Ртуть хлорная 800.  
 Ртуть цианистая 802.  
 Рубберакс 388.  
 Руда ртутная роговая 801.  
 Руды вкрапленные 881.  
 Рукава ж.-д. тормозные 882.  
 Рукава паропроводные 882.  
 Рукава пенковые 882.  
 Рукава пневматические 882.  
 Рукава пожарные 885.  
 Рукава прорезиненные 882.  
 Румб магнитный 888.  
 Рыбоподъемы 903.  
 Рыбоходная лестница 905.  
 Ряд комплектный 846.  
 Ряды Фурье 913.  
 Сагенит 900.  
 Сажка газовая 386.  
 Самарий 285.  
 Самарскит 289.  
 Сангайол 156.  
 Сварка рога 745.  
 Сверление 331.  
 Светофильтры 668.  
 Своды с потерянными опорами 349.  
 Седиментация 880.  
 Секундный контроль 714.  
 Сенсификаторы 669.  
 Сепараторы электромагнитные 49.  
 Сера 382.  
 Сера хлористая 382.  
 Сервомотор 272.  
 Серный цвет 382.  
 Серный эфир 167.  
 Сероуглерод 167, 169.  
 Серпентин 484.  
 Сивушные масла 491.  
 Сильват жидкий 142.  
 Сильват-глыба 140.  
 Сильношигел 109.  
 Сигнальная точка 184.

- Система разработки месторождений 9.  
Системы линейные колебательные 420.  
Скандий 285.  
Скаты передовые 22.  
Скипидар 156, 169.  
Скиповые установли 867.  
Скипы 867.  
Склейка резинового ремня 601.  
Склейка рога 745.  
Скорость растворения 147.  
Скорость резания 308.  
Слачки 591.  
Слепой конец 469.  
Слой 735.  
Слой мальпигиив 737.  
Слой роговой 737.  
Смарагдит 754.  
Смеси резиновые 391.  
Соапсток 199.  
Соединение 221.  
Соединитель Аллигатор 602.  
Соединитель Буффало 602.  
Соединитель Джексона 602.  
Соединитель Креспент 602.  
Соединитель Ренорд 602.  
Соколийный глаз 754.  
Солактол 165.  
Соленоид 512.  
Соль оленьего рога 752.  
Сольватация 177.  
Сооружения разделяющие 266.  
Сооружения регулирующие 268.  
Соприженные реакции 224.  
Сорбитизация 537.  
Соскальзывание ремня 559.  
Спектр звуковой 442.  
Спектр флуоресценции 614.  
Спирт винный 491, 493.  
Спирт минеральный 156.  
Спирт-сырец 491, 492.  
Спирты двуатомные 163.  
Спирты циклические 163.  
Сплавы 181.  
Сподумен 819.  
Среднеарифметические Фейера 915.  
Сродство 226.  
Стандартизация (в рудничном креплении) 850.  
Станины 98—99.  
Старение адсорбента 503.  
Старение наочука 418.  
Старицы 471.  
Староречье 896.  
Староптен 762.  
Стекло жидкое 142.  
Стенка 734.  
Стержень резца 445.  
Стероитил 779.  
Сток внутренний 472.  
Стол динамометрический 330.  
Столбы 11, 22.  
Столбы диагональные 26.  
Стержень реки 475.  
Стрейнерование 246.  
Стрелка 734.  
Стрелка роговая 734.  
Строгание 331.  
Стружки 308.  
Структура сорбитовая 537.  
Сублимат едкий 800.  
Судема 800.  
Супорт динамометрический 330.  
Сурепца 107.  
Сурепное масло 107.  
Сшивна ремней 601.  
Съемка желтого негатива 669.  
Съемка красного негатива 669.  
Съемка подтитоновых оригиналов 666.  
Съемка синего негатива 669.  
Съемка штриховых оригиналов 665.
- Тахометр** 271.  
Тело резца 445.  
Тербий 285.  
Термозофлеты 483.  
Термометры инертные 483.  
Термометры черпальные 483.  
Термомикрофон 442.  
Тетра 158, 159.  
Тетрагидронафталин 158.  
Тетралин 158, 169.  
Тетраметилдиаминдифенилметан 217.
- Тетрахлорметан 159.  
Тетрахлорэтан 160, 169.  
Тетрахлорэтилен 161.  
Тигровый глаз 754.  
Тиомочевина 224.  
Тиоцианат 224.  
Тиоцианистые соединения 756.  
Тиоциановые эфиры 758.  
Тип Т (туре) 413.  
Тирит 60.  
Тифдрук 674.  
Толуол 158, 169.  
Торкрет-бетон 842.  
Тортвейтит 289.  
Тоунсенда теория 53.  
Тоунсенд-разряд 51.  
Травление тоновое 672.  
Транспортеры роликовые 762.  
Трафаретки 769.  
Тремолит 753.  
Треншальтер 62.  
Трехпроводная система 111.  
Тримолекулярная реакция 223.  
Тринитрорезорцин 444.  
Трифилиит 819.  
Трихлорметан 159.  
Трихлорэтилен 160, 169.  
Трубка Кулиджа 619.  
Трубка рога (Hornschtrot) 741.  
Трубопровод плочувый 726.  
Тулий 285.
- Уайтспирит** 156.  
Углерод термагомический 386.  
Углерод четыреххлористый 159.  
Угол заострения 292.  
Угол отклонения каната 875.  
Угол резания 292.  
Удельная светопреломляющая способность 716.  
Указатель глубины 866.  
Уклоны 863.  
Укрепление берега реки 269.  
Укрепление дна реки 269.  
Уксусная кислота 224.  
Уравнение линии горизонта реки 477.  
Уравнение неразрывности 189.  
Уравнение постоянства массы 189.  
Уравнение сплошности 189.  
Уровни энергетические 611.  
Ускорители вулканизации 382.  
Установка для вытяжки ремня 595.  
Устье 469.  
Утомляемость 416.
- Фазовая кривая** 425.  
Фактис 389.  
Фактор Лоренца 625.  
Фараоновы змеи 758.  
Фарватер 485, 896.  
Фенацетолин 217.  
Фенолфталеин 217.  
Фергюсонит 289.  
Феррироданид 757.  
Ферророданид 757.  
Фильтр бесцветный 670.  
Фильтры жидкие 668.  
Флоридин 200.  
Флоридская земля 200.  
Флороглюция 443.  
Фольгарда метод 759.  
Фонометр 442.  
Фора машина 91.  
Формат 443.  
Формула Барлоу (упрощенная) 884.  
Формула Иогансена 734.  
Формула Лоренца-Лоренца 717.  
Формула Пика 54.  
Формула Протодьяконова 833.  
Формула Шеза 770.  
Фотография репродукционная 665.  
Фотолиитография 676.  
Фототипия 676, 679.  
Фотопинография 670.  
Фотоэффект 614.  
Франклина доски 656.  
Франконит 200.  
Фрезерование 331.  
Фруктоза 225.  
Фукусин 217.  
Фукусово стекло 145.  
Фуллерова земля 200.  
Фурфурол 167.
- Х-лучи** 607.  
Хлорбензол 161.  
Хлоргидрины 167.  
Хлористый метилен 159, 169.  
Хлороформ 159, 169.  
Хлортолуол 169.  
Хризопраз 754.
- Целики** 9.  
Цепи шунтирующие 513.  
Церий 285.  
Цех рельсспрокатный 533.  
Цикл работ суточный 16.  
Циклогексанол 163.  
Циклогексанол 166.  
Циклогексилцелат 165.  
Циклы работ 16.
- Чаша Камарницкого** 769.  
Четырехпроводные системы 113.  
Четыреххлористый углерод 169.  
Чопор 242.
- Шаблон** 464.  
Шаблон для проверки граней резца 732.  
Шальтитанга 62.  
Шаровая проекция кристалла 623.  
Шахтные поля 34.  
Шейки 662.  
«Ширина» кривой резонанса 423.  
Шихта 140.  
Шив трения 871.  
Шивы разжимные 568.  
Шивы расширяющиеся 568.  
Шивы холостые 560.  
Шлифование 331.  
Шлизование 855—856.  
Шпальтмашина 594.  
Шпигель 109.  
Шпредер-каландр 402.  
Шпредер-машина 402, 403.  
Шприц-машина 396, 399, 403.  
Штреки шарные 27.  
Штреки слепые 12, 18.
- Эбулиоскопия** 178.  
Эвктетическая точка 182.  
Эвтектичная точка 183.  
Эденит 754.  
Эйксенит 289.  
Экабор 288.  
Экзальтация 719, 720.  
Экран усиливающий 669.  
Экскаватор 45.  
Экстракт апетоновый 248.  
Электрическое сопротивление искры 51.  
Электролиз золота 212.  
Электролиз серебра 211.  
Электрон отдачи 139.  
Электронпы 302.  
Элювиальные образования 880.  
Эпидермис рога 737.  
Эпихлоргидрин 167.  
Эпюры расходов 480.  
Эрбий 285.  
Эрозия 484.  
Эрозия боковая 897.  
Эрозия донная 898.  
Этилцелат 164, 169.  
Этилбутират 165.  
Этилгликоль 169.  
Этилгликольцелат 165, 169.  
Этиленхлоргидрин 167, 169.  
Этиллатант 165, 169.  
Этилметилгетон 169.  
Этиловый спирт 162, 169.  
Этиловый эфир 167, 169.  
Этилпропионат 165.  
Этилформиат 164, 169.  
Этилэтилгликоль 163.  
Эфиры 491.  
Эфиры муравьиной кислоты 164  
Эфиры сложные 164.  
Эфиры уксусной кислоты 165.  
Эффект Комптона 137, 614.  
Эффект открытой антенны 94.  
Эпинит 289.
- Явление** Ми 130.  
Явление Релея 131.  
Явление Тиндала 129.  
Ямы 485.  
Яркость 612.