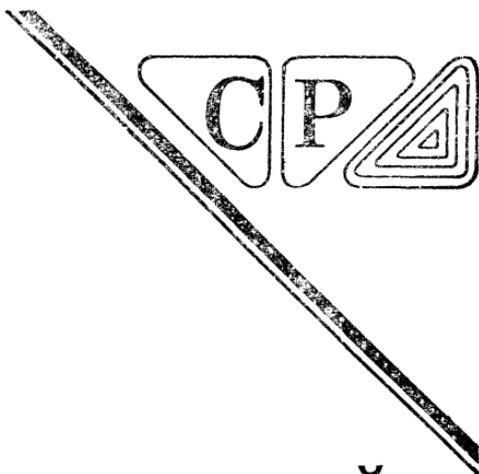


**Серия  
справочников  
для рабочих**

**Основана в 1969 году**



# **Общетехнический справочник**

**Под общей редакцией  
канд. техн. наук Е.А. Скороходова**

**4-е издание, исправленное**



**МОСКВА  
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»  
1990**

ББК 30я2  
0-28  
УДК 62(035)

Авторы: Е. А. Скороходов, канд, техн, наук, В. П. Законников, канд, техн. наук, А. Б. Пакнис, канд. техн. наук, К. Ф. Скворцов, канд. техн. наук, А. Н. Малое, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, д-р техн. наук, проф.

Рецензент канд. техн. наук И. М. Карпочкин

**Общетехнический справочник**/Б. А. Скороходов, О-28 В. П. Законников, А. Б. Пакнис и др.; Под общ. ред. Е. А. Скороходова. — 4-е изд., испр. — М.: Машиностроение, 1990. — 496 с.: ил. — (Серия справочников для рабочих).  
ISBN 5-217-00423-1

В четвертом издании (3-е изд. 1989 г.) приведены сведения по математике, технической механике, ЕСКД, материалам в машиностроении, деталям машин, допускам, посадкам и техническим измерениям, ЕСТПП и ЕСТД, а также по элементам программирования.

Для мастеров и квалифицированных рабочих.

О  $\frac{2702000000-623}{038(01)-90}$  112-89

ББК 30я2

ISBN 5-217-00423-1 © Издательство «Машиностроение», 1982, с изменениями  
© Е. А. Скороходов, В. П. Законников, А. Б. Пакнис и др., 1990, исправленное

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ (В. П. Законников)</i> . . . . .	5
Алфавиты и цифры . . . . .	5
Системы измерений . . . . .	6
Сведения из математики . . . . .	15
Сведения из технической механики . . . . .	63
Выполнение расчетов с помощью микрокалькуляторов . . . . .	74
<i>Глава 2. СВЕДЕНИЯ ИЗ ЕСКД (Е. А. Скороходов)</i> . . . . .	80
<i>Глава 3. МАТЕРИАЛЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ (К. А. Скворцов)</i> . . . . .	124
Общие сведения . . . . .	124
Черные металлы . . . . .	129
Цветные металлы и сплавы . . . . .	159
Сортамент . . . . .	185
Пластические массы . . . . .	200
Изоляционные конструкционные материалы . . . . .	200
Покрyтия . . . . .	220
Клеи и другие вспомогательные материалы . . . . .	242
<i>Глава 4. ДЕТАЛИ МАШИН (Е. А. Скороходов)</i> . . . . .	257
Линейные размеры, углы, конусы, радиусы закруглений, канавки . . . . .	257
Соединения деталей машин . . . . .	268
Общие сведения . . . . .	268
Резьбовые соединения . . . . .	268
Штифтовые соединения . . . . .	311
Шпоночные соединения . . . . .	314
Шлицевые соединения . . . . .	318
Механические передачи вращательного движения . . . . .	321
Общие сведения . . . . .	321
Ременные передачи . . . . .	322
Цепные передачи . . . . .	330
Зубчатые передачи . . . . .	335
Подшипники (А. Н. Малов) . . . . .	344
<i>Глава 5. ДОПУСКИ, ПОСАДКИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ (А. Б. Пакнис)</i> . . . . .	352
Допуски и посадки . . . . .	352
Отклонения формы и расположения поверхностей . . . . .	376

---

Шероховатость поверхности . . . . .	392
Универсальные средства измерения линейных размеров . . . . .	399
Выбор средств измерений . . . . .	405
Методы и средства измерения типовых деталей . . . . .	408
Измерение физических величин . . . . .	438
<i>Глава 6. СВЕДЕНИЯ ИЗ ЕСТПП И ЕСТД (Е. А. Скороходов)</i> . . . . .	442
<i>Глава 7. СВЕДЕНИЯ О ПРОГРАММИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ И ГПС (Е. А. Скороходов).</i> . . . . .	467
Список литературы . . . . .	490
Предметный указатель . . . . .	491

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

АЛФАВИТЫ И ЦИФРЫ

1. Латвийский и греческий алфавиты

Руко- писные буквы	Прозно- шение	Руко- писные буквы	Прозно- шение	Руко- писные буквы	Прозно- шение
Латинский алфавит					
Aa	а	Jj	йот	Ss	эс
Bb	бе	Kk	ка	Tt	тэ
Cc	це	Ll	эль	Uu	у
Dd	де	Mm	эм	Vv	ве
Ee	е	Nn	эн	Ww	дубль-ве
Ff	эф	Oo	о	Xx	икс
Gg	ге	Pp	пэ	Yy	игрек
Hh	аш	Qq	ку	Zz	зет
Ii	и	Rr	эр		
Греческий алфавит					
Aα	альфа	Ιι	йота	Ρρ	ро
Bβ	бета	Κκ	каппа	Σσ	сигма
Γγ	гамма	Λλ	ламбда	Ττ	тау
Δδ	дельта	Μμ	мю	Υυ	ипсилон
Eε	эпсилон	Νν	ню	Φφ	фи
Zζ	дзета	Ξξ	кси	Χχ	хи
Ηη	эта	Οο	омикрон	Ψψ	пси
Θθ	тхэта	Ππ	пи	Ωω	омега

Римские цифры изображаются основными знаками: I, V, X, L, C, D и M, которые соответствуют следующим натуральным числам: I — 1; V — 5; X — 10; L — 50; C — 100; D — 500; M — 1000. С помощью основных знаков записываются все натуральные числа. Для определения натурального числа, записанного римскими цифрами, нужно сложить значения всех римских цифр, записанных в числе, например, XVI = 10 + 5 + 1 = 16, CCXXVIII = 100 + 100 + 10 + 10 + 5 + 1 + 1 + 1 = 228. Однако если перед большей по значению цифрой стоит меньшая, то из цифры большего значения следует

вычесть цифру меньшего значения, например, CXXIV =  $100 + 10 + 10 + (5 - 1) = 124$ ; CMIX =  $(1000 - 100) + (10 - 1) = 909$ .

Примеры: I — 1; II = 2; III = 3; IV = 4; V = 5; VI = 6; VII = 7; VIII = 8; IX = 9; X = 10; XIII = 13; XV = 15; XXV = 25; XL = 40; LX = 60; XC = 90; XCIX = 99; CCI = 201; CM = 900; XM = 990; IM = 999; MI = 1001; MCMLXXXVIII = 1988.

## СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ

ГОСТ 8.417—81 «Единицы физических величин» устанавливает обязательное применение в науке и технике единиц Международной системы единиц (сокращенно СИ). Для образования кратных и дольных единиц установлены множители и приставки (табл. 2). Основные, дополнительные и производные единицы СИ приведены в табл. 3.

Допускаемые к применению внесистемные единицы приведены в табл. 4, а важнейшие производные единицы СИ для различных областей науки и техники — в табл. 5.

2. Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименований

Мно- жи- тель	Приставка	Обозначение		Мно- жи- тель	Приставка	Обозначение	
		русское	между- народ- ное			русское	между- народ- ное
$10^{12}$	тера	Т	T	$10^{-1}$	деци	д	d
$10^9$	гига	Г	G	$10^{-2}$	санти	с	c
$10^6$	мега	М	M	$10^{-3}$	мили	м	m
$10^3$	кило	к	k	$10^{-6}$	микро	мк	μ
$10^2$	гекто	г	h	$10^{-9}$	нано	н	n
$10^1$	дека	да	da	$10^{-12}$	пико	п	p

**П р и м е ч а н и е.** Кратные и дольные единицы образуются путем умножения или деления на степень числа 10. Их наименование получается прибавлением указанных в таблице приставок к наименованиям основных или производных единиц, например, километр, миллиграмм, микрометр, наносекунда и т. п.

### 3. Основные и дополнительные единицы СИ

Наименование величины	Единица			
	Наименование	Обозначение		Определение
		русское	международное	
<b>Основные единицы</b>				
Длина	метр	м	m	<p><b>Метр</b> равен длине 1 650 763,73 длин волн в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями <math>2p_{10}</math> и <math>5d_5</math> атома криптона-86</p> <p><b>Килограмм</b> равен массе международного прототипа килограмма</p> <p><b>Секунда</b> равна 9 192 631 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133</p> <p><b>Ампер</b> равен силе неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызывал бы на участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную <math>2 \cdot 10^{-7}</math> Н</p> <p><b>Кельвин</b> равен <math>1/273,16</math> части термодинамической температуры тройной точки воды</p> <p><b>Кандела</b> равна силе света, испускаемого с поверхности площадью <math>1/600\,000</math> м<sup>2</sup> полного излучателя в перпендикулярном направлении, при температуре излучателя, равной температуре затвердевания платины при давлении 101 325 Па</p>
Масса	килограмм	кг	kg	
Время	секунда	с	s	
Сила электрического тока	ампер	А	A	
Термодинамическая температура	кельвин	К	K	
Сила света	кандела	кд	cd	

Наименование величины	Единица			Определение
	Наименование	Обозначение		
		русское	международное	
Количество вещества	моль	моль	mol	Моль равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов <sup>1</sup> , сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг
<b>Дополнительные единицы</b>				
Плоский угол	радиан	рад	rad	<b>Радиан</b> равен углу между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу
Телесный угол	стерадиан	ср	sr	<b>Стерадиан</b> равен телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы
<b>Некоторые производные единицы</b>				
<i>Единицы пространства и времени</i>				
Площадь	квадратный метр	м <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	<b>Квадратный метр</b> равен площади прямоугольника, каждая сторона которого равна 1 м
Объем, вместимость	кубический метр	м <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	<b>Кубический метр</b> равен объему прямоугольного параллелепипеда, каждое ребро которого равно 1 м
Скорость	метр в секунду	м/с	m/s	<b>Метр в секунду</b> равен скорости прямолинейно и равномерно движущейся материальной точки, при которой эта точка за время 1 с перемещается на расстояние 1 м

<sup>1</sup> Структурные единицы могут быть атомами, молекулами, ионами, электронами или другими частицами.

Ускорение	метр на секунду в квадрате	$\text{м/с}^2$	$\text{m/s}^2$	Метр на секунду в квадрате равен ускорению прямолинейно и равноускоренно движущейся материальной точки, линейная скорость которой изменяется на 1 м/с в течение 1 с
Угловая скорость	радиан в секунду	рад/с	rad/s	Радиан в секунду равен угловой скорости равномерно вращательного движения точки по окружности, при котором радиус-вектор этой точки описывает в течение 1 с центральный угол, равный 1 рад
Частота	герц	Гц	Hz	Герц равен частоте, при которой в 1 с завершается одно колебание или цикл
<i>Единицы механических величин</i>				
Сила	ньютон	Н	N	Ньютон равен силе, сообщаемой телу с постоянной массой 1 кг ускорение в 1 м/с <sup>2</sup> в направлении действия силы
Плотность	килограмм на кубический метр	кг/м <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	Килограмм на кубический метр равен плотности однородного вещества, масса которого при объеме 1 м <sup>3</sup> равна 1 кг
Момент силы	ньютон-метр	Н·м	N·m	Ньютон-метр равен моменту силы, создаваемой силой 1 Н относительно точки, расположенной на расстоянии 1 м от линии действия силы
Давление (механическое напряжение)	паскаль	Па	Pa	Паскаль равен давлению (механическому напряжению), вызываемому силой 1 Н, равномерно распределенной по нормальной к ней поверхности площадью 1 м <sup>2</sup>
Работа (энергия)	джоуль	Дж	J	Джоуль равен работе, которую совершает постоянная сила в 1 Н на пути 1 м, пройденном телом под действием этой силы в направлении действия силы
Мощность	ватт	Вт	W	Ватт равен мощности, при которой за 1 с совершается работа 1 Дж

Наименование величины	Единица			
	Наименование	Обозначение		Определение
		русское	международное	
<i>Единицы тепловых величин</i>				
Количество теплоты	джоуль	Дж	J	Джоуль равен количеству теплоты, эквивалентному работе 1 Дж
Удельное количество теплоты	джоуль на килограмм	Дж/кг	J/kg	Джоуль на килограмм равен удельному количеству теплоты системы, в которой веществу массой 1 кг сообщается (или отбирается от него) количество теплоты 1 Дж
Удельная теплоемкость	джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг·К)	J/(kg·K)	Джоуль на килограмм-кельвин равен удельной теплоемкости вещества, имеющего при массе 1 кг теплоемкость 1 Дж/К
Теплопроводность	ватт на метр-кельвин	Вт/(м·К)	W/(m·K)	Ватт на метр-кельвин равен теплопроводности вещества, в котором при стационарном режиме с поверхностной плотностью теплового потока 1 Вт/м <sup>2</sup> устанавливается температурный градиент 1 К/м
<i>Единицы акустических величин</i>				
Звуковая энергия	джоуль	Дж	J	Джоуль равен звуковой энергии, эквивалентной работе 1 Дж
Звуковая мощность	ватт	Вт	W	Ватт равен звуковой мощности, эквивалентной механической мощности 1 Вт

*Единицы световых величин*

Световой поток	люмен	лм	lm	Люмен равен световому потоку, испускаемому точечным источником в телесном угле 1 ср при силе света 1 кд
Освещенность	люкс	лк	lx	Люкс равен освещенности поверхности, площадью 1 м <sup>2</sup> при световом потоке падающего на нее излучения, равном 1 лм
Яркость	кандела на квадратный метр	кд/м <sup>2</sup>	cd/m <sup>2</sup>	Кандела на квадратный метр равна яркости равномерно светящейся плоской поверхности площадью 1 м <sup>2</sup> в перпендикулярном к ней направлении при силе света 1 кд

*Единицы электрических и магнитных величин*

Количество электричества (электрический заряд)	кулон	Кл	С	Кулон равен количеству электричества, протекающему через поперечное сечение проводника при токе силой 1 А за время 1 с
Электрическое напряжение	вольт	В	V	Вольт равен электрическому напряжению на участке электрической цепи при прохождении 1 Кл электричества и получении работы в 1 Дж
Электрическая емкость	фарада	Ф	F	Фарада равна электрической емкости конденсатора, при которой заряд 1 Кл создает на конденсаторе напряжение 1 В
Электрическое сопротивление	ом	Ом	Ω	Ом равен электрическому сопротивлению участка электрической цепи, при котором постоянный ток силой 1 А вызывает падение напряжения 1 В
Удельное электрическое сопротивление	ом-метр	Ом·м	Ω·m	Ом-метр равен удельному электрическому сопротивлению вещества, при котором участок (выполненный из этого вещества) электрической цепи длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 м <sup>2</sup> имеет сопротивление 1 Ом

Наименование величины	Единицы			
	Наименование	Обозначение		Определение
		русское	международное	
Электрическая проводимость	сименс	См	S	<b>Сименс</b> равен электрической проводимости участка электрической цепи сопротивлением 1 Ом
Магнитный поток	вебер	Вб	Wb	<b>Вебер</b> равен магнитному потоку, при убывании которого до нуля в сцепленном с ним контуре сопротивлением 1 Ом через поперечное сечение проводника проходит количество электричества 1 Кл
Магнитная индукция	тесла	Тл	T	<b>Тесла</b> равна магнитной индукции, при которой через поперечное сечение площадью 1 м <sup>2</sup> проходит магнитный поток 1 Вб
Индуктивность	генри	Г	H	<b>Генри</b> равен индуктивности электрической цепи, с которой при силе постоянного тока в ней 1 А сцепляется магнитный поток, равный 1 Вб

Примечания: 1. Кроме температуры Кельвина (обозначение  $T$ ) допускается применять также температуру Цельсия (обозначение  $t$ ), определяемую выражением  $t = T - T_0$ , где  $T_0 = 273,15$  К по определению. Температура Кельвина выражается в кельвинах; температура Цельсия — в градусах Цельсия (обозначение международное и русское °С). По размеру градус Цельсия равен кельвину.

2. Интервал, или разность температур Кельвина, выражают в кельвинах. Интервал, или разность температур Цельсия, допускается выражать как в кельвинах, так и в градусах Цельсия.

#### 4. Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

Наименование величины	Единица			Соотношение с единицей СИ
	Наименование	Обозначение		
		русское	международное	
Масса	тонна	т	t	$10^3$ кг
Время *1	минута час сутки	мин ч сут	min h d	60 с 3 600 с 86 400 с
Плоский угол	градус минута секунда	° ' "		$1,745329 \cdot 10^{-2}$ рад $2,908882 \cdot 10^{-4}$ рад $4,848137 \cdot 10^{-6}$ рад
Объем, вместимость	литр *2	л	l	$10^{-3}$ м <sup>3</sup>

\*1 Допускается также применять другие единицы времени, получившие широкое распространение, например, неделя, месяц, год и т. п.

\*2 Не рекомендуется применять при точных измерениях. Приведенные единицы времени и плоского угла не допускается применять с приставками (см. табл. 2).

#### 5. Важнейшие производные единицы СИ для различных областей науки и техники

Величина	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		русское	международное
Площадь	квадратный метр	м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>
Объем, вместимость	кубический метр	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>
Частота	герц	Гц	Hz
Частота дискретных событий (частота импульсов, ударов и т. п.)	секунда в минус первой степени	с <sup>-1</sup>	s <sup>-1</sup>
Частота вращения	секунда в минус первой степени	с <sup>-1</sup>	s <sup>-1</sup>
Период	секунда	с	s

Продолжение табл. 5

Величина	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		русское	международное
Скорость	метр в секунду	м/с	m/s
Ускорение	метр на секунду в квадрате	м/с <sup>2</sup>	m/s <sup>2</sup>
Угловая скорость	радиан в секунду	рад/с	rad/s
Угловое ускорение	радиан на секунду в квадрате	рад/с <sup>2</sup>	rad/s <sup>2</sup>
Длина волны	метр	м	m
Сила	ньютон	Н	N
Вес	ньютон	Н	N
Плотность	килограмм на кубический метр	кг/м <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
Удельный объем	кубический метр на килограмм	м <sup>3</sup> /кг	m <sup>3</sup> /kg
Удельный вес	ньютон на кубический метр	Н/м <sup>3</sup>	N/m <sup>3</sup>
Момент силы, момент пары сил	ньютон-метр	Н·м	N·m
Момент инерции (динамический момент инерции)	килограмм-метр в квадрате	кг·м <sup>2</sup>	kg·m <sup>2</sup>
Полярный момент инерции площади плоской фигуры	метр в четвертой степени	м <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>
Момент сопротивления плоской фигуры отрезка	метр в третьей степени	м <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Давление	паскаль	Па	Pa
Градиент давления	паскаль на метр	Па/м	Pa/m
Количество движения	килограмм-метр в секунду	кг·м/с	kg·m/s
Момент количества движения	килограмм-метр в квадрате в секунду	кг·м <sup>2</sup> /с	kg·m <sup>2</sup> /s
Работа, энергия	джоуль	Дж	J
Мощность	ватт	Вт	W
Продольная и поперечная силы в сечении бруса	ньютон	Н	N
Интенсивность распределения нагрузки	ньютон на метр	Н/м	N/m
Напряжение, касательное напряжение	паскаль	Па	Pa
Угловая деформация (деформация сдвига)	радиан	рад	rad

Продолжение табл. 5

Величина	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		русское	международное
Модуль продольной упругости, модуль упругости при сдвиге Изгибающий момент, вращающий (крутящий) момент Жесткость: при растяжении, сжатии при кручении, изгибе	паскаль	Па	Pa
	ньютон-метр	Н·м	N·m
	ньютон на метр	Н/м	N/m
	ньютон-метр на радиан	Н·м/рад	N·m/rad

## СВЕДЕНИЯ ИЗ МАТЕМАТИКИ

**Логарифмы.** Логарифмом числа  $N$  при основании  $a$  называется показатель степени  $n$ , в которую нужно возвести  $a$ , чтобы получить  $N$ , т. е.  $a^n = N$ , откуда  $n = \log_a N$  или  $a^{\log_a N} = N$  ( $a$  — постоянное положительное число, не равное единице).

Основные свойства логарифмов при одном и том же основании приведены в табл. 11, а некоторые постоянные и их десятичные логарифмы — в табл. 6.

Употребительные системы логарифмов: десятичные (обыкновенные) логарифмы обозначаются  $\lg$  (основание десятичных логарифмов 10); натуральные логарифмы обозначаются  $\ln$  (основание натуральных логарифмов  $a = e = 2,71828\dots$ ). Значения десятичных логарифмов приведены в табл. 12. Натуральные логарифмы переводятся в десятичные:  $\lg N = 0,43429 \lg N$ , а десятичные в натуральные:  $\ln N = 2,30259 \lg N$ .

**Свойства десятичных логарифмов.** Десятичные логарифмы записывают в виде десятичной дроби с точностью до определенного десятичного знака. Целая часть дроби называется *характеристикой* логарифма, а дробная — *мантиссой*; например,  $\lg 148 = 2,1736$  — характеристика 2, мантисса 0,1736.

Числа больше единицы имеют положительные логарифмы; положительные числа меньше единицы имеют отрицательные логарифмы, например,  $\lg 0,5 = -0,3010$ .

Для удобства нахождения логарифма по числу и числа по логарифму отрицательные логарифмы представляют в «искусственной» форме. Отрицательный логарифм в искусственной форме имеет положительную мантиссу и отрицательную характеристику. Отрицательная характеристика обозначается постановкой над ней знака минус. Например, запись  $\lg 0,005 = \bar{3},6990$  означает, что  $\lg 0,005 = -3 + 0,6990 = -2,3010$ .

Положительные мантиссы логарифмов находят по табл. 12, а характеристику определяют, пользуясь следующим правилом. 1. Если логарифмируемое число больше единицы, то характеристика его десятичного логарифма на единицу меньше числа его цифр, стоящих перед запятой, например,  $\lg 5,665 = 0, \dots$ ;  $\lg 25,657 = 1, \dots$ ;  $\lg 8765,35 = 3, \dots$

2. Если логарифмируемое число меньше единицы, то характеристика (в «искусственной» форме при положи-

#### 6. Некоторые постоянные и их десятичные логарифмы

Величина	$n$	$\lg n$	Величина	$n$	$\lg n$
$\pi$	3,1416	0,4971	$\sqrt[3]{\pi}$	1,4646	0,1657
$2\pi$	6,2832	0,7982	$\sqrt[3]{4\pi : 3}$	1,6120	0,2074
$3\pi$	9,4248	0,9743	$\sqrt[3]{3 : 4\pi}$	0,6203	$\bar{1},7926$
$4\pi$	12,5664	1,0992	$1 : \pi^2$	0,1013	$\bar{1},0057$
$6\pi$	18,8496	1,2753	$1 : \sqrt{\pi}$	0,5642	$\bar{1},7513$
$4\pi : 3$	4,1888	0,6221	$\sqrt{2\pi}$	2,5066	0,3991
$\pi : 2$	1,5708	0,1961	$\sqrt{\pi : 2}$	1,2533	0,0981
$\pi : 3$	1,0472	0,0200	$\sqrt{2 : \pi}$	0,7979	$\bar{1},9019$
$\pi : 4$	0,7854	$\bar{1},8951$	$e$	2,7183	0,4343
$\pi : 6$	0,5236	$\bar{1},7190$	$e^2$	7,3891	0,8686
$\pi : 180$	0,0175	$\bar{2},2419$	$e^3$	20,0855	1,3029
$\pi : 10\ 800$	0,0003	$\bar{4},4637$	$1 : e$	0,3679	$\bar{1},5657$
$\pi : 648\ 000$	0,000005	$\bar{6},6856$	$1 : e^2$	0,1353	$\bar{1},1314$
$2 : \pi$	0,6366	$\bar{1},8039$	$\sqrt{e}$	1,6487	0,2171
$180 : \pi$	57,2958	1,7581	$\sqrt[3]{e}$	1,3956	0,1448
$1 : \pi$	0,3183	$\bar{1},5028$	$g$	9,81	0,9917

Продолжение табл. 6

Величина	$n$	$\lg n$	Величина	$n$	$\lg n$
1 : $2\pi$	0,1592	$\bar{1},2018$	$g^2$	96,2361	1,9833
1 : $3\pi$	0,1061	$\bar{1},0257$	$\sqrt{g}$	3,1321	0,4958
1 : $4\pi$	0,0796	$\bar{2},9008$	1 : $g$	0,1019	$\bar{1},0083$
$\pi^2$	9,8696	0,9943	1 : $g^2$	0,0104	$\bar{2},0167$
$2\pi^2$	19,7392	1,2953	1 : $\sqrt{g}$	0,3193	$\bar{1},5042$
$\sqrt{\pi}$	1,7725	0,2486	$\pi \sqrt{g}$	9,8398	0,9930
$\sqrt{1 : \pi}$	0,5642	$\bar{1},7513$			
$\sqrt{1 : 2\pi}$	0,3989	$\bar{1},6009$			

7. Квадраты, кубы, корни квадратные и кубические, десятичные логарифмы, обратные величины, длины окружностей и площади кругов для чисел ( $n, d$ ) от 1,0 до 10,0

$n = d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
1,0	1,00	1,000	1,0000	1,0000	1,00000	0,00000	3,1416	0,78540
1,1	1,21	1,331	1,0488	1,0323	0,90909	0,04139	3,4558	0,95033
1,2	1,44	1,728	1,0954	1,0627	0,83333	0,07918	3,7699	1,13097
1,3	1,69	2,197	1,1402	1,0914	0,76923	0,11394	4,0841	1,32732
1,4	1,96	2,744	1,1832	1,1187	0,71429	0,14613	4,3982	1,53938
1,5	2,25	3,375	1,2247	1,1447	0,66667	0,17609	4,7124	1,76715
1,6	2,56	4,096	1,2649	1,1696	0,62500	0,20412	5,0265	2,01062
1,7	2,89	4,913	1,3038	1,1935	0,58823	0,23045	5,3407	2,26980
1,8	3,24	5,832	1,3416	1,2164	0,55556	0,25527	5,6549	2,54469
1,9	3,61	6,859	1,3784	1,2386	0,52632	0,27875	5,9690	2,83529
2,0	4,00	8,000	1,4142	1,2599	0,50000	0,30103	6,2832	3,14159
3,0	9,00	27,000	1,7321	1,4422	0,33333	0,47712	9,4248	7,06858
4,0	16,00	64,000	2,0000	1,5874	0,25000	0,60206	12,5660	12,56640
5,0	25,00	125,000	2,2361	1,7100	0,20000	0,69897	15,7080	19,63500
6,0	36,00	216,000	2,4495	1,8171	0,16667	0,77815	18,8500	28,27430
7,0	49,00	343,000	2,6458	1,9129	0,14286	0,84510	21,9910	38,48450
8,0	64,00	512,000	2,8284	2,0000	0,12500	0,90309	25,1330	50,26550
9,0	81,00	729,000	3,0000	2,0801	0,11111	0,95424	28,2740	63,61730
10,0	100,00	1000,000	3,1623	2,1544	0,10000	1,00000	31,4159	78,53980

**8. Квадраты, кубы, корни квадратные и кубические, натуральные логарифмы и обратные величины чисел от 11 до 100**

$n$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$
11	121	1 331	3,3166	2,2240	2,39790	90,9091
12	144	1 728	3,4641	2,2894	2,48491	83,3333
13	169	2 197	3,6056	2,3513	2,56495	76,9231
14	196	2 744	3,7417	2,4101	2,63906	71,4286
15	225	3 375	3,8730	2,4662	2,70805	66,6667
16	256	4 096	4,0000	2,5198	2,77259	62,5000
17	289	4 913	4,1231	2,5713	2,83321	58,8235
18	324	5 832	4,2426	2,6207	2,89037	55,5556
19	361	6 859	4,3589	2,6684	2,94444	52,6316
20	400	8 000	4,4721	2,7144	2,99573	50,0000
21	441	9 261	4,5826	2,7589	3,04452	47,6190
22	484	10 648	4,6904	2,8020	3,09104	45,4545
23	529	12 167	4,7958	2,8439	3,13549	43,4783
24	576	13 824	4,8990	2,8845	3,17805	41,6667
25	625	15 625	5,0000	2,9240	3,21888	40,0000
26	676	17 576	5,0990	2,9625	3,25810	38,4615
27	729	19 683	5,1962	3,0000	3,29584	37,0370
28	784	21 952	5,2915	3,0366	3,33220	35,7143
29	841	24 389	5,3852	3,0723	3,36730	34,4828
30	900	27 000	5,4772	3,1072	3,40120	33,3333
31	961	29 791	5,5678	3,1414	3,43399	32,2581
32	1024	32 768	5,6569	3,1748	3,46574	31,2500
33	1089	35 937	5,7446	3,2075	3,49651	30,3030
34	1156	39 304	5,8310	3,2396	3,52636	29,4118
35	1225	42 875	5,9161	3,2711	3,55535	28,5714
36	1296	46 656	6,0000	3,3019	3,58352	27,7778
37	1369	50 653	6,0828	3,3322	3,61092	27,0270
38	1444	54 872	6,1644	3,3620	3,63759	26,3158
39	1521	59 319	6,2450	3,3912	3,66356	25,6410
40	1600	64 000	6,3246	3,4200	3,68888	25,0000
41	1681	68 921	6,4031	3,4482	3,71357	24,3902
42	1764	74 088	6,4807	3,4760	3,73767	23,8095
43	1849	79 507	6,5574	3,5034	3,76120	23 2558
44	1936	85 184	6,6332	3,5303	3,78419	22,7273
45	2025	91 125	6,7082	3,5569	3,80666	22,2222
46	2116	97 336	6,7823	3,5830	3,82864	21,7394
47	2209	103 823	6,8557	3,6088	3,85015	21,2766
48	2304	110 592	6,9282	3,6342	3,87120	20,8333
49	2401	117 649	7,0000	3,6593	3,89182	20,4082
50	2500	125 000	7,0711	3,6840	3,91202	20,0000
51	2601	132 651	7,1414	3,7084	3,93183	19,6078
52	2704	140 608	7,2111	3,7325	3,95124	19,2308
53	2809	148 877	7,2801	3,7563	3,97029	18,8679
54	2916	157 464	7,3485	3,7798	3,98898	18,5185

Продолжение табл. 8

$n$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$
55	3 025	166 375	7,4162	3,8030	4,00733	18,1818
56	3 136	175 616	7,4833	3,8259	4,02535	17,8571
57	3 249	185 193	7,5498	3,8485	4,04305	17,5439
58	3 364	195 112	7,6158	3,8709	4,06044	17,2414
59	3 481	205 379	7,6811	3,8930	4,07754	16,9492
60	3 600	216 000	7,7460	3,9149	4,09434	16,6667
61	3 721	226 981	7,8102	3,9365	4,11087	16,3934
62	3 844	238 328	7,8740	3,9579	4,12713	16,1290
63	3 969	250 047	7,9373	3,9791	4,14313	15,8730
64	4 096	262 144	8,0000	4,0000	4,15888	15,6250
65	4 225	274 625	8,0623	4,0207	4,17439	15,3846
66	4 356	287 496	8,1240	4,0412	4,18965	15,1515
67	4 489	300 763	8,1854	4,0615	4,20469	14,9254
68	4 624	314 432	8,2462	4,0817	4,21951	14,7059
69	4 761	328 509	8,3066	4,1016	4,23411	14,4928
70	4 900	343 000	8,3666	4,1213	4,24850	14,2857
71	5 041	357 911	8,4261	4,1408	4,26268	14,0845
72	5 184	373 248	8,4853	4,1602	4,27667	13,8889
73	5 329	389 017	8,5440	4,1793	4,29046	13,6986
74	5 476	405 224	8,6023	4,1983	4,30407	13,5135
75	5 625	421 775	8,6603	4,2172	4,31749	13,3333
76	5 776	438 976	8,7178	4,2358	4,33073	13,1579
77	5 929	456 533	8,7750	4,2543	4,34381	12,9870
78	6 084	474 552	8,8318	4,2727	4,35671	12,8205
79	6 241	493 039	8,8882	4,2908	4,36945	12,6582
80	6 400	512 000	8,9443	4,3089	4,38203	12,5000
81	6 561	531 441	9,0000	4,3267	4,39445	12,3457
82	6 724	551 368	9,0554	4,3445	4,40672	12,1951
83	6 889	571 787	9,1104	4,3621	4,41884	12,0482
84	7 056	592 704	9,1652	4,3795	4,43082	11,9048
85	7 225	614 125	9,2195	4,3968	4,44265	11,7647
86	7 396	636 056	9,2736	4,4140	4,45435	11,6279
87	7 569	658 503	9,3274	4,4310	4,46591	11,4943
88	7 744	681 472	9,3808	4,4480	4,47734	11,3636
89	7 921	704 969	9,4340	4,4647	4,48864	11,2360
90	8 100	729 000	9,4868	4,4814	4,49981	11,1111
91	8 281	753 571	9,5394	4,4979	4,51086	10,9890
92	8 464	777 688	9,5917	4,5144	4,52179	10,8696
93	8 649	801 357	9,6437	4,5307	4,53260	10,7527
94	8 836	830 584	9,6954	4,5468	4,54329	10,6383
95	9 025	857 375	9,7468	4,5629	4,55388	10,5263
96	9 216	884 736	9,7980	4,5789	4,56435	10,4167
97	9 409	912 673	9,8489	4,5947	4,57471	10,3093
98	9 604	941 192	9,8995	4,6104	4,58497	10,2041
99	9 801	970 229	9,9499	4,6261	4,59512	10,1010
100	10 000	1 000 000	10,0000	4,6416	4,60517	10,0000

## 9. Корни из чисел, меньших единицы

$n$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$n$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
0,01	0,1000	0,2154	1/4	0,5000	0,6300
0,02	0,1414	0,2714	3/4	0,8660	0,9086
0,03	0,1732	0,3107	1/6	0,4083	0,5503
0,04	0,2000	0,3420	5/6	0,9129	0,9410
0,05	0,2236	0,3684	1/7	0,3780	0,5228
0,06	0,2449	0,3915	2/7	0,5345	0,6586
0,07	0,2646	0,4121	3/7	0,6547	0,7540
0,08	0,2828	0,4309	4/7	0,7559	0,8298
0,09	0,3000	0,4481	5/7	0,8452	0,8939
0,1	0,3162	0,4642	6/7	0,9258	0,9499
0,2	0,4472	0,5848	1/8	0,3536	0,5000
0,25	0,5000	0,6300	3/8	0,6124	0,7211
0,3	0,5477	0,6694	5/8	0,7906	0,8550
0,4	0,6325	0,7368	7/8	0,9354	0,9565
0,5	0,7071	0,7937	1/9	0,3333	0,4808
0,6	0,7746	0,8434	2/9	0,4714	0,6057
0,7	0,8367	0,8879	4/9	0,6667	0,7631
0,75	0,8660	0,9086	5/9	0,7454	0,8221
0,8	0,8944	0,9283	7/9	0,8819	0,9196
0,9	0,9787	0,9655	1/12	0,2887	0,4368
1/3	0,5774	0,6934	5/12	0,6455	0,7469
2/3	0,8165	0,8736	7/12	0,7638	0,8356

10. Перевод градусной меры в радианную  
(длина дуг окружности радиуса, равного 1;  
1 рад = 57° 17' 44"; 1° = 0,017453 рад)

Угол	Дуга	Угол	Дуга	Угол	Дуга	Угол	Дуга
1"	0,000005	1'	0,000291	1°	0,017453	20°	0,349066
2"	0,000010	2'	0,000582	2°	0,034907	30°	0,523599
3"	0,000015	3'	0,000873	3°	0,052360	40°	0,698132
4"	0,000019	4'	0,001164	4°	0,069813	50°	0,872665
5"	0,000024	5'	0,001454	5°	0,087266	60°	1,047198
6"	0,000029	6'	0,001745	6°	0,104720	90°	1,570796
7"	0,000034	7'	0,002036	7°	0,122173	180°	3,141593
8"	0,000039	8'	0,002327	8°	0,139626	270°	4,712389
9"	0,000044	9'	0,002618	9°	0,157080	360°	6,283185
10"	0,000049	10'	0,002909	10°	0,174533		

### 11. Основные свойства логарифмов при одном и том же основании $a \neq 1$

Свойство	Формула
При любом основании логарифм единицы равен нулю	$\log_a 1 = 0$
Логарифм самого основания равен единице	$\log_a a = 1$
Логарифм нуля равен бесконечности	$\log_a 0 = \begin{cases} -\infty & \text{при } a > 1 \\ +\infty & \text{при } a < 1 \end{cases}$
Логарифм произведения равен сумме логарифмов сомножителей	$\log_a (bc) = \log_a b + \log_a c$
Логарифм частного (дроби) равен разности логарифмов делимого (числителя) и делителя (знаменателя)	$\log_a \frac{b}{c} = \log_a b - \log_a c$
Логарифм степени равен произведению показателя степени на логарифм ее основания	$\log_a b^m = m \log_a b$
Логарифм корня равен частному от деления логарифма подкоренного выражения на показатель корня	$\log_a \sqrt[m]{b} = \frac{\log_a b}{m}$

### 12. Десятичные логарифмы <sup>1</sup>

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765

Продолжение табл. 12

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803
48	6812	6821	6830	6838	6848	6857	6866	6875	6884	6893
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122

Продолжение табл. 12

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633
92	9698	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9936	9943	9948	9952
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996

<sup>1</sup> Таблица предназначена для нахождения мантисс десятичных логарифмов чисел. Для трехзначного числа мантиссу находят на пересечении строки, в которой (графа N) находятся две первые цифры числа, и графы, совпадающей с третьей цифрой числа; например, мантиссу числа 395 находят на пересечении строки 39 и графы 5 — 5966, а числа 119 находят на пересечении строки 11 и графы 9 — 0755.

Мантиссы одно- и двухзначных чисел находят на пересечении строки, в которой находится двухзначное число или увеличенное в 10 раз однозначное число, и графы 0; так, для чисел 600, 60 и 6 мантисса равна 7782.

тельной мантиссе) по абсолютной величине на единицу больше числа нулей после запятой, например,  $\lg 0,4532 = \bar{1}, \dots$ ;  $\lg 0,0034 = \bar{3}, \dots$ ;  $\lg 0,00004 = \bar{5}, \dots$

При умножении (или делении) числа на 10, 100, 1000... (т. е. на единицу с последующими нулями) положительная мантисса не изменяется, а характеристика увеличивается (или уменьшается) на столько единиц, сколько нулей во множителе (или делителе); например,  $\lg 148 = 2,1703$ ;  $\lg 14\ 800 = 4,1703$ ;  $\lg 0,00148 = \bar{3},1703$ .

Чтобы преобразовать логарифм с положительной мантиссой в логарифм с отрицательной мантиссой, надо к характеристике прибавить +1, а мантиссу вычесть из 1, например,  $\bar{2},6219 = (-2 + 1) + (1 - 0,6219) = -1,3781$ .

Чтобы преобразовать логарифм с отрицательной мантиссой в логарифм с положительной мантиссой (в «искусственную» форму), надо к характеристике прибавить -1, а к мантиссе прибавить +1, например,  $-1,3781 = (-1 - 1) + (-0,3781 + 1) = \bar{2},6219$ .

Использование логарифмов значительно упрощает расчеты, связанные с возведением в степень, извлечением корней, особенно когда числа многозначные, а показатели степеней и корней дробные.

**Пример расчета с использованием логарифмов.** Для некоторых заданных условий токарной обработки скорость резания (м/мин)

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} 1,25 \cdot 0,65 \cdot 0,7 = \frac{198,86}{60^{0,2} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot$$

Пользуясь табл. 11 и 12, запишем:

$$\begin{aligned} \lg v &= \lg 198,86 - 0,2 \lg 60 - 0,15 \lg 4 - \\ &- 0,35 \lg 0,5 = 2,2989 - 0,2 \cdot 1,7782 - \\ &- 0,15 \cdot 0,6021 - 0,35 \cdot \bar{1},6990 = \\ &= 2,2989 - 0,3556 - 0,0903 + \\ &+ 0,1056^* = 1,9586. \end{aligned}$$

$$\lg v = 1,9586 \text{ по табл. 13 } v = 90,9 \text{ м/мин.}$$

**Пропорции.** Пропорцией называют равенство двух отношений  $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$  или  $a : b = c : d$ ;  $a$  и  $d$  называют

\*  $-0,35 \cdot \bar{1},6990 = -0,35(-1 + 1) + (1 - 0,6990) = -0,35 \times (-0,3010) = +0,1056$ .

13. Антилогарифмы<sup>1</sup>

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	1000	1002	1005	1007	1009	1012	1014	1016	1019	1021
01	1023	1026	1028	1030	1033	1035	1038	1040	1042	1045
02	1047	1050	1052	1054	1057	1059	1062	1064	1067	1069
03	1072	1074	1076	1079	1081	1084	1086	1089	1091	1094
04	1096	1099	1102	1104	1107	1109	1112	1114	1117	1119
05	1122	1125	1127	1130	1132	1135	1138	1140	1143	1146
06	1148	1151	1153	1156	1159	1161	1164	1167	1169	1172
07	1175	1178	1180	1183	1186	1189	1191	1194	1197	1199
08	1202	1205	1208	1211	1213	1216	1219	1222	1225	1227
09	1230	1233	1236	1239	1242	1245	1247	1250	1253	1256
10	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1276	1279	1282	1285
11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315
12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346
13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377
14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409
15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442
16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476
17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510
18	1514	1517	1521	1534	1528	1531	1535	1538	1542	1545
19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581
20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618
21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656
22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694
23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734
24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774
25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816
26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858
27	1862	1867	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901
28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945
29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991
30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037
31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084
32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133
33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183
34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234
35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286
36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339
37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393
38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449
39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506
40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564
41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624
42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685
43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748
44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812

Продолжение табл. 13

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	2818	2825	2831	2338	2844	2851	2858	2864	2871	2877
46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944
47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013
48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083
49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155
50	3162	3170	3177	3184	3192	3199	3206	3214	3221	3228
51	3236	3243	3251	3258	3266	3273	3281	3289	3296	3304
52	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381
53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3443	3451	3459
54	3467	3475	3483	3491	3499	3508	3516	3524	3532	3540
55	3548	3556	3565	3573	3581	3589	3597	3606	3614	3622
56	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707
57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793
58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3855	3864	3873	3882
59	3890	3899	3908	3917	3926	3936	3945	3954	3963	3972
60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064
61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159
62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	4256
63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4355
64	4365	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457
65	4467	4477	4487	4498	4508	4519	4529	4539	4550	4560
66	4571	4581	4592	4603	4613	4624	4634	4645	4656	4667
67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775
68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4887
69	4898	4909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000
70	5012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	5105	5117
71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	5224	5236
72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5321	5333	5346	5358
73	5370	5383	5395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483
74	5495	5508	5521	5534	5546	5559	5572	5585	5598	5610
75	5623	5636	5649	5662	5675	5689	5702	5715	5728	5741
76	5754	5768	5781	5794	5808	5821	5834	5848	5861	5875
77	5888	5902	5916	5929	5943	5957	5970	5984	5998	6012
78	6026	6039	6053	6067	6081	6095	6109	6124	6138	6152
79	6166	6180	6194	6209	6223	6237	6252	6266	6281	6295
80	6310	6324	6339	6353	6368	6383	6397	6412	6427	6442
81	6457	6471	6486	6501	6516	6531	6546	6561	6577	6592
82	6607	6622	6637	6653	6668	6683	6699	6714	6730	6745
83	6761	6776	6792	6808	6823	6839	6855	6871	6887	6902
84	6918	6934	6950	6966	6982	6998	7015	7031	7047	7063
85	7079	7096	7112	7129	7145	7161	7178	7194	7211	7228
86	7244	7261	7278	7295	7311	7328	7345	7362	7379	7396
87	7413	7430	7447	7464	7482	7499	7516	7534	7551	7568
88	7586	7603	7621	7638	7659	7674	7691	7709	7727	7745
89	7762	7780	7798	7816	7834	7852	7870	7889	7907	7925

Продолжение табл. 13

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
90	7943	7962	7980	7998	8017	8035	8054	8072	8091	8110
91	8128	8147	8166	8185	8204	8222	8241	8260	8279	8299
92	8318	8337	8356	8375	8395	8414	8433	8453	8472	8492
93	8511	8531	8551	8570	8590	8610	8630	8650	8670	8690
94	8710	8730	8750	8770	8790	8810	8831	8851	8872	8892
95	8913	8933	8954	8974	8995	9016	9036	9057	9078	9099
96	9120	9141	9162	9183	9204	9226	9247	9268	9290	9311
97	9333	9354	9376	9397	9419	9441	9462	9484	9506	9528
98	9550	9572	9594	9616	9638	9661	9683	9705	9727	9750
99	9772	9795	9817	9840	9863	9886	9908	9931	9954	9977

<sup>1</sup> Антилогарифмы используют для нахождения числа по его десятичному логарифму. Цифровой состав числа находят по мантиссе на пересечении строки, определяемой двумя первыми цифрами мантиссы (графа N), и графы, совпадающей с третьей цифрой мантиссы. Положение запятой в полученном числе определяется характеристикой логарифма (см. с. 7).

крайними членами пропорции, а  $b$  и  $c$  — средними членами.

*Основное свойство пропорции:* произведение крайних членов пропорции равно произведению ее средних членов, т. е.  $ad = bc$  для пропорции  $a : b = c : d$ .

*Вычисление неизвестных членов пропорции:*

а) неизвестный крайний член пропорции равен произведению средних членов, деленному на известный крайний, т. е. если  $x : a = b : c$ , то  $x = \frac{ab}{c}$ ;

б) неизвестный средний член пропорции равен произведению крайних членов, деленному на известный средний, т. е. если  $a : x = b : c$ , то  $x = \frac{ac}{b}$ .

*Перестановка членов пропорции.* Пропорция не нарушится (основное свойство пропорции  $ad = bc$  будет выполняться) при следующих перестановках членов пропорции:

$$\begin{aligned} a : b &= c : d; & a : c &= b : d; & c : d &= a : b; \\ d : b &= c : a; & d : c &= b : a; & b : d &= a : c; \\ c : a &= d : b; & b : a &= d : c. \end{aligned}$$

**Проценты.** Процентом какого-либо числа называют сотую часть этого числа и обозначают знаком %, например,  $\frac{5}{100} A = 0,05A = 5\% A$  есть 5 процентов величины  $A$ . Тысячную долю числа называют промилле и обозначают ‰, например,  $0,025 = 2,5\% = 25\text{‰}$ .

*Нахождение процентов данного числа.* Чтобы найти проценты  $p$  данного числа  $A$ , достаточно число  $A$  разделить на 100 и умножить на число процентов  $p$ , т. е.  $p\%$  числа  $A$  равны  $\frac{Ap}{100}$ .

*Нахождение числа по данной величине его процента.* Чтобы найти число  $A$ ,  $p\%$  которого равны  $a$ , нужно величину  $a$  разделить на  $p$  и умножить на 100, т. е. если  $p\%$  числа  $A$  равны  $a$ , то число  $A = \frac{a \cdot 100}{p}$ .

*Нахождение процентного отношения двух чисел.* Чтобы вычислить процентное отношение числа  $a$  к числу  $b$ , нужно  $a$  разделить на  $b$  и умножить на 100, т. е. процентное отношение числа  $a$  к числу  $b$  равно  $\frac{a \cdot 100}{b} \%$ .

*Начисление простых и сложных процентов.* При начислении простых процентов, т. е. когда проценты каждый год начисляются от начальной суммы, начальная сумма  $K$  при процентной таксе  $p\%$  через  $t$  лет обращается в сумму

$$K_t = K \left( 1 + \frac{p}{100} t \right).$$

Например, при процентной таксе, равной 3%, начальная сумма в 1000 р. через 5 лет превращается в  $1000 \times \left( 1 + \frac{3}{500} 5 \right) = 1150$  р.

При начислении сложных процентов (когда проценты начисляются не от начальной суммы, а от суммы с начисленными за предыдущие годы процентами) один раз в год начальная сумма  $K$  при процентной таксе  $p\%$  через  $t$  лет обращается в сумму

$$K_t = K \left( 1 + \frac{p}{100} \right)^t \text{ или } K_t = Kq^t, \text{ где } q = 1 + \frac{p}{100}.$$

Так, начальная сумма в 1000 р. при 3%-ной таксе за 5 лет при начислении сложных процентов обратится в  $K = 1000 \cdot 1,03^5 = 1159$  р. 27 к.

**Прогрессии.** *Арифметическая прогрессия* — это такая последовательность чисел или членов прогрессии  $a_1, a_2, \dots, a_n$ , в которой каждое последующее число отличается от предыдущего на некоторое постоянное число  $r$ , называемое *разностью* прогрессии. Если  $r > 0$ , то прогрессия называется *возрастающей*; если  $r < 0$  — *убывающей*.

Пример. 1, 4, 7, 10, 13 и т. д.;  $r = 3$ ;  
15, 13, 11, 9, 7 и т. д.;  $r = -2$ .

Любой  $n$ -й член арифметической прогрессии  $a_n$  и сумму  $S_n$  первых членов  $n$  прогрессии вычисляют по формулам:

$$a_n = a_1(n-1)r; \quad S_n = \frac{n(a_1 + a_n)}{2}$$

( $a_1$  — первый член прогрессии).

*Геометрическая прогрессия* — это такая последовательность чисел или членов прогрессии  $b_1, b_2, \dots, b_n$ , в которой каждое последующее число получается из предыдущего умножением его на определенное число  $q$ , называемое *знаменателем* прогрессии. Если  $|q| > 1$ , то прогрессия называется *возрастающей* (3, 6, 12, 24, ...;  $q = 2$ ), а если  $|q| < 1$  — *убывающей* (64, 32, 16, 8, ...;  $q = 0,5$ ).

Любой  $n$ -й член геометрической прогрессии  $b_n$  можно вычислить по формуле  $b_n = b_1 q^{n-1}$ , где  $b_1$  — первый член прогрессии.

Сумма первых  $n$  членов геометрической прогрессии

$$S_n = \frac{b_n q - b_1}{q - 1} = \frac{b_1 - b_n q}{1 - q}$$

(первое выражение удобно брать для возрастающей прогрессии, второе — для убывающей).

Формулы решения (нахождения корней) простейших алгебраических уравнений даны в табл. 14; преобразования алгебраических выражений выполняются по приведенным ниже правилам:

$$1. (-a) \cdot (-b) = +ab; \quad (-a) \cdot (+b) = -ab;$$

$$2. (+a) : (+b) = +\frac{a}{b}; \quad (-a) : (-b) = +\frac{a}{b};$$

$$(+a) : (-b) = -\frac{a}{b};$$

$$3. a^2 - b^2 = (a + b)(a - b);$$

## 14. Решение уравнений

Уравнение	Общий вид	Формулы для нахождения корней уравнения
Уравнение I степени с одним неизвестным	$ax = b$	$x = \frac{b}{a}$
Система уравнений I степени с двумя неизвестными	$a_1x + b_1y = c_1;$ $a_2x + b_2y = c_2$	$x = \frac{c_1b_2 - c_2b_1}{a_1b_2 - a_2b_1};$ $y = \frac{a_1c_2 - a_2c_1}{a_1b_2 - a_2b_1}$
Неполные квадратные уравнения	$ax^2 = 0;$ $ax^2 + bx = 0;$ $ax^2 + c = 0$	$x_{1,2} = 0;$ $x_1 = 0; x_2 = -\frac{b}{a};$ $x_{1,2} = \pm \sqrt{-\frac{c}{a}}$
Полное квадратное уравнение: общая формула четное ( $k \neq 2$ ) приведенная формула	$ax^2 + bx + c = 0;$ $ax^2 + 2kx + c = 0;$ $x^2 + px + q = 0$	$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ $x_{1,2} = \frac{-k \pm \sqrt{k^2 - ac}}{a}$ $x_{1,2} =$ $= -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q}$
Биквадратное уравнение	$ax^4 + bx^2 + c = 0$	$x_{1,2,3,4} = \pm \sqrt{y};$ $y = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$
Возвратное уравнение	$ax^4 + bx^3 + cx^2 +$ $+ bx + a = 0$	$x_{1,2,3,4} = \frac{y \pm \sqrt{y^2 - 4}}{2};$ $y = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac + 8a^2}}{2a}$

$$4. (a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2;$$

$$5. (a \pm b)^3 = a^3 \pm 3a^2b + 3ab^2 \pm b^3;$$

$$6. a^3 \pm b^3 = (a \pm b)(a^2 \mp ab + b^2);$$

$$7. (a \cdot b \cdot c \dots)^n = a^n \cdot b^n \cdot c^n \dots; \left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n};$$

$$8. a^n b^n = (a \cdot b)^n; a^m \cdot a^n = a^{m+n}; a^m : a^n = a^{m-n};$$

$$9. 1^n = 1; 0^n = 0; a^0 = 1; a^{-n} = \frac{1}{a^n}; (a^m)^n = a^{mn};$$

$$10. \sqrt[n]{a} = a^{\frac{1}{n}}; \sqrt[n]{a^n} = a; \sqrt[n]{ab} = \sqrt[n]{a} \sqrt[n]{b};$$

$$11. \sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}; \sqrt[n]{\sqrt[m]{a}} = \sqrt[n \cdot m]{a}; \sqrt[n]{a^m} = a^{\frac{m}{n}};$$

$$12. \sqrt[-n]{a} = \frac{1}{\sqrt[n]{a}}; a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^m};$$

$$13. \sqrt{(a+b)^2} = \pm(a+b).$$

**Тригонометрические функции.** Основные тригонометрические функции углов прямоугольного треугольника выражаются соответствующими соотношениями его сторон (рис. 1):

синус  $\left(\sin \alpha = \frac{a}{c}\right)$  — отношение катета, противолежащего данному углу, к гипотенузе;

косинус  $\left(\cos \alpha = \frac{b}{c}\right)$  — отношение прилежащего катета к гипотенузе;

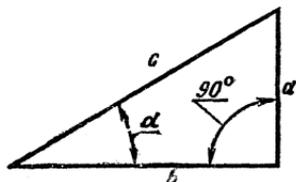


Рис. 1.

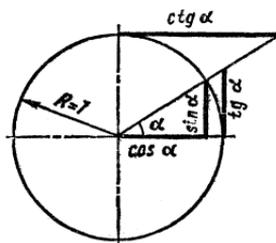


Рис. 2.

## 15. Знаки функций и формулы приведения

Функция	Угол							
	$0 - 90^\circ$	$90^\circ - 180^\circ$	$180^\circ - 270^\circ$	$270^\circ - 360^\circ$	$360^\circ \pm \alpha$	$90^\circ \pm \alpha$	$180^\circ \pm \alpha$	$270^\circ \pm \alpha$
sin	+	+	-	-	$\pm \sin \alpha$	$+\cos \alpha$	$\mp \sin \alpha$	$-\cos \alpha$
cos	+	-	-	+	$+\cos \alpha$	$\mp \sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$\pm \sin \alpha$
tg	+	-	+	-	$\pm \operatorname{tg} \alpha$	$\mp \operatorname{ctg} \alpha$	$\pm \operatorname{tg} \alpha$	$\mp \operatorname{ctg} \alpha$
ctg	+	-	+	-	$\pm \operatorname{ctg} \alpha$	$\mp \operatorname{tg} \alpha$	$\pm \operatorname{ctg} \alpha$	$\mp \operatorname{tg} \alpha$

тангенс ( $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$ ) — отношение противолежащего катета к прилежащему;

котангенс ( $\operatorname{ctg} \alpha = \frac{b}{a}$ ) — отношение прилежащего катета к противолежащему.

Графически тригонометрические функции можно представить в виде отрезков (рис. 2), построенных на окружности, радиус которой равен 1.

Знак функции зависит от величины угла (табл. 15). Функции углов, больших  $90^\circ$ , могут быть приведены к функциям углов прямоугольного треугольника (меньших  $90^\circ$ ) с помощью формул приведения (табл. 15).

Значения тригонометрических функций углов от  $0$  до  $90^\circ$  с интервалом в  $1^\circ$  даны в табл. 16, а для углов от  $0$  до  $1^\circ$  и от  $89$  до  $90^\circ$  с интервалом через  $1'$  — в табл. 17.

## Основные формулы тригонометрии

Функции одного угла<sup>1</sup>

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1; \quad \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{ctg} \alpha};$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}};$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{\operatorname{ctg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}};$$

<sup>1</sup> Перед знаком радикала должен быть поставлен знак плюс или минус в зависимости от того, в какой четверти находится угол (табл. 15).

## 16. Значения тригонометрических функций

$\alpha^\circ$	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$	$\alpha^\circ$
0	0,0000	1,0000	0,0000	$\pm\infty$	0
1	0,0175	0,9998	0,0175	57,290	1
2	0,0349	0,9994	0,0349	28,636	2
3	0,0523	0,9986	0,0524	19,081	3
4	0,0698	0,9976	0,0699	14,301	4
5	0,0872	0,9962	0,0875	11,430	5
6	0,1045	0,9945	0,1051	9,514	6
7	0,1219	0,9925	0,1228	8,144	7
8	0,1392	0,9903	0,1405	7,115	8
9	0,1564	0,9877	0,1584	6,314	9
10	0,1736	0,9848	0,1763	5,671	10
11	0,1908	0,9816	0,1944	5,145	11
12	0,2079	0,9781	0,2126	4,705	12
13	0,2250	0,9744	0,2309	4,331	13
14	0,2419	0,9703	0,2493	4,011	14
15	0,2588	0,9659	0,2697	3,732	15
16	0,2756	0,9613	0,2867	3,487	16
17	0,2924	0,9563	0,3057	3,271	17
18	0,3090	0,9511	0,3249	3,078	18
19	0,3256	0,9455	0,3443	2,904	19
20	0,3420	0,9397	0,3640	2,747	20
21	0,3584	0,9336	0,3839	2,605	21
22	0,3746	0,9272	0,4040	2,475	22
23	0,3907	0,9205	0,4245	2,356	23
24	0,4067	0,9135	0,4452	2,246	24
25	0,4226	0,9063	0,4663	2,145	25
26	0,4384	0,8988	0,4877	2,050	26
27	0,4540	0,8910	0,5095	1,963	27
28	0,4695	0,8829	0,5317	1,881	28
29	0,4848	0,8746	0,5543	1,804	29
30	0,5000	0,8660	0,5774	1,732	30
31	0,5150	0,8572	0,6009	1,664	31
32	0,5299	0,8480	0,6249	1,600	32
33	0,5446	0,8387	0,6494	1,540	33
34	0,5592	0,8290	0,6745	1,483	34
35	0,5736	0,8192	0,7002	1,428	35
36	0,5878	0,8090	0,7265	1,376	36
37	0,6018	0,7986	0,7536	1,327	37
38	0,6157	0,7880	0,7813	1,280	38
39	0,6293	0,7771	0,8098	1,235	39
40	0,6428	0,7660	0,8391	1,192	40
41	0,6561	0,7547	0,8693	1,150	41
42	0,6691	0,7431	0,9004	1,111	42
43	0,6820	0,7314	0,9325	1,072	43
44	0,6947	0,7193	0,9657	1,036	44

Продолжение табл. 16

$\alpha^\circ$	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$	$\alpha^\circ$
45	0,7071	0,7071	1,0000	1,0000	45
46	0,7193	0,6947	1,036	0,9657	46
47	0,7314	0,6820	1,072	0,9325	48
48	0,7431	0,6691	1,111	0,9004	48
49	0,7547	0,6561	1,150	0,8693	49
50	0,7660	0,6428	1,192	0,8391	50
51	0,7771	0,6293	1,235	0,8098	51
52	0,7880	0,6157	1,280	0,7815	52
53	0,7986	0,6018	1,327	0,7536	53
54	0,8090	0,5878	1,376	0,7265	54
55	0,8192	0,5736	1,428	0,7002	55
56	0,8290	0,5592	1,483	0,6745	56
57	0,8387	0,5446	1,540	0,6494	57
58	0,8480	0,5299	1,600	0,6249	58
59	0,8572	0,5150	1,664	0,6009	59
60	0,8660	0,5000	1,732	0,5774	60
61	0,8745	0,4848	1,804	0,5543	61
62	0,8829	0,4695	1,881	0,5317	62
63	0,8910	0,4540	1,963	0,5099	63
64	0,8988	0,4384	2,050	0,4877	64
65	0,9063	0,4226	2,145	0,4663	65
66	0,9135	0,4067	2,246	0,4452	66
67	0,9205	0,3907	2,356	0,4245	67
68	0,9272	0,3746	2,475	0,4040	68
69	0,9336	0,3584	2,605	0,3839	69
70	0,9397	0,3420	2,747	0,3640	70
71	0,9455	0,3256	2,904	0,3443	71
72	0,9511	0,3090	3,078	0,3249	72
73	0,9563	0,2924	3,271	0,3057	73
74	0,9613	0,2756	3,487	0,2867	74
75	0,9659	0,2588	3,732	0,2679	75
76	0,9703	0,2419	4,011	0,2493	76
77	0,9744	0,2250	4,331	0,2309	77
78	0,9781	0,2079	4,705	0,2126	78
79	0,9816	0,1908	5,145	0,1944	79
80	0,9848	0,1736	5,671	0,1763	80
81	0,9877	0,1564	6,314	0,1584	81
82	0,9903	0,1392	7,115	0,1405	82
83	0,9925	0,1219	8,144	0,1228	83
84	0,9945	0,1045	9,514	0,1051	84
85	0,9962	0,0872	11,430	0,0815	85
86	0,9976	0,0698	14,301	0,0699	86
87	0,9986	0,0523	19,081	0,0524	87
88	0,9994	0,0349	28,636	0,0349	88
89	0,9998	0,0175	57,290	0,0175	89
90	1,0000	0,0000	$\pm$	0,0000	90

17. Значения  $\sin$  и  $\operatorname{tg}$  от 0 до  $1^\circ$ ,  $\cos$  и  $\operatorname{ctg}$  от  $89$  до  $90^\circ$ 

$\alpha'$	$\sin \alpha,$ $\operatorname{tg} \alpha$	—	$\alpha'$	$\sin \alpha,$ $\operatorname{tg} \alpha$	—	$\alpha'$	$\sin \alpha,$ $\operatorname{tg} \alpha$	—
0	0,0000	$90^\circ 0'$	21	0,0061	$89^\circ 39'$	41	0,0119	$89^\circ 19'$
1	0,0003	59	22	0,0064	38	42	0,0122	18
2	0,0006	58	23	0,0067	37	43	0,0125	17
3	0,0009	57	24	0,0070	36	44	0,0128	16
4	0,0012	56	25	0,0073	35	45	0,0131	15
5	0,0015	55	26	0,0076	34	46	0,0134	14
6	0,0018	54	27	0,0079	33	47	0,0137	13
7	0,0020	53	28	0,0081	32	48	0,0140	12
8	0,0023	52	29	0,0084	31	49	0,0143	11
9	0,0026	51	30	0,0087	30	50	0,0145	10
10	0,0029	50	31	0,0090	29	51	0,0148	9
11	0,0032	49	32	0,0093	28	52	0,0151	8
12	0,0035	48	33	0,0096	27	53	0,0154	7
13	0,0038	47	34	0,0099	26	54	0,0157	6
14	0,0041	46	35	0,0102	25	55	0,0160	5
15	0,0044	45	36	0,0105	24	56	0,0163	4
16	0,0047	44	37	0,0108	23	57	0,0166	3
17	0,0050	43	38	0,0111	22	58	0,0169	2
18	0,0052	42	39	0,0113	21	59	0,0172	1
19	0,0055	41	40	0,0116	$89^\circ 20'$	60	0,0175	$89^\circ 0'$
20	0,0058	$89^\circ 40'$						
—	$\cos \alpha,$ $\operatorname{ctg} \alpha$	$\alpha^\circ$	—	$\cos \alpha,$ $\operatorname{ctg} \alpha$	$\alpha^\circ$	—	$\cos \alpha,$ $\operatorname{ctg} \alpha$	$\alpha^\circ$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha} = \frac{1}{\operatorname{ctg} \alpha}.$$

### Функции двойных, тройных и половинных углов

$$\sin 2\alpha = 2\sin \alpha \cdot \cos \alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha};$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 1 - 2\sin^2 \alpha =$$

$$= 2\cos^2 \alpha - 1 = \frac{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha};$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha} = \frac{2}{\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha};$$

$$\operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^2 \alpha - 1}{2 \operatorname{ctg} \alpha} = \frac{\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha}{2};$$

$$\sin 3\alpha = 3\sin \alpha - 4\sin^3 \alpha; \quad \cos 3\alpha = 4\cos^3 \alpha - 3\cos \alpha;$$

$$\operatorname{tg} 3\alpha = \frac{3 \operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg}^3 \alpha}{1 - 3 \operatorname{tg}^2 \alpha}; \quad \operatorname{ctg} 3\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^3 \alpha - 3 \operatorname{ctg} \alpha}{3 \operatorname{ctg}^2 \alpha - 1};$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}} = \frac{\sqrt{1 + \sin \alpha} - \sqrt{1 - \sin \alpha}}{2};$$

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}} = \frac{\sqrt{1 + \sin \alpha} + \sqrt{1 - \sin \alpha}}{2};$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\sin \alpha}{1 + \cos \alpha} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{1 + \cos \alpha}};$$

$$\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha} = \frac{1 + \cos \alpha}{\sin \alpha} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}}.$$

### Суммы и разности функций одного угла

$$\begin{aligned} \sin \alpha + \cos \alpha &= \sqrt{1 + \sin \alpha} = \sqrt{2} \sin(45^\circ + \alpha) = \\ &= \sqrt{2} \cos(45^\circ - \alpha); \end{aligned}$$

$$\sin \alpha - \cos \alpha = -\sqrt{1 - \sin 2\alpha};$$

$$\begin{aligned} \cos \alpha - \sin \alpha &= \sqrt{1 - \sin 2\alpha} = \sqrt{2} \sin(45^\circ - \alpha) = \\ &= \sqrt{2} \cos(45^\circ + \alpha); \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{ctg} \alpha = \frac{2}{\sin 2\alpha}; \quad \operatorname{tg} \alpha - \operatorname{ctg} \alpha = -2 \operatorname{ctg} 2\alpha;$$

$$\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha = 2 \operatorname{ctg} 2\alpha.$$

## Степени функций одного угла

$$\sin^2 \alpha = \frac{1 - \cos 2\alpha}{2}; \quad \cos^2 \alpha = \frac{1 + \cos 2\alpha}{2};$$

$$\sin^3 \alpha = \frac{3 \sin \alpha - \sin 3\alpha}{4}; \quad \cos^3 \alpha = \frac{3 \cos \alpha + \cos 3\alpha}{4};$$

$$\sin^4 \alpha = \frac{\cos 4\alpha - 4 \cos 2\alpha + 3}{8}; \quad \cos^4 \alpha = \frac{\cos 4\alpha + 4 \cos 2\alpha + 3}{8};$$

$$\operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1 = \frac{1 - \cos 2\alpha}{1 + \cos 2\alpha}; \quad \operatorname{ctg}^2 \alpha = \frac{1}{\sin^2 \alpha} - 1.$$

## Функции суммы и разности двух углов

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta;$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta;$$

$$\operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta}{1 \mp \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}; \quad \operatorname{ctg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta \mp 1}{\operatorname{ctg} \beta \pm \operatorname{ctg} \alpha}.$$

## Суммы и разности функций двух углов

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2};$$

$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2};$$

$$\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2};$$

$$\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2};$$

$$\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\cos \alpha \cdot \cos \beta}; \quad \operatorname{ctg} \alpha \pm \operatorname{ctg} \beta = \frac{\sin(\beta \pm \alpha)}{\sin \alpha \cdot \sin \beta}.$$

## Произведение функций двух углов

$$\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)}{2};$$

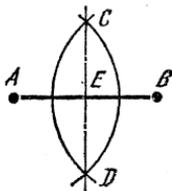
$$\cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)}{2};$$

$$\cos \alpha \cdot \sin \beta = \frac{\sin(\alpha + \beta) - \sin(\alpha - \beta)}{2};$$

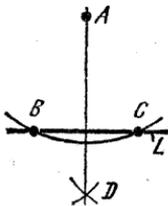
$$\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}; \quad \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta = \frac{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta};$$

$$\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta = \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}{\operatorname{tg} \beta + \operatorname{ctg} \alpha}.$$

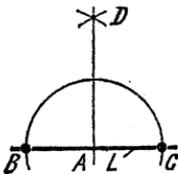
## 18. Простейшие геометрические построения

1. Провести перпендикуляр  
через середину отрезка  $AB$ 

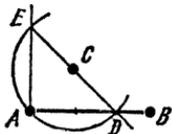
Из точек  $A$  и  $B$ , как из центров, с радиусом, большим половины отрезка  $AB$ , провести две дуги до их взаимного пересечения в точках  $C$  и  $D$ . Прямая  $CED$  будет перпендикулярна отрезку  $AB$  в его средней точке  $E$

2. Из точки  $A$  опустить перпендикуляр  
на прямую  $L$ 

Из точки  $A$ , как из центра, провести дугу, пересекающую прямую  $L$  в точках  $B$  и  $C$ . Из точек  $B$  и  $C$  провести дуги до взаимного пересечения в точке  $D$ ; прямая  $AD$  — искомый перпендикуляр

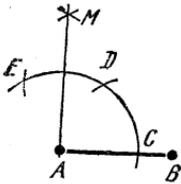
3. Провести перпендикуляр  
к прямой  $L$  в точке  $A$ 

Из точки  $A$ , как из центра, провести с произвольным радиусом дугу до пересечения с прямой  $L$  в точках  $B$  и  $C$ . Из точек  $B$  и  $C$  провести дуги до взаимного пересечения в точке  $D$ ; прямая  $AD$  — искомый перпендикуляр

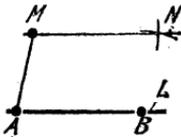
4. Провести перпендикуляр  
к отрезку  $AB$  в точке  $A$ 

**Первый способ.** Из произвольной точки  $C$ , как из центра, провести дугу с радиусом  $AC$  до пересечения в точке  $D$  с отрезком  $AB$ . Через точки  $D$  и  $C$  провести прямую до пересечения с дугой в точке  $E$ ;  $EA$  — искомый перпендикуляр

Продолжение табл. 18

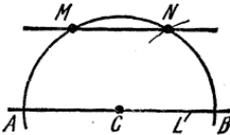


**Второй способ.** Из точки  $A$  с произвольным радиусом провести дугу до пересечения с отрезком  $AB$  в точке  $C$ . С тем же радиусом из точки  $C$  на дуге отметить точку  $D$ , а затем из точки  $D$  — точку  $E$ . Из точек  $D$  и  $E$  провести дуги до взаимного пересечения в точке  $M$ ;  $AM$  — искомый перпендикуляр

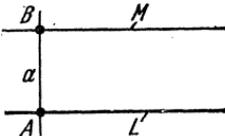


**5. Через точку  $M$  провести прямую,  $L$  параллельную прямой**

**Первый способ.** На прямой  $L$  отложить произвольный отрезок  $AB$ . Из точки  $B$  провести дугу радиусом  $AM$ , а из точки  $M$  — дугу радиусом  $AB$  до взаимного пересечения в точке  $N$ ; прямая  $MN$  — искомая прямая, параллельная прямой  $L$

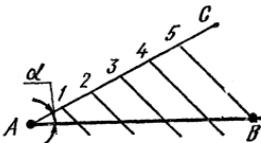


**Второй способ.** Из произвольной точки  $C$  провести полуокружность с радиусом  $CM$ , на которой с радиусом  $AM$  из точки  $B$  отметить точку  $N$ ;  $MN$  — искомая прямая, параллельная прямой  $L$



**6. Провести прямую, параллельную данной прямой  $L$  на заданном расстоянии  $a$**

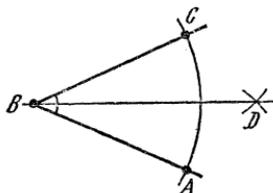
Из произвольной точки  $A$  заданной прямой  $L$  провести перпендикулярную ей прямую (см. пп. 1—4), отложить на ней отрезок  $AB$ , равный  $a$ , и через точку  $B$  провести (см. п. 5) искомую прямую  $M$ , параллельную заданной прямой  $L$



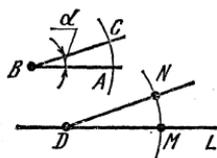
**7. Разделить отрезок  $AB$  на  $n$  (например, 5) равных частей**

Через точку  $A$  провести под произвольным углом  $\alpha$  прямую  $AC$ , на которой от точки  $A$  отложить  $n$  (5) равных произвольных отрезков ( $A1 = 12 = 23 = \dots$  и т. д.). Конец последнего отрезка соединить с точкой  $B$  (прямая  $B5$ ). Через точки 1, 2, 3 и т. д. провести прямые, параллельные прямой  $B5$ , до пересечения с отрезком  $AB$ , которые и разделят отрезок  $AB$  на заданное  $n$  число равных частей

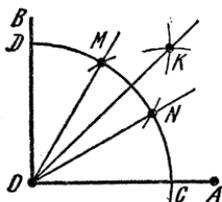
Продолжение табл. 18

**8. Построить биссектрису угла**

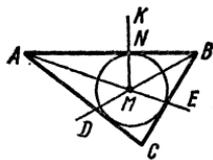
Из вершины (точка  $B$ ) угла провести дугу произвольного радиуса до пересечения со сторонами угла в точках  $A$  и  $C$ . Из точек  $A$  и  $C$  провести дуги до взаимного пересечения в точке  $D$ ; прямая  $BD$  — искомая биссектриса угла

**9. На прямой  $L$  построить угол, равный заданному углу  $\alpha$** 

Из вершины  $B$  заданного угла  $\alpha$  провести дугу произвольного радиуса до пересечения со сторонами угла в точках  $A$  и  $C$ . С тем же радиусом из произвольной точки  $D$  прямой  $L$  провести дугу, пересекающую прямую  $L$  в точке  $M$ . На этой дуге от точки  $M$  отложить отрезок, равный дуге  $AC$  (точка  $N$ ). Соединив точки  $D$  и  $N$ , получим угол  $MDN$ , равный углу  $\alpha$

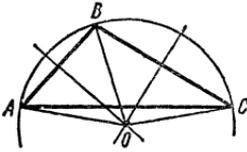
**10. На отрезке  $OA$  построить углы  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  и  $60^\circ$** 

В точке  $O$  восстановить перпендикуляр  $OB$  (см. п. 4) к отрезку  $OA$ . Из точки  $O$  провести дугу с произвольным радиусом до пересечения со сторонами угла  $AOB$ . С тем же радиусом из точек пересечения  $C$  и  $D$  на дуге отметить точки  $M$  и  $N$ . Построить биссектрису  $OK$  угла  $AOB$  (см. п. 8). Через точки  $M$  и  $N$  и точку  $O$  провести прямые. Угол  $AON$  равен  $30^\circ$ , угол  $AOK$  равен  $45^\circ$  и угол  $AOM$  равен  $60^\circ$

**11. Построить окружность, вписанную в треугольник  $ABC$** 

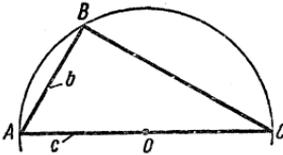
Построить биссектрисы углов (см. п. 8)  $CAB$  и  $ABC$ , из точки их пересечения (точка  $M$ ) опустить перпендикуляр  $MN$  на сторону  $AB$  (см. п. 2). Отрезок  $MN$  есть радиус вписанной окружности, а точка  $M$  ее центр

Продолжение табл. 18



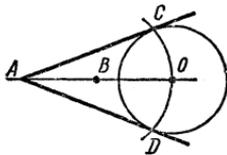
**12. Построить окружность, описанную вокруг треугольника  $ABC$**

Через середины сторон  $AB$  и  $BC$  треугольника провести перпендикуляры (см. п. 1) до их пересечения в точке  $O$ . Точка  $O$  есть центр описанной окружности, а отрезки  $AO = OB = OC$  равны ее радиусу



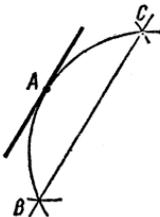
**13. По заданным значениям катета  $b$  и гипотенузы  $c$  построить прямоугольный треугольник**

Из середины (точка  $O$ ) гипотенузы провести полуокружность с радиусом  $OA = OB = 0,5c$ . Из конца гипотенузы (точка  $A$ ) провести дугу с радиусом, равным катету  $b$ , до ее пересечения с полуокружностью в точке  $B$ . Соединив точку  $B$  с точками  $A$  и  $C$ , получим искомый прямоугольный треугольник



**14. Провести касательные из точки  $A$  к заданной окружности**

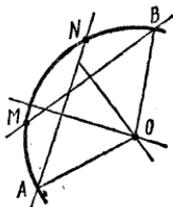
Соединить точку  $A$  с центром окружности; отрезок  $OA$  разделить пополам (см. п. 1). Из середины отрезка  $OA$  (точка  $B$ ) провести дугу радиусом  $OB$  до пересечения с окружностью в точках  $C$  и  $D$ . Прямые  $AC$  и  $AD$  — искомые касательные



**15. Построить касательную к дуге окружности в точке  $A$**

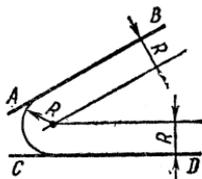
Из точки  $A$  с произвольным радиусом сделать на заданной дуге отметки (точки  $B$  и  $C$ ), провести через них хорду  $BC$  и через точку  $A$  провести прямую, параллельную хорде  $BC$  (см. п. 5), которая и будет искомой касательной

Продолжение табл. 18



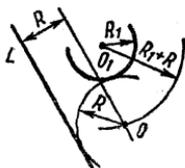
**16. Найти центр и радиус окружности, заданной дугой  $AB$**

Провести две произвольные хорды  $AN$  и  $MB$ , через середины которых (см. п. 1) провести перпендикуляры до взаимного пересечения в точке  $O$ . Точка  $O$  есть центр заданной окружности, а ее радиус равен отрезку  $OA = OB$



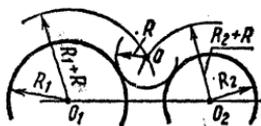
**17. Провести дугу с радиусом  $R$ , касательную к пересекающимся под произвольным углом прямым  $AB$  и  $CD$**

Провести прямые, параллельные заданным и отстоящим от них на расстоянии  $R$  (см. п. 6) до взаимного пересечения в точке  $O$ . Из точки  $O$  провести дугу с радиусом  $R$ , которая и будет искомой касательной к прямой  $AB$  и  $CD$



**18. Провести дугу с радиусом  $R$ , касательную к дуге радиуса  $R_1$  и прямой  $L$**

Из центра  $O_1$  заданной дуги провести дугу с радиусом  $R_1 + R$  и прямую, параллельную заданной прямой  $L$  и отстоящей от нее на расстоянии  $R$  (см. п. 5) до их взаимного пересечения в точке  $O$ . Точка  $O$  есть искомый центр заданной дуги радиуса  $R$ , касательной к заданным дуге и прямой. Задача не имеет решения, если расстояние между центром  $O_1$  и прямой  $L$  больше величины  $R_1 + 2R$

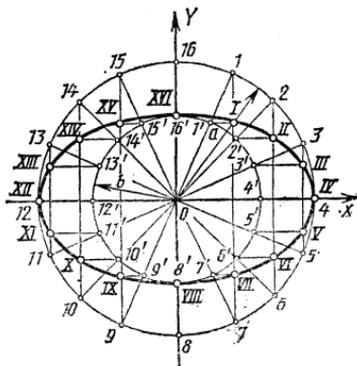


**19. Провести дугу с радиусом  $R$ , касательную к двум дугам с радиусами  $R_1$  и  $R_2$**

Из центров заданных дуг (точек  $O_1$  и  $O_2$ ) провести дуги с радиусами, соответственно равными  $R_1 + R$  и  $R_2 + R$ , до их взаимного пересечения в точке  $O$ , которая и является искомым центром дуги с радиусом  $R$ , касательной к заданным дугам. Задача не имеет решения, если расстояние между центрами  $O_1$  и  $O_2$  заданных дуг больше величины  $R_1 + R_2 + 2R$

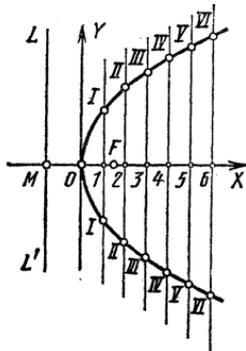
## 19. Построение типовых кривых

**1. Эллипс** — геометрическое место точек, сумма расстояний которых до двух неподвижных точек (фокусов) есть величина постоянная. Уравнение эллипса  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ , где  $a$  и  $b$  — большая и малая полуоси эллипса.



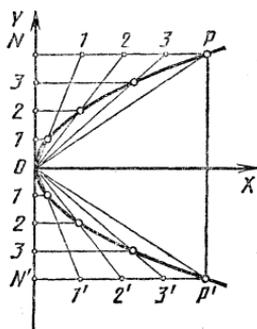
Из точки  $O$  проводят две окружности радиусами, равными  $a$  и  $b$ . Большую окружность делят на произвольное число равных частей. Полученные точки  $1, 2, 3 \dots$  соединяют с центром окружности линиями, которые пересекают малую окружность в точках  $1', 2', 3' \dots$ . Через эти точки проводят прямые, параллельные оси  $OX$ , а через точки  $1, 2, 3 \dots$  — прямые, параллельные оси  $OY$ . На пересечении прямых, проведенных от одноименных точек, находят точки  $I, II, III, IV \dots$ , которые и являются точками искомого эллипса

**2. Парабола** — геометрическое место точек, равноудаленных от неподвижной точки (фокуса  $F$ ) и неподвижной прямой (директрисы  $LL'$ ). Уравнение параболы  $y^2 = 2px$ , где  $p$  — параметр, равный расстоянию между фокусом и директрисой



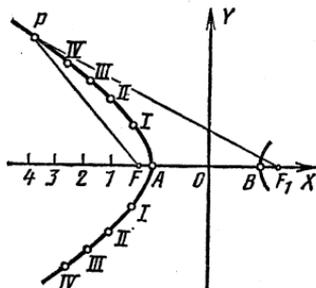
**Первый способ.** Даны фокус  $F$  и директриса  $LL'$ . Ось  $OX$  находят построением прямой, проходящей через фокус перпендикулярно директрисе  $LL'$ . Вершина параболы  $O$  будет лежать в середине отрезка  $MF$ . От точки  $O$  по оси  $OX$  откладывают произвольные равные отрезки и через полученные точки  $1, 2, 3 \dots$  проводят линии, перпендикулярные оси  $OX$ . Из фокуса  $F$  проводят окружности радиусами  $M1, M2, M3 \dots$ , пересечения которых с прямыми, проведенными через точки  $1, 2, 3 \dots$ , дадут точки  $I, II, III, IV \dots$ , которые будут точками искомого параболы.

Продолжение табл. 19



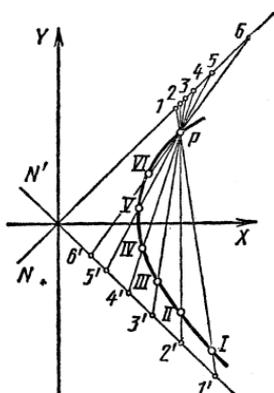
**Второй способ.** Даны вершина параболы  $O$ , ось  $OX$  и точка параболы  $P$ . Через точку  $O$  проводят ось  $OY$  и строят прямоугольник  $PNN'P'$ ; отрезки  $PN$ ,  $NO$ ,  $ON'$  и  $N'P'$  делят на равное число частей. Из точек  $1, 2, 3 \dots$  отрезков  $NO$  и  $ON'$  проводят прямые, параллельные оси  $OX$ , а точки отрезков  $NP$  и  $N'P'$  соединяют с точкой  $O$ . Пересечения одноименных прямых есть точки искомой параболы

**3. Гипербола** — геометрическое место точек, разность расстояний которых от двух неподвижных точек — фокусов  $F$  и  $F_1$  — есть величина постоянная. Уравнение гиперболы  $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$ , где  $a$  — расстояние от вершин до начала координат ( $OA = OB$ );  $b = \sqrt{c^2 - a^2}$  (где  $c = OF = OF_1$  есть расстояние от фокуса до начала координат)



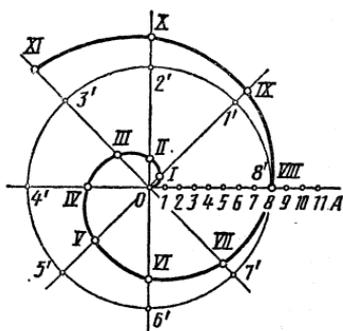
**Первый способ.** Даны положение фокусов  $F$  и  $F_1$  и точка гиперболы  $P$ . Отрезок  $FF_1$  делят пополам и от его середины  $O$  откладывают в обе стороны отрезки  $OA$  и  $OB$ , равные полуразности расстояний точки  $P$  до фокусов, т. е.  $OA = OB = 0,5 (PF_1 - PF)$ . Полученные точки  $A$  и  $B$  — вершины гиперболы. На оси  $OX$  намечают произвольные точки  $1, 2, 3 \dots$ . Из фокуса  $F$  проводят дуги с радиусами  $A1, A2, A3 \dots$ , а из фокуса  $F_1$  — дуги с радиусами  $B1, B2, B3 \dots$ . Пересечения одноименных дуг дают точки  $(I, II, III, IV \dots)$  искомой гиперболы

Продолжение табл. 19



**Второй способ.** Даны точка гиперболы  $P$  и ее асимптоты  $N$  и  $N'$ . Через точку  $P$  проводят пучок прямых до пересечения с асимптотами в точках  $1, 2, 3 \dots$  и  $1', 2', 3' \dots$ . От точек  $1, 2, 3 \dots$  откладывают отрезки  $1'I' = 1P, 2'II' = 2P, 3'III' = 3P \dots$ . Полученные точки  $I, II, III \dots$  есть точки искомой гиперболы (так как у гиперболы отрезки одной прямой, заключенной между гиперболой и асимптотами, равны между собой)

**4. Архимедова спираль** — получается при равномерном движении точки по прямой, равномерно вращающейся вокруг неподвижной точки. Уравнение спирали  $r = a\varphi$ , где  $a$  — коэффициент увеличения радиуса при увеличении угла его поворота.



Проводят окружность с радиусом  $OA = r_0 = 2\pi a$ , где  $r_0$  — путь, пройденный точкой по прямой за время ее поворота на  $360^\circ$ . Радиус  $OA$  делят на произвольное число равных частей; на такое же число равных частей делят окружность. На лучах  $O1', O2', O3' \dots$  от центра откладывают отрезки  $O1, O1I, O1II$  и т. д., соответственно равные отрезкам  $O1, O2, O3 \dots$ . Полученные точки  $I, II, III, IV$  и т. д. есть точки архимедовой спирали

Продолжение табл. 19

5. **Гиперболическая спираль** получается при движении точки по вращающейся прямой таким образом, что ее расстояние от центра вращения всегда будет обратно пропорционально углу поворота прямой, измеренному от начального положения.

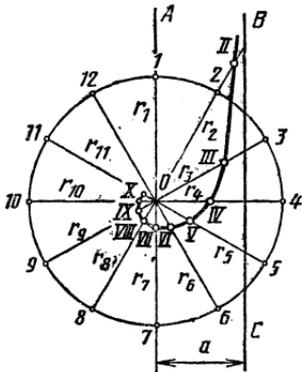
Уравнение спирали  $r\varphi = a$ , где  $a$  — расстояние асимптоты спирали от начала координат. Так как при  $\varphi \rightarrow 0$   $r \rightarrow \infty$ , то прямая  $BC$ , проведенная параллельно оси  $OA$  на расстоянии  $a$ , есть асимптота спирали. При  $\varphi \rightarrow \infty$   $r \rightarrow 0$ , поэтому полюс  $O$  есть асимптотическая точка спирали, вокруг которой спираль описывает бесконечное число оборотов и никогда ее не достигает.

Из полюса  $O$  спирали проводят окружность с произвольным радиусом и делят ее на произвольное число равных частей. Через полученные точки  $1, 2, 3 \dots$  проводят лучи из полюса  $O$ . На лучах откладывают отрезки, равные  $r_1, r_2, r_3$  и т. д., значения которых вычисляют по формуле  $r_i = \frac{an}{2\pi(i-1)}$ ,

где  $n$  — число частей, на которое была разделена окружность;  $i$  — порядковый номер радиуса. Так,

$$r_1 = \infty; r_2 = \frac{an}{2\pi}; r_3 = \frac{an}{4\pi} \text{ и т. д.}$$

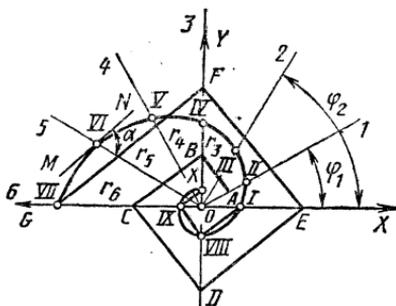
Величины радиусов откладывают на соответствующих лучах; полученные точки  $I, II, III, IV$  и т. д. будут точками гиперболической спирали



Продолжение табл. 19

6. **Логарифмическая спираль** получается при движении точки по вращающейся прямой таким образом, что ее расстояния от центра растут в геометрической прогрессии, а углы поворота прямой изменяются (возрастают) по закону арифметической прогрессии.

Уравнение спирали  $r = ae^{m\varphi}$ , где  $a$  — радиус спирали при  $\varphi = 0$  и  $m > 0$ . Полюс спирали является асимптотической точкой, вокруг которой спираль описывает бесконечное число оборотов, никогда ее не достигая.



Для построения спирали следует задаться величиной  $m$ ; примем ее равной 0,5. Чтобы построить дугу спирали в промежутке от 0 до  $\pi$ , этот угол (т. е. от 0 до  $\pi$ ) делят лучами  $OI, OII, OIII$  и т. д. на некоторое число равных частей, например шесть.

Тогда угол  $\varphi_i$  для каждого радиуса определяется по формуле  $\varphi_i = \frac{\pi i}{6}$ ,

где  $i$  — порядковый номер

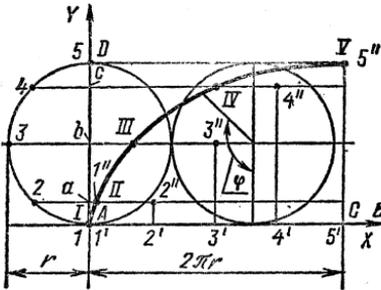
радиуса. Тогда  $r_i = ae^{\frac{0,5\pi i}{6}} = a \cdot 1,3^i$  т. е.  $r_0 = a \cdot 1,3^0$ ;  $r_1 = a \cdot 1,3^1$ ;  $r_2 = a \cdot 1,3^2$  и т. д.

Для графического определения величин  $r_1, r_2, r_3$  и т. д. по оси  $OX$  откладывают величину  $OA = a$ , а по оси  $OY$  величину  $OB = 1,3a$ ;  $A$  и  $B$  соединяют прямой, затем проводят прямую  $CB$  перпендикулярно прямой  $AB$ ;  $CD$  — перпендикулярно  $CB$ ;  $DE$  — перпендикулярно  $CD$  и т. д. Тогда  $BO = a \cdot 1,3^1 = r_1$ ;  $CO = a \cdot 1,3^2 = r_2$ ;  $DO = a \cdot 1,3^3 = r_3$  и т. д., которые и откладывают на соответствующих лучах, получая точки  $I, II, III, IV$  и т. д. логарифмической спирали.

Чтобы найти точки пересечения координатных осей с продолжением спирали, точку  $I$  соединяют с точкой  $IV$ , затем проводят прямую  $I-VIII$  перпендикулярно  $I-IV$ , прямую  $VIII-IX$  перпендикулярно  $VIII-I$  и т. д. Полученные точки  $VIII, IX, X$  и т. д. будут тоже точками логарифмической спирали. Угол  $\alpha$ , образованный касательной  $MN$  с радиусом-вектором, будет для всех точек постоянным и равным  $\text{arctg } m$

Продолжение табл. 19

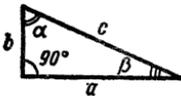
7. Циклоида — кривая, описанная точкой, расположенной на окружности, при качении окружности по прямой без скольжения. Уравнения циклоиды  $x = r(\varphi - \sin \varphi)$ ;  $y = r(\varphi - \cos \varphi)$ , где  $r$  — радиус катящейся окружности;  $\varphi$  — угол, образуемый радиусом и осью окружности.



На прямой  $AB$  откладывают отрезок  $AC = \pi r$ , равный половине длины катящейся окружности. Дугу  $AD$  и прямую  $AC$  делят на одинаковое число равных частей, например четыре. Из полученных точек  $I, 2, 3 \dots$  проводят прямые, параллельные  $AC$ , а из точек  $I', 2', 3' \dots$  — прямые, перпендикулярные  $AC$ . От точек пересечения одноименных прямых  $I'', 2'', 3'' \dots$

откладывают отрезки  $2'' II = a2$ ;  $3'' III = b3$  и т. д.; полученные точки  $I, II, III$  и т. д. будут точками циклоиды

## 20. Соотношения элементов плоских фигур



### Прямоугольный треугольник

Обозначения:  $a$  и  $b$  — катеты;  $c$  — гипотенуза;  $S$  — площадь.

$$a^2 + b^2 = c^2; \alpha + \beta = 90^\circ;$$

$$S = \frac{ab}{2}, c = \sqrt{a^2 + b^2} =$$

$$= \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\cos \alpha} = \frac{a}{\cos \beta} = \frac{b}{\sin \beta};$$

$$a = \sqrt{c^2 - b^2} = c \sin \alpha = c \cos \beta = b \operatorname{tg} \alpha = b \operatorname{ctg} \beta;$$

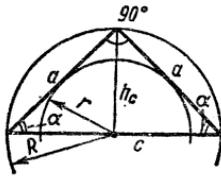
$$b = \sqrt{c^2 - a^2} = c \sin \beta = c \cos \alpha = a \operatorname{tg} \beta = a \operatorname{ctg} \alpha;$$

$$S = \frac{ab}{2} = \frac{a^2}{2} \operatorname{ctg} \alpha = \frac{b^2}{2} \operatorname{tg} \alpha = \frac{c^2}{2} \sin \alpha \cos \alpha =$$

$$= \frac{c^2}{4} \sin 2\alpha = \frac{a}{2} \sqrt{c^2 - a^2};$$

$$\sin \alpha = \cos \beta = \frac{a}{c}; \quad \sin \beta = \cos \alpha = \frac{b}{c}; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}; \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{b}{a}$$

Продолжение табл. 20



**Равнобедренный  
прямоугольный треугольник**

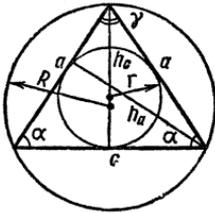
Обозначения:  $a$  — боковые стороны (катеты);  $c$  — основание (гипотенуза);  $\alpha$  — углы при основании;  $h_c$  — высота;  $R$  — радиус описанной окружности;  $P$  — периметр;  $S$  — площадь.

$$\alpha = 45^\circ; a = \frac{c}{2} \sqrt{2} = 0,707c = h_c \sqrt{2} = 1,41h_c;$$

$$c = a \sqrt{2} = 1,41a = 2h_c = 2R; h_c =$$

$$= \frac{c}{2} = \frac{a}{2} \sqrt{2} = 0,707a = R; R = \frac{c}{2} = \frac{a}{2} \sqrt{2} = 0,707a;$$

$$P = 2a + c = 2,414c; S = \frac{1}{2}a^2 = \frac{1}{4}c^2 = h_c^2$$



**Равнобедренный треугольник**

Обозначения:  $a$  — боковые стороны;  $c$  — основание;  $\alpha$  — углы при основании;  $\gamma$  — угол при вершине;  $h_a$  и  $h_c$  — высоты на сторону  $a$  и основание  $c$ ;  $P$  — периметр;  $S$  — площадь;  $R$  и  $r$  — радиусы описанной и вписанной окружностей.

$$\gamma = 180^\circ - 2\alpha; \alpha = 90^\circ - \frac{\gamma}{2};$$

$$\cos \alpha = \sin \frac{\gamma}{2} = \frac{c}{2a};$$

$$a = \frac{c}{2 \cos \alpha} = \frac{c}{2 \sin \frac{\gamma}{2}} = \frac{h_a}{\sin \gamma} = \frac{h_c}{\cos \frac{\gamma}{2}} = \sqrt{h_c^2 + \frac{c^2}{4}};$$

$$c = 2a \sin \frac{\gamma}{2} = 2\alpha \cos \alpha = \frac{h_a}{\sin \alpha} = \frac{2h_c}{\operatorname{tg} \alpha} = 2h_c \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2};$$

$$h_a = a \sin \gamma = c \sin \alpha = c \cos \frac{\gamma}{2} = \frac{c}{a} \sqrt{a^2 - \frac{c^2}{4}};$$

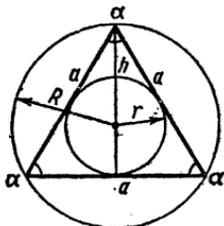
$$h_c = a \sin \alpha = a \cos \frac{\gamma}{2} = \frac{c}{2} \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2} = \sqrt{a^2 - \frac{c^2}{4}};$$

$$R = \frac{a^2}{2 \sqrt{a^2 - \frac{c^2}{4}}} = \frac{a^2}{2h_c}; r = \frac{c}{2} \sqrt{\frac{2a-c}{2a+c}};$$

$$P = 2a + c = 2a \left(1 + \sin \frac{\gamma}{2}\right) = 2a (1 + \cos \alpha) = c \left(1 + \frac{1}{\cos \alpha}\right);$$

$$S = \frac{c}{2} \sqrt{a^2 - \frac{c^2}{4}} = \frac{1}{2} a^2 \sin \gamma = \frac{1}{4} c^2 \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{2} a h_a = \frac{1}{2} c h_c$$

Продолжение табл. 20

**Равносторонний треугольник**

Обозначения:  $a$  — сторона;  $h$  — высота;  $R$  и  $r$  — радиусы описанной и вписанной окружностей;  $P$  — периметр;  $S$  — площадь.

$$a = \frac{2}{3} h \sqrt{3} = 1,155h = R \sqrt{3} =$$

$$= 1,732R = 2r \sqrt{3} = 3,463r;$$

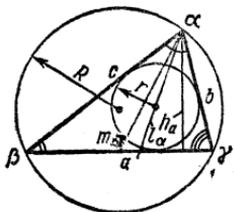
$$\alpha = 60^\circ; h = \frac{a}{2} \sqrt{3} =$$

$$= 0,866a = 1,5R = 3r;$$

$$R = \frac{a}{3} \sqrt{3} = 0,577a = \frac{2}{3} h = 2r; r = \frac{a}{6} \sqrt{3} = 0,289a =$$

$$= \frac{h}{3} = \frac{R}{2}; P = 3a = 3,463h = 5,196R = 10,392r;$$

$$S = \frac{a^2}{4} \sqrt{3} = 0,433a^2 = 0,577h^2 = 1,299R^2 = 5,196r^2$$

**Косоугольный треугольник**

Обозначения:  $a, b, c$  — стороны;  $\alpha, \beta, \gamma$  — противолежащие им углы;  $R$  и  $r$  — радиусы описанной и вписанной окружностей;  $P$  — периметр;  $p$  — полупериметр;  $S$  — площадь.

Основные соотношения:

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} = 2R$$

(теорема синусов);

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha \text{ (теорема косинусов);}$$

$$\frac{a+b}{a-b} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha+\beta}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\alpha-\beta}{2}} \text{ (теорема тангенсов);}$$

$$S = \frac{1}{2} ab \sin \gamma = 2R^2 \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma = rp = \\ = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

Основные линии треугольника:

высота на сторону  $a$ :  $h_a = b \sin \gamma = c \sin \beta$ ;

биссектриса угла  $\alpha$ :  $l_\alpha = \frac{bc \cos \frac{\alpha}{2}}{b+c}$ ;

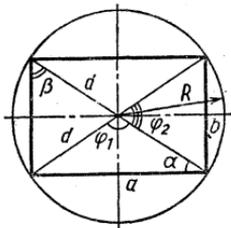
медиана на сторону  $a$ :  $m_a = \frac{1}{2} \sqrt{b^2 + c^2 + 2bc \cos \alpha}$

Продолжение табл. 20

## Элементы косоугольного треугольника

Дано	Формулы для нахождения других элементов
$a$  $\alpha$ $\beta$	$\gamma = 180^\circ - \alpha - \beta; \quad b = \frac{a \sin \beta}{\sin \alpha};$ $c = \frac{a \sin \gamma}{\sin \alpha}; \quad S = \frac{1}{2} a \cdot b \sin \gamma$
$a$ $b$  $\gamma$	$\operatorname{tg} \frac{\alpha - \beta}{2} = \frac{a - b}{a + b} \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}; \quad \frac{\alpha + \beta}{2} = 90^\circ - \frac{\gamma}{2}$ <p>По найденным значениям <math>\alpha + \beta</math> и <math>\alpha - \beta</math> вычисляют <math>\alpha</math> и <math>\beta</math>;</p> $c = \frac{a \sin \gamma}{\sin \alpha}; \quad S = \frac{1}{2} a \cdot b \sin \gamma$
$a$  $b$ $\alpha$	$\sin \beta = \frac{b \sin \alpha}{a}$ <p>Если <math>a \geq b</math>, то <math>\beta &lt; 90^\circ</math> и имеет только одно значение</p> <p>Если <math>a &lt; b</math>, то <math>\beta</math> имеет два значения при <math>b \sin \alpha &lt; a</math> (<math>\beta_2 = 180^\circ - \beta_1</math>);</p> <p><math>\beta</math> имеет одно значение (<math>90^\circ</math>) при <math>b \sin \alpha = a</math>; треугольник нельзя построить при <math>b \sin \alpha &gt; a</math>;</p> $\gamma = 180^\circ - \alpha - \beta; \quad c = \frac{a \sin \gamma}{\sin \alpha}; \quad S = \frac{1}{2} ab \sin \gamma$
$a$ $b$  $c$	$r = \sqrt{\frac{(p-a)(p-b)(p-c)}{p}}; \quad \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{r}{p-a};$ $\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{r}{p-b}; \quad \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} = \frac{r}{p-c};$ $S = rp = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$

### Прямоугольник



Обозначения:  $a$  и  $b$  — стороны;  $d$  — диагональ;  $R$  — радиус описанной окружности;  $\alpha$  и  $\beta$  — углы между сторонами и диагоналями;  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  — углы между диагоналями;  $P$  — периметр;  $S$  — площадь.

$$\alpha = 90^\circ - \beta = 90^\circ - \frac{\varphi_1}{2} = \frac{\varphi_2}{2};$$

$$\varphi_1 = 2\beta = 180^\circ - 2\alpha = 180^\circ - \varphi_2;$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - \frac{\varphi_2}{2} = \frac{\varphi_1}{2};$$

$$\varphi_2 = 2\alpha = 180^\circ - 2\beta = 180^\circ - \varphi_1;$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{a}; \operatorname{tg} \beta = \frac{a}{b}; \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2} = \operatorname{tg} \beta; \operatorname{tg} \frac{\varphi_2}{2} = \operatorname{tg} \alpha;$$

$$a = \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{b}{\operatorname{ctg} \beta} = d \sin \beta = d \cos \alpha = \sqrt{S \operatorname{ctg} \alpha};$$

$$b = a \operatorname{tg} \alpha = a \operatorname{ctg} \beta = d \cos \beta = d \sin \alpha =$$

$$= \sqrt{\frac{S}{\operatorname{ctg} \alpha}} = \sqrt{S \operatorname{tg} \alpha};$$

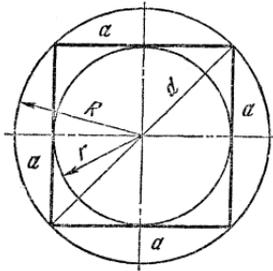
$$d = \sqrt{a^2 + b^2} = \frac{a}{\cos \alpha} = \frac{a}{\sin \beta} = \frac{b}{\sin \alpha} = \frac{b}{\cos \beta} = \sqrt{\frac{2S}{\sin 2\alpha}};$$

$$R = \frac{d}{2} = \frac{a}{2 \cos \alpha} = \frac{b}{2 \cos \beta} = \sqrt{\frac{S}{2 \sin 2\alpha}};$$

$$P = 2(a + b) = 2a(1 + \operatorname{tg} \alpha) = 2a(1 + \operatorname{ctg} \beta) = \\ = 2a \sqrt{1 + 2 \sin 2\alpha};$$

$$S = ab = a^2 \operatorname{tg} \alpha = a^2 \operatorname{ctg} \beta = \frac{1}{2} d^2 \sin \varphi_1 = \frac{1}{2} d^2 \sin 2\alpha$$

Продолжение табл. 20



## Квадрат

Обозначения:  $a$  — сторона;  $d$  — диагональ;  $R$  и  $r$  — радиусы описанной и вписанной окружностей;  $P$  — периметр;  $S$  — площадь.

$$a = \frac{d}{2} \sqrt{2} = \frac{P}{4} =$$

$$= \sqrt{S} = R \sqrt{2} = 2r;$$

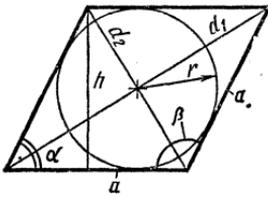
$$d = a \sqrt{2} = \frac{P}{4} \sqrt{2} = \sqrt{2S} = 2R = 2r \sqrt{2};$$

$$R = \frac{a}{2} \sqrt{2} = \frac{d}{2} = \frac{P}{8} \sqrt{2} = \frac{\sqrt{2S}}{2} = r \sqrt{2};$$

$$r = \frac{a}{2} = \frac{d}{4} \sqrt{2} = \frac{P}{8} = \frac{\sqrt{S}}{2} = \frac{R}{2} \sqrt{2};$$

$$P = 4a = 8r = 2d \sqrt{2} = 4 \sqrt{S} = 4r \sqrt{2};$$

$$S = 2a^2 = \frac{d^2}{2} = \frac{P^2}{16} = 2R^2 = 4r^2$$



## Ромб

Обозначения:  $a$  — сторона;  $d_1$  и  $d_2$  — диагонали;  $h$  — высота;  $\alpha$  и  $\beta$  — углы при вершинах (углы между диагоналями  $90^\circ$ );  $r$  — радиус вписанной окружности;  $P$  — периметр;  $S$  — площадь.  
При  $\alpha > 90^\circ$   $d_1 < d_2$ ; при  $\alpha < 90^\circ$   $d_1 > d_2$

$$\alpha = 180^\circ - \beta; \sin \alpha = \sin \beta = \frac{h}{a}; \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{d_2}{d_1};$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \cos \frac{\beta}{2} = \frac{d_2}{2a}; \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{d_1}{d_2};$$

$$a = \frac{d_1}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{d_2}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \sqrt{\frac{S}{\sin \alpha}};$$

$$h = a \sin \alpha = d_1 \sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{S \sin \alpha};$$

$$d_1 = \frac{h}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{h}{\cos \frac{\beta}{2}} = 2a \cos \frac{\alpha}{2} = 2a \sin \frac{\beta}{2} = d_2 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2};$$

Продолжение табл. 20

$$d_2 = \frac{h}{\sin \frac{\beta}{2}} = \frac{h}{\cos \frac{\alpha}{2}} = 2a \sin \frac{\alpha}{2} = 2a \cos \frac{\beta}{2} = d_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2};$$

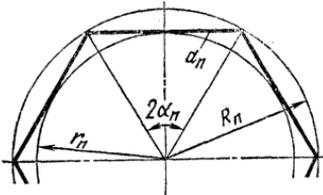
$$r = \frac{h}{2} = \frac{a}{2} \sin \alpha = \frac{1}{2} d_1 d_2 \sin \frac{\alpha}{2};$$

$$P = 4a = 2 \sqrt{d_1^2 + d_2^2};$$

$$S = ah = a^2 \sin \alpha = \frac{1}{2} d_1^2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2} d_1 \sqrt{4a^2 - d_1^2} = \frac{1}{2} d_1 d_2$$

**Правильный многоугольник**

Обозначения:  $n$  — число сторон;  $a_n$  — сторона;  $R_n$  — радиус описанной окружности;  $r_n$  — радиус вписанной окружности;  $2\alpha_n$  — центральный угол;  $P$  — периметр;  $S$  — площадь.



$$2\alpha_n = \frac{360^\circ}{n}; \quad \alpha_n = \frac{180^\circ}{n};$$

$$a_n = 2R_n \sin \alpha_n = 2r_n \operatorname{tg} \alpha_n;$$

$$R_n = \frac{a_n}{2 \sin \alpha_n} = \frac{r_n}{\cos \alpha_n};$$

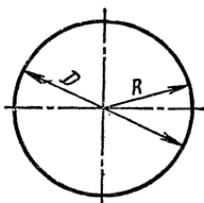
$$P = 2nR_n \sin \alpha_n = 2nr_n \operatorname{tg} \alpha = na_n;$$

$$S = \frac{1}{2} nR_n^2 \sin 2\alpha_n = nr_n^2 \operatorname{tg} \alpha_n = \frac{1}{4} na_n^2 \operatorname{ctg} \alpha_n$$

**Значения**

$n$	$\sin \alpha_n$						
5	0,5878	14	0,2225	35	0,0896	70	0,0449
6	0,5000	15	0,2079	40	0,0785	72	0,0436
7	0,4339	16	0,1951	45	0,0698	75	0,0419
8	0,3827	18	0,1737	50	0,0628	80	0,0393
9	0,3420	20	0,1564	55	0,0571	85	0,0369
10	0,3090	25	0,1253	60	0,0523	90	0,0349
11	0,2817	30	0,1045	64	0,0491	95	0,0331
12	0,2588	32	0,0980	65	0,0483	100	0,0314

Продолжение табл. 20



## Круг

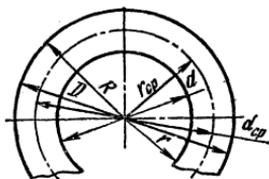
Обозначения:  $R$  — радиус круга;  $D$  — диаметр круга;  $P$  — периметр (длина окружности);  $S$  — площадь.

$$R = \frac{P}{2\pi} = 0,1591P = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 0,5642\sqrt{S};$$

$$D = 2R = \frac{P}{\pi} = 0,3183P = 2\sqrt{\frac{S}{\pi}} = 1,1284\sqrt{S};$$

$$P = 2\pi R = 6,2832R = \pi D = 3,1416D = 2\sqrt{\pi S} = 3,5449\sqrt{S};$$

$$S = \pi R^2 = 3,1416R^2 = \frac{\pi D^2}{4} = 0,7854D^2 = \frac{P^2}{4\pi} = 0,0796P^2$$



## Круговое кольцо

Обозначения:  $D$  — наружный диаметр;  $R$  — наружный радиус;  $d$  — внутренний диаметр;  $r$  — внутренний радиус;  $d_{cp}$  — средний диаметр;  $r_{cp}$  — средний радиус;  $a$  — ширина кольца;  $S$  — площадь.

$$a = R - r = \frac{1}{2}(D - d); R = r + a = r_{cp} + \frac{a}{2};$$

$$D = d + 2a = 2d_{cp} - d; d = D - 2a = 2d_{cp} - D;$$

$$r = R - a = r_{cp} - \frac{a}{2} = 2r_{cp} - R;$$

$$r_{cp} = \frac{1}{2}(R + r) = \frac{1}{4}(D + d) = R - \frac{a}{2} = r + \frac{a}{2};$$

$$d_{cp} = \frac{1}{2}(D + d) = R + r = D - a = d + a;$$

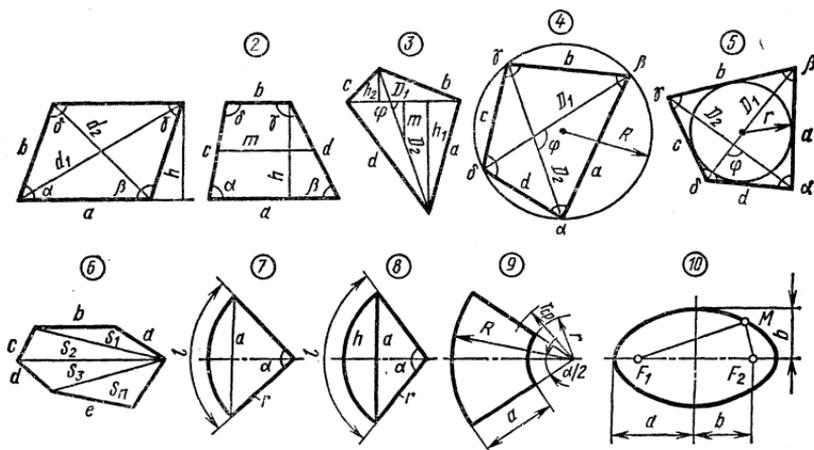
$$S = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = \pi(R^2 - r^2) = 2\pi a r_{cp} = \pi a d_{cp} = \pi a(R + r) = \pi a(D - a) = \pi a(d + a)$$

21. Длины хорд  $S$  при делении окружности диаметром  $d = 1$  на  $n$  равных частей

$n$	$S$								
3	0,86603	23	0,13617	43	0,07300	63	0,04985	82	0,03830
4	0,70711	24	0,13053	44	0,07134	64	0,04907	83	0,03784
5	0,58779	25	0,12533	45	0,06976	65	0,04831	84	0,03739
6	0,50000	26	0,12054	46	0,06824	66	0,04758	85	0,03695
7	0,43388	27	0,11609	47	0,06678	67	0,04687	86	0,03652
8	0,38268	28	0,11196	48	0,06540	68	0,04618	87	0,03610
9	0,34202	29	0,10812	49	0,06407	69	0,04551	88	0,03568
10	0,30902	30	0,10453	50	0,06279	70	0,04487	89	0,03529
11	0,28173	31	0,10117	51	0,06156	71	0,04423	90	0,03490
12	0,25882	32	0,09802	52	0,06038	72	0,04362	91	0,03452
13	0,23932	33	0,09506	53	0,05924	73	0,04302	92	0,03414
14	0,22252	34	0,09227	54	0,05814	74	0,04244	93	0,03377
15	0,20791	35	0,08964	55	0,05709	75	0,04188	94	0,03341
16	0,19509	36	0,08716	56	0,05607	76	0,04132	95	0,03306
17	0,18375	37	0,08481	57	0,05509	77	0,04079	96	0,03272
18	0,17365	38	0,08258	58	0,05414	78	0,04027	97	0,03238
19	0,16460	39	0,08047	59	0,05322	79	0,03976	98	0,03205
20	0,15643	40	0,07846	60	0,05234	80	0,03926	99	0,03173
21	0,14904	41	0,07655	61	0,05148	81	0,03878	100	0,03141
22	0,14232	42	0,07473	62	0,05065				

**Правила пользования таблицей.** Хорду  $S_n$  для деления окружности заданного диаметра  $D$  на  $n$  равных частей вычисляют по формуле:  $S_n = D \cdot S$ , где  $S$  — длина хорды, взятая по таблице для заданного значения  $n$ . Например, при  $D = 375$  мм  $n = 36$ ,  $S = 0,08716$ ,  $S_n = 375 \times 0,08716 = 32,685 = 32,7$  мм.

22. Периметры, площади и другие соотношения плоских фигур



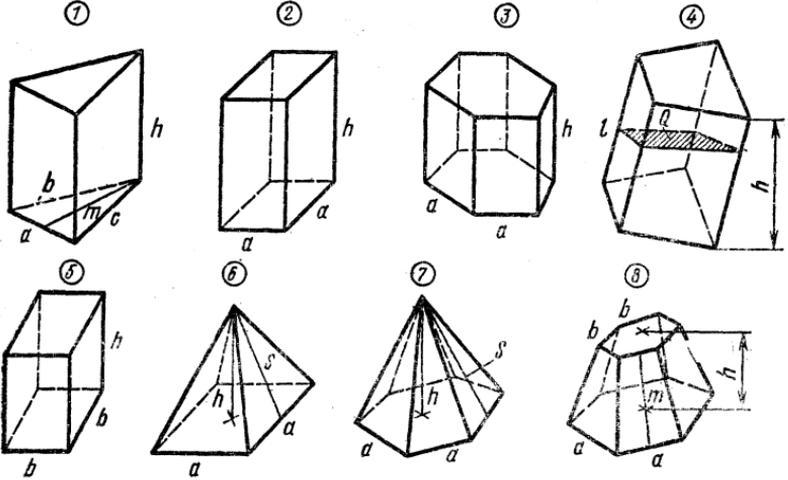
Номер эскиза	Плоская фигура и обозначения	Периметр $P$ , площадь $S$	Другие соотношения элементов фигуры
1	Параллелограмм: $h$ — высота	$P = 2(a + b);$ $S = ah = ab \sin \alpha =$ $= ab \sin \beta$	$d_1 \neq d_2;$ $\alpha = \gamma \neq 90^\circ;$ $\beta = \delta \neq 90^\circ;$ $\alpha + \beta = \gamma +$ $+ \delta = 180^\circ$
2	Трапеция: $h$ — высота; $m$ — средняя линия	$P = a + b + c + d;$ $S = \frac{1}{2}(a + b)h = m \cdot h$	$m = \frac{a + b}{2};$ $h = c \sin \alpha$
3	Четырехугольник выпуклый: $m$ — линия, соединяющая середины диагоналей; $h_1, h_2$ — высоты	$P = a + b + c + d;$ $S = \frac{1}{2}D_1D_2 \sin \varphi =$ $= \frac{1}{4}(b^2 + d^2 - a^2 -$ $- c^2) \operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{2}(h_1 +$ $+ h_2)D_1$	$a^2 + b^2 +$ $+ c^2 + d^2 =$ $= D_1^2 + D_2^2 +$ $+ 4m^2$

Продолжение табл. 22

Номер эскиза	Плоская фигура и обозначения	Периметр $P$ , площадь $S$	Другие соотношения элементов фигуры
4	Четырехугольник, вписанный в окружность: $p$ — полупериметр	$P = a + b + c + d;$ $S = \frac{1}{2} D_1 D_2 \sin \varphi =$ $= \frac{1}{2} (ab + bc) \sin \alpha =$ $= 2R^2 \sin \alpha \sin \beta \sin \varphi =$ $= \frac{1}{2} (ac + bd) \sin \varphi$	$\alpha + \gamma = \beta + \delta = 180^\circ$
5	Четырехугольник с вписанной окружностью: $p$ — полупериметр	$P = a + b + c + d;$ $S = rp = (a + c)r =$ $= (b + d)r =$ $= \frac{1}{2} D_1 D_2 \sin \varphi$	$a + c = b + d$
6	Многоугольник любой	$P = a + b + c + d + \dots$ $S = S_1 + S_2 + S_3 + \dots$	—
7	Сектор круговой: $l$ — длина дуги; $a$ — хорда	$P = 2r + l;$ $S = \frac{lr}{2} = \frac{\pi r^2 \alpha}{360^\circ}$	$l = \frac{\pi r \alpha}{180^\circ};$
8	Сегмент круговой: $l$ — длина дуги; $a$ — хорда; $h$ — высота	$P = l + a;$ $S = \frac{lr - a(r - h)}{2} =$ $= \frac{r^2}{2} \left( \frac{\pi \alpha}{180^\circ} - \sin \alpha \right)$	$a = 2r \sin \frac{\alpha}{2};$ $\alpha = \frac{180^\circ l}{\pi r}$
9	Часть кругового кольца	$P = \frac{\pi \alpha}{180^\circ} (R + r) + 2a;$ $S = \pi ar \operatorname{ср} \frac{\alpha}{180^\circ} = \frac{\pi \alpha}{360^\circ} \times$ $\times (R^2 - r^2)$	—
10	Эллипс: $a, b$ — полуоси; $F_1, F_2$ — фокусы	$P = \pi \sqrt{2(a^2 + b^2)};$ $S = \pi ab$	$c = \sqrt{a^2 - b^2};$ $F_1 M + F_2 M = 2a$

23. Поверхности и объемы тел

Поверхности (боковая  $S_6$ , полная  $S_{\Pi}$ )  
и объемы  $V$  многогранников

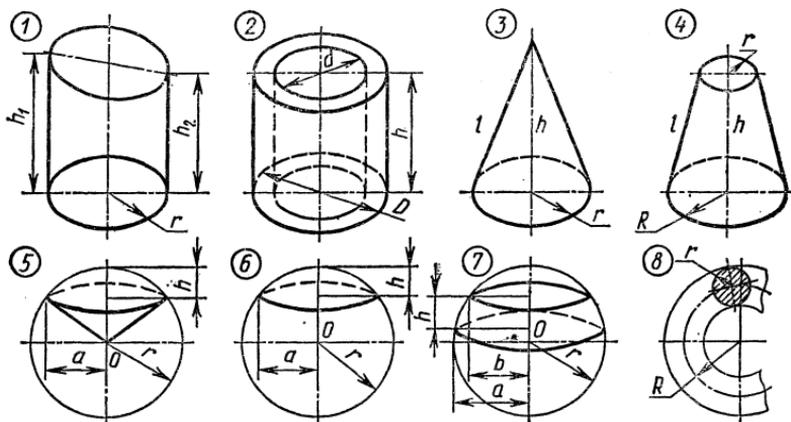


Номер эскиза	Многогранник и обозначения	Расчетные формулы
—	Куб; $a$ — ребро куба	$V = a^3$ ; $S_{\Pi} = 6a^2$
1	Призма: прямая трехгранная; $m$ — высота на сторону $a$ основания	$V = \frac{am}{2} h$ ; $S_{\Pi} = S_6 + am$ ; $S_6 = (a + b + c) h$
2	прямая четырехгранная	$V = a^2 h$ ; $S_6 = 4ah$ ; $S_{\Pi} = S_6 + 2a^2$
3	прямая шестигранная; $a$ — сторона основания	$V = 2,598a^2 h$ ; $S_6 = 6ah$ ; $S_{\Pi} = 5,196a^2 + 6ah$

Продолжение табл. 23

Номер эскиза	Многогранник и обозначения	Расчетные формулы
4	наклонная; $B$ — площадь основания; $P_c$ и $Q_c$ — периметр и площадь перпендикулярного сечения	$V = Bh = Q_c l; S_6 = P_c l;$ $S_{II} = S_6 + 2B$
5	Параллелепипед	$V = abh; S_6 = 2h(a + b);$ $S_{II} = S_6 + 2ab$
6	Пирамида правильная: с квадратом в основании; $s$ — апофема	$V = \frac{a^2 h}{3}; S_6 = 2as;$ $S_{II} = S_6 + a^2$
7	с правильным $n$ -угольником в основании; $B$ — площадь основания; $s$ — апофема	$V = \frac{Bh}{3}; S_6 = \frac{nas}{3};$ $S_{II} = S_6 + B$
8	усеченная; $B_1$ и $B_2$ — площади основания; $a$ и $b$ — стороны оснований; $m$ — апофема	$V = \frac{h}{3} (B_1 + B_2 + \sqrt{B_1 B_2});$ $S_6 = mn \frac{a + b}{2};$ $S_{II} = S_6 + B_1 + B_2$
—	Пирамида любая: $B$ — площадь основания; $h$ — высота	$V = \frac{Bh}{3}$

Продолжение табл. 23

Поверхности (боковая  $S_6$ , полная  $S_{\Pi}$ )  
и объемы  $V$  тел вращения

Номер эскиза	Тело вращения и обозначения	Расчетные формулы
—	Цилиндр круглый прямой; $a$ — диаметр цилиндра; $h$ — высота	$V = \frac{a^2 \pi h}{4}$ ; $S_6 = \pi a h$ ; $S_{\Pi} = S_6 + \frac{\pi a^2}{2}$
1	Цилиндр круглый прямой усеченный	$V = \pi r^2 \frac{h_1 + h_2}{2}$ ; $S_6 = \pi r (h_1 + h_2)$ ; $S_{\Pi} = S_6 + \pi r \left[ r + \sqrt{r^2 + \left(\frac{h_1 + h_2}{2}\right)^2} \right]$
2	Цилиндрическая труба	$V = \frac{\pi h}{4} (D^2 - d^2)$ ; $S_{\Pi} = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{2} + \pi h (D + d)$

Продолжение табл. 23

Номер эскиза	Тело вращения и обозначения	Расчетные формулы
3	Конус: круглый прямой	$V = \frac{1}{3} \pi r^2 h; S_{\text{б}} = \pi r l = \pi r \sqrt{r^2 + h^2};$ $S_{\text{п}} = \pi r (r + l)$
4	круглый прямой усеченный	$V = \frac{1}{3} \pi h (R^2 + r^2 + Rr);$ $S_{\text{б}} = \pi l (R + r);$ $S_{\text{п}} = \pi [R^2 + r^2 + l (R + r)]$
—	Шар; $r$ и $d$ —радиус и диаметр шара	$V = \frac{1}{6} \pi d^3 = \frac{4}{3} \pi r^3; S_{\text{п}} = 4\pi r^2 = \pi d^2$
5	Шаровой сектор	$V = \frac{2}{3} \pi r^2 h; S_{\text{б}} = 2\pi r h;$ $S_{\text{п}} = \pi r (2h + a)$
6	Шаровой сегмент	$V = \frac{1}{6} \pi h (3a^2 + h^2);$ $S_{\text{б}} = 2\pi r h = \pi (a^2 + h^2);$ $S_{\text{п}} = \pi (2rh + a^2) = \pi (h^2 + 2a^2)$
7	Шаровой слой	$V = \frac{1}{6} \pi h (3a^2 + 3b^2 + h^2); S_{\text{б}} = 2\pi r h;$ $S_{\text{п}} = \pi (2rh + a^2 + b^2)$
8	Тор	$V = 2\pi R r^2; S_{\text{п}} = 4\pi^2 R r$

## СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

## 24. Параметры движения

## Прямолинейное движение

Обозначения:  $s$  — путь, м;  $t$  — время, с;  $v_t$  — скорость, м/с;  $a$  — ускорение, м/с<sup>2</sup>;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $v_0$  — начальная скорость, м/с

*равномерное*

$$s = vt; \quad t = \frac{s}{v}; \quad v = \frac{s}{t} \quad (v_t = v = \text{const});$$

*равномерно-ускоренное ( $v_0 = 0$ )*

$$s = \frac{v_t t}{2} = \frac{at^2}{2} = \frac{v_t^2}{2a}; \quad t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \frac{v_t}{a} = \frac{2s}{v_t};$$

$$v = \sqrt{2as} = \frac{2s}{t} = at; \quad a = \frac{v_t}{t} = \frac{2s}{t^2} = \frac{v_t^2}{2s};$$

*равномерно-ускоренное ( $v_0 \neq 0$ )*

$$s = \frac{t(v_0 + v_t)}{2} = v_0 t + \frac{at^2}{2}; \quad v_t = v_0 + at = \frac{s}{t} + \frac{at}{2};$$

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{2(s - v_0 t)}{t^2}; \quad t = \frac{v_t - v_0}{a} = \frac{2s}{v_0 + v_t};$$

*равномерно-замедленное*

$$s = \frac{t(v_0 + v_t)}{2} = v_0 t - \frac{at^2}{2}; \quad t = \frac{v_0 - v_t}{a} = \frac{2s}{v_0 + v_t};$$

$$v_t = v_0 - at = \frac{s}{t} - \frac{at}{2}; \quad a = \frac{v_0 - v_t}{t} = \frac{2(v_0 t - s)}{t^2}$$

Свободное падение <sup>1</sup>

$$s = \frac{v_t t}{2} = \frac{gt^2}{2}; \quad t = \sqrt{\frac{2s}{g}}; \quad v = gt$$

<sup>1</sup> Свободное падение тела под действием силы тяжести есть равномерно-ускоренное движение с ускорением свободного падения.

## Вращательное движение

Обозначения:  $\alpha_t$  — угловой путь, пройденный радиусом за время  $t$ , рад;  $t$  — время, с;  $\omega_t$  — угловая скорость, 1/с;  $\varepsilon$  — угловое ускорение, 1/с<sup>2</sup>;  $n$  — частота вращения, об/мин;  $v$  — линейная скорость на радиусе, м/с;  $\omega_0$  — начальная угловая скорость, 1/с

*равномерное*

$$\alpha_t = \omega t = \frac{\pi n}{30} t; \quad t = \frac{\alpha_t}{\omega} = \frac{30 \alpha_t}{\pi n};$$

$$\omega = \frac{\alpha_t}{t} \quad (\omega_t = \omega = \text{const}); \quad v = \frac{\pi r n}{30} = r \omega;$$

*равномерно-ускоренное* ( $\omega_0 = 0$ )

$$\alpha_t = \frac{\omega_t t}{2} = \frac{\varepsilon t^2}{2} = \frac{\omega_t^2}{2\varepsilon}; \quad t = \frac{2\alpha_t}{\omega_t} = \sqrt{\frac{2\alpha_t}{\varepsilon}} = \frac{\omega_t}{\varepsilon};$$

$$\omega_t = \frac{2\alpha_t}{t} = \sqrt{2\varepsilon\alpha_t} = \varepsilon t; \quad \varepsilon = \frac{\omega_t}{t} = \frac{2\alpha_t}{t^2} = \frac{\omega_t^2}{2\alpha_t};$$

*равномерно-ускоренное* ( $\omega_0 \neq 0$ )

$$\alpha_t = \frac{(\omega_0 + \omega_t) t}{2} = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}; \quad t = \frac{\omega_t - \omega_0}{\varepsilon};$$

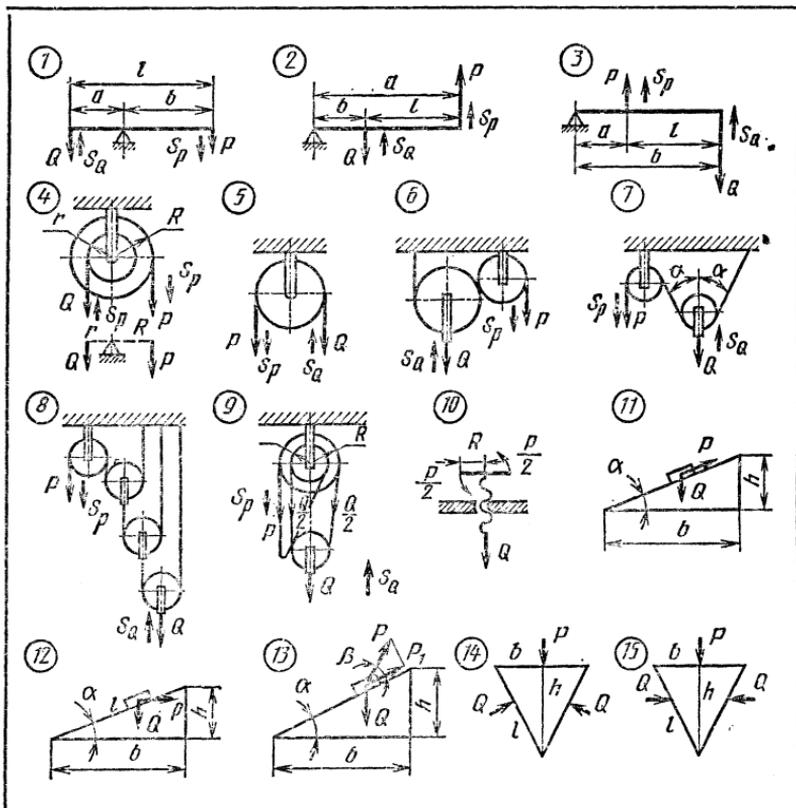
$$\omega_t = \omega_0 + \varepsilon t = \frac{\alpha_t}{t} + \frac{\varepsilon t}{2}; \quad \varepsilon = \frac{\omega_t - \omega_0}{t} = 2 \frac{\alpha_t - \omega_0 t}{t^2};$$

*равномерно-замедленное*

$$\alpha_t = \frac{(\omega_0 + \omega_t) t}{2} = \omega_0 t - \frac{\varepsilon t^2}{2}; \quad t = \frac{\omega_0 - \omega_t}{\varepsilon};$$

$$\omega_t = \omega_0 - \varepsilon t = \frac{\alpha_t}{t} - \frac{\varepsilon t}{2}; \quad \varepsilon = \frac{\omega_0 - \omega_t}{t} = 2 \frac{\omega_0 t - \alpha_t}{t^2}$$

25. Расчет простейших механизмов (без учета трения)



Номер эскиза	Механизм	Формулы для определения	
		сил	перемещений
1	Рычаг первого рода	$P = Q \frac{a}{l};$ $b = \frac{Ql}{Q + P}; a = \frac{Pl}{Q + P}$	$S_P = -S_Q \frac{b}{a};$ $S_Q = -S_P \frac{a}{b}$
2, 3	Рычаг второго рода	$P = Q \frac{b}{a};$ $a = \frac{Ql}{P - Q}; b = \frac{Pl}{P - Q}$	$S_P = S_Q \frac{a}{b};$ $S_Q = S_P \frac{b}{a}$

Продолжение табл. 25

Номер эскиза	Механизм	Формулы для определения	
		сил	перемещений
4	Ворот	$P = Q \frac{r}{R}$	$S_P = -S_Q \frac{R}{r}$
5	Блок	$P = Q$	$S_P = -S_Q$
6	Системы блоков	$P = \frac{Q}{2}$	$S_P = -2S_Q$
7		$P = \frac{Q}{2 \cos \alpha}$	$S_P = -2S_Q \cos \alpha$
8		$P = \frac{Q}{2^n}$ , $n$ — число подвижных блоков	$S_P = -S_Q 2^n$
9	Дифференциальный блок	$P = Q \frac{R - r}{2R}$	$S_P = -S_Q \frac{2R}{R - r}$
<b>Винтовой и клиновые механизмы</b>			
Номер эскиза	Формулы для определения сил	Номер эскиза	Формулы для определения сил
10	$P = \frac{Qt}{2\pi R}$ ; $t$ — шаг винта	13	$P = Q \frac{\sin \alpha}{\cos \beta}$ ; $P_1 = Q \sin \alpha$
11	$P = Q \frac{h}{l} = Q \sin \alpha$	14	$P = Q \frac{b}{l} = Q \sin \alpha$
12	$P = Q \frac{h}{l} = Q \operatorname{tg} \alpha$	15	$P = Q \frac{b}{h} = Q \operatorname{tg} \alpha$

## 26. Расчет балок с различным нагружением

(значения  $J$  и  $Z$  см. в табл. 28)

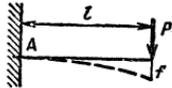
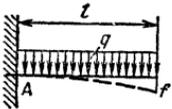
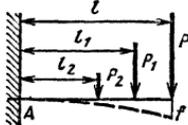
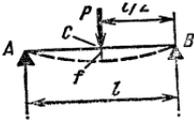
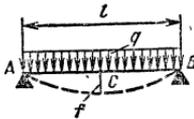
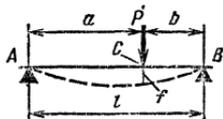
Схема нагружения	Реакции опор $A$ и $B$ ; максимальный изгибающий момент $M_{\max}$	Допустимая нагрузка	Максимальный прогиб $f$	Опасное сечение
	$A = P; M_{\max} = Pl$	$P_d = \frac{\sigma_{\text{н}} Z}{l}$	$\frac{Pl^3}{3EJ}$	$A$
	$A = Q; Q = ql; M_{\max} = \frac{Ql}{2}$	$Q_d = \frac{2\sigma_{\text{н}} Z}{l}$	$\frac{Ql^3}{8EJ}$	$A$
	$A = P_1 + P_2 + P;$ $M_{\max} = Pl + P_1 l_1 + P_2 l_2$	$-$	$\frac{1}{3EJ} (Pl^3 +$ $+ P_1 l_1^3 + P_2 l_2^3)$	$A$

Схема нагружения	Реакции опор $A$ и $B$ ; максимальный изгибающий момент $M_{\max}$	Допустимая нагрузка	Максимальный прогиб $f$	Опасное сечение
	$A = B = \frac{P}{2}; M_{\max} = \frac{Pl}{4}$	$P_{\text{д}} = \frac{4\sigma_{\text{н}}Z}{l}$	$\frac{Pl^3}{48EJ}$	C
	$A = B = \frac{Q}{2}; Q = ql;$ $M_{\max} = \frac{Ql}{8}$	$Q_{\text{д}} = \frac{8\sigma_{\text{н}}Z}{l}$	$\frac{5Ql^3}{384EJ}$	C
	$A = \frac{Pb}{l}; B = \frac{Pa}{l};$ $M_{\text{нmax}} = \frac{Pab}{l}$	$P_{\text{д}} = \frac{\sigma_{\text{н}}Zl}{ab}$	$\frac{Pa^2b}{3EJl}$	C

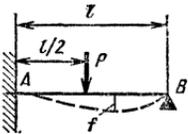
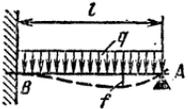
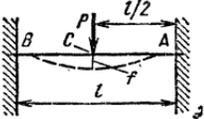
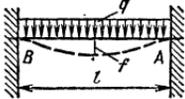
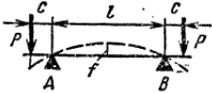
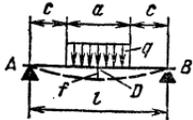
	$A = \frac{5P}{16}; B = \frac{11P}{16};$ $M_{\max} = \frac{3Pl}{16}$	$F_{\text{д}} = \frac{16\sigma_{\text{н}}Z}{l}$	$\frac{7Pl^3}{768EJ}$	A
	$A = \frac{30Q}{8}; B = \frac{5Q}{8};$ $Q = ql; M_{\max} = \frac{Ql}{8}$	$Q_{\text{д}} = \frac{8\sigma_{\text{н}}Z}{l}$	$\frac{Ql^3}{185EJ}$	B
	$A = B = \frac{P}{2}; M_{\max} = \frac{Pl}{8}$	$P_{\text{д}} = \frac{8\sigma_{\text{н}}Z}{l}$	$\frac{Pl^3}{192EJ}$	A, B, C

Схема нагружения	Реакции опор $A$ и $B$ ; максимальный изгибающий момент $M_{\max}$	Допустимая нагрузка	Максимальный прогиб $f$	Опасное сечение
	$A = B = \frac{Q}{2}; Q = ql;$ $M_{\max} = \frac{Ql}{12}$	$Q_{\text{д}} = \frac{12\sigma_{\text{н}}Z}{l}$	$\frac{Ql^3}{384EJ}$	$A, B$
	$A = B = P; M_{\max} = Pc = \text{const}$	$P_{\text{д}} = \frac{\sigma_{\text{н}}Z}{c}$	$f_1 = \frac{Pl^3c}{8EJl};$ $f_2 = \frac{Pc^2}{3EJ} \left( c + \frac{3l}{2} \right)$	Все сечения
	$A = B = \frac{Q}{2}; Q = qa;$ $M_{\max} = \frac{Q(2l - a)}{8}$	$Q_{\text{д}} = \frac{8\sigma_{\text{н}}Z}{2l - a}$	$\frac{Q}{384EJ} (8l^3 - 4l^2a + a^3)$	$D$

### 27. Расчет прямых стержней постоянного сечения на устойчивость

В общем случае величину критической силы  $P_{кр}$ , при которой прямолинейная форма стержня становится неустойчивой, определяют по формуле Эйлера:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EJ}{l_{пр}^2},$$

где  $E$  — модуль продольной упругости материала стержня (модуль Юнга);  $J$  — минимальный осевой момент инерции поперечного сечения стержня;  $l_{пр}$  — приведенная длина стержня ( $l_{пр} = \nu l$ , здесь  $\nu$  — коэффициент приведения, зависящий от схемы нагружения и закрепления стержня).

Критическое напряжение

$$\sigma_{кр} = \frac{P_{кр}}{F} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2},$$

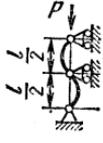
где  $\lambda = \frac{l_{пр}}{i}$  — гибкость стержня ( $i$  — минимальный радиус поперечного сечения стержня, см. табл. 28).

#### Схемы нагружения и закрепления стержней

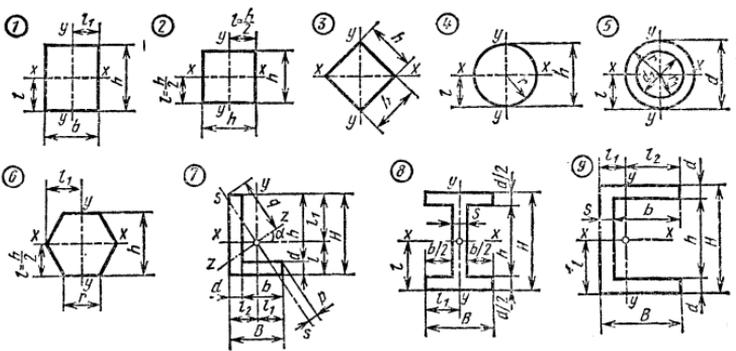
Обозначения:  $P_{кр}$  — критическая сила;  $l_{пр}$  — приведенная длина стержня;  $J$  — минимальный допустимый осевой момент инерции поперечного сечения стержня при силе  $P$ .

Схема	$P_{кр}$	$l_{пр}$	$J$	Схема	$P_{кр}$	$l_{пр}$	$J$
	$\frac{\pi^2 EJ}{l^2}$	$l$	$\frac{PI^2}{\pi^2 E}$		$\frac{4\pi^2 EJ}{l^2}$	$0,5l$	$\frac{PI^2}{2\pi^2 E}$
	$\frac{\pi^2 EJ}{4l^2}$	$2l$	$\frac{4PI^2}{\pi^2 E}$		$\frac{2\pi^2 EJ}{l^2}$	$0,707l$	$\frac{PI^2}{2\pi^2 E}$

Продолжение табл. 27

Схема	$P_{кр}$	$l_{пр}$	$J$	Схема	$P_{кр}$	$l_{пр}$	$J$
	$\frac{\pi^2 EJ}{l^2}$	$l$	$\frac{Pl^2}{\pi^2 E}$		$\frac{4\pi^2 EJ}{l^2}$	$0,5l$	$\frac{Pl^2}{4\pi^2 E}$

28. Осьевые моменты, моменты сопротивления  
и минимальный радиус инерции  
наиболее распространенных профилей

			
Номер эскиза	Осьевой момент инерции, см <sup>4</sup>	Момент сопротивления, см <sup>3</sup>	Минимальный радиус инерции поперечного сечения
1	$J_x = \frac{bh^3}{12};$ $J_y = \frac{b^3h}{12}$	$Z_x = \frac{bh^2}{6};$ $Z_y = \frac{b^2h}{6}$	$i_x = \frac{h}{\sqrt{12}};$ $i_y = \frac{b}{\sqrt{12}}$
2	$J_x = J_y = \frac{h^4}{12}$	$Z_x = Z_y = \frac{h^3}{6}$	$i_x = i_y = \frac{h}{12}$

Продолжение табл. 28

Номер эскиза	Осевой момент инерции, см <sup>4</sup>	Момент сопротивления, см <sup>3</sup>	Минимальный радиус инерции поперечного сечения
3	$J_x = J_y = \frac{h^4}{12}$	$Z_x = Z_y = \frac{h^3 \sqrt{2}}{12}$	$i_x = i_y = \frac{h}{\sqrt{12}}$
4	$J_x = J_y = \frac{\pi d^4}{64}$	$Z_x = Z_y = \frac{\pi d^3}{32}$	$i_x = i_y = \frac{d}{4} = \frac{r}{2}$
5	$J_x = J_y = \frac{\pi}{64} (d^4 - d_1^4) = \frac{\pi}{4} (r^4 - r_1^4)$	$Z_x = Z_y = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d^4 - d_1^4}{d} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{r^4 - r_1^4}{r}$	$i_x = i_y = \frac{\sqrt{d^2 - d_1^2}}{4}$
6	$J_x = J_y = 0,5431r^4$	$Z_x = 0,6250r^3;$ $Z_y = 0,5413r^3$	$i_x = i_y = 0,4565r$
7	$J_x = \frac{1}{3} [d(H-l)^3 + Bl^3 - b(l-d)^3];$ $J_y = \frac{1}{3} [d(B-l_2)^3 + Hl_2^3 - h(l_2-d)^3];$ $J_y \cos^2 \alpha - J_x \sin^2 \alpha$ $J_s = \frac{\cos 2\alpha}{J_x \cos^2 \alpha - J_y \sin^2 \alpha};$ $J_z = \frac{J_x \cos^2 \alpha - J_y \sin^2 \alpha}{\cos 2\alpha}$	$Z_x = \frac{J_x}{l_1};$ $Z_y = \frac{J_y}{l_2};$ $Z_s = \frac{J_s}{p};$ $Z_z = \frac{J_z}{s}$	$i_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}};$ $i_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}};$ $i_s = \sqrt{\frac{J_s}{F}};$ $i_z = \sqrt{\frac{J_z}{F}};$ $F = d(b+H)$
8	$J_x = \frac{1}{12} (BH^3 - bh^3);$ $J_y = \frac{1}{12} (dB^3 + hs^3)$	$Z_x = \frac{BH^3 - bh^3}{6H};$ $Z_y = \frac{dB^3 + hs^3}{6B}$	$i_x = \sqrt{\frac{BH^3 - bh^3}{12(BH - bh)}};$ $i_y = \sqrt{\frac{dB^3 + hs^3}{12(BH - bh)}};$

Продолжение табл. 28

Номер эскиза	Осевой момент инерции, см <sup>4</sup>	Момент сопротивления, см <sup>4</sup>	Минимальный радиус инерции поперечного сечения
9	$J_x = \frac{1}{12} (BH^3 - bh^3);$ $J_y = \frac{1}{12} (Hs^3 + db^3) +$ $+ Hs \left( l_1 - \frac{s}{2} \right)^2 +$ $+ bd \left( l_2 - \frac{b}{2} \right)^2 =$ $= \frac{1}{3} [Hl_1^3 - h(l_1 - s)^3 + dl_2^3]$	$Z_x = \frac{BH^3 - bh^3}{6H};$ $Z_{y1} = \frac{J_y}{l_1};$ $Z_{y2} = \frac{J_y}{l_2}$	$i_x = \sqrt{\frac{BH^3 - bh^3}{12(BH - bh)}};$ $i_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}};$ $F = BH - bh$

**Разность квадратов функций двух углов**

$$\begin{aligned} \sin^2 \alpha - \sin^2 \beta &= \cos^2 \beta - \cos^2 \alpha = \\ &= \sin(\alpha + \beta) \sin(\alpha - \beta); \\ \cos^2 \alpha - \sin^2 \beta &= \cos^2 \beta - \sin^2 \alpha = \\ &= \cos(\alpha + \beta) \cos(\alpha - \beta). \end{aligned}$$

**ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТОВ С ПОМОЩЬЮ  
МИКРОКАЛЬКУЛЯТОРОВ**

Микрокалькуляторами (МК) называют малогабаритные электронные вычислительные машины. По функциональным возможностям различают:

*арифметические МК*; предназначены для выполнения простейших арифметических расчетов;

*инженерные МК*; позволяют выполнять более сложные вычисления, например, вычисление значений логарифмов, тригонометрических функций и т. п.;

*программируемые МК*; позволяют выполнять вычисления по заранее составленным и введенным в память программам.

Вычисление на МК сводится к последовательному нажатию клавиш (кнопок) на панели МК и считыванию ре-

зультатов со светящегося индикатора (дисплея).

В процессе вычислений на МК числа размещаются в специальных устройствах памяти — регистрах. На индикаторе всегда высвечивается то число, которое хранится в регистре индикации (регистр X). Регистр X является одним из операционных регистров; другим операционным регистром является рабочий регистр Y. Многие типы МК имеют дополнительные регистры памяти (П), которые позволяют хранить промежуточные результаты вычислений, освобождая оператора от необходимости записывать их при выполнении сложных и продолжительных вычислений.

**Вычисления на арифметических МК.** Управляющая клавиатура арифметических МК (рис. 3) состоит из цифровых клавиш, предназначенных для ввода чисел, и операционных клавиш, посредством которых дается команда на выполнение требуемых вычислений. Число операционных клавиш МК различных типов зависит от функциональных возможностей МК (табл. 29).

**Ввод числа** осуществляется последовательным однократным нажатием цифровых клавиш, соответствующих цифрам вводимого числа. Десятичная запятая вводится нажатием клавиши с точкой ( $\square$ ). Например, для ввода числа 13,068 необходимо последовательно нажать клавиши  $\square$ ,  $\square$ ,  $\square$ ,  $\square$ ,  $\square$ ,  $\square$ . Правильность ввода числа контролируется по индикатору, на котором последовательно высвечиваются набираемые цифры. Для ввода отрицательного числа предварительно нажимается клавиша  $\square$ . При нажатии клавиши  $\square$  после ввода числа знак введенного числа меняется на противоположный. Многие МК имеют операционную клавишу  $\square$ , нажатие которой осуществляет обмен содержимым между регистрами X и Y; при этом на индикаторе высвечивается

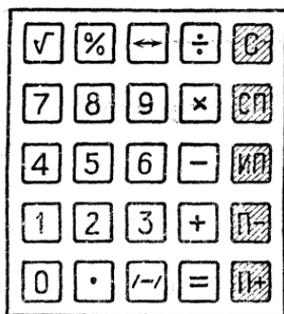


Рис. 3. Клавиатура МК «Электроника БЗ-26»

## 29. Функциональные возможности МК

Выполняемые действия	Марка МК									
	БЗ-14	БЗ-23	БЗ-241	МК-27	БЗ-26	БЗ-30	БЗ-39	МК-33	МК-40	МК-53
Четыре арифметических действия	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Вычисления с константой	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Вычисление обратной величины	+			+	+		+			
Извлечение квадратного корня	+			+	+	+				+
Вычисление процента от числа	+			+	+	+	+	+	+	+
Накопление в отдельном регистре памяти			+	+	+			+	+	+
Вычитание из содержимого регистра памяти				+	+			+	+	+
Обмен содержимым регистров X и Y				+	+			+		
Изменение знака числа				+	+			+	+	+

число, которое до нажатия клавиши  $\left[ \leftrightarrow \right]$  хранилось в регистре Y. Освобождение (гашение) регистров X и Y от хранящихся в них чисел осуществляется нажатием кнопки сброса  $\left[ \text{C} \right]$ ; при этом на индикаторе высвечивается 0. В некоторых типах МК при первом нажатии клавиши сброса гасится регистр X, а при повторном нажатии — регистр Y.

Выполнение арифметических действий. Для выполнения любого арифметического действия (сложения, вычитания, умножения или деления) над двумя десятичными числами необходимо:

- 1) ввести первое число (оно высветится на индикаторе);
- 2) нажать одну из операционных клавиш  $\left[ + \right]$ ,  $\left[ - \right]$ ,  $\left[ \times \right]$  или  $\left[ \div \right]$ , соответствующую выполняемому дей-

ствию (на индикаторе высвечивается первое введенное число);

3) ввести второе число (на индикаторе высвечивается второе число);

4) нажать клавишу  $\boxed{=}$  (на индикаторе высвечивается результат действия).

Например, вычисление суммы чисел 148,3 и 2,46 осуществляется последовательностью действий: ввести

число 148,3; нажать клавишу  $\boxed{+}$ ; ввести число 2,46; нажать клавишу  $\boxed{=}$ , при этом на индикаторе высветится результат вычисления — число 150,76. Эту последовательность или программу действий принято изображать в упрощенной форме:

$$148,3 \boxed{+} 2,46 \boxed{=}.$$

В выполнении этой программы в МК участвуют регистры X и Y. Содержимое регистров при решении приведенного выше примера дано в табл. 30.

Если в приведенном выше примере вычисления суммы чисел 148,3 и 2,46 вместо клавиши  $\boxed{=}$  нажать любую из клавиш  $\boxed{+}$ ,  $\boxed{-}$ ,  $\boxed{\times}$ ,  $\boxed{\div}$ , то будет выполнено заданное ранее действие с введенными числами и на индикаторе высветится тот же результат 150,76. Одновременно МК будет подготовлен к выполнению над полученным результатом арифметической операции, клавиша которой была нажата последней. Например, вычисление выражения  $(10,5 + 7,3) \times 0,48 + 12,73$  выполняется по программе:

$$10,5 \boxed{+} 7,3 \boxed{\times} 0,48 \boxed{+} 12,73 \boxed{=}.$$

В выражениях, где порядок действий не совпадает с порядком их написания, использование клавиши  $\boxed{\leftrightarrow}$

30. Содержимое регистров и индикатора

Ввод	Регистр X и индикатор	Регистр Y
148,3	148,3	0
$\boxed{+}$	148,3	148,3
2,46	2,46	148,3
$\boxed{=}$	150,76	2,46

### 31. Содержимое регистров и индикатора

Ввод	Регистр X и инди- катор	Регистр Y
10,6	10,6	0
$\boxed{+}$	10,6	10,6
4,3	4,3	10,6
$\boxed{\div}$	14,9	4,3
48,3	48,3	14,9
$\boxed{\leftrightarrow}$	14,9	48,3
$\boxed{=}$	3,241	14,9

позволяет исключить промежуточные результаты. На-  
пример, выражение  $48,3 : (10,6 + 4,3)$  можно вы-  
числить по программе:

$$10,6 \boxed{+} 4,3 \boxed{\div} 48,3 \boxed{\leftrightarrow} \boxed{=}.$$

Содержание регистров при решении этого примера по-  
казано в табл. 31.

Некоторые модели МК имеют дополнительный регистр  
памяти П, например, в МК БЗ-62, на клавиатуре которого  
имеются клавиши:  $\boxed{СП}$  — гашение содержимого ре-  
гистра памяти П;  $\boxed{П +}$  — прибавление числа, храня-  
щегося в регистре X (индикаторе), к содержимому ре-  
гистра П;  $\boxed{П -}$  — вычитание из содержимого регистра П  
числа, записанного в регистре X;  $\boxed{ИП}$  — вызов числа  
из регистра П в регистр X.

Программы вычислений на простейших МК приведены  
в табл. 32.

32. Программы типовых расчетов на простейших МК

Вычисляемое выражение	Программа вычислений
$a^n$	$a \underbrace{\boxed{\times} \boxed{\times} \boxed{\times} \dots}_{n \text{ раз}} \boxed{=}$
$\sqrt[n]{a}$	$a \underbrace{\boxed{\sqrt{}} \boxed{\sqrt{}} \boxed{\sqrt{}} \dots}_{n \text{ раз}} \boxed{=}$
$1/x$	$x \boxed{1/x} \boxed{=} \text{ или } 1 \boxed{\div} x \boxed{=} \text{ или } x \boxed{\div} \boxed{\div} \boxed{\div}$
$\sqrt{a \times b}$	$a \boxed{\times} b \boxed{=} \boxed{\sqrt{}} \boxed{=}$
$\sqrt{a + b \times c}$	$b \boxed{\times} c \boxed{+} a \boxed{=} \boxed{\sqrt{}} \boxed{=}$
$(a + b) : (c - d)$	$\boxed{C} \boxed{N} \boxed{c} \boxed{-} d \boxed{=} \boxed{N} \boxed{+} a \boxed{+} b \boxed{\div} \boxed{N} \boxed{=}$
$\sqrt{a - b} : c \times d$	$a \boxed{-} b \boxed{=} \boxed{\sqrt{}} \boxed{\div} c \boxed{\div} d \boxed{=}$
$(a + b \times c) - (d \times e - k)$	$\boxed{C} \boxed{N} \boxed{b} \boxed{\times} c \boxed{+} a \boxed{=} \boxed{N} \boxed{+} d \boxed{\times} e \boxed{-} k \boxed{=} \boxed{N} \boxed{-} \boxed{N}$
$(a - b \times c) : \sqrt{d - e}$	$\boxed{C} \boxed{N} \boxed{d} \boxed{-} e \boxed{=} \boxed{\sqrt{}} \boxed{N} \boxed{+} b \boxed{\times} c \boxed{-} a \boxed{\div} \boxed{N} \boxed{=}$

**Единая система конструкторской документации (ЕСКД)** — комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой организациями и предприятиями (ГОСТ 2.001—70).

**Виды изделий.** Изделием называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии (ГОСТ 2.101—68).

В зависимости от назначения различают изделия основного производства и вспомогательного производства. К первым относятся изделия, предназначенные для поставки; ко вторым — изделия, предназначенные только для собственных нужд.

ГОСТ устанавливает следующие виды изделий:

*деталь* — изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций;

*сборочная единица* — изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сваркой, пайкой, клепкой, склеиванием и др.);

*комплекс* — два специфицированных изделия и более, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимно связанных эксплуатационных функций;

*комплект* — два изделия и более, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющими набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера.

Изделия, в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей, делят на *неспецифицированные* (детали) — не имеющие составных частей, и *специфицированные* (сборочные единицы, комплексы и комплекты) — состоящие из двух и более составных частей.

**Виды конструкторских документов.** К конструкторским документам согласно ГОСТ 2.102—68 относятся графические (чертеж детали, сборочный чертеж, чертеж общего вида, монтажный чертеж и др.) и текстовые документы (спецификации, пояснительная записка, ведомости, технические условия, программы, методики испытаний, патентный формуляр и др.), которые в отдельности или в совокупности определяют состав или устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

*Чертеж детали* — документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для изготовления и контроля.

*Сборочный чертеж* (СБ) — документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля. К сборочным чертежам относят также гидромонтажные, пневмомонтажные и электромонтажные чертежи.

*Чертеж общего вида* (ВО) — документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняющий принцип работы изделия.

*Технические условия* — документ, содержащий требования (совокупность всех показателей, норм, правил и положений) к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые нецелесообразно указывать в других конструкторских документах.

*Геометрический чертеж* (ГЧ) — документ, определяющий геометрическую форму (обводы изделия и координаты расположения составных частей).

*Габаритный чертеж* (ГЧ) — документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритами, установочными и присоединительными размерами.

*Монтажный чертеж* (МЧ) — документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия, а также данные, необходимые для его установки (монтажа) на месте применения.

*Схема* — документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

*Спецификация* — документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

По способу выполнения и характеру исполнения различают следующие конструкторские документы.

*Оригиналы*—чертежи, выполненные на любом материале и предназначенные для изготовления по ним подлинников.

*Подлинники* — чертежи, оформленные подлинными и установленными подписями и выполненные на любом материале, позволяющем многократное воспроизведение с них копий.

*Дубликаты* — копии подлинников, обеспечивающие идентичность воспроизведения подлинника, выполненные на любом материале, позволяющем снятие с него копий.

*Копии* — документы, выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинником (дубликатом), и предназначенные для непосредственного использования при разработке, в производстве, эксплуатации и ремонте изделий.

**Стадии разработки конструкторской документации.** ГОСТ 2.103—68 устанавливает следующие стадии разработки конструкторской документации:

*техническое предложение* — совокупность конструкторских документов, которые должны содержать технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документации изделия на основании анализа технического задания заказчика и различных вариантов возможных решений изделий, сравнительной оценки решений с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий, а также патентных материалов;

*эскизный проект* — совокупность конструкторских документов, которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия;

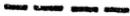
*технический проект* — совокупность конструкторских документов, которые должны содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей документации.

**Оформление чертежей. Изображение изделий на чертежах.** На чертежах (ГОСТ 2.303—68) применяют следующие виды *линий* (табл. 1):

## 1. Наименование, начертание, назначение и толщина линий

Наименование линии	Начертание линии	Толщина линий $s$ по отношению к толщине сплошной основной линии	Основное назначение линии
Сплошная толстая основная		$s$	Линии видимого контура (рис. 1, а; линия 1а) Линии перехода видимые (рис. 1, а; линия 1б) Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза) (рис. 1, а; линия 1в)
Сплошная тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии контура наложенного сечения (рис. 1, б; линия 2а) Линии размерные и выносные (рис. 1, б; линия 2б) Линии штриховки. Линии-выноски (рис. 1, б; линия 2в) Полки линий-выносок и подчеркивание надписей (рис. 1, б; линии 2г, 2д) Линии для изображения пограничных деталей («обстановка») (рис. 1, б; линия 2е) Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях (рис. 1, б; линия 2ж) Линии перехода воображаемые (рис. 1, б; линия 2з) Следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях

Продолжение табл. 1

Наименование линии	Начертание линии	Толщина линий $s$ по отношению к толщине сплошной основной линии	Основное назначение линии	
Сплошная волнистая			Линии обрыва (рис. 1, <i>в</i> ; линия <i>3а</i> ) Линии разграничения вида и разреза (рис. 1, <i>г</i> ; линия <i>3б</i> )	
Штриховая	Длина штрихов 2 ... 8 мм; расстояние между штрихами 1 ... 2 мм 		Линии невидимого контура (рис. 1, <i>г</i> ; линия <i>4а</i> ) Линии перехода невидимые (рис. 1, <i>г</i> ; линии <i>4б</i> )	
Штрих-пунктирная тонкая	Длина штрихов 5 ... 30 мм; расстояние между штрихами 3 ... 5 мм 		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии осевые и центровые (рис. 1, <i>д</i> ; линия <i>5а</i> ) Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений (рис. 1, <i>д</i> ; линия <i>5б</i> )
Штрих-пунктирная утолщенная	Длина штрихов 3 ... 8 мм; расстояние между штрихами 3 ... 4 мм 			Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термической обработке или покрытию (рис. 1, <i>е</i> ; линия <i>6а</i> ) Линия для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция») (рис. 1, <i>е</i> ; линия <i>6б</i> )

Продолжение табл. 1

Наименование линии	Начертание линии	Толщина линий $s$ по отношению к толщине сплошной основной линии	Основное назначение линии
Разомкнутая	 Длина кончных штрихов 8... 20 мм	От $s$ до $1\frac{1}{2}s$	Линии сечений (рис. 1, е; линия 7)
Сплошная тонкая с изломами		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Длинные линии обрыва
Штрихпунктирная с двумя точками тонкая	Длина штриха 5... 30 мм; расстояние между штрихами 4... 6 мм 	От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии сгиба на развертках Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях Линии для изображения развертки, совмещенной с видом

сплошные — линии непрерывные;

прерывистые — линии с постоянно повторяющимися одними и теми же элементами (например, штриховые);  
чередующиеся — линии с постоянно повторяющимися группами разных элементов (например, штрихпунктирные).

**Ф о р м а т ы.** Согласно ГОСТ 2.301—68 форматом чертежа или другого документа называется размер листа этого документа, определяемый размерами внешней рамки, выполняемой тонкими линиями.

За основной принят формат 1189×841 мм, площадь которого равна 1 м<sup>2</sup>; остальные форматы получаются путем последовательного деления соответствующего формата на две равные части параллельно его меньшей стороне.

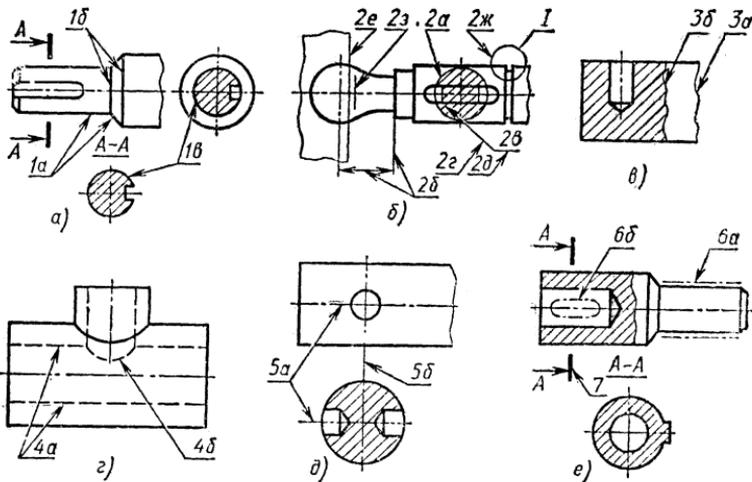


Рис. 1. Примеры выполнения различных видов линий (см. табл. 1)

По ГОСТ 2.301—68 форматы должны обозначаться двумя цифрами (числами), первая из которых показывает кратность одной стороны формата величине 297 мм, а вторая — кратность другой стороны величине 210 мм (табл. 2).

**М а с ш т а б ы.** По ГОСТ 2.302—68 масштаб — это отношение линейных размеров изображения предмета на чертеже к его действительным размерам. Масштабы изображений выбираются из ряда, приведенного в табл. 3.

**Ш р и ф т ы ч е р т е ж н ы е.** Изображения на чертежах дополняются надписями, выполняемыми чертежными шрифтами по ГОСТ 2.304—81. Различают буквы

## 2. Обозначение форматов чертежей

Обозначение формата чертежа	Размеры сторон формата, мм	Соответствующее обозначение потребительского формата бумаги по ГОСТ 9327—60 (для справок)
44	1189×841	A0
24	594×841	A1
22	594×420	A2
12	297×420	A3
11	297×210	A4

## 3. Масштабы

Масштаб уменьшения	Натуральная величина	Масштаб увеличения	Масштаб уменьшения	Натуральная величина	Масштаб увеличения
1 : 2; 1 : 2,5; 1 : 4; 1 : 5; 1 : 10; 1 : 15; 1 : 20; 1 : 25; 1 : 40; 1 : 50; 1 : 75	1 : 1	2 : 1; 2,5 : 1; 4 : 1; 5 : 1	1 : 100; 1 : 200; 1 : 400; 1 : 500; 1 : 800; 1 : 1000	1 : 1	10 : 1; 20 : 1; 40 : 1; 50 : 1; 100 : 1

прописные и строчные. *Размеры шрифта  $h$*  определяются высотой прописных букв: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40 (в миллиметрах). *Толщина линии шрифта  $d$*  зависит от типа и высоты шрифта (соответствует шагу вспомогательной линии сетки). Стандарт устанавливает четыре типа шрифта:

А — с наклоном около  $75^\circ$  ( $d = (1/14) h$ ; рис. 2—5);

А — без наклона ( $d = (1/14) h$ );

Б — с наклоном около  $75^\circ$  ( $d = (1/10) h$ );

Б — без наклона ( $d = (1/10) h$ ).

Написание шрифтов типа Б с наклоном и без наклона аналогично написанию шрифтов типа А, которые уже их по ширине. Параметры шрифтов даны в табл. 4, 5.

**Изображения — виды, разрезы, сечения.** Представление об изделии связано с изучением его формы. Форма определяется поверхностями, ограничивающими изделие. Задать на чертеже форму изделия — это значит построить проекционные изображения совокупности точек и линий, определяющих форму изделия и проекции ее контурных линий.

Отображение изделия осуществляется по методу параллельного прямоугольного проецирования. Для аксонометрических проекций кроме прямоугольного применяют и косоугольное проецирование.

**Вид** — изображение видимой, обращенной к наблюдателю поверхности предмета (ГОСТ 2.305—68). Если необходимо пояснить чертеж, то на виде штриховыми линиями допускается указывать невидимый контур предмета, что позволяет уменьшить число видов.

А Б В Г Д Е Ж З И Й К Л

М Н О П Р С Т У Ф Х Ц

Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я

а)

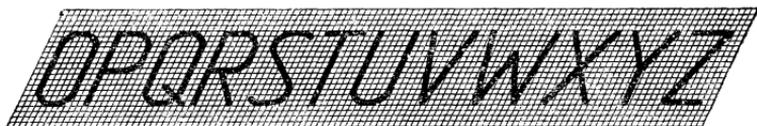
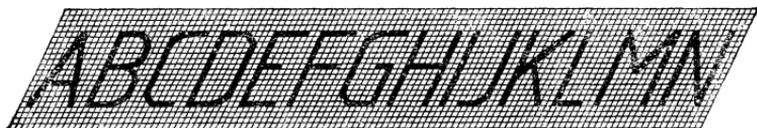
а б в г д е ж з и й к л

м н о п р с т у ф х ц

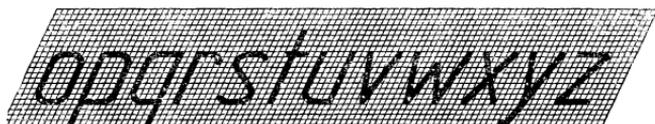
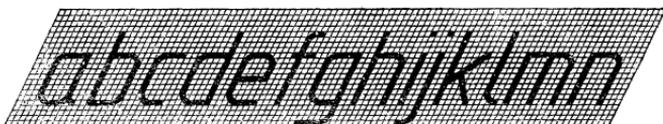
ч ш щ ъ ы ь э ю я

б)

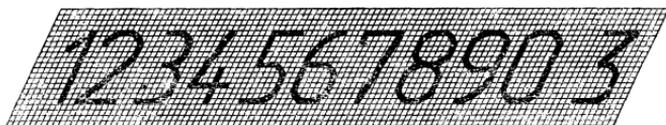
Рис. 2. Чертежный шрифт типа А с наклоном букв около 75:  
 а — прописные буквы русского алфавита; б — строчные буквы русского алфавита



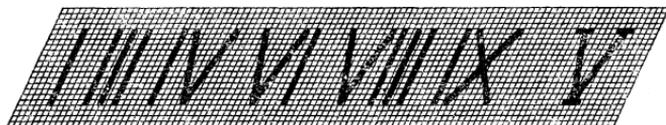
а)



б)

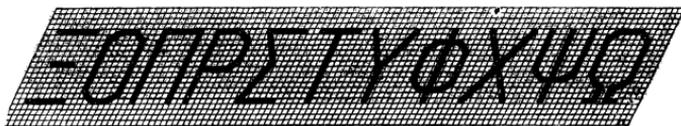


в)

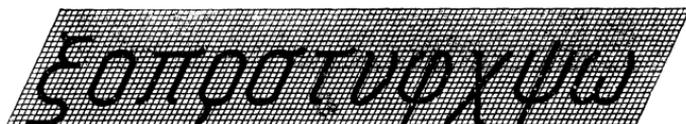
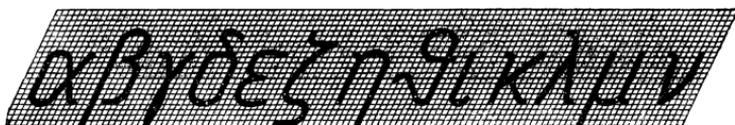


г)

Рис. 3. Чертежный шрифт типа А с наклоном букв около  $75^\circ$   
 а, б — соответственно прописные и строчные буквы латинского алфавита;  
 в — арабские цифры; г — римские цифры



а)



б)

Рис. 4. Чертежный шрифт типа А с наклоном букв около  $75^\circ$ :  
а, б — соответственно прописные и строчные буквы греческого алфавита

Виды подразделяются на основные, дополнительные и местные.

*Основной вид* — это вид, полученный проецированием предмета на шесть основных плоскостей проекций. В качестве основных плоскостей проекций принимаются шесть граней пустотелого куба, внутри которого размещается предмет, и его проецируют на внутренние поверхности куба (рис. 6, 7).

Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

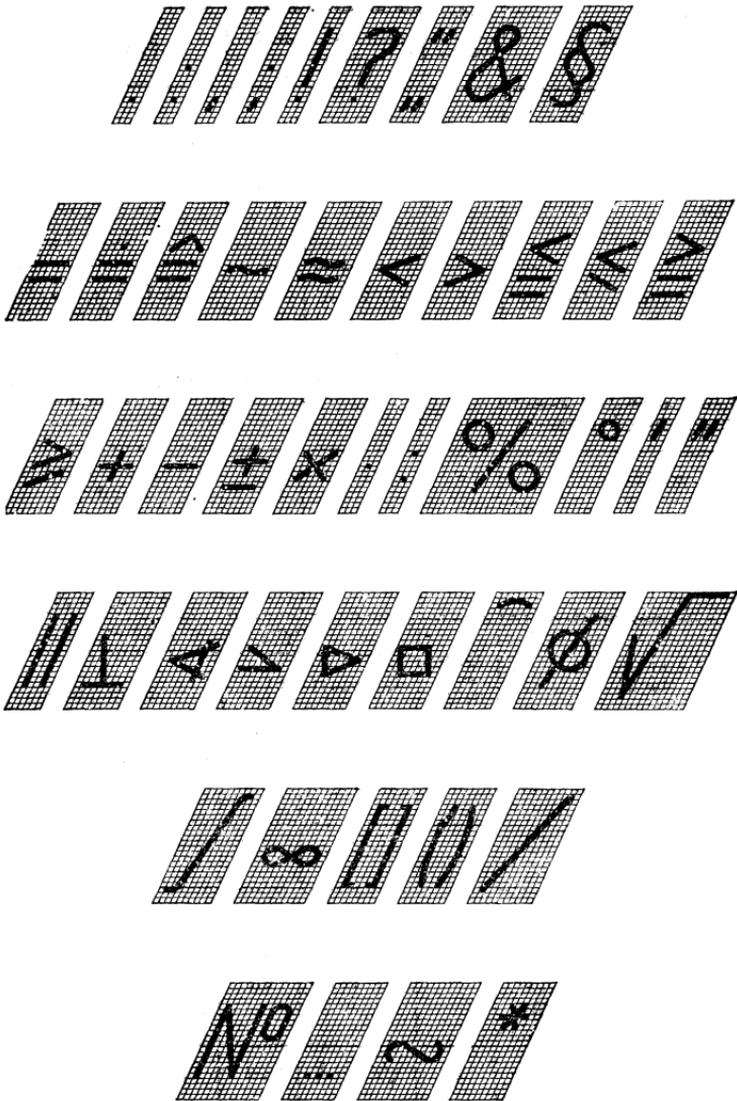


Рис. 5. Чертежный шрифт типа А с наклоном знаков около 75°

## 4. Параметры шрифтов

Параметры шрифта	Обозначение	Шрифт типа А ( $d = h/14$ )		
		Относительный размер	Размеры, мм	
Размеры шрифта: высота прописных букв высота строчных букв	$h$	$(14/14) h$	14	2,5 3,5 5,0 7,0 10,0 14,0 20
	$c$	$(10/14) h$	$10d$	1,8 2,5 3,5 5,0 7,0 10,0 14
Расстояние между буквами	$a$	$(2/14) h$	$2d$	0,35 0,5 0,7 1,0 1,4 2,0 2,8
Максимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)	$b$	$(22/14) h$	$22d$	4,0 5,5 8,0 11,0 16,0 22,0 31
Минимальное расстояние между словами	$e$	$(6/14) h$	$6d$	1,1 1,5 2,1 3,0 4,2 6,0 8,4
Толщина линий шрифта	$d$	$(1/14) h$	$d$	0,18 0,25 0,35 0,5 0,7 1,0 1,4
Параметры шрифта	Обозначение	Шрифт типа Б ( $d = h/10$ )		
		Относительный размер	Размеры, мм	
Размеры шрифта: высота прописных букв высота строчных букв	$h$	$(10/10) h$	$10d$	1,8 2,5 3,5 5,0 7,0 10,0 14,0 20
	$c$	$(7/10) h$	$7d$	1,3 1,8 2,5 3,5 5,0 7,0 10,0 14
Расстояние между буквами	$a$	$(2/10) h$	$2d$	0,35 0,5 0,7 1,0 1,4 2,0 2,8 4
Максимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)	$b$	$(17/10) h$	$17d$	3,8 4,3 6,0 8,5 12,0 17,0 24,0 34
Минимальное расстояние между словами	$e$	$(6/10) h$	$6d$	1,1 1,5 2,1 3,0 4,2 6,0 8,4 12,0
Толщина линий шрифта	$d$	$(1/10) h$	$d$	0,18 0,25 0,35 0,5 0,7 1,0 1,4 2,0

**5. Числовые значения ширины букв и некоторых цифр  
для наиболее употребительных размеров шрифтов  
(от 2,5 до 14 мм)**

Рассматриваемые буквы	Соотношение размеров	Шрифт типа А						
		2,5	3,5	5	7	10	14	
Высота прописных букв (цифр)	(14/14) <i>h</i>	2,5	3,5	5	7	10	14	
Ширина букв и цифр, кроме А, Г, Д, Е, Ж, М, С, Ф, Х, Ц, Ш, Щ, Ы, Ю и цифры 1	(14/14) <i>h</i>	1,3	1,7	2,3	3,5	5	7	
Ширина букв А, М, Х, Ы, Ю	(8/14) <i>h</i>	1,4	2	2,8	4	5,7	8	
Ширина букв Г, Д, Е, С	(6/14) <i>h</i>	1	1,5	2,1	3	4,2	6	
Ширина букв Ж, Ш, Щ	(9/14) <i>h</i>	1,7	2,2	3,2	4,4	7,1	9	
Ширина буквы Ф	(4/14) <i>h</i>	1,9	2,7	3,9	5,5	7,9	11	
Ширина цифры 1	(4/14) <i>h</i>	0,7	1	1,4	2	2,9	4	
Рассматриваемые буквы	Соотношение размеров	Шрифт типа Б						Примечание
		2,5	3,5	5	7	10	14	
Высота прописных букв (цифр)	(10/10) <i>h</i>	2,5	3,5	5	7	10	14	—
Ширина букв и цифр, кроме А, Г, Д, Е, Ж, М, С, Ф, Х, Ц, Ш, Щ, Ы, Ю и цифры 1	(6/10) <i>h</i>	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4	К этой группе отнесена буква З
Ширина букв А, М, Х, Ы, Ю	(7/10) <i>h</i>	1,75	2,4	3,5	4,9	7	9,8	—
Ширина букв Г, Д, Е, С	(5/10) <i>h</i>	1,25	1,7	2,3	3,5	5	7	—
Ширина букв Ж, Ш, Щ	(8/10) <i>h</i>	2,0	2,8	4	5,6	8	11,2	К этой группе относится буква Ф
Ширина цифры 1	(3/10) <i>h</i>	0,75	1	1,5	2,1	3	4,2	—

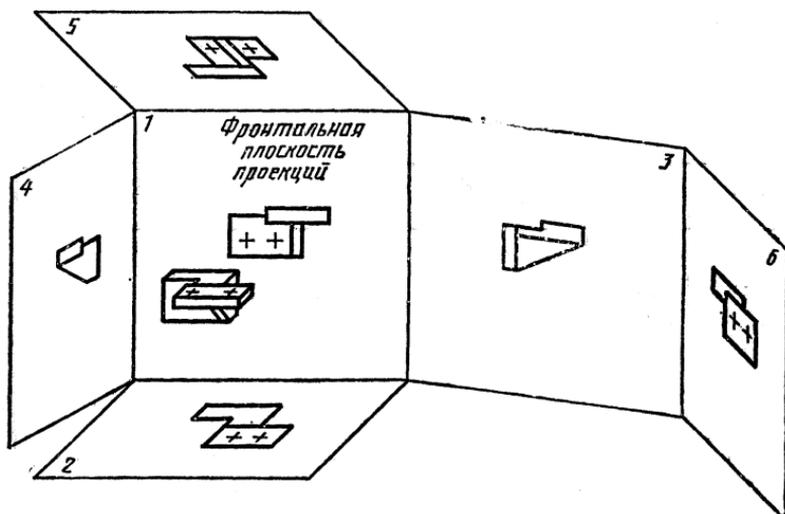


Рис. 6. Шесть граней развертки пустотелого куба основных плоскостей проекций

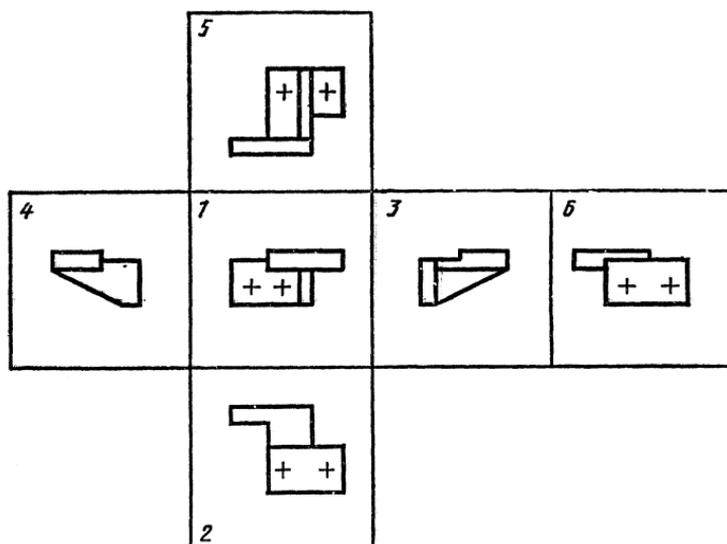


Рис. 7. Основные плоскости проекций

Число видов должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное представление о предмете.

Устанавливаются следующие названия видов, получаемых на основных плоскостях проекций (основные виды см. рис. 11):

1 — вид спереди (главный вид); 2 — вид сверху; 3 — вид слева; 4 — вид справа; 5 — вид снизу; 6 — вид сзади.

*Дополнительный вид* — это вид, получаемый проецированием предмета на дополнительную плоскость проекций, не параллельную ни одной из основных плоскостей проекций.

Если виды сверху, слева, справа, снизу, сзади не находятся в непосредственной (прямой) проекционной связи с главным видом, то направление взгляда указывается стрелкой, обозначаемой прописной буквой, а над видом делается надпись по типу «Вид А» (рис. 8), которую подчеркивают сплошной тонкой линией.

В отличие от дополнительного вида для изображения на чертеже отдельного, ограниченного места поверхности предмета применяется *местный вид*, позволяющий выявить форму и размеры определенного элемента предмета, например форму ребра, отверстия, паза и т. п. Располагают местные виды без сохранения проекционной связи с основным изображением на свободном поле чертежа с надписью типа «Вид Д» (рис. 9).

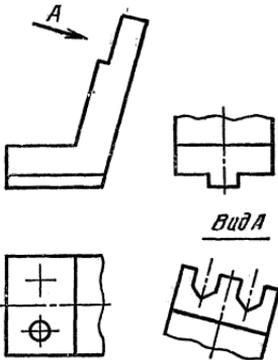


Рис. 8. Дополнительный вид

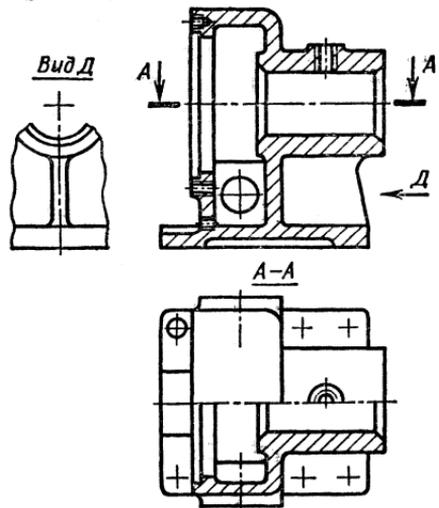


Рис. 9. Местный вид

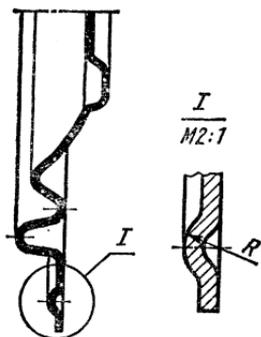


Рис. 10. Выносной элемент

*Выносной элемент* — дополнительное изображение части предмета, выполненное в большем по сравнению с основным изображением масштабе.

Часть изделия, изображаемую в виде выносного элемента, обводят замкнутой сплошной тонкой линией в виде окружности, овала и т. п. и обозначают римской цифрой на полке линии выноски (рис. 10), а у выносного элемента указывают эту цифру и соответствующий масштаб  $\frac{I}{M2:1}$ .

*Линия обрыва и разрыва* — тонкая сплошная волнистая линия (см. рис. 9, 11).

*Сечение* — изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении одной или несколькими плоскостями. В сечении показывают только то, что расположено в секущей плоскости.

Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на *вынесенные* (рис. 11, а) и *наложенные* (рис. 11, б).

*Разрез* — изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями; при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе в отличие от сечения показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней.

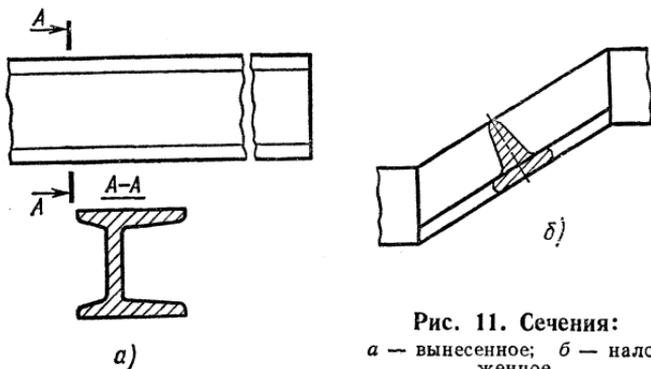


Рис. 11. Сечения:  
а — вынесенное; б — наложенное

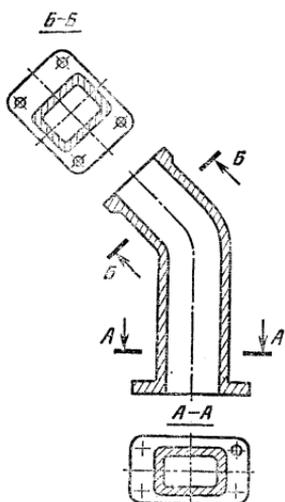


Рис. 12. Продольный разрез

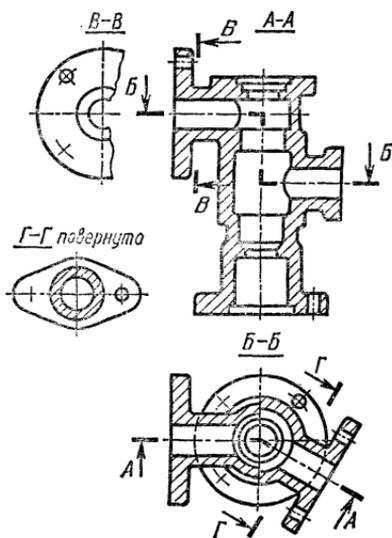


Рис. 13. Вертикальный (сложный) разрез

Разрезы разделяют:

1) в зависимости от положения секущей плоскости относительно изделий:

*продольные* — секущие плоскости расположены вдоль длины или высоты изделия (рис. 12);

*поперечные* — секущие плоскости расположены перпендикулярно длине или высоте изделия (рис. 12);

2) в зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций:

*горизонтальные* — секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (например, разрезы А—А на рис. 12);

*вертикальные* — секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (например, разрез на месте главного вида на рис. 12 и 13);

*наклонные* — секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого (например, разрез В—В на рис. 12).

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы называют *простыми* — при одной секущей плоскости

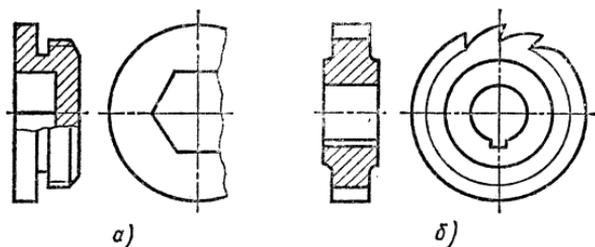


Рис. 14. Упрощенные изображения (а и б)

(см. рис. 9, 12); *сложными* — при нескольких секущих плоскостях (разрез Б—Б на рис. 13).

**Условности и упрощения.** Если вид, разрез или сечение представляют собой симметричную фигуру, допускается вычерчивать половину изображения или немного более половины изображения с проведением в последнем случае линии обрыва (рис. 14).

Если предмет имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов, то на изображении этого предмета полностью показывают один-два таких элемента (например, одно-два отверстия), а остальные элементы показывают упрощенно или условно. Допускается изображать часть предмета с надлежащими указаниями о числе элементов, их расположении и т. п.

На видах и разрезах допускается упрощенно изображать проекции линий пересечения поверхностей, если не требуется точного их построения. Например, вместо лекальных кривых проводят дуги окружности и прямые линии.

Плавный переход от одной поверхности к другой показывают условно или совсем не показывают.

Такие детали, как винты, заклепки, шпонки, непустотелые валы и шпиндели, шатуны, рукоятки и т. п., при продольном разрезе показывают нерассеченными (шарики всегда показывают нерассеченными). Как правило, показывают нерассеченными на сборочных чертежах гайки и шайбы. Такие элементы, как спицы маховиков, шкивов, зубчатых колес, тонкие стенки типа ребер жесткости и т. п., показывают разрезанными, но незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль оси или вдоль длинной стороны такого элемента. Если в подобных элементах детали имеется местное сверление,

углубление и т. п., то делают местный разрез, или эти места оформляются в виде выносных элементов.

Пластины, а также элементы деталей (отверстия, фаски, пазы, углубления и т. п.) размером (или с разницей в размерах) на чертеже 2 мм и менее изображают с отступлением от масштаба, принятого для всего изображения, в сторону увеличения.

Незначительную конусность или уклон допускается изображать с увеличением, чтобы они были явно выражены.

Длинные предметы (или элементы), имеющие постоянное или закономерно изменяющееся поперечное сечение (валы, цепи, прутки, фасонный прокат, шатуны и т. п.), допускается изображать с разрывами.

На чертежах предметов с рифлениями допускается изображать эти элементы частично, с возможным упрощением.

Графическое изображение материалов. ГОСТ 2.306—68 устанавливает графическое изображение материалов (табл. 6).

АксонOMETрические проекции. ГОСТ 2.317—69 устанавливает аксонометрические проекции, применяемые в чертежах.

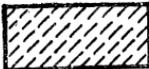
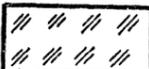
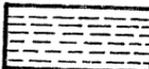
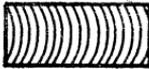
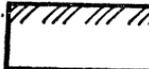
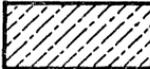
Сущность аксонометрического проецирования состоит в том, что предмет относят к системе координатных осей и проецируют его вместе с координатными осями на произвольно выбранную плоскость аксонометрических проекций. Направление аксонометрического проецирования относительно плоскости проекций, которую иногда называют картинной плоскостью, может быть перпендикулярным или составлять с ней какой-то угол. В зависимости от направления проецирования аксонометрические проекции подразделяются на два вида:

*прямоугольные* — проецирующие лучи перпендикулярны картинной плоскости;

*косоугольные* — проецирующие лучи наклонены к картинной плоскости.

Отношение длины аксонометрической проекции отрезка прямой, параллельной координатной оси длины этого отрезка в натуре, называется *коэффициентом искажения* или *показателем искажения по соответствующей координатной аксонометрической оси*.

## 6. Графическое изображение материалов

Обозначение	Материал	Обозначение	Материал
	Общее обозначение независимо от материала		Бетон
	Металлы и твердые сплавы		Стекло и другие стеклопрозрачные материалы
	Неметаллические материалы, в том числе волокнистые, монолитные и прессованные, за исключением указанных ниже		Жидкости
	Дерево		Грунт естественный
	Камень естественный		Засыпка из любого материала
	Керамика и силикатные материалы для кладки		Сетка

ГОСТ 2.317—69 устанавливает виды аксонометрических проекций (табл. 7, 8): прямоугольные (изометрические и диметрические); косоугольные (фронтальная изометрическая проекция, горизонтальная изометрическая проекция и фронтальная диметрическая проекция).

Виды и типы схем. ГОСТ 2.701—84 устанавливает виды и типы схем, а также общие требования к выполнению схем.

Схемы в зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия (установки), подразделяют на следующие виды: электрические, гидравлические, пневматические, газовые (кроме пневматических); кинематические, вакуумные, оптические, энергетические, комбинированные.

Схемы в зависимости от основного назначения подразделяют на следующие типы: структурные, функциональные, принципиальные (полные), соединений (монтажные), подключения, общие, расположения, объединенные.

*Элемент схемы* — составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное назначение (резистор, трансформатор, насос, распределитель, муфта и т. п.).

*Устройство* — совокупность элементов, представляющая единую конструкцию (блок, плата, шкаф, механизм, разделительная панель и т. п.). Устройство может не иметь в изделии определенного функционального назначения.

*Функциональная группа* — совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию.

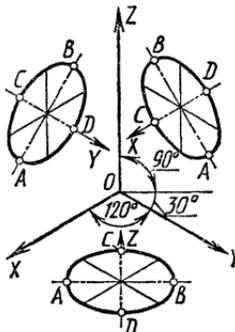
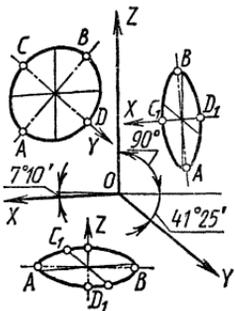
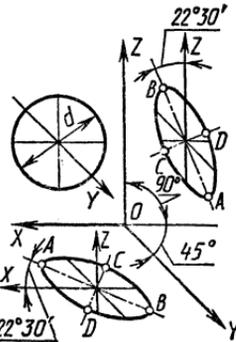
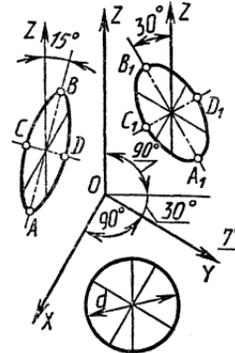
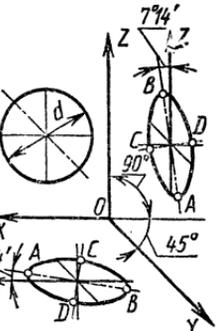
*Функциональная часть* — элемент, устройство, функциональная группа.

*Функциональная цепь* — линия, канал, тракт определенного назначения (канал звука, видеоканал, тракт СВЧ и т. п.).

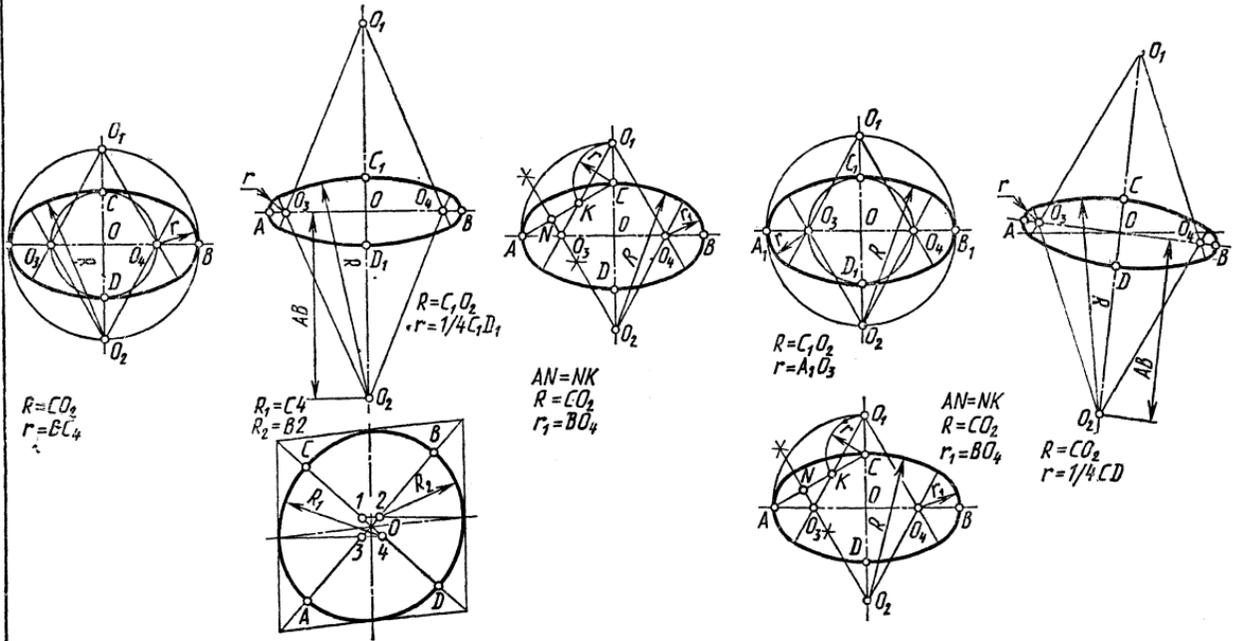
*Линия взаимосвязи* — отрезок линии, указывающей на наличие связи между функциональными частями изделия.

*Установка* — условное наименование объекта в энергетических сооружениях, на который выпускается схема, например, главные цепи.

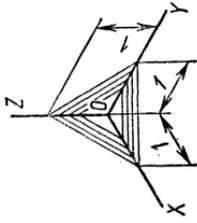
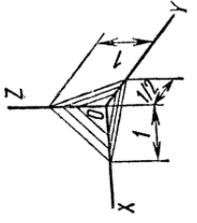
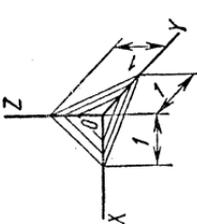
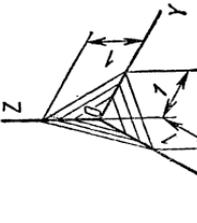
## 7. Виды аксонометрических проекций

Прямоугольные проекции		Косоугольные проекции		
Изометрическая	Диметрическая	Фронтальная	Горизонтальная изометрическая	Фронтальная диметрическая
<p><b>Расположение и направление осей эллипса</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p><math>AB = 1,22d</math> <math>CD = 0,71d</math> <math>AB \perp CD</math></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><math>AB = 1,06d</math> <math>CD = 0,95d</math> <math>C_1D_1 = 0,35d</math> <math>AB \perp CD</math></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><math>AB = 1,3d</math> <math>CD = 0,54d</math> <math>AB \perp CD</math></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><math>A_1B_1 = 1,22d</math> <math>C_1D_1 = 0,71d</math> <math>AB = 1,37d</math> <math>CD = 0,37d</math> <math>AB \perp CD</math></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><math>AB = 1,07d</math> <math>CD = 0,33d</math> <math>AB \perp CD</math></p> </div> </div>				

### Построение эллипсов (приближенное)



Продолжение табл. 7

Прямоугольные проекции		Косоугольные проекции	
Изометрическая	Диметрическая	Фронтальная	Горизонтальная изометрическая
<b>Штриховка сечений в аксонометрических проекциях</b>			
			
			Фронтальная диметрическая

*Структурная схема* определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи. Структурные схемы разрабатывают при проектировании изделий (установок) на стадиях, предшествующих разработке схем других типов, и пользуются ими для общего ознакомления с изделием (установкой).

*Функциональная схема* разъясняет определенные процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия (установки) или в изделии (установке) в целом. Функциональными схемами пользуются для изучения принципов работы изделий (установок), а также при их наладке, контроле и ремонте.

*Принципиальная (полная) схема* определяет полный состав элементов и связей между ними и, как правило, дает детальное представление о принципах работы изделия (установки). Принципиальными схемами пользуются для изучения принципов работы изделий (установок), а также при их наладке, конт-

## 8. Примеры аксонометрических проекций

Проекция	При положении оси детали параллельно осям проекций		
	Z	X	Y
Изометрия			
Диметрия: прямо- угольная			
	косо- угольная		

роле и ремонте. Они служат основанием для разработки других конструкторских документов, например, схем соединений (монтажных) и чертежей.

*Схема соединений (монтажная)* показывает соединение составных частей изделия (установки) и определяет провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т. п.). Схематическими соединениями пользуются при разработке других конструкторских документов, в первую очередь чертежей, определяющих прокладку и способы крепления проводов, жгутов, кабелей или трубопроводов в изделии (установке),

а также для осуществления присоединений и при контроле, эксплуатации и ремонте изделий (установок).

*Схема подключения* показывает внешние подключения изделия. Схематическими подключениями пользуются при разработке других конструкторских документов, а также для осуществления подключений изделий и при их эксплуатации.

*Общая схема* определяет составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации. Общими схемами пользуются при ознакомлении с комплексами, а также при их контроле и эксплуатации. Общую схему на сборочную единицу допускается разрабатывать при необходимости.

*Схема расположения* определяет относительное расположение составных частей изделия (установки), а при необходимости также жгутов, проводов, кабелей, трубопроводов и т. п. Схематическими расположениями пользуются при разработке других конструкторских документов, а также при эксплуатации и ремонте изделий (установок).

*Объединенная схема* на одно изделие (установку) выполняется на одном конструкторском документе.

Количество типов схем на изделие (установку) должно быть минимальным, но в совокупности они должны содержать сведения в объеме, достаточном для проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта изделия (установки).

Форматы листов схем выбирают в соответствии с требованиями, установленными ГОСТ 2.301—68 и ГОСТ 2.004—79; при этом основные форматы являются предпочтительными. При выборе форматов следует учитывать: объем и сложность проектируемого изделия (установки); необходимую степень детализации данных, обусловленную назначением схемы; условия хранения и обращения схем; особенности и возможности техники выполнения, репродуцирования и (или) микрофильмирования схем; возможность обработки схем средствами вычислительной техники.

Выбранный формат должен обеспечивать компактное выполнение схемы, не нарушая ее наглядности и удобства пользования ею.

Схемы выполняют без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных ча-

стей изделия (установки) не учитывают или учитывают приближенно.

Графические обозначения элементов (устройств, функциональных групп) и соединяющие их линии связи следует располагать на схеме таким образом, чтобы обеспечить наилучшее представление о структуре изделия и взаимодействии его составных частей.

При выполнении схем применяют следующие графические обозначения: условные графические обозначения, установленные в стандартах Единой системы конструкторской документации, а также построенные на их основе; прямоугольники; упрощенные внешние очертания (в том числе аксонометрические).

При необходимости применяют нестандартизованные условные графические обозначения. При применении нестандартизованных условных графических обозначений и упрощенных внешних очертаний на схеме приводят соответствующие пояснения.

Условные графические обозначения элементов выполняют с размерами, установленными в стандартах на условные графические обозначения. Линии графических обозначений на схемах той же толщины, что и линии связи.

Условные графические обозначения элементов изображают на схеме в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах, или повернутыми на угол, кратный  $90^\circ$ , если в соответствующих стандартах отсутствуют специальные указания. Допускается условные графические обозначения поворачивать на угол, кратный  $45^\circ$ , или изображать зеркально повернутыми.

Линии связи выполняют толщиной 0,2—1,0 мм в зависимости от форматов схемы и размеров графических обозначений. Рекомендуемая толщина линий 0,3—0,4 мм.

Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее число изломов и взаимных пересечений.

**Кинематические схемы.** ГОСТ 2.703—68 устанавливает правила выполнения кинематических схем.

В зависимости от основного назначения различают следующие кинематические схемы: принципиальные, структурные, функциональные.

На принципиальной схеме изделия должна быть представлена вся совокупность кинематических элементов и

их соединений, предназначенных для осуществления, регулирования, управления и контроля заданных движений исполнительных органов; должны быть отражены кинематические связи (механические и немеханические), предусмотренные внутри исполнительных органов, между отдельными парами, цепями и группами, а также связи с источником движения.

Принципиальную схему изделия вычерчивают, как правило, в виде развертки. Допускается принципиальные схемы вписывать в контур изображения изделия, а также вычерчивать в аксонометрических проекциях.

Все элементы на схеме изображают условными графическими обозначениями или упрощенно в виде контурных очертаний.

Механизмы, отдельно собираемые и самостоятельно регулируемые, допускается изображать на принципиальной схеме изделия без внутренних связей.

Условные графические обозначения элементов кинематических схем и обозначения движений регламентированы ГОСТ 2.770—63 (табл. 9).

**Гидравлические и пневматические схемы.** ГОСТ 2.704—76 устанавливает правила выполнения гидравлических и пневматических схем.

Гидравлические и пневматические схемы в зависимости от их основного назначения разделяются на следующие типы: *структурные, принципиальные, соединения.*

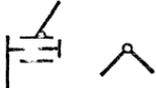
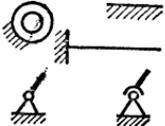
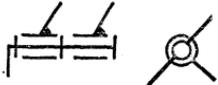
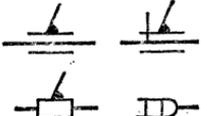
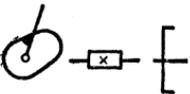
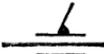
На структурной схеме изображают все основные функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы) и основные взаимосвязи между ними.

Функциональные части на схеме изображают сплошными основными линиями в виде прямоугольников или условных графических обозначений.

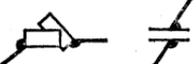
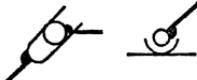
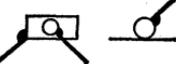
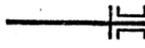
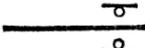
Графическое построение схемы должно давать наиболее наглядное представление о последовательности взаимодействия функциональных частей в изделии. На линиях взаимосвязей рекомендуется указывать направление потоков рабочей среды.

На принципиальной схеме изображают все гидравлические и пневматические элементы или устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных гидравлических (пневматических) процессов и все гидравлические (пневматические) связи между ними.

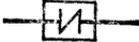
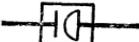
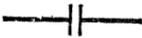
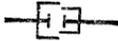
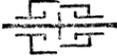
**9. Условные графические обозначения  
элементов кинематических схем и обозначения движений**

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Вал, валик, ось, стержень, шатун и т. п.</p> 	<p>Кинематическая пара: вращательная</p> 
<p>Неподвижное звено (стойка). Для указания неподвижности любого звена часть его контура покрывают штриховкой</p> 	<p>вращательная многократная, например, двукратная</p>  <p>поступательная</p> 
<p>Соединение частей звена: неподвижное</p>  <p>неподвижное, допускающее регулировку</p>  <p>неподвижное соединение де- тали с валом, стержнем</p> 	<p>винтовая</p>  <p>цилиндрическая</p>  <p>сферическая с пальцем</p>  <p>карданный шарнир</p> 

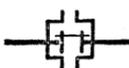
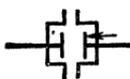
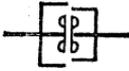
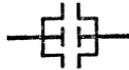
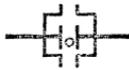
Продолжение табл. 9

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Кинематическая пара: сферическая (шаровая)</p>  <p>плоскостная</p>  <p>трубчатая (шар—цилиндр)</p>  <p>точечная (шар—плоскость)</p> 	<p>Подшипники скольжения: радиальные</p>  <p>радиально-упорные: односторонние</p>  <p>двусторонние</p>  <p>упорные: односторонние</p> 
<p>Подшипники скольжения и качения на валу (без уточнения типа): радиальные</p> 	<p>двусторонние</p> 
<p>упорные</p> 	<p>Подшипники качения: радиальные</p> 

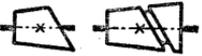
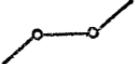
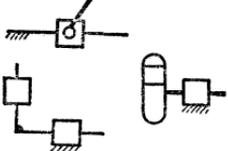
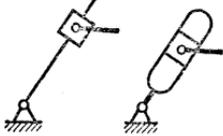
Продолжение табл. 9

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Подшипники качения: радиально-упорные: односторонние</p>  <p>двусторонние</p>  <p>упорные: односторонние</p>  <p>двусторонние</p> 	<p>Муфта нерасцепляемая (неуправляемая): упругая</p>  <p>компенсирующая</p> 
<p>Муфта. Общее обозначение без уточнения типа</p> 	<p>Муфта сцепления (управляемая): общее обозначение</p>  <p>односторонняя</p>  <p>двусторонняя</p> 
<p>Муфта нерасцепляемая (неуправляемая) глухая</p> 	<p>Муфта сцепления механическая: синхронная, например, зубчатая</p> 

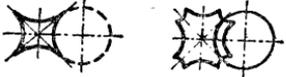
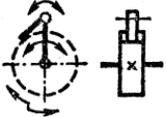
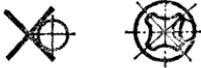
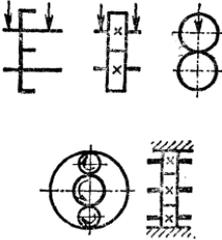
Продолжение табл. 9

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
Муфта сцепления механическая: асинхронная, например, фрикционная 	Муфта автоматическая (самодействующая) предохранительная с разрушающим элементом  с неразрушающим элементом 
Муфта сцепляемая электрическая 	Тормоз. Общее обозначение без уточнения типа 
Муфта сцепляемая гидравлическая или пневматическая 	Кулачки плоские: продольного перемещения  вращающиеся  вращающиеся пазовые 
Муфта автоматическая (самодействующая): общее обозначение  обгонная (свободного хода)  центрбежная фрикционная 	

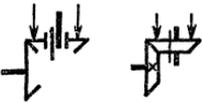
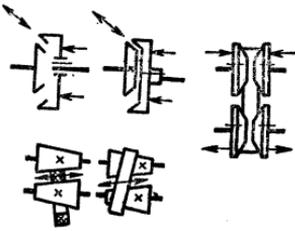
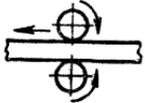
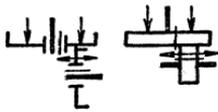
Продолжение табл. 9

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p data-bbox="168 300 419 352">Кулачки барабанные: цилиндрические</p>  <p data-bbox="189 496 319 520">конические</p>  <p data-bbox="189 647 363 671">криволинейные</p> 	<p data-bbox="572 300 888 352">Толкатель (ведомое звено) плоский</p> 
<p data-bbox="163 871 479 924">Толкатель (ведомое звено): заостренный</p>  <p data-bbox="187 1062 277 1086">дуговой</p>  <p data-bbox="187 1238 308 1262">роликовый</p> 	<p data-bbox="572 568 945 639">Звено рычажных механизмов двухэлементное: кривошип, коромысло, шатун</p>  <p data-bbox="596 775 723 799">эксцентрик</p>  <p data-bbox="596 967 674 991">ползун</p>  <p data-bbox="596 1206 674 1230">кулиса</p> 

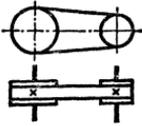
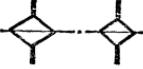
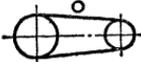
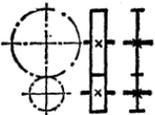
Продолжение табл. 9

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Звено рычажных механизмов трехэлементное</p> 	<p>Храповые зубчатые механизмы с реечным зацеплением</p> 
<p>Примечания: 1. Штриховку допускается не наносить. 2. Обозначение многоэлементного звена аналогично двух- и трехэлементному</p>	<p>Мальтийские механизмы с радиальным расположением пазов у мальтийского креста: с наружным зацеплением</p> 
<p>Храповые зубчатые механизмы: с наружным зацеплением односторонние</p>  <p>с наружным зацеплением двусторонние</p> 	<p>в внутреннем зацеплении</p>  <p>общее обозначение</p> 
<p>с внутренним зацеплением односторонние</p> 	<p>Передачи фрикционные: с цилиндрическими роликами</p> 

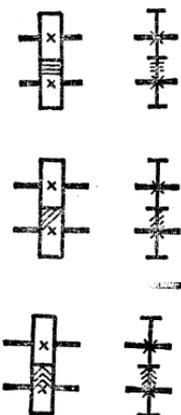
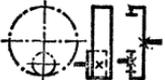
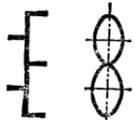
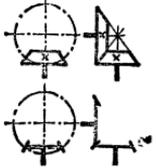
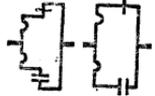
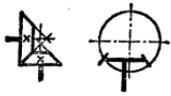
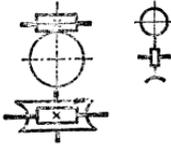
Продолжение табл. 9

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Передачи фрикционные: с коническими роликами</p>  <p>с коническими роликами регулируемые</p>  <p>с криволинейными образующими рабочих тел и наклоняющимися роликами регулируемые</p> 	<p>Передачи фрикционные: со сферическими и коническими (цилиндрическими) роликами регулируемые</p>  <p>с цилиндрическими роликами, преобразующие вращательное движение в поступательное</p>  <p>с гиперболоидными роликами, преобразующие вращательное движение в винтовое</p> 
<p>горцовые (лобовые) регулируемые</p> 	<p>Маховик на валу</p> 

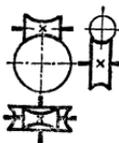
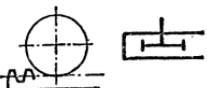
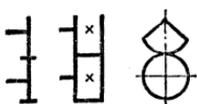
Продолжение табл. 9

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Шкив ступенчатый, закрепленный на валу</p> 	<p>Передача цепью: общее обозначение без уточнения типа цепи</p> 
<p>Передача ремнем без уточнения типа ремня</p> 	<p>круглозвенной</p> 
<p>Передача плоским ремнем</p> 	<p>пластинчатой</p> 
<p>Передача клиновидным ремнем</p> 	<p>зубчатой</p> 
<p>Передача круглым ремнем</p> 	<p>Передачи зубчатые (цилиндрические): внешнее зацепление (общее обозначение без уточнения типа зубьев)</p>
<p>Передача зубчатым ремнем</p> 	

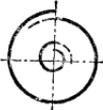
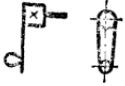
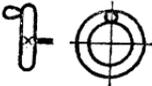
Продолжение табл. 9

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Передачи зубчатые (цилиндрические): внешнее зацепление с прямыми, косыми и шевронными зубьями</p>  <p>внутреннее зацепление</p>  <p>с некруглыми колесами</p> 	<p>Передачи зубчатые с пересекающимися валами и конические: общее обозначение без уточнения типа зубьев</p>  <p>с прямыми, спиральными и круговыми зубьями</p> 
<p>Передачи зубчатые с гибкими колесами (волновые)</p> 	<p>Передачи зубчатые со скрещивающимися валами: гипоидные</p>  <p>червячные с цилиндрическим червяком</p> 

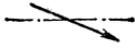
Продолжение табл. 9

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Передачи зубчатые со скрещивающимися валами: червячные глобоидные</p> 	<p>Гайка на винте, передающем движение: неразъемная с шариками</p>  <p>разъемная</p> 
<p>Передачи зубчатые реечные: общее обозначение без уточнения типа зубьев</p> 	<p>Пружины: цилиндрические сжатия</p>  <p>цилиндрические растяжения</p> 
<p>Передача зубчатым сектором без уточнения типа зубьев</p> 	<p>конические сжатия</p> 
<p>Винт, передающий движение</p> 	<p>цилиндрические, работающие на кручение</p> 
<p>Гайка на винте, передающем движение: неразъемная</p> 	

Продолжение табл. 9

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Пружины: спиральные</p>  <p>листовые: одинарная</p>  <p>рессора</p>  <p>тарельчатые</p> 	<p>Рукоятка</p>  <p>Маховичок</p>  <p>Передвижные упоры</p>  <p>Гибкий вал для передачи вращающего момента</p> 
<p>Рычаг переключения</p> 	<p>Одностороннее движение: прямолинейное</p> 
<p>Конец вала под съемную рукоятку</p> 	<p>вращательное: с осью вращения в плоскости чертежа</p> 

Продолжение табл. 9

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Одностороннее движение: вращательное: с осью вращения перпендикулярно плоскости чертежа</p>  <p>винтовое: с осью вращения в плоскости чертежа</p>  <p>с осью вращения перпендикулярно плоскости чертежа</p> 	<p>Возвратное движение: вращательное: с осью вращения перпендикулярно плоскости чертежа</p>  <p>винтовое: с осью вращения в плоскости чертежа</p>  <p>с осью вращения перпендикулярно плоскости чертежа</p> 
<p>Возвратное движение: прямолинейное</p>  <p>вращательное: с осью вращения в плоскости чертежа</p> 	<p>Одностороннее движение с мгновенной остановкой в промежуточном положении: прямолинейное</p>  <p>вращательное</p> 

Продолжение табл. 9

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Одностороннее движение с выстоем в промежуточном положении: прямолинейное</p>  <p>вращательное</p> 	<p>Одностороннее движение с частичным обратным движением: вращательное</p>  <p>Возвратное движение с выстоем в одном крайнем положении: прямолинейное</p>  <p>вращательное</p> 
<p>Одностороннее движение с частичным обратным движением: прямолинейное</p> 	
<p>Примечание. Для указания правого или левого винта на поле схемы приводят необходимое пояснение. Обозначение других видов движения следует строить по аналогии с приведенными в таблице.</p>	

Элементы и устройства на схеме изображают в виде условных графических обозначений. Все элементы и устройства изображают на схемах, как правило, в исходном положении: пружины — в состоянии предварительного сжатия, электромагниты — обесточенными и т. п.

В технически обоснованных случаях допускается отдельные элементы схемы или всю схему вычерчивать в выбранном рабочем положении с указанием на поле схемы положения, для которого изображены эти элементы или вся схема.

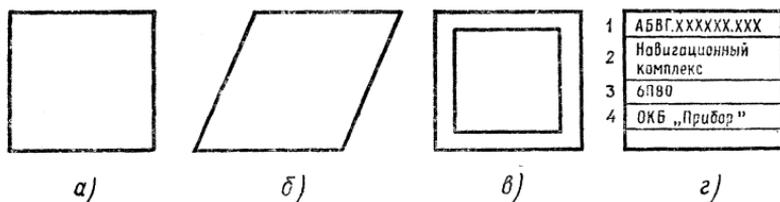


Рис. 15. Условное графическое обозначение изделия и его составных частей

Условные графические обозначения баков под атмосферным давлением и места удаления воздуха из гидросети изображают на схеме только в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах.

Каждый элемент или устройство, входящие в изделие и изображенные на схеме, должны иметь буквенно-цифровое позиционное обозначение, состоящее из буквенного обозначения и порядкового номера, проставленного после буквенного обозначения.

ГОСТ 2.780—68 устанавливает условные графические обозначения элементов гидравлических и пневматических сетей, ГОСТ 2.781—68 — графическое обозначение распределительной и регулирующей аппаратуры, а ГОСТ 2.782—68 — условные графические обозначения гидравлических и пневматических насосов и двигателей.

Схема деления изделия на составные части. Схема деления изделия на составные части — конструкторский

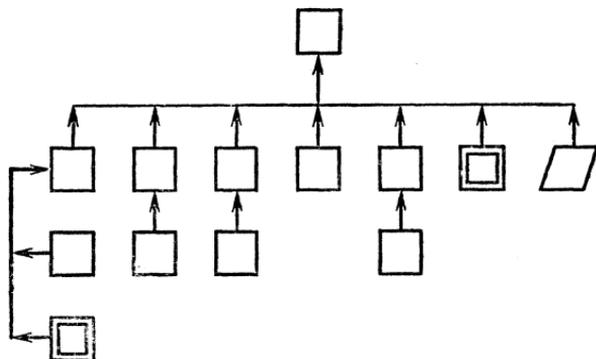


Рис. 16. Структурная схема изделия и его составных частей

документ, определяющий состав изделия, входимость составных частей, их назначение и взаимосвязь. Схему деления разрабатывают на изделия (составные части изделия), на которые имеется тактико-техническое задание (ТТЗ) или техническое задание (ТЗ) заказчика (головного разработчика). Схему деления разрабатывают на стадии технического проекта (эскизного проекта, если технический проект не выполняется). В схеме деления приводят состав изделия (комплексы, сборочные единицы, детали, входящие в изделие, как вновь разработанные, так и заимствованные и покупные).

Условные графические обозначения изделия и его составных частей (оригинальных, покупных, заимствованных) приведены на рис. 15, *а—в*.

Информацию об изделии в условном графическом обозначении располагают сверху вниз в следующей последовательности: обозначение, наименование, индекс и т. д. (рис. 15, *г*).

Условные графические обозначения изделия и его составных частей должны быть соединены между собой соответственно входимости сплошными тонкими линиями со стрелками (рис. 16).

## МАТЕРИАЛЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

**Механические, физические и технологические свойства материалов.** Качество материалов оценивается механическими, физическими и технологическими свойствами. Первые два характеризуют техническую пригодность материала, а третья — условия его обработки.

К основным механическим свойствам металлов и сплавов относятся следующие:

*предел текучести*  $\sigma_T$  — растягивающее напряжение, при котором деформация начинает расти без увеличения нагрузки;

*временное сопротивление при растяжении*  $\sigma_B$  — условное напряжение, получаемое делением максимальной нагрузки  $P_{\max}$  на площадь поперечного сечения  $F$ :

$$\sigma_B = \frac{P_{\max}}{F};$$

*относительное удлинение*  $\delta$  ( $\delta_B$ ) — частное от деления остаточного удлинения (разности между длиной  $l_1$  сложенных частей разорванного образца и первоначальной его длиной  $l_0$ ) на первоначальную длину рабочей части \*1:

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} 100\%;$$

при длине рабочей части  $l_0 = 5 \sqrt{\frac{4F}{\pi}}$  (где  $F$  — площадь поперечного сечения) относительное удлинение обозначается  $\delta_5$  и будет больше, чем  $\delta_{10}$ , полученное у образцов с длиной рабочей части  $l_0 = 10 \sqrt{\frac{4F}{\pi}}$ ;

*относительное сужение*  $\psi$  — определяется как частное от деления разности площадей поперечного сечения

---

\*1 Перечисленные характеристики определяются при растяжении образцов с головками и цилиндрической (призматической) рабочей частью.

начального и минимального (в месте разрыва) на первоначальную площадь этого сечения:

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} 100\%;$$

*ударная вязкость*  $a_n$  — определяется при изломе образца размером  $10 \times 10 \times 55$  мм с закругленным надрезом глубиной 2 мм посередине на маятниковом копре и выражается отношением работы излома  $A$  к площади поперечного сечения  $F$  в месте надреза (нож маятника ударяет по обратной стороне в месте надреза):

$$a_n = \frac{A}{F} = 1,25A;$$

*предел прочности хрупких материалов при статическом изгибе*  $\sigma_n$  — максимальное напряжение при изломе образца прямоугольного сечения шириной  $b$  и высотой  $h$  или круглого сечения диаметром  $d$  изгибающим моментом  $M$ :

$$\sigma_n = \frac{6M}{bh^2} \quad \text{или} \quad \sigma_n = \frac{32M}{\pi d^3};$$

*твердость по Бринеллю* — отношение нагрузки, вдавливающей стальной шарик в испытуемый металл или сплав, к площади поверхности сферической лунки в металле (сплаве):

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{P}{\pi Dh} = \frac{2P}{\pi D \sqrt{D^2 - d^2}},$$

где  $D$  — диаметр шарика (10; 5; 2,5 мм);  $d$  — измеренный диаметр отпечатка, мм;  $h$  — глубина отпечатка; при нагрузках, равных  $30D^2$ ;  $10D^2$ ;  $2,5D^2$  ( $D$  в мм), твердость определяют по таблицам без вычислений; метод рекомендуется при твердости не выше 4500 HB \*1;

*твердость по Виккерсу* — отношение нагрузки на стандартную пирамиду при вдавливании ее вершины в испытуемый материал к площади поверхности пирамидального отпечатка:

$$HV = \frac{P}{F} = 1,8544 \frac{P}{D^2};$$

где  $D$  — диагональ отпечатка;

\*1 Твердость HB в МПа.

*твердость по Роквеллу* — условная характеристика, значение которой отсчитывают по шкале твердомера; в зависимости от условий определения различают твердость: HRA — для очень твердых материалов (по шкале А); HRB — для мягкой стали (по шкале В); HRC — для закаленной стали (по шкале С).

Основные физические характеристики материалов следующие:

*плотность* — отношение массы вещества  $M$  к его объему  $V$ :

$$\gamma = \frac{M}{V};$$

*температура плавления*  $t_{пл}$  — температура превращения твердого вещества в жидкое;

*теплопроводность*  $\lambda$  — отношение произведения количества теплоты  $Q$ , проходящей через пластинку материала, на толщину пластинки  $l$  к площади пластинки  $F$ , умноженной на разность температур на ее сторонах  $(t_1 - t_2)$  и на время  $\tau$ :

$$\lambda = \frac{Ql}{F(t_1 - t_2)\tau};$$

*коэффициент линейного расширения*  $\alpha$  — линейная деформация материала при изменении температуры на  $1^\circ\text{C}$ .

Основные технологические свойства следующие:

*обрабатываемость металла резанием* оценивается скоростью затупления резца при точении на заданных режимах резания с обеспечением заданных параметров шероховатости поверхности и выражается в процентах от обрабатываемости стали повышенной обрабатываемости резанием или свинцовистой латуни соответственно для сталей или медных сплавов;

*обрабатываемость давлением* в горячем и холодном состоянии оценивают различными технологическими пробами (на осадку, на изгиб, на вытяжку сферической лунки и др.), характеристиками пластичности, твердости и упрочнения материала при температуре обработки;

*свариваемость* — способность металлов и сплавов образовывать неразъемные соединения с требуемыми механическими характеристиками; ее оценивают сравнением свойств сварных соединений со свойствами основного металла или сплава; свариваемость считается тем выше,

чем больше способов сварки может быть применено, шире пределы допускаемых режимов сварки; для оценки технологической свариваемости определяют структуру, механические свойства и склонность к образованию трещин металла шва и околошовной зоны.

*Литейные свойства* определяются совокупностью показателей (температурами плавления, кипения, заливки и кристаллизации; плотностью и жидкотекучестью расплава; литейной усадкой и др.). Оптимальные показатели позволяют получить отливки без внутренних и внешних дефектов.

*Упрочняемость металлов и сплавов* определяются способностью материала приобретать более высокую прочность после термической или механической обработки.

*Структура металлов.* Металлы и сплавы при одном и том же химическом составе могут иметь различное структурное строение в зависимости от применяемых методов и режимов термической и механической обработки. Различают макро- и микроструктуру металлов. Методы контроля структуры металлов и сплавов стандартизованы.

*Макроструктуру* стали оценивают на протравленных образцах по шести показателям путем сравнения с эталоном: 1) центральной пористости — мелким пустотам, не завариваемым при горячей обработке давлением; 2) ликвации — неоднородности отдельных участков металла по химическому составу, структуре, неметаллическим и газовым включениям; 3) подкорковым пузырям — мелким пустотам, расположенным вблизи поверхности или на поверхности заготовки; 4) монокристаллическим трещинам — тонким извилистым полоскам от оси заготовки; 5) послонной кристаллизации — чередующимся слоям металла в виде узких светлых и темных полос; 6) светлой полоске — яркой концентрической полоске металла пониженной травленности.

*Дефекты поверхности и формы* прокатанных изделий установлены ГОСТ 20847—75 и ГОСТ 21014—75. Оценка проводят по 96 параметрам. На изломах макроструктуру оценивают путем сравнения с нормативными макроструктурами, приведенными в ГОСТ 10243—75, по 25 параметрам.

Условные обозначения основных элементов в марках металлов и сплавов приведены в табл. 1, марок материа-

1. Условные обозначения основных элементов  
в марках металлов и сплавов

Элемент	Символ	Принятое обозначение элементов в марках металлов и сплавов		Элемент	Символ	Принятое обозначение элементов в марках металлов и сплавов	
		черных	цветных			черных	цветных
Азот	N	А	—	Неодим	Nd	—	Нм
Алюминий	Al	Ю	А	Никель	Ni	Н	Н
Барий	Ba	—	Бр	Ниобий	Nb	Б	Нб
Бериллий	Be	Л	—	Олово	Sn	—	О
Бор	B	Р	—	Осмий	Os	—	Ос
Ванадий	V	Ф	Вам	Палладий	Pd	—	Пд
Висмут	Bi	Ви	Ви	Платина	Pt	—	Пл
Вольфрам	W	В	—	Празеохим	Pr	—	Пр
Гадолиний	Gg	—	Гм	Рений	Re	—	Ре
Галлий	Ga	Гл	Гл	Родий	Rh	—	Рд
Гафний	Hf	—	Гф	Ртуть	Hg	—	Р
Германий	Ge	—	Г	Рутений	Ru	—	Ру
Гольмий	Ho	—	ГОМ	Самарий	Sm	—	Сам
Диспрозий	Dy	—	ДИМ	Свинец	Pb	—	С
Европий	Eu	—	Ев	Селен	Se	Е	СТ
Железо	Fe	—	Ж	Серебро	Ag	—	Ср
Золото	Au	—	Зл	Скандий	Sc	—	Скм
Индий	In	—	Ин	Сурьма	Sb	—	Су
Иридий	Ir	и	И	Таллий	Tl	—	Тл
Иттербий	Yb	—	ИТМ	Тантал	Ta	—	ТТ
Иттрий	Y	—	ИМ	Теллур	Te	—	Т
Кадмий	Cd	Кд	Кд	Тербий	Tb	—	Том
Кобальт	Co	К	К	Титан	Ti	Т	ТПД
Кремний	Si	С	Кр(К)	Туллий	Tu	—	ТУМ
Лантан	La	—	Ла	Углерод	C	У	—
Литий	Li	—	Лэ	Фосфор	P	П	Ф
Лютеций	Lu	—	Люм	Хром	Cr	Х	Х(Хр)
Магний	Mg	Ш	Мг	Церий	Ce	—	Се
Марганец	Mn	Г	Мц(Мр)	Цинк	Zn	—	Ц
Медь	Cu	Д	М	Цирконий	Zr	Ц	ЦЭВ
Молибден	Mo	М	—	Эрбий	Er	—	Эрм

лов — в табл. 2, видов термической обработки стали — в табл. 3.

Марку стали по искре определяют по табл. 5, а цвета каления и побежалости стали соответственно по табл. 6—8.

## ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

**Чугун** (табл. 9—11) — сплав железа с углеродом (более 2% С), разделяют на нелегированный и легированный, содержащий хром, никель, марганец и другие легирующие элементы.

По структуре различают белый чугун (с белым изломом), в котором углерод находится в виде цементита, и серый чугун (с серым изломом), в котором углерод находится в основном в форме графита. Серый чугун подразделяют на серый литейный, высокопрочный, ковкий, жаростойкий, жаропрочный, коррозионно-стойкий и антифрикционный.

**Сталью** называют сплав железа с углеродом (до 2% С). По химическому составу сталь разделяют на углеродистую (табл. 12 и 13) и легированную, а по качеству — на сталь обыкновенного качества, качественную, повышенного качества и высококачественную.

*Сталь углеродистая качественная конструкционная* (ГОСТ 1050—74) по видам обработки при поставке делится на горячекатаную и кованую, калиброванную, круглую со специальной отделкой поверхности — серебрянку. По требованиям к испытанию механических свойств сталь подразделяют на пять категорий (табл. 14). Основные свойства и применение этих сталей приведены в табл. 15, 17 \*<sup>1</sup>.

*Легированную сталь* (табл. 16) по степени легирования разделяют на низколегированную (легирующих элементов до 2,5%), среднелегированную (от 2,5 до 10%), высоколегированную (от 10 до 50%). В зависимости от основных легирующих элементов различают сталь 14 групп. К высоколегированным относят:

1) коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали и сплавы, обладающие стойкостью против электрохимической и

---

\*<sup>1</sup> Здесь и далее в таблицах приняты обозначения: Н — низкая, У — удовлетворительная, В — высокая, ВВ — весьма высокая.

## 2. Условные обозначения марок материалов

Материал	Обозначение
<b>Стали</b>	
Углеродистая обыкновенного качества (ГОСТ 380—88)	Буквами Ст и цифрами 0, 1, 2, 3 и т. д. до 6. Увеличение номера указывает на повышение содержания углерода и временного сопротивления (Ст1, Ст2). Если сталь кипящая, то после цифр ставят буквы кп, полуспокойная — пс, спокойная — сп. Эти индексы обозначают степень раскисления стали
Углеродистая качественная (ГОСТ 1050—74**)	Двумя цифрами: 05, 08, 10, 15, 20 и т. д. до 60, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента (08, 15, 30, 45). Если сталь кипящая, то после цифр ставят буквы кп, полуспокойная — пс (08кп, 20пс)
Высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаро-стойкие и жаропрочные (ГОСТ 5632—72)	Первые две цифры указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента, а буквы за цифрами означают, что в составе стали находятся легирующие элементы (обозначения элементов см. выше) (40X, 40XН, 30XГС). Цифры, стоящие после букв, указывают примерное содержание легирующего элемента в целых единицах процента (35Г2, 30X2, ГН2). Если содержание легирующего элемента менее 1,5% — цифра отсутствует (50X, 15ХР, 30XГС). Буква А в конце обозначений марок указывает, что сталь высококачественная (15ХА, 20ХН3А)
Углеродистая инструментальная (ГОСТ 1435—74)	Буквой У и цифрами, показывающими среднее содержание углерода в десятых долях процента (У7, У8). Для высококачественной стали в конце ставят букву А (У8А)
Легированная инструментальная (ГОСТ 5950—73*)	Первые цифры означают среднее содержание углерода в десятых долях процента. Они могут не указываться, если содержание углерода в стали меньше 0,1% (9X, 4ХС, 5ХГН). Цифры, стоящие после букв, обозначающих легирующий элемент, показывают среднее содержание легирующего элемента в целых единицах процента (X12, X12М, 8ХЗ)

Продолжение табл. 2

Материал	Обозначение
<p>Подшипниковая (ГОСТ 801—78)</p> <p>Конструкционная повышенной и высокой обрабатываемости резанием (ГОСТ 1414—75)</p>	<p>Буквами ШХ и цифрами, показывающими содержание хрома в десятых долях процента. Буквы после цифр показывают наличие дополнительных легирующих элементов</p> <p>Буквой А и цифрами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента (А12)</p>
<p><b>Чугун</b></p> <p>Серый (ГОСТ 1412—85)</p> <p>Ковкий (ГОСТ 1215—79)</p> <p>Легируемый для отливок со специальными свойствами (ГОСТ 7769—82)</p>	<p>Буквами СЧ и двузначным числом, обозначающим минимальное временное сопротивление при растяжении в МПа·10<sup>-1</sup> (СЧ 10)</p> <p>Буквами КЧ. Первое двузначное число обозначает временное сопротивление при растяжении в МПа·10<sup>-1</sup>, второе число — относительное удлинение в % (КЧ 30—6)</p> <p>Первой буквой Ч и последующими буквами, показывающими наличие легирующих элементов. Цифры обозначают последовательно среднее содержание легирующих элементов в процентах. Буква Ш означает, что графит в чугуне имеет шаровидную форму</p>
<p><b>Алюминиевые сплавы</b></p>	
<p>Литейные</p> <p>Деформируемые</p>	<p>Буквами АЛ, после которых указывается номер сплава (АЛ2)</p> <p>Буквами Д, АК, АМ, ВД и В, после которых указывается номер сплава (Д16)</p>
<p><b>Магнитные сплавы</b></p>	
<p>Литейные</p> <p>Деформируемые</p>	<p>Буквами Мл, после которых указывается номер сплава (Мл5)</p> <p>Буквами МА; за ними следует номер сплава (МА3)</p>
<p><b>Латуни</b></p>	<p>Первой буквой Л — латунь и другими буквами, показывающими содержание легирующих элементов. Первое число — процентное содержание меди, остальные — содержание легирующих элементов</p>

Продолжение табл. 2

Материал	Обозначение
<b>Бронзы</b>	Первыми двумя буквами Бр — бронза и последующими, показывающими только легирующие элементы. Цифры указывают их процентное содержание (БрО4—4)
<b>Медно-никелевые сплавы</b>	Первыми двумя буквами МН и последующими, показывающими элементы сплава. Первое число означает содержание никеля и кобальта в процентах, остальные числа — содержание других элементов в той последовательности, в которой стоят буквы (МНЖМЦ 30—0,8—1)
<b>Баббиты</b> (ГОСТ 1320—74)	Буквой Б и числом, показывающим содержание олова в процентах (Б88)
<b>Сплавы твердые спеченные</b> (ГОСТ 3882—74*)	Группа ВК — вольфрамовые; цифра после буквы К означает содержание кобальта в процентах. Группа Т — титановольфрамовые; цифра после Т означает содержание карбида титана. Группа ТТ — титанотанталовольфрамовые; цифра после Т указывает суммарное содержание карбидов титана и тантала

## 3. Условные обозначения видов термической обработки

Вид обработки	Обозначение	Вид обработки	Обозначение
Отжиг	О	Закалка с нагревом ТВЧ до твердости 32,2—36,8 HRC <sub>9</sub>	ТВЧ48
Нормализация	Н	Цементация и закалка с охлаждением в масле до твердости 32,2—36,8 HRC <sub>9</sub>	Ц-М48
Улучшение	У	Цементация и закалка с охлаждением в воде до твердости 32,2—36,8 HRC <sub>9</sub>	Ц-В48

Продолжение табл. 3

Вид обработки	Обозначение	Вид обработки	Обозначение
Закалка с охлаждением в воде до твердости 32—42 HRC <sub>9</sub>	В35	Цементация и закалка с нагревом ТВЧ до твердости 32,2—36,8 HRC <sub>9</sub>	Ц-ТВЧ48
Закалка с охлаждением в масле до твердости 47,5—51,5 HRC <sub>9</sub>	М48	Жидкостная цементация	ЦЖ
Изотермическая закалка до твердости 32,2—36,8 HRC <sub>9</sub>	ИЗО48	Азотирование до твердости 32,2—36,8 HRC <sub>9</sub>	АТ48

## 4. Цвета краски материалов различных групп

Группа	Цвет краски
<b>Сталь углеродистая обыкновенного качества</b>	
Ст0	Красный и зеленый
Ст1, Ст1кп	Желтый и черный
Ст2, Ст2кп	Желтый
Ст3, Ст3кп	Красный
Ст4, Ст4кп	Черный
Ст5	Зеленый
Ст6	Синий
<b>Углеродистая качественная сталь</b>	
08, 10, 25, 20	Белый
25, 30, 35, 40	Белый и желтый
45, 50, 55, 60	Белый и коричневый
<b>Легированная конструкционная сталь</b>	
Хромистая	Зеленый и желтый
Хромомолибденовая	Зеленый и фиолетовый
Хромованадиевая	Зеленый и черный
Марганцовистая	Коричневый и синий
Хромомарганцовая	Синий и черный
Хромокремнистая	Синий и красный
Хромокремнемарганцовая	Красный и фиолетовый
Никельмолибденовая	Желтый и фиолетовый

Продолжение табл. 4

Группа	Цвет краски
Хромоникелевая Хромоникелемолибденовая Хромоалюминиевая	Желтый и черный Фиолетовый и черный Алюминиевый
<b>Коррозионно-стойкая сталь</b>	
Хромистая	Алюминиевый и черный
Хромоникелевая	Алюминиевый и красный
Хромотитановая	Алюминиевый и желтый
Хромоникелекремнистая	Алюминиевый и зеленый
Хромоникелетитановая	Алюминиевый и синий
Хромоникеленнобевая	Алюминиевый и белый
Хромомарганценикелевая	Алюминиевый и коричневый
Хромоникелемолибденотитановая	Алюминиевый и фиолетовый
<b>Быстрорежущая сталь</b>	
P18	Бронзовый и красный
P9	Бронзовый
<b>Твердые спеченные сплавы</b>	
ВК2	Черный с белой полосой
ВК3—М	Черный с оранжевой полосой
ВК4	Оранжевый
ВК6	Синий
ВК6—М	Синий с белой полосой
ВК6—В	Фиолетовый
ВК8	Красный
ВК8—Б	Красный с синей полосой
ВК10	Красный с белой полосой
ВК15	Белый
T15K6	Зеленый
T30K4	Голубой

## 5. Определение марки стали по искре

Сталь	Цвет и характеристика пучка искр
Низкоуглеродистая нелегированная (до 0,15% С)	Короткий темно-желтый пучок искр, принимающих форму полосок и становящихся более светлыми в зоне сгорания; мало звездообразных разветвлений

Продолжение табл. 5

Сталь	Цвет и характеристика пучка искр
Среднеуглеродистая нелегированная (0,15—1,0% С)	При повышении содержания углерода образуется более плотный и более светлый желтый пучок искр с многочисленными звездочками и ответвлениями лучей
Высокоуглеродистая нелегированная (св. 1,0% С)	Очень плотный желтый пучок искр с многочисленными звездочками. При увеличении содержания углерода уменьшается яркость и укорачивается пучок искр
Нелегированная с повышенным содержанием марганца	Широкий плотный ярко-желтый пучок искр; внешняя зона линий искр особенно яркая. Многочисленные разветвления лучей
Марганцовистая (12% Mn)	Преобладание зонтообразных искр
Конструкционная (до 5% Ni)	Яркие желтые линии искр в виде язычков, расщепленные на конце; увеличение яркости в зоне сгорания. При повышении содержания углерода на концах искр появляются звездочки
Хромистая с низким содержанием углерода и высоким содержанием хрома	Короткий темно-красный пучок искр без звездочек, слабоветвленный; искры прилипают к поверхности шлифовального круга
Никелевая высоколегированная	При содержании 35% Ni красно-желтое окрашивание пучка. При более высоком содержании никеля (около 47%) яркость искр значительно ослабевает
Хромоникелевая	Желто-красные искры с более яркими полосами в зоне сгорания. При повышенном содержании хрома и никеля пучок искр более темный
Вольфрамовая	Красные короткие искры; линии искр отчетливо изгибаются книзу. Разветвление звездочек углерода отсутствует. Чем выше содержание вольфрама, тем слабее образование искр
Молибденовая	Ярко-желтые искры в виде язычков. При низком содержании кремния язычки видны перед звездочками углерода; при повышенном содержании — за звездочками углерода

## 6. Цвета каления стали

Температура, °С	Цвет каления	Температура, °С	Цвет каления
550—580	Темно-коричневый	830—900	Светло-красный
580—650	Коричнево-красный	900—1050	Оранжевый
650—730	Темно-красный	1050—1150	Темно-желтый
730—770	Темно-вишнево-красный	1150—1250	Светло-желтый
770—800	Вишнево-красный	1250—1300	Ярко-желтый
800—830	Светло-вишнево-красный		

## 7. Цвета побежалости углеродистой стали

Температура, °С	Цвет побежалости	Температура, °С	Цвет побежалости
220	Светло-желтый	285	Фиолетовый
240	Темно-желтый	295	Васильково-синий
255	Коричнево-желтый	314	Светло-синий
265	Коричнево-красный	330	Серый
275	Пурпурно-красный		

## 8. Цвета побежалости коррозионно-стойких сталей и жаропрочных сплавов

Температура, °С	Цвет побежалости		
	12X18H9T	XH75MБТЮ	XH77ТЮР
300	Светло-соломенный	—	—
400	Соломенный	Светло-желтый	—
500	Красновато-коричневый	Желтый	Светло-соломенный
600	Фиолетово-синий	Коричневый	Фиолетовый
700	Синий	Синий	Синий
800	—	Голубой	Голубой

### 9. Основные свойства серого литейного чугуна и его применение

Марка	$\sigma_{\text{н}}$ , МПа	НВ	Примечание
<b>Чугун с пластинчатым графитом</b>			
СЧ10	275	139—274	Малоответственные отливки с толщиной стенок до 15 мм (корпуса, крышки, кожухи и др.)
СЧ15	314	160—224	Малоответственные отливки с толщиной стенок 10—30 мм (трубы, корпуса клапанов, вентили при давлении до 20 МПа и др.)
СЧ18	354	167—224	Ответственные отливки с толщиной стенок 10—20 мм (шківы, зубчатые колеса, станины, суппорты и др.)
СЧ20	397	167—236	Ответственные отливки с толщиной стенок до 30 мм (блоки цилиндров, поршни, тормозные барабаны, каретки и др.)
СЧ25	450	176—245	Ответственные отливки с толщиной стенок до 40 мм (кокильные формы, поршневые кольца и др.)
СЧ30	490	177—250	Ответственные отливки с толщиной стенок до 60 мм (поршни, гильзы дизелей, рамы, штампы и др.)
СЧ35	540	193—264	Ответственные высоконагруженные отливки с толщиной стенок до 100 мм (малые коленчатые валы, детали паровых двигателей и др.)

### 10. Механические свойства ковкого чугуна и его применение

Марка	НВ	Примечание
КЧ 30—6	160	В основном для небольших отливок, работающих в условиях динамических нагрузок (детали в автомобильной, тракторной и сельскохозяйственной промышленности) Ограниченное применение обусловлено сложностью изготовления отливок, длительностью термической обработки, ограниченными допускаемыми размерами сечений (не более 30—40 мм)
КЧ 33—8	160	
КЧ 35—10	160	
КЧ 37—12	160	
КЧ 45—7	203	
КЧ 50—5	226	
КЧ 55—4	236	
КЧ 60—3	264	
КЧ 65—3	264	
КЧ 70—2	280	
КЧ 80—1,5	314	

### 11. Механические свойства легированного чугуна для отливок со специальными свойствами

Марка чугуна	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma$ , %	$\sigma_{и}$ , МПа	НВ	Свойства
ЧХ1	170	—	350	203—280	Жаростойкий
ЧХ2	150	—	310	203—280	»
ЧХ3	150	—	310	223—356	» , износостойкий
ЧХ3Т	200	—	400	440—580	Износостойкий
ЧХ9Н5	350	—	700	490—607	»
ЧХ16	350	—	700	390—440	» , жаростойкий
ЧХ16М2	170	—	490	490—607	То же
ЧХ22	290	—	540	333—607	»
ЧХ22С	290	—	540	215—333	Коррозионно- и жаростойкие
ЧХ28	370	—	560	215—264	То же
ЧХ28П	200	—	400	245—390	Стойкий в цинковом расплаве
ЧХ28Д2	390	—	690	390—635	Износостойкий и коррозионно-стойкий
ЧХ32	390	—	690	245—333	Жаро- и износостойкий
ЧС5	150	—	290	140—294	Жаростойкий
ЧС5Ш	290	—	—	223—294	»
ЧС13	100	—	210	294—390	Коррозионно-стойкие в жидкой среде
ЧС15	60	—	170	294—390	То же
ЧС17	40	—	140	390—450	»
ЧС15М4	60	—	140	390—450	»
ЧС17М3	60	—	100	390—450	»
ЧЮХШ	390	—	590	183—356	Жаростойкий
ЧЮ6С5	120	—	240	236—294	Жаро- и износостойкие
ЧЮ7Х2	120	—	170	254—294	То же
ЧЮ22Ш	290	—	490	235—356	Жаро- и износостойкие при высокой температуре
ЧЮ30	200	—	350	356—536	Износостойкий
ЧГ6С3Ш	496	—	680	215—254	»
ЧГ7Х4	150	—	330	490—586	»
ЧГ8Д3	150	—	330	176—285	Маломангнитный
ЧНХТ	280	—	430	196—280	Коррозионно-стойкие в газовых средах двигателей внутреннего сгорания
ЧНХМД	290	—	690	196—280	»
ЧНМШ	490	2	—	183—280	»
ЧН2Х	290	—	490	215—280	Износостойкий
ЧХ4Х2	200	—	400	460—645	»
ЧН11Г7Ш	390	4	—	120—250	Жаропрочный
ЧН15Д7	150	—	350	120—250	Маломангнитный
ЧН15Д3Ш	340	4	—	120—250	»

Продолжение табл. 11

Марка чугуна	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\sigma_{и}$ , МПа	НВ	Свойства
ЧН19ХЗШ	340	4	—	120—250	Маломагнитный Жаропрочный, хладо- стойкий, маломагнитный
ЧН20Д2Ш	500	25	—	120—220	

### 12. Механические свойства углеродистой стали обыкновенного качества

Марка стали	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta$ , %
Ст0	Не менее 300	—	23
Ст1кп	300—390	—	35
Ст1пс, Ст1сп	310—410	—	34
Ст2кп	320—410	215	33
Ст2пс, Ст2сп	330—430	225	32
Ст3кп	360—460	235	27
Ст3пс, Ст3сп	370—480	245	26
Ст3Гпс	370—490	245	26
Ст3Гсп	390—570	—	—
Ст4кп	400—510	255	25
Ст4пс, Ст4сп	410—530	265	24
Ст5пс, Ст5сп	490—630	285	20
Ст5Гпс	540—590	285	20
Ст6пс	Не менее	315	15
Ст6сп	590		

### 13. Примерное назначение углеродистой стали обыкновенного качества

Марка	Назначение
Ст0	Неответственные строительные конструкции, прокладки, шайбы, кожухи. Свариваемость хорошая
Ст1	Малонагруженные детали металлоконструкций — заклепки, шайбы, шпильки, прокладки, кожухи. Свариваемость хорошая
Ст2	Детали металлоконструкций — рамы, оси, ключи, валики, цементируемые детали. Свариваемость хорошая

Продолжение табл. 13

Марка	Назначение
Ст3	Рамы тележки, цементируемые и цианируемые детали, от которых требуется высокая твердость поверхности и невысокая прочность сердцевины, крюки кранов, кольца, цилиндры, шатуны, крышки
Ст4	Валы, оси, тяги, пальцы, крюки, болты, гайки, детали при невысоких требованиях к прочности
Ст5	Валы, оси, звездочки, крепежные детали, зубчатые колеса, шатуны, детали при повышенных требованиях к прочности
Ст6	Валы, оси, бойки молотов, шпиндели, муфты кулачковые и фрикционные, цепи, детали с высокой прочностью

## 14. Категории углеродистой качественной конструкционной стали

Категория	Требования к испытанию механических свойств	Сталь
1	Без испытания механических свойств на растяжение и ударную вязкость	Горячекатаная, коваяная, калиброванная, серебрянка
2	С испытанием механических свойств на растяжение и ударную вязкость на образцах, изготовленных из нормализованных заготовок размером 25 мм (диаметр или сторона квадрата)	То же
3	С испытанием механических свойств на растяжение на образцах, изготовленных из нормализованных заготовок указанного в заказе размера, но не более 100 мм	Горячекатаная, коваяная, калиброванная
4	С испытанием механических свойств на растяжение и ударную вязкость на образцах, изготовленных из термически обработанных (закалка + отпуск) заготовок указанного в заказе размера, но не более 100 мм	То же
5	С испытанием механических свойств на растяжение на образцах, изготовленных из сталей в нагартованном или термически обработанном состоянии (отожженной или высокоотпущенной)	Калиброванная

## 15. Примерное назначение углеродистой качественной конструкционной стали

Марка	Назначение
08кп, 10	Детали, изготавливаемые холодной штамповкой и холодной высадкой, трубки, прокладки, крепеж, колпачки. Цементуемые и цианируемые детали, не требующие высокой прочности сердцевины (втулки, валики, упоры, копиры, зубчатые колеса, фрикционные диски)
15, 20	Малонагруженные детали (валики, пальцы, упоры, копиры, оси, шестерни). Тонкие детали, работающие на истирание, рычаги, крюки, траверсы, вкладыши, болты, стяжки и др.
30, 35	Детали, испытывающие небольшие напряжения (оси, шпиндели, звездочки, тяги, траверсы, рычаги, диски, валы)
40, 45	Детали, от которых требуется повышенная прочность (коленчатые валы, шатуны, зубчатые венцы, распределительные валы, маховики, зубчатые колеса, шпильки, храповики, плунжеры, шпиндели, фрикционные диски, оси, муфты, зубчатые рейки, прокатные валики и др.)
50, 55	Зубчатые колеса, прокатные валики, штоки, бандажи, валы, эксцентрики, малонагруженные пружины и рессоры и др. Применяют после закалки с высоким отпускном и в нормализованном состоянии
60	Детали с высокими прочностными и упругими свойствами (прокатные валки, эксцентрики, шпиндели, пружинные кольца, пружины и диски сцепления, пружины амортизаторов). Применяют после закалки или после нормализации (крупные детали)

**16. Механические, технологические свойства и условия термической обработки легированной стали (ГОСТ 4543—71)**

Марка стали	Термическая обработка					Механические свойства				Технологические свойства		
	Закалка			Отпуск		$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_B$ , %	$\epsilon_H$ , Дж/м <sup>2</sup>	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при холодной обработке давлением
	Температура, °С		Среда охлаждения	Температура, °С	Среда охлаждения							
	первой закалки (нормализации)	второй закалки										
<b>Хромистые стали</b>												
15X	880	770—820	Вода	180	Воздух	490	735	12	7	В	В	В
15XA	880	770—820	или масло	180	или масло	490	735	12	7	В	В	В
20X	880	770—820	То же	180	То же	638	786	11	6	В	В	У
30X	860	—	»	180	»	735	884	12	7	В	У	У
30XPA	900	860	Масло	500	Вода	1280	1570	9	15	У	У	У
35X	860	—	»	200	Воздух	735	910	11	7	В	У	У
			»	500	Вода	735	910	11	7	В	У	У
38XA	860	—	»	500	или масло	786	932	12	9	В	У	У
40X	860	—	»	550	То же	786	980	10	6	В	У	У
45X	840	—	»	500	»	835	1030	9	5	В	Н	Н
50X	830	—	»	520	»	884	1080	9	4	В	Н	Н
<b>Марганцовистые стали</b>												
20Г	880	—	Воздух	—	—	274	451	24	—	У	В	В
25Г	880	—	Вода	560	Воздух	295	490	22	9	У	В	В
			или воздух									

30Г	860	—	То же	600	»	315	540	20	8	У	У	У
35Г	860	—	»	600	»	333	560	18	7	У	Н	У
40Г	860	—	»	600	»	353	588	17	6	У	Н	Н
45Г	850	—	Масло	600	»	372	569	15	5	У	Н	Н
			или воздух									
50Г	850	—	То же	600	»	392	648	13	4	У	Н	Н
10Г2	920	—	Воздух	—	»	245	422	22	—	У	В	В
30Г2	880	—	Масло	600	»	343	588	15	—	У	У	У
			или воздух									
35Г2	870	—	То же	650	»	363	618	13	—	У	Н	У
40Г2	860	—	»	650	»	382	658	12	—	У	Н	Н
45Г2	850	—	»	650	»	402	686	11	—	У	Н	Н
50Г2	840	—	»	650	»	421	735	11	—	У	Н	Н
<b>Хромомарганцовистые стали</b>												
18ХГ	880	—	Масло	200	Воздух	735	884	10	—	—	—	—
					или масло							
18ХГТ	880—950	870	»	200	Воздух	884	980	9	8	—	—	—
	воздух				или вода							
20ХГР	880	—	»	200	Воздух	786	980	9	8	В	Н	У
					или масло							
27ХГР	870	—	»	200	Воздух	1178	1375	8	6	В	Н	У
25ХГТ	880—950	850	»	200	Вода	1080	1470	10	7	У	Н	У
	воздух				или масло							
30ХГТ	880—850	850	»	200	То же	1280	1470	9	6	—	—	—
	воздух											
40ХГТР	840	—	»	550	»	786	980	11	8	В	Н	Н
35ХГФ	870	—	»	630	»	786	980	11	8	—	—	—
20ХГМ	860	—	»	200	Воздух	1080	1178	10	8	—	—	—
<b>Хромокремнистые стали</b>												
33ХС	920	—	Вода	630	Вода	686	884	13	8	У	Н	Н
			или масло		или масло							
38ХС	900	—	Масло	630	Масло	735	932	12	7	У	Н	Н
40ХС	800	—	»	540	»	1080	1225	12	3,5	У	Н	Н

Марка стали	Термическая обработка					Механические свойства				Технологические свойства		
	Закалка			Отпуск		$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$a_n$ , Дж/м <sup>2</sup>	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при холодной обработке давлением
	Температура, °С		Среда охлаждения	Температура, °С	Среда охлаждения							
	первой закалки (нормализации)	второй закалки										
<b>Хромомолибденовые и хромомолибденованадиевые стали</b>												
15ХМ	880	—	Воздух	650	Воздух	275	441	21	12	—	В	В
20ХМ	880	—	Вода	500	—	638	786	12	9	В	У	У
30ХМ	880	—	или масло Масло	540	Вода	735	932	11	8	В	Н	У
30ХМА	880	—	»	540	или масло То же	735	932	12	9	В	Н	У
35ХМ	880	—	»	550	»	835	932	12	8	—	Н	У
38ХМ	850	—	»	580	Воздух	884	980	11	7	В	Н	У
30ХЗМФ	870	—	»	620	Вода	835	980	12	10	В	Н	У
40ХМФА	860	—	»	580	или масло Масло	932	1030	13	9	В	Н	У
<b>Хромованадиевые стали</b>												
15ХФ	880	760—810	Вода	180	Воздух	540	735	13	8	У	У	У
40ХФА	880	—	или масло Масло	650	или масло Вода или масло	735	884	10	9	—	Н	У

**Никельмолибденовые стали**

15Н2М	860	770—820	Масло	180	Воздух	638	835	11	8	—	—	—
20Н2М	860	—	»	180	»	686	884	10	8	—	—	—

**Хромоникелевые и хромоникелевые стали с бором**

20ХН	860	760—810	Вода	180	Вода	588	786	14	8	В	У	У
			или масло		или масло							
40ХН	820	—	То же	500	То же	588	980	11	7	У	Н	У
45ХН	820	—	»	530	»	835	1030	10	7	В	Н	Н
50ХН	820	—	»	530	»	884	1080	9	5	В	Н	Н
20ХНГ	930— 950, воздух	780—830	Масло	200	Воздух	980	1178	10	9	В	У	У
			или масло		или масло							
12ХН2	860	760—810	Вода	180	То же	588	786	12	9	В	У	У
			или масло		»							
12ХН3А	860	760—810	То же	180	»	686	932	11	9	В	У	У
20ХН3А	820	—	Масло	500	Вода	735	932	12	11	В	У	У
			»		или масло							
12Х2Н4А	860	760—800	»	180	Воздух	532	1128	10	9		У	У
			»		или масло							
20Х2Н4А	860	780	»	180	То же	1080	1280	9	8	В	У	У
30ХН3А	820	—	»	530	Вода	786	980	10	8	В	Н	Н
			»		или масло							

**Хромокремнемарганцовые и хромокремнемарганцевоникелевые стали**

20ХГСА	880	—	Масло	500	Вода	638	786	12	7	В	В	В
			»		или масло							
25ХГСА	880	—	»	480	То же	835	1080	10	6	В	В	В
30ХГС	880	—	»	540	»	835	1080	10	4,5	У	В	У
30ХГСА	880	—	»	540	»	835	1080	10	5	У	В	У
36ХГСА	700	890	»	230	Воздух	1280	1616	9	4	Н	В	У
	воздух		»		или масло							
30ХГСН2А	900	—	»	260	То же	1375	1616	9	6	—	—	—

Марка стали	Термическая обработка					Механические свойства				Технологические свойства		
	Закалка			Отпуск		$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	Дж/м <sup>2</sup>	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при холодной обработке давлением
	Температура, °С		Среда охлаждения	Температура, °С	Среда охлаждения							
	первой закалки (нормализации)	второй закалки										
<b>Стали хромомарганцевоникелевые и хромомарганцевоникелевые с титаном и бором</b>												
15ХГН2ТА	960 воздух	840	Масло	180	Воздух или масло	735	932	11	10	—	—	—
20ХГНР	930—950	780—830	»	200	То же	1080	1280	10	9	—	—	—
20ХГНТР	850	—	»	200	Масло	980	1178	9	8	—	—	—
38ХГН	850	—	»	570	Вода или масло	868	786	12	10	—	—	—
<b>Хромоникельмолибденовые стали</b>												
14Х2Н3МА	880	770	Масло	180	Воздух	884	980	10	8	—	—	—
20ХН2М	860	780	»	200	Вода или масло	686	884	11	8	—	—	—
30ХН2МА	860	—	»	530	Воздух	786	980	10	8	—	—	—

38X2H2MA	870	—	»	580	Воздух или масло	932	1080	12	8	—	—	—
40XH2MA	870	—	»	860	То же	932	1080	12	8	В	Н	Н
42X2H2MA	870	—	»	600	»	932	1080	10	8	—	—	—
38XH3MA	850	—	»	590	Воздух	980	1080	12	8	—	—	—
18X2H4MA	950	860	Воздух	200	Воздух	835	1128	12	10	—	—	—
	воздух		Масло	550	или масло	784	1029	12	12	У	У	Н
25X2H4MA	850	—	Масло	560	Масло	932	1080	11	9	У	У	Н

**Хромоникельмолибденованадиевые и хромоникельванадиевые стали**

30XH2MФА	860	—	Масло	680	Воздух	786	884	10	9	—	—	—
36X2H2MФА	850	—	»	600	»	1080	1178	12	8	—	—	—
38XH3MФА	850	—	»	600	»	1080	1178	12	8	—	—	—
45XH2MФА	860	—	»	460	Масло	1280	1422	7	4	—	—	—
20XH4ФА	850	—	»	630	Вода	686	884	12	10	—	—	—

**Стали хромоалюминиевые и хромоалюминиевые с молибденом**

38X2Ю	930	—	Вода или масло	630	Вода или масло	735	884	10	8	—	—	—
38X2MHA	940	—	То же	640	То же	835	980	14	9	—	—	—

### 17. Механические, физические и технологические свойства качественной углеродистой конструкционной стали

Марка	Механические свойства					Физические свойства			Технологические свойства			
	$\sigma_T$	$\sigma_B$	$\delta, \%$	$a_H, \text{Дж/см}^2$	НВ	$\gamma, \text{г/см}^3$	$\lambda, \text{Вт/(м} \cdot \text{°C)}$	$\alpha \cdot 10^6, 1/\text{°C}$	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Интервал температурковки, °C	Пластичность при холодной обработке
	МПа											
08	196	324	33	—	126 *1				7,83	811	11,6	В
10	206	321	31	—	140 *1	7,83	811	11,6	В	ВВ	800—1300	ВВ
15	225	373	27	—	145 *1	7,82	770	11,9	В	ВВ	800—1250	ВВ
20	245	412	25	—	159 *1	7,82	770	11,1	В	ВВ	800—1280	В
25	274	451	23	88	166 *1	7,82	732	11,1	В	ВВ	800—1280	В
30	294	490	21	78	175 *1	7,817	732	12,6	В	В	800—1250	В
35	314	529	20	69	203 *1	7,817	732	11,09	В	В	800—1250	В
40	321	568	19	59	183 *2	7,815	596	12,4	В	У	800—1250	У
45	363	598	16	49	193 *2	7,814	680	11,649	В	У	800—1250	У
50	373	627	14	38	203 *2	7,811	680	12,0	У	У	800—1250	У
55	382	647	13	—	212 *2	7,82	680	11,0	У	Н	800—1250	Н
60	402	676	12	—	224 *2	7,80	680	11,1	У	Н	800—1240	Н

\*1 Для горячекатаной стали. \*2 Для отожженной стали.

### 18. Механические и технологические свойства некоторых специальных сталей

Марка	Механические свойства					Технологические свойства		
	$\sigma_T$	$\sigma_B$	$\delta, \%$	$a_H, \text{кДж/м}^2$	НВ	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при холодной обработке
	МПа							
<b>Подшипниковые стали (ГОСТ 801—60)</b>								
ШХ4	—	—	—	—	105—212	—	—	—
ШХ15	410	715	21	4,4	175—212	У	Н	У
ШХ15СГ	410	715	15—25	—	—	У	Н	У

Продолжение табл. 18

Марка	Механические свойства					Технологические свойства		
	$\sigma_T$	$\sigma_B$	$\delta, \%$	$a_H, \text{кДж/м}^2$	НВ	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при холодной обработке
	МПа							
<b>Стали конструкционные повышенной и высокой обрабатываемости резанием *1 (ГОСТ 1414—75)</b>								
A12	284	441—560	22	—	157	ВВ	В	У
	—	510—784	7	—	164—213			
A20	—	451—600	20	—	165	В	—	—
	—	530—784	7	—	164—213			
A30	—	510—600	15	—	183	В	—	—
	—	539—821	6	—	178—213			
A40Г	—	586—736	14	—	203	В	—	—
	—	586—784	17	—	176—225			
<b>Коррозионно-стойкие стали (ГОСТ 5632—72)</b>								
12X13	415	588	20	9	114—177	У	Н	В
20X13	441	647	16	8	124—196	У	Н	У
08X13	245	431	23	7	—	У	Н	Н
20X23H13	—	478	35	7	—	—	—	—
12X18H9	216	528	38	—	—	У	У	У
17X18H9	260	588	35	—	—	Н	В	В
12X18H9T	216	532	38	—	137—165	Н	В	В
12X18H10T	285	528	38	—	—	Н	В	У
<b>Углеродистые инструментальные стали (ГОСТ 1435—74)</b>								
У7А	—	630	21	—	63 *2	—	—	—
У8А	—	590	—	—	63 *2	—	—	—
У10А	—	590	23	—	63 *2	—	—	—
У11А	—	—	—	—	63 *2	—	—	—
У12А	—	640	28	—	64 *2	—	—	—
У13А	—	—	—	—	64 *2	—	—	—
*1 В числителе данные для горячекатаной, а в знаменателе — для холоднокатаной стали.								
*2 Указана твердость HRC <sub>9</sub> .								

**19. Свойства и рекомендуемые режимы  
термической обработки рессорно-пружинной стали (ГОСТ 14959—79)**

Марка стали	Режим термической обработки			Механические свойства			
	Температура закалики, °С	Закалочная среда	Температура отпуска, °С	$\sigma_T$	$\sigma_B$	$\delta$	$\psi$
				МПа		%	
65	830	Масло	470	785	981	10	35
70	830	»	470	834	1030	9	30
75	820	»	470	883	1079	9	30
80	820	»	470	932	1079	8	30
85	820	»	470	981	1128	8	30
60Г	830	»	470	785	981	8	30
66Г	830	»	470	785	981	8	30
70Г	830	»	470	834	1030	7	25
55С2, 55С2А	870	Масло или вода	470	1177	1275	6	30
60С2	870	Масло	470	1177	1275	6	25
70С3А	850	»	470	1471	1668	6	25
60С2Г	870	»	470	1324	1471	6	25
50ХГ, 50ХГА	850	»	470	1177	1275	7	35
55ХГР	850	»	470	1177	1275	7	35
60С2А	870	»	420	1373	1570	6	20
50ХФА	850	»	470	1079	1275	8	35
50ХГФА	850	»	470	1324	1422	6	35
55С2ГФ	870	»	470	1373	1570	6	25
60С2ХА	870	»	470	1324	1471	6	25
60С2ХФА	870	»	470	1471	1668	6	25
65С2ВА	850	»	420	1666	1862	5	20
60С2Н2А	870	»	470	1324	1471	8	30

**20. Примерное назначение низколегированных  
тонколистовой и широкополосной универсальной сталей  
(ГОСТ 19282—73)**

Марка	Назначение
09Г2	Для деталей сварных конструкций, изготавливаемых из листов. Обрабатывается резанием удовлетворительно
09Г2С	
10ХСНД	Для сварных конструкций химического машиностроения, фасонных профилей в судостроении, вагоностроении
15ХСНД	Для деталей вагонов, строительных свай, сложных профилей в судостроении. Обладает повышенной коррозионной стойкостью
15ГФ	Для листовых сварных конструкций в вагоностроении. Обеспечивает высокое качество сварного шва. Штампуемость удовлетворительная

**21. Примерное назначение легированной  
конструкционной стали**

Марка	Назначение
15Х	Пальцы поршневые, валы распределительные, толкатели, крестовины карданов, клапаны, мелкие детали, работающие в условиях износа при трении. Хорошо цементируется
20Х	
40Х	Для деталей, работающих на средних скоростях при средних давлениях (зубчатые колеса, шпиндели и валы в подшипниках качения, червячные валы)
45Х, 50Х	Для крупных деталей, работающих на средних скоростях при небольших давлениях (зубчатые колеса, шпиндели, валы в подшипниках качения червячные и шлицевые валы). Обладают высокой прочностью и вязкостью

Продолжение табл. 21

Марка	Назначение
38ХА	Для зубчатых колес, работающих на средних скоростях при средних давлениях
45Г2, 50Г2	Для крупных малонагруженных деталей (шпиндели, валы, зубчатые колеса тяжелых станков)
18ХГТ	Для деталей, работающих на больших скоростях при высоких давлениях и ударных нагрузках (зубчатые колеса, шпиндели, кулачковые муфты, втулки и др.)
20ХГР	Для тяжело нагруженных деталей, работающих при больших скоростях и ударных нагрузках
15ХФ	Для не крупных деталей, подвергаемых цементации и закалке с низким отпуском (зубчатые колеса, поршневые пальцы и др.)
40ХС	Для мелких деталей высокой прочности
40ХФА	Для ответственных высокопрочных деталей, подвергаемых закалке и высокому отпуску; для средних и мелких деталей сложной конфигурации, работающих в условиях износа (рычаги, толкатели); для ответственных сварных конструкций, работающих при знакопеременных нагрузках
30ХГС	Для валов, деталей турбин и крепежа, работающих при повышенной температуре
35ХМ	Аналогично применению стали 40Х, но для деталей больших размеров
45ХН, 50ХН	

**22. Примерное назначение коррозионно-стойких сталей и сплавов (ГОСТ 5632—72)**

Марка	Назначение
20Х13, 08Х13, 12Х13, 25Х13Н2	Для деталей с повышенной пластичностью, подвергающихся ударным нагрузкам; деталей, работающих в слабоагрессивных средах
30Х13, 40Х13, 08Х18Т1	Для деталей с повышенной твердостью; режущий, измерительный, хирургический инструмент, клапанные пластины компрессоров и др. (у стали 08Х18Т1 лучше штампуемость)
06ХН28МТ	Для сварных конструкций, работающих в среднеагрессивных средах (горячая фосфорная кислота, серная кислота до 10% и др.)

Продолжение табл. 22

Марка	Назначение
14X17H2	Для различных деталей химической и авиационной промышленности. Обладает высокими технологическими свойствами
95X18	Для деталей высокой твердости, работающих в условиях износа
08X17T	Рекомендуется в качестве заменителя стали 12X18H10T для конструкций, не подвергающихся ударным воздействиям при температуре эксплуатации не ниже $-20^{\circ}\text{C}$
15X25T, 15X28	Аналогично стали 08X17T, но для деталей, работающих в более агрессивных средах при температурах от $-20$ до $400^{\circ}\text{C}$ (15X28 — для сплавов со стеклом)
20X13H4Г9, 10X14АГ15, 10X14Г14НЗ	Заменитель сталей 12X18H9, 17X18H9 для сварных конструкций
09X15H8Ю, 07X16H6	Для высокопрочных изделий, упругих элементов; сталь 09X15H8Ю — для уксусно-кислых и солевых сред
08X17H5M3	Для деталей, работающих в серноокислых средах
20X17H2	Для высокопрочных тяжело нагруженных деталей, работающих на истирание и удар в слабоагрессивных средах
10X14Г14Н4Т	Заменитель стали 12X18H10T для деталей, работающих в слабоагрессивных средах, а также при температурах до $196^{\circ}\text{C}$
12X17Г9АН4, 15X17АГ14	Для деталей, работающих в атмосферных условиях (заменитель сталей 12X18H9, 12X18H10T)
03X16H15M3Б, 03X16H15M3	Для сварных конструкций, работающих в кипящей фосфорной, серной, 10%-ной уксусной кислоте
15X18H12C4ТЮ	Для сварных изделий, работающих в воздушной и агрессивной средах, в концентрированной азотной кислоте
08X10H20T2	Немагнитная сталь для деталей, работающих в морской воде
04X18H10, 03X18H11, 03X18H12, 08X18H10, 12X18H9, 12X18H12Т, 08X18H12Т, 06X18H11	Для деталей, работающих в азотной кислоте при повышенных температурах

Продолжение табл. 22

Марка	Назначение
12X18H10T, 12X18H9T 06XH28MДТ, 03XH28MДТ	Для сварных конструкций в разных отраслях промышленности Для сварных конструкций, работающих при температуре до 80°C в серной кислоте различных концентраций (не рекомендуются 55%-ная уксусная и фосфорная кислоты)
09X16H4Б	Для высокопрочных штамповых сварных конструкций и деталей, работающих в контакте с агрессивными средами
07X21Г7АН5	Для сварных конструкций, работающих при температурах до -253°C и в средах средней агрессивности
03X21H21M4ГБ	Для сварных конструкций, работающих в горячей фосфорной кислоте, серной кислоте низких концентраций при температуре не выше 80°C, азотной кислоте при температуре до 95°C
XH65MB	Для сварных конструкций, работающих при высоких температурах в серно- и солянокислых растворах, в уксусной кислоте
H70MФ	Для сварных конструкций, работающих при высоких температурах в соляной, серной, фосфорной кислотах и других средах восстановительного характера

## 23. Назначение рессорно-пружинной стали (ГОСТ 14959—79)

Марка	Назначение
60С2, 60С2А	Для рессор из полосовой стали толщиной 3—16 мм и пружинной ленты толщиной 0,08—3 мм; для витых пружин из проволоки диаметром 3—16 мм. Обрабатываются резанием плохо. Максимальная температура эксплуатации 250°C
70С3А	Для тяжелоагрессивных пружин ответственного назначения. Сталь склонна к графитизации
50ХГ, 50ХГА 50ХФА, 50ХГФА	Для рессор из полосовой стали толщиной 3—18 мм Обрабатывается резанием плохо Для ответственных пружин и рессор, работающих при повышенной температуре (до 300°C); для пружин, подвергаемых многократным переменным нагрузкам

Продолжение табл. 23

Марка	Назначение
60С2ХА 60С2Н2А, 65С2ВА	Для крупных высоконагруженных пружин и рессор ответственного назначения Для ответственных высоконагруженных пружин и рессор, изготавливаемых из калиброванной стали и пружинной ленты
<p>Примечания: 1. Хромоникелевые и кремненикелевые стали менее склонны к обезуглероживанию. Наилучшее сочетание технологических и эксплуатационных свойств имеет сталь 60С2Н2А.</p> <p>2. Коррозионная стойкость всех сталей низкая.</p>	

24. Примерное назначение инструментальной легированной стали (ГОСТ 5950—73)

Марка	Назначение
7ХФ	Для деревообрабатывающих инструментов и инструментов, работающих при ударной нагрузке
8ХФ, 9ХФ	Для ножей при холодной резке металлов, обрезных матриц и пуансонов при холодной обрезке заусенцев
11ХФ	Для метчиков и других режущих инструментов диаметром до 30 мм после закалки и охлаждения в горячих средах
13Х	Для хирургического и гравировального инструмента
ХВ4	Для резцов и фрез при обработке с небольшой скоростью резания
9Х1	Для валков холодной прокатки, клейки, пробойников, холодновысадочных матриц, пуансонов
12Х1	Для измерительного инструмента (плиток, калибров, шаблонов)
9ХС	Для сверл, разверток, метчиков, плашек, гребенок, фрез
ХГС	Для валков холодной прокатки, вырубных штампов, холодновысадочных матриц и пуансонов
ХВГ	Для длинных измерительных и режущих инструментов, для которых коробление при закалке недопустимо; для технологической оснастки

Продолжение табл. 24

Марка	Назначение
9ХВГ	Для резьбовых калибров, шкал, сложных и точных штампов, для холодных работ
ХВСГ	Для круглых плашек, разверток и др.
8Х6ХФТ	Для деревообрабатывающих инструментов
8Х4В3М3Ф2	Для вырубного инструмента, ножей, инструмента для холодной пластической деформации
Х6ВФ	Для резьбонакатного инструмента, матриц, пуансонов, зубонакатников, фрез при обработке дерева
Х12, Х12ВМ	Для холодных штампов высокой стойкости против истирания, гибочных и вырубных штампов, волоков, калибровочных глазков
Х12М, Х12Ф1	Аналогично стали Х12, но в случаях, когда требуется большая вязкость
7ХГ2ВМ	Для штампов обычного холодного деформирования, вырубного инструмента сложной формы в производстве изделий из малопрочных материалов
6Х6В3МФС	Для инструментов холодной пластической деформации, металлов повышенной твердости, резьбо- и зубонакатников, трубообразующих машин, шарошек и др.
3Х3М3Ф	Для инструмента горячего деформирования, литевых форм для медных сплавов
4Х2В5МФ	Для тяжелонагруженного прессового инструмента при горячем деформировании легированных и жаропрочных сталей
4Х2В2МФС, 5Х3В3МФС	Аналогично стали 4Х2В5МФ, но в тех случаях, когда требуется большая теплостойкость
4ХС	Для зубил, обжимок, ножниц, при горячей и холодной резке металла, штампов горячей вытяжки
6ХС, 4ХВ2С	Для пневматических зубил, рубильных ножей, небольших штампов холодной штамповки
5ХВ2С	Для резьбонакатных плашек, ножей для холодной резки металлов, пуансонов и обжимных матриц
7Х3, 8Х3	Для инструмента горячей высадки крепежа и заготовок из углеродистых и низколегированных сталей, деталей штампов горячего прессования и выдавливания этих материалов
5ХНМ	Для молотовых штампов с массой падающих частей свыше 3 т, скоростных штампов при горячем деформировании цветных металлов, прессовых штампов

Продолжение табл. 24

Марка	Назначение
5ХВН, 5ХНВС, 5ХГМ	Аналогично стали 5ХНМ для молотовых штампов
4ХМФС, 4Х5МФС	Для мелких молотовых штампов, крупных молотовых и прессовых вставок при горячем деформировании конструкционных сталей и цветных сплавов
4Х5В2ФС, 4Х5МФ1С	Для литевых форм при изготовлении деталей из цинковых, магниевых и алюминиевых сплавов, молотовых и прессовых вставок, для горячего деформирования сталей, инструмента для высадки
4Х3ВМФ	Для мелких молотовых штампов, инструмента высокоскоростной штамповки
4Х4ВМФС	Для литевых форм при изготовлении деталей из медных сплавов и для инструмента, изготовляемого из сталей 4Х5В2ФС, 4Х5МФ1С, 4Х3ВМФ, когда требуется большая теплостойкость

**25. Примерное назначение инструментальной быстрорежущей стали (ГОСТ 19265—73)**

Марка	Назначение, технологические свойства
P9	Для инструментов простой формы при обработке конструкционных материалов. Шлифуемость пониженная
P6M5	Предпочтительна для резбонарезного инструмента, работающего с ударными нагрузками. Шлифуемость удовлетворительная
P18K5F2, P9M4K8, P6M5K5	Для обработки высокопрочных коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и сплавов в условиях повышенного нагрева режущей кромки
P9K5	Для обработки материалов повышенной твердости и вязкости. Пригодна для работы с ударом. Шлифуемость пониженная

### 26. Назначение конструкционной стали повышенной и высокой обрабатываемости резанием

Марка	Назначение
A12, A20	Для сложнопрофильных мелких деталей, к которым предъявляются повышенные требования по качеству обработанной поверхности (зубчатые колеса, винты, гайки, оси, шпильки, кольца). Сталь A20 рекомендуется для деталей, подвергаемых цементации и цианированию
A30, A40Г	Для труднообрабатываемых деталей, работающих при высоких нагрузках

Примечания: 1. Для сварных конструкций сталь не применяют.  
2. Коррозионная стойкость всех сталей низкая.

### 27. Назначение электротехнической тонколистовой стали

Марка	Назначение
1211, 1212, 1213, 22110	Для якорей и полюсов электрических машин постоянного тока, для роторов и статоров асинхронных двигателей промышленной частоты мощностью до 100 кВт, для магнитопроводов приборов. Пластичность высокая
1311, 1312	Для роторов и статоров асинхронных двигателей мощностью от 100 до 400 кВт. Пластичность хорошая
1411, 1412, 2411	Для роторов и статоров асинхронных двигателей мощностью 400—1000 кВт, маломощных силовых трансформаторов, для двигателей повышенной частоты. Пластичность удовлетворительная

химической коррозии; межкристаллитной коррозии, коррозии под напряжением и др.;

II) жаростойкие (окалиностойкие) стали и сплавы, обладающие стойкостью против химического разрушения в газовых средах при температуре выше 50 °С, работающие в ненагруженном и слабонагруженном состоянии;

III) жаропрочные стали и сплавы, работающие в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени и обладающие при этом достаточной жаростойкостью.

Сталь легированную конструкционную в зависимости от химического состава и свойств делят на качественную высококачественную А, особовысококачественную Ш (электрошлакового переплава). По видам обработки при поставке различают сталь горячекатаную, кованую, калиброванную, серебрянку. По назначению изготавливают прокат: а) для горячей обработки давлением и холодного волочения (подкат); б) для холодной механической обработки.

## ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

**Алюминий и его сплавы.** Алюминий обладает низким удельным электрическим сопротивлением, теплопроводностью и коррозионной стойкостью. По ГОСТ 11069—74 алюминий выпускают особой чистоты (А999 с 0,001% примесей), высокой чистоты (А995, А99, А97, А95), технической чистоты (А85, А8, А7, А7Е, А6, А5, А5Е, А0). Кроме того, изготавливают алюминий технический деформируемый (АД0, АД00, АД00Е, АД000, АД0Е, АД1, АДС, АД).

Алюминиевые сплавы делят на деформируемые и литейные.

*Деформируемые сплавы* (табл. 29, 30) выпускают на основе систем Al—Mn (АМц); Al—Mg (АМг); Al—Ag—Si (АД31 и др.); Al—Cu—Mg (Д1 и др.); Al—Cu—Si—Mg—Mn (АК6, АК8) и др.

В зависимости от химического состава *литейные алюминиевые сплавы* делят на пять групп (ГОСТ 2685—75):

1) сплавы на основе системы Al—Si (АЛ2, АЛ4, АЛ9, АЛ34 и др.); отличаются высокими литейными свойствами, удовлетворительной коррозионной стойкостью, могут длительно работать при температурах 150—200 °С;

2) сплавы на основе системы Al—Si—Cu (АЛ3, АЛ5, АЛ32, АК52М и др.); обладают пониженной коррозионной стойкостью; сплавы АЛ3 и АЛ5 отличаются повышенной жаропрочностью (рабочая температура до 270 °С);

3) сплавы на основе системы Al—Mg (АЛ8, АЛ23, АЛ21—1, АЛ27, АЛ27—1, АЛ28); обладают удовлетворительными литейными свойствами, высокой коррозионной стойкостью, хорошо обрабатываются резанием; рабочая температура ниже 100 °С;

28. Физические, механические и технологические свойства  
алюминиевых деформируемых сплавов (ГОСТ 4784—74)

Марка	Механические свойства				Физические свойства			Технологические свойства		
	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$	$\psi$	НВ	$\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	$\lambda$ , Вт/(м·°С)	$\alpha \cdot 10^{-6}$ , 1/°С	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при обработке давлением
АМц	128	23	70	29,5	2,73	188	24,0	Н	В	ВВ
АМг2	186	23	—	44,1	2,67	143	23,8	Н	В	ВВ
АМг3	186	15	—	49,0	2,67	147	23,8	У	В	ВВ
АМг5	265	22	—	63,3	2,65	117	24,3	Н	У	У
АМг6	295	18	—	78,6	2,63	293	24,0	Н	У	Н
АД31	235	10	50	78,6	2,71	188	23,4	У* <sup>3</sup>	У	У
АД33	315	10	25	—	2,71	143	23,2	У	У	У
Д1 * <sup>1</sup>	372	15	30	98,0	2,8	117	22,0	У	У	У
Д16 * <sup>1</sup>	441	17	30	103,0	2,78	117	22,7	У	У	У
АК4 * <sup>2</sup>	421	10	20—25	117,8	2,8	180	22,0	В	У	Н
АК6 * <sup>2</sup>	411	13	40	98,0	2,75	176	21,4	В	У	У
АК8 * <sup>2</sup>	470	10	25	132,2	2,8	160	25,5	В	У	Н
В95 * <sup>2</sup>	451	8	12	147,0	2,8	117	3,6	В	Н	У

\*<sup>1</sup> Для закаленного и естественно состаренного сплава.  
\*<sup>2</sup> Для закаленного и искусственно состаренного сплава.  
\*<sup>3</sup> Свойства после упрочняющей термической обработки.

29. Примерное назначение алюминиевых  
деформируемых сплавов  
(ГОСТ 1131—76, ГОСТ 21488—76, ГОСТ 4784—74)

Марка	Назначение
АД0, АД1 АМц, АМг1, АМг2, АМг3 АД31, АД33, Д1 Д16	Детали с высокими пластическими свойствами Сварные детали, трубопроводы, радиаторы, емкости для жидкости Детали для отделки автомобилей, судов, самолетов, а также ненагруженные детали Детали средней прочности, штампованные узлы, заклепки

Продолжение табл. 29

Марка	Назначение
В95 АК4 АК4—1 АК6; АК8	Силовые элементы конструкций, деталей, каркасов, шпангоуты, тяги управления и пр. Детали двигателей Листы, профили, поковки Детали средне- и сильнонагруженные, изготовляемые обработкой давлением

## 30. Назначение алюминиевых литейных сплавов

Марка	Назначение
АЛ1	Детали средней нагруженности, работающие при повышенных температурах (поршни, головки двигателей и др.)
АЛ2	Тонкостенные детали сложной конфигурации, работающие при ударных нагрузках (корпусные детали, рычаги, кронштейны, крышки и др.)
АЛ3	Детали, не несущие больших нагрузок и работающие при повышенных температурах (крышки, кронштейны и др.)
АЛ4	Крупные детали сложной формы, несущие статические и ударные нагрузки (картеры и блоки цилиндров двигателей внутреннего сгорания и т. п.)
АЛ5	Крупные детали, несущие повышенные статические нагрузки (корпуса, блоки, рубашки, головки двигателей внутреннего сгорания и др.)
АЛ7	Небольшие детали простой конфигурации, несущие большие статические нагрузки (кронштейны, упоры, подвески и т. п.)
АЛ8	Детали простой формы, работающие в агрессивных средах и несущие большие нагрузки (арматура, корпуса приборов на морских судах)
АЛ9	Сложнопрофильные нагруженные детали, работающие в агрессивных средах и требующие сварки (корпуса насосов, редукторов, картеры двигателей и др.)
АЛ25	Поршни двигателей внутреннего сгорания
АЛ34 (ВАЛ5)	Корпусные детали, работающие под высоким давлением
АЛ27	Детали морских судов
АЛ19	Силовые и клепаные детали, работающие при температурах до 300 °С
АЛ33 (ВАЛ1)	Детали, работающие при температуре до 350 °С

### 31. Физические, механические и технологические свойства литейных алюминиевых сплавов

Марка	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	НВ	$\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	$\lambda$ , Вт/(м·°С)	$\alpha \cdot 10^6$ , 1/°С	Рекомендуемые способы литья		Свариваемость, способы сварки
							Температура, °С	Обозначение	
АЛ1	206	1,0	93,2	2,78	168	22,3	690—770	З	Хорошая, Г, А-Д
АЛ2	147	2,0	49,0	2,64	176	21,1	690—760	З, К, Д	Хорошая, Г, А-Д, А-В
АЛ3	167	0,5	63,8	2,70	151	22,1	720—750	З, К, Д	Удовлетворительная, Г, А-Д
АЛ4	196	1,5	68,6	2,65	159	21,7	700—760	К, Д, З	Удовлетворительная, Г, А-Д
АЛ5	157	0,5	63,8	2,68	151	23,1	700—750	З, К, Д	Удовлетворительная, А-Д
АЛ6	147	1,0	44,1	2,70	146	22,9	720—750	З, К, Д	—
АЛ7	206	6,0	58,8	2,80	138	23,0	700—750	В	Удовлетворительная, Г, А-Д
АЛ8	285	9,0	58,8	2,60	84	24,5	680—720	З, К, Д	Удовлетворительная, Г
АЛ9	206	2,0	58,8	2,66	151	23,0	690—740	Любые	Хорошая, Г, А-Д
АЛ11	245	1,5	88,4	2,94	—	24,0	680—750	З, К	Хорошая
АЛ13	157	1,0	54,0	2,63	105	22,0	680—730	З, К, Д	Удовлетворительная
АЛ34 (ВАЛ5)	295	3,0	88,4	—	—	—	—	З, К	—
АЛ23	216	6,0	58,8	—	—	—	—	З, Д, К	А-Д
АЛ27	343	15,0	13,5	—	—	—	—	З, Д, К	А-Д
АЛ19	333	40	88,4	—	—	—	—	З	Плохая, А-Д

Способы литья: З — в песчаную форму; К — в кокиль; Д — под давлением.

Способы сварки: Г — газовая; А-Д — аргонодуговая; А-В — атомно-водородная.

## 32. Марки меди (ГОСТ 859—78)

Марка	Содержание меди, %, не менее	Марка	Содержание меди, %, не менее	Марка	Содержание меди, %, не менее
М00к	99,99	М0б	99,97	М2р	99,7
М0ку	99,97	М1б	99,95	М3р	99,5
М0к	99,95	М1	99,9	М2	99,7
М1к	99,9	М1р	99,9	М3	99,5
М00б	99,99	М1ф	99,85		

4) сплавы на основе системы Al—Cu (АЛ7, АЛ19, АЛ33); обладают пониженными литейными свойствами, хорошей коррозионной стойкостью, хорошо обрабатываются резанием;

5) сплавы на основе сложных систем (АЛ1, АЛ21, АЛ24 и др.); отличаются высокой жаропрочностью, пониженной коррозионной стойкостью.

Основные свойства и примерное назначение алюминиевых литейных сплавов приведены в табл. 30 и 31.

**Медь и ее сплавы.** Медь отличается высокими теплопроводностью, электропроводностью, коррозионной стойкостью, низкой температурой плавления, хорошо обрабатывается давлением, удовлетворительно резанием. Широко применяется в электротехнике, машино- и приборостроении. Медь по ГОСТ 859—78 (табл. 32) выпускается в виде катодов, слитков, полос, лент, труб, проволоки, поковок, листов.

**Латуни** — двойные и многокомпонентные медные сплавы с основным легирующим элементом — цинком (табл. 33—35). По сравнению с медью обладают более высокой прочностью и коррозионной стойкостью. Простые латуни обозначают буквой Л и цифрой, показывающей содержание меди в процентах. В специальных латунях после буквы Л пишут заглавную букву дополнительных легирующих элементов и через тире после содержания меди указывают содержание легирующих элементов в процентах. Латуни разделяют на литейные и деформируемые. Латуни, за исключением свинцовосодержащих, легко поддаются обработке давлением в холодном и горячем состоянии. Все латуни хорошо паяются твердыми и мягкими припоями.

### 33. Свойства и назначение латуней

Марка	Свойства				Назначение
	$\sigma_{В}^{*1}$ , МПа	НВ *2	$a_{Н}^{*}$ , кДж/м <sup>2</sup>	$\lambda$ , Вт/(м·°С)	
<b>Двойные деформируемые латуни (ГОСТ 15527—70)</b>					
Л196	235	59,0	22	243	Радиаторные и капиллярные трубки
Л190	275	59,0	18	180	Детали машин, приборов теплотехнической и химической аппаратуры, змеевики, сиффоны и др.
Л185	295	60,8	—	151	Гильзы химической аппаратуры
Л180	343	64,0	16	144	Штампованные изделия
Л170	343	64,0	16	124	Гайки, болты, детали автомобилей, конденсаторные трубы
Л168	343	64,0	17	116	Толстостенные патрубки, гайки, детали машин
Л163	441	67,0	—	108	
Л160	412	68,6	—	104	
<b>Многокомпонентные деформируемые латуни (ГОСТ 15527—70)</b>					
ЛА77—2	441	54,0	20	116	Конденсаторные трубы морских судов
ЛАЖ60—1—1	441	54,0	—	75	Детали морских судов
ЛАН59—3—2	540	117,8	4,1	84	Детали химической аппаратуры, электромашин, морских судов
ЛЖМц59—1—1	470	93,5	12,0	101	Вкладыши подшипников, детали самолетов, морских судов
ЛН65—5	441	64,0	—	59	Манометрические и конденсаторные трубки
ЛМц58—2	441	88,4	12,0	71	Гайки, болты, арматура, детали машин
ЛМцА57—3—1	490	93,5	13,5	67	Детали морских и речных судов

ЛО90—1	302	60,0	7,5	126	Конденсаторные трубы теплотехнической аппаратуры
ЛО70—1	373	63,8	12	117	То же
ЛО62—1	420	83,5	8	108	»
ЛО60—1	441	80,4	7,5	108	Конденсаторные трубы теплотехнической аппаратуры
ЛС63—3	392	54,0	—	118	Детали часов, втулки
ЛС74—3	392	58,8	—	122	То же
ЛС64—2	373	58,8	—	118	Полиграфические матрицы
ЛС60—1	392	68,6	—	105	Гайки, болты, зубчатые колеса, втулки
ЛС59—1	392	78,4	5,0	105	То же
ЛС59—1В	392	78,4	—	105	» »
ЛЖС58—1—1	441	83,5	—	108	Детали, изготавливаемые резанием
ЛК80—3	393	103,0	12—16	88	Коррозионно-стойкие детали машин
ЛМш68—0,05	363	58,8	—	114	Конденсаторные трубы
ЛАМш77—2—0,05	344	68,6	—	135	То же
ЛОМ 70—1—0,05	373	66,8	—	118	»
ЛАНКМц75—2—2,5—0,5—0,5	582	—	—	126	Пружины, манометрические трубы

#### Литейные латуни (ГОСТ 17711—80)

Л Ц16К4	294	98,0	12,0	84	Детали арматуры
ЛЦ23А6Ж3Мц2	686	156,5	1,38— 2,76	51	Массивные червячные винты, гайки нажимных винтов
ЛЦ30А3	294	785	8—10	114	Коррозионно-стойкие детали
ЛЦ40С	215	68,8	2,6	108	Литые детали арматуры, втулки, сепараторы, подшипники
Л Ц40Мц3Ж	441	89,1	3,5	101	Детали ответственного назначения, работающие при температуре до 300 °С
ЛЦ25С2	146	58,8	—	114	Штуцера гидросистем, автомобилей

\*1 Деформируемые латуни в мягком состоянии.

\*2 После деформации с обжатием 50% и старения при 350 °С.

## 34. Технологические свойства деформируемой латуни (ГОСТ 15527—70)

Марка	Температура, °С		Обрабатываемость резанием *1, %	Марка	Температура, °С		Обрабатываемость резанием *1, %
	горячей обработки	отжига			горячей обработки	отжига	
Л96	700—850	450—600	20	ЛО60—1	700—760	550—650	40
Л90	700—850	450—600	20	ЛС63—1	700—780	600—650	100
Л85	700—850	500—650	30	ЛС74—3	700—780	600—650	80
Л80	700—850	500—650	30	ЛС64—2	700—780	620—670	90
Л70	700—850	500—650	30	ЛС60—1	700—780	600—650	75
Л68	700—850	500—650	30	ЛС59—1	780—820	600—650	80
Л63	750—880	500—650	35	ЛС59—1В	640—780	600—650	80
Л60	750—880	500—650	35	ЛЖС58—1—1	—	600—650	70
ЛА77—2	720—770	600—650	30	ЛМ80—3	30	750—850	500—600
ЛАЖ60—1—1	600—800	600—650	25	ЛМш68—0,05	30	700—850	500—650
ЛАН59—3—3	700—750	600—650	15	ЛАМш77—2—0,05	30	600—700	—
ЛЖМц59—1—1	650—750	600—650	25	ЛМц58—2	650—750	600—650	22
ЛН65—5	750—870	600—650	30	ЛО90—1	700—800	550—650	30
ЛО70—1	650—750	550—650	40	ЛОМш70—1—0,05	30	700—850	550—650
ЛО62—1	700—780	550—650	40	ЛАНКМц75—2—2,5—0,5—0,5	20	800— 850 *2	550—650

\*1 По сравнению с обрабатываемостью латуни ЛС63—3.

\*2 Термическая обработка: температура заковки 780 °С; старение при 500 °С; закалка, деформация 10% и сп. рение при 450 °С.

**35. Технологические свойства литейной латуни  
(ГОСТ 17711—80)**

Марка	Литейная усадка, %	Обраба- ваемость резанием *1, %	Коэффициент трения в па- ре со сталью *2
ЛЦ16К4	1,7	30	0,19
ЛЦ23А6ЖЗМц2	1,8	25	—
ЛЦ30А3	1,25	30	—
ЛЦ40С	2,2	80	0,17
ЛЦ38Мц2С2	2,0	60	—
ЛЦ40Мц3Ж	1,6	25	—
ЛЦ25С2	1,8	60	—

\*1 Данные в % по сравнению с обрабатываемостью латуни ЛС63—3.  
\*2 Без смазки.

**Бронзами** называют медные сплавы, в которых основными легирующими элементами являются различные металлы, кроме цинка. Маркируют бронзы буквами Бр, за которыми следуют заглавные буквы легирующих элементов, а через тире цифры, показывающие их процентное содержание.

По сравнению с латунью бронзы обладают более высокими прочностью, коррозионной стойкостью и антифрикционными свойствами. Они весьма стойки на воздухе, в морской воде, растворах большинства органических кислот, углекислых растворах (табл. 36).

Большинство бронз (за исключением алюминиевых) хорошо поддаются сварке и пайке твердыми и мягкими припоями.

**Медно-никелевые сплавы** выделены в особую группу. Их разделяют на конструкционные и электротехнические (табл. 37, 38).

**Магнитные материалы** подразделяют на магнитомягкие (коэрцитивная сила  $H_c < 800$  А/м) и магнитотвердые ( $H_c > 4$  кА/м). Магнитомягкие материалы применяют для производства магнитопроводов (сердечников дросселей, трансформаторов, электромагнитов, магнитных систем приборов и др.), а магнитотвердые материалы — для изготов-

### 36. Свойства и назначение бронз

Марка	НВ	δ, %	σ <sub>в</sub> , МПа	Назначение
<b>Оловянные деформируемые бронзы (ГОСТ 5017—74)</b>				
БрОФ8,0—0,3 * <sup>1</sup>	88,4—98,0	55—65	392—490	Сетки бумагоделательных машин
БрОФ7—0,2 * <sup>1</sup>	83,5—93,5	55—65	372—442	Зубчатые колеса, втулки, прокладки высоконагруженных машин
БрОФ6,5—0,4 * <sup>1</sup>	68,6—88,4	60—70	343—442	Пружины, детали машин
БрОФ6,5—0,15 * <sup>1</sup>	54,0—68,6	45—50	295—372	Пружины, втулки, вкладыши подшипников
БрОФ4—0,25 * <sup>1</sup>	54,0—68,6	45—58	295—372	Трубки манометров
БрОЦ4—3	49,0—68,6	35—45	295—392	Токоведущие пружины, контакты штепсельных разъемов, детали химической аппаратуры
БрОЦС4—4—4	—	30—40	314—354	Втулки и прокладки автомобилей и тракторов
<b>Безоловянные деформируемые бронзы (ГОСТ 18175—78)</b>				
БрА7 * <sup>1</sup>	63,8—73,5	65—75	432—490	Пружины, мембраны, сильфоны
БрАМц9—2 * <sup>1</sup>	108,0—127,6	20—40	392—488	Зубчатые колеса, втулки, винты
БрАЖ9—4 * <sup>1</sup>	98,0—117,8	35—45	392—488	Зубчатые колеса, гайки машинных винтов, седла клапанов
БрАЖН10—4—4 * <sup>1</sup>	127,6—147,0	35—45	442—540	Направляющие втулки, клапаны, зубчатые колеса и другие детали ответственного назначения
БрБ2 * <sup>1</sup>	127,6—147,0	40—50	392—588	Пружины, упругие элементы
БрБНТ1,9 * <sup>1</sup>	117,8—137,5	30—50	392—588	То же
БрКН1—3	78,6—98,0	25—30	392—442	Антифрикционные детали, баки, резервуары
БрКМц3—1	68,6—78,4	50—60	343—392	Пружины, втулки, вкладыши подшипников
БрМц5	68,6—86,4	35—45	292—353	Топки котлов
БрКД1 * <sup>1</sup>	49,0—68,6	35—45	256—332	Коллекторы, троллейбусные провода

**Литейные оловянные бронзы (ГОСТ 613—79)**

БрОЗЦ12С5	58,8	5	206	Арматура общего назначения
БрОЗЦ6С5Н1	58,8	8	206	Детали, работающие в масле, паре и пресной воде
БрО4Ц7С5	58,8	5	176	Арматура, антифрикционные детали
БрО4Ц4С17	58,6	12	147	То же
БрО5Ц5С5	58,8	6	138	Биметаллические подшипники скольжения
БрО6Ц6С3	58,8	4	176	Арматура, антифрикционные детали, вкладыши подшипников
БрО8Ц4	73,5	10	196	Части трубопроводов, насосов, работающих в морской воде
БрО10Ф1	88,2	3	245	Узлы трения, высоконагруженные детали приводов и др.
БрО10Ц2	73,5	10	275	Антифрикционные детали, вкладыши подшипников и др.
БрО10С10	73,5	6	196	Подшипники скольжения, работающие при больших удельных давлениях

**Литейные безоловянные бронзы (ГОСТ 493—79)**

БрА9Мц2Л *1	88,2	18—22	392	Алюминиевые бронзы применяются для изготовления фасонных отливок подшипников, втулок
БрА10Мц2Л *1	117,8	10—14	490	Арматура, антифрикционные детали
БрА9ЖЗЛ *1	107,9	8—14	490	Детали химической и пищевой промышленности
БрА10ЖЗМц2	127,6	10—14	490	Арматура, антифрикционные детали
БрА10Ж4Н4Л *1	166,6	6	588	Детали химической и пищевой промышленности
БрА11Ж6Н6 *1	253,8	1—3	588	Арматура, антифрикционные детали
БрС30	24,5	4	5,8	Антифрикционные детали

\*1 Бронзы неудовлетворительно обрабатываются резанием.

**Примечание.** Свойства деформируемых бронз приведены для образцов в отожженном состоянии.

37. Свойства и назначение конструкционных медно-никелевых сплавов (ГОСТ 492—73)

Сплав	Марка	Е *1	$\sigma_B$ *1	$\delta$ *1, %	Назначение
		МПа			
Мельхиор	МНЖМц 30—1—1	14 200	292—588	3—5	Для конденсаторных труб и труб термостатов
»	МН19	13 750	490—586	2,5—5	Детали машин, медицинский инструмент, сетки, детали точной механики, химической аппаратуры
Нейзильбер	МНЦ 15—20	13 750	588—707	2—3	Детали приборов, электромашин, радиоаппаратуры, медицинский инструмент, арматура, посуда
Куниаль А	МНА 13—3	—	884—935	2—4	Детали машин повышенной прочности
Куниаль Б	МНА 6—1,5	—	638—735	4—6	Пружины и другие изделия электротехнической промышленности

\*1 Образцы в твердом состоянии.

38. Свойства и назначение электротехнических медно-никелевых сплавов (ГОСТ 492—73)

Сплав	Марка	$\rho$ , Ом·мм <sup>2</sup>	$\alpha \cdot 10^6$ , 1/°C	ТКС *1	Назначение
ТБ	МН16	0,223	15,3	0,0027	Компенсационные провода термопар платина—золото
Копель	МНМц 43—05	0,49	14,0	0,00014	Термопары, компенсационные провода, точные резисторы
Константан	МНМц 40—45	0,48	14,4	0,00002	Реостаты, термопары, нагревательные приборы с температурой до 500 °С, тензорезисторы
Манганин	МНМц 3—12	0,435	16,0	0,00003	Электротехнические измерительные приборы, резисторы
»	МНМцАЖ 3—12—0,3—0,3	—	—	—	Катушки точных резисторов, компенсационные провода

\*1 ТКС — температурный коэффициент сопротивления.

ления постоянных магнитов. Свойства магнитомягких материалов приведены в табл. 39.

Магнитотвердые материалы выпускают на основе сплавов Fe—Ni—Al (сплавы ЮНД) и Fe—Ni—Co—Al (сплавы ЮНДК) с легирующими элементами Cu, Ti, Nb; на основе ферритов бария и кобальта и на основе редкоземельных элементов (табл. 40).

**Антифрикционные алюминиевые сплавы** (табл. 41) представляют собой сплавы алюминия с оловом, медью, никелем и другими металлами.

**Антифрикционные сплавы** на цинковой основе применяют для изготовления втулок, вкладышей и других деталей узлов трения (табл. 42). Цинковые сплавы сваривают газовой сваркой электродами из основного материала с применением в качестве защитной среды восстановительного пламени. Сплавы льют в кокиль при температуре заливки 440—470 °С.

**Титановые сплавы** (табл. 43) разделяют на литейные и деформируемые. Они обладают преимуществами по сравнению с другими конструкционными материалами: 1) высокой коррозионной стойкостью; 2) немагнитностью; 3) высокой удельной прочностью; 4) низкой теплопроводностью; 5) малым коэффициентом линейного расширения.

Наиболее распространены литейные титановые сплавы ВТ1Л, ВТ5Л, ВТ9Л. Сплав ВТ1Л обладает наибольшей химической стойкостью; его применяют для деталей, работающих в агрессивных средах. Механические свойства низкие. Сплав ВТ5Л применяют для деталей, работающих при температурах от —253 до +350 °С. Сплав ВТ9Л наиболее высокопрочный и предназначен для изготовления нагруженных деталей, работающих при температуре до 500 °С.

Титановые сплавы удовлетворительно обрабатываются резанием, их можно сваривать.

**Олово** (табл. 44) выпускают в виде чушек и прутков (ГОСТ 860—75).

**Баббиты** (табл. 45, 46) (ГОСТ 1320—74) выпускают в виде чушек; они представляют собой сплавы олова с сурьмой, свинцом, медью, кадмием, никелем, мышьяком.

**Платина, серебро и их сплавы** (табл. 47, 48) имеют широкое применение в различных областях техники.

### 39. Свойства некоторых магнитомягких материалов

Материал, марка	Магнитная проницаемость		Коэффициентная сила $H_c$ , А/м	Индукция насыщения $B_r$ , Тл	Удельное электрическое сопротивление $\rho$ *1
	начальная	максимальная			
<b>Металлы и сплавы</b>					
Технически чистое железо	250—400	3 500—4 500	50—100	2,18	0,1
Электролитическое железо	600	15 000	30	2,18	0,1
Карбонильное железо	2 000—3 000	20 000—21 500	6,4	2,18	0,1
Электротехническая сталь	200—600	3 000—8 000	10—65	1,95—2,02	0,25—0,6
Низконикелевый пермаллой	1 500—4 000	15 000—60 000	5—32	1,0—1,6	0,45—0,9
Высоконикелевые пермаллой	7 000—100 000	50 000—300 000	0,65—5	0,65—1,05	0,16—0,85
Суперпермаллой (79% Ni; 5% Mo; 15% Fe; 0,5% Mn)	100 000	До 1 500 000	0,3	0,8	0,6
<b>Ферриты</b>					
20 000 Н	15 000	25 000	0,24	0,11	0,001
6 000 НМ	4 800—8 000	10 000	8	0,11	0,1
1 000 НМ	800—1 200	18 000	28	0,11	0,5
1 000 НН	800—1 200	3 000	24	0,10	10
600 НН	500—800	1 500	40	0,12	100
2 000 НМ1	1 700—2 500	3 500	25	0,12	5
700 НМ1	550—850	1 800	25	0,05	4
100 В4	80—120	280	300	0,15	10 <sup>5</sup>
20 В42	10—24	45	1000	0,10	10 <sup>6</sup>
300 НН	280—350	600	80	0,13	10 <sup>6</sup>
9 В4	9—13	30	1500	0,06	10 <sup>7</sup>
200 В4	180—220	360	70	0,11	10 <sup>3</sup>
50 В43	45—65	200	100	0,14	10 <sup>4</sup>

\*1 Для металлов и сплавов в мкОм·м, для ферритов — в Ом·м.

## 40. Магнитные свойства магнитотвердых материалов

Марка, состав	Объемная плотность магнитной энергии $\mathcal{E}_{\text{мах}}$ , кДж/м <sup>3</sup>	Коэрцитивная сила $H_c$ , кА/м	Индукция насыщения $B_r$ , Тл
<b>Ферриты</b>			
1БИ	3,2	128	0,19
1БИГ	3,6	128	0,21
2,4БА	9,6	224	0,33
3,1БА	12,4	168	0,38
3БА2	10,4	240	0,35
1,5КА	5,6	128	0,24
2КА	7,2	128	0,28
<b>Сплавы редкоземельных металлов</b>			
SmCo <sub>5</sub>	75	560	0,92
PrCo <sub>5</sub>	56	415	0,94
Sm <sub>0,5</sub> Pr <sub>0,5</sub> Co <sub>5</sub>	80	700	0,93

## 41. Примерное назначение алюминиевых антифрикционных сплавов (ГОСТ 14113—78) и условия работы подшипников

Марка	Назначение	Условия работы подшипников		
		Нагрузка на подшипник, МПа	Скорость вращения вала, м/с	Температура масла, °С
A03—7,	Для отливки монометаллических вкладышей и втулок Для получения биметаллической ленты со сталью и дуралюмином методом прокатки с последующей штамповкой вкладышей с толщиной антифрикционного слоя менее 0,5 мм	2000	15	100
K09—2		2500	15	100
A09—1,		3000	20	120
A60—1,		3200	20	120
A020—1				

Продолжение табл. 41

Марка	Назначение	Условия работы подшипников		
		Нагрузка на подшипник, МПа	Скорость вращения вала, м/с	Температура масла, °С
АН—2,5  АСМ, АМСТ	Для отливки вкладышей и получения прокатной моно- и биметаллической ленты для штамповки вкладышей с толщиной антифрикционного слоя менее 0,5 мм Для получения биметаллической ленты со сталью методом прокатки с последующей штамповкой вкладышей с толщиной антифрикционного слоя менее 0,5 мм	2000	15	100
		2000	10	100
		4000	15	120

#### 42. Механические и технологические свойства цинковых сплавов (ГОСТ 21437—75)

Марка	Механические свойства			Технологические свойства		
				Коэффициент трения		Коррозионная стойкость
	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	НВ	со смазкой	без смазки	
ЦАМ—10—5	322	1,0	102,0	0,009	0,35	Нестойкий в смазочных маслах
ЦАМ—9—1,5	292	5,2	83,0	0,012	0,18	Нестойкий в парах воды, кислот, щелочей. Стойкий в смазках

## 43. Механические свойства титановых сплавов

Марка	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$a_H$ , кДж/м <sup>2</sup>	Марка	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$a_H$ , кДж/м <sup>2</sup>
Литейные				Деформируемые (ГОСТ 19807—74)			
BT1Л	343	10	4	BT1—0	373	20—25	—
BT5Л	684	6	3	BT3—1	1130	10—16	3—6
BT3—1Л	935	4	2,5	BT4	686	10—20	—
BT6Л	836	5	2,5	BT5	935	12—25	3—6
BT9Л	935	4	2	BT6С	980	8—13	—
BT14Л	884	5	2,5	BT14	1100	4—8	—
BT21Л	980	4	2				

В обозначении марок: Пл — платина, Пд — палладий, И — иридий, Рд — родий, Ру — рутений, М — медь, Н — никель, Ср — серебро.

**Кадмий** (ГОСТ 1467—77) в зависимости от химического состава выпускают марок Кд0АС, Кд0С, Кд1С, Кд2С, Кд0А, Кд0, Кд1, Кд2. Количество примесей наименьшее в кадмии марки Кд0АС (0,02%) и наибольшее — в Кд2 (0,17%).

**Магний** (ГОСТ 804—72) в зависимости от химического состава выпускают марок Mg96, Mg95, Mg90 (соответственно 0,4%, 0,5% и 0,6% примесей). Поставляют в виде чушек массой  $(8,0 \pm 1,0)$  кг. Магниевые сплавы подразделяют на литейные и деформируемые (табл. 49, 50). Магний и его сплавы быстро корродируют в контакте с другими металлами.

**Никель** (ГОСТ 849—70) в зависимости от химического состава выпускают марок Н-0, Н-1у, Н-1, Н-2, Н-3, Н-4. Никель марки Н-0 содержит не более 0,01% примесей, марки Н-4 — 2,4% примесей. Никель марок Н-0, Н-1у, Н-1 поставляют в виде катодных листов или пластинок; никель марок Н-2 и Н-3 — в виде катодных листов или пластинок, слитков, гранул; никель марки Н-4 в виде слитков и гранул. Марки никеля и его сплавов для электронной техники приведены в ГОСТ 19241—80.

Марки никеля, никелевых и медно-никелевых сплавов, обрабатываемых давлением, приведены в ГОСТ 492—73.

## 44. Свойства и назначение олова

Марка	Характеристика, назначение
ОВ4-000	Особочистое, для полупроводниковой техники
О1 п. ч.	В пищевой промышленности, для лужения жести
О1	Для лужения жести, изготовления припоев
О2	Для изготовления баббитов, припоев, труб, фольги, лужения кухонной утвари

## 45. Условия применения баббитов

Марка	Нагрузка	Давление $p$ , МПа	Окружная скорость $v$ , м/с	Напряженность работы $p \cdot v$ , кгс/м <sup>2</sup> · с	Рабочая температура, °С	Область применения
Б88	Спокойная ударная	20, 15	50	750	75	Подшипники, работающие при больших скоростях и высоких динамических нагрузках
Б83 Б83С	То же »	15, 10 15, 10	50 50	750, 500 750, 500	70	Подшипники быстроходных дизелей
БН	»	10, 7, 5	30	300, 200	70	Подшипники, работающие при средних скоростях и нагрузках. Подшипники турбин, дизелей, опорные подшипники гребных валов
Б16	Спокойная	10	30	300	70	Подшипники компрессоров и дизелей
БС6	Ударная	15	—	—	70	Подшипники оборудования тяжелого машиностроения
						Подшипники автотракторных двигателей

## 46. Физико-механические свойства баббитов

Мар- ка	$\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	НВ (при 20 °С)	$\sigma_T$	$\sigma_{сж}$	Температура, °С		
					начала рас- плавления	плавления	заливки
			МПа				
Б88	7,35	26,5—29,2	—	—	—	320	380—420
Б83	7,38	26,5—29,2	78,5— 83,5	108—117	240	370	440—460
Б83С	7,4	26,5—29,2	—	—	230	400	440—460
БН	9,55	26,5—28,2	69—73	125—128	240	400	480—500
Б16	9,29	29,2	84	144	240	410	480—500
БС6	10,05	14,7—16,6	—	—	247	280	—

47. Примерное назначение сплавов платины  
(ГОСТ 13498—79)

Марка	Назначение
Пл; ПЛИ-5; ПЛИ-10; ПЛИ-15; ПЛИ-17,5; ПЛИ-20; ПЛИ-25; ПЛИ-30	Контакты (скользящие, разрыв- ные), медицинские принадлеж- ности
ПлПд-10; ПлПд-15; ПлПд-20	Контакты, высокотемператур- ные припои, потенциометры
ПлПдРд-3,5	Катализаторные сетки
ПлРд-7; ПлРд-7,5; ПлРд-10; ПлРд-20; ПлРд-30; ПлРд-40	Термопары, лабораторная по- суда, техническая аппаратура, стеклоплавильные сосуды, ка- тализаторные сетки
ПлМ-2,5; ПлМ-8,5	Потенциометры
ПлН-4,5; ПлРу-8; ПлРу-10	Контакты (разрывные, сколь- зящие)

**48. Примерное назначение серебра и его сплавов  
(ГОСТ 6836—80)**

Марка	Назначение
Ср 999,9; Ср 999; СрМ 970; СрМ 960; СрМ 950; СрМ 940; СрМ 900	Контакты разрывные и скользящие, электротехнические проводники
СрМ 925; СрМ 916; СрМ 875	Контакты, электротехнические проводники, ювелирные изделия
СрМ 800; СрМ 770; СрМ 750; СрМ 500	Контакты скользящие, электротехнические проводники
СрПл 4; СрПл 12; СрПл 20; СрПд 40; СрПдМ 30-20	Контакты разрывные и скользящие

**49. Свойства и назначение магниевых  
деформируемых сплавов (ГОСТ 14957—76)**

Марка	$\lambda$ , Вт/(м·°С)	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$\delta$ , %	НВ	Характеристика сплава
		МПа				
МА1	126	206	116	8	44,0	Коррозионно-устойчив, удовлетворительно пластичен в горячем состоянии, хорошая свариваемость и обрабатываемость резанием
МА2	97	254	157	8	54,0	Высокая пластичность в горячем и удовлетворительная в холодном состоянии. Отличная обрабатываемость резанием
МА5	76—97	294	216	8	73,5	Повышенная прочность и пониженная пластичность, отличная обрабатываемость резанием
МА8	134	264	156— 195	11	49,0	Хорошая свариваемость

## 50. Свойства и назначение магниевых литейных сплавов (ГОСТ 2856—79)

Мар-ка	$A_p$ , ВТ/(м·°С)	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	НВ	Назначение
МЛЗ	105	157	6	39,1	Арматура, детали, требующие повышенной герметичности
МЛ4	80	216	2	58,6	Корпуса приборов, детали самолетов, подвергаемые статическим нагрузкам
МЛ5	78	147—216	1—2	49,0—58,6	Высоконагруженные детали самолетов, двигателей, агрегатов и приборов, корпус пневмоинструментов, радиоаппаратура
МЛ6	78	147—205	1—3	49,0—63,6	Средненагруженные детали, корпуса, радиоаппаратура

**Сплавы твердые спеченные** (табл. 51) — сплавы на основе карбидов тугоплавких материалов (вольфрама, титана, хрома), связанных кобальтом, легированной сталью или жаропрочным никелевым сплавом. Их изготовляют методом порошковой металлургии; выпускают в виде пластин различной формы для оснащения режущего инструмента, матриц для прессования полуфабрикатов и волочения проволоки.

**Припой.** Припоем называется металл или сплав, предназначенный для соединения деталей пайкой. Температура плавления припоев должна быть ниже температуры плавления материалов паяемых деталей.

Припой разделяют на мягкие ( $t_{пл} \leq 400$  °С) и твердые ( $t_{пл} > 400$  °С). Основные материалы мягких припоев — сплавы олова и свинца. Их обозначение (например, ПОС 61) расшифровывается так: П — припой, ОС — оловянно-свинцовый, 61 — содержание олова в процентах. Основные характеристики мягких припоев и область их применения приведены в табл. 52, 53.

Твердые припои выполняют на серебряной основе (например, ПСр 72, где 72 — содержание серебра, %)

51. Основные характеристики и назначение твердых спеченных сплавов (ГОСТ 3882—74)

Марка	$\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	HRA	$\sigma_{и}$ , МПа	Назначение и эксплуатационные свойства
ВК3	15—15,3	89,5	1176	Чистовое и получистовое точение, резка стекла, обработка чугуна. Высокая износостойкость, умеренная прочность и сопротивляемость ударам
ВК3-М	15,3	91,0	1176	
ВК6	14,6—15,0	88,5	1590	
ВК6-М	14,8—15,1	90	1421	
ВК4	14,9—15,2	89	1519	Черновое точение. Черновое и чистовое фрезерование, сверление, зенкерование при обработке чугуна, сплавов, неметаллических материалов. Высокая износостойкость и эксплуатационная прочность
ВК4-В	14,9—15,2	88	1470	
ВК8	14,4—14,8	87,5	1616	Черновая обработка резанием чугуна, цветных металлов, жаропрочных сплавов. Волочение и калибровка труб, проволоки. Штамповый инструмент
ВК8-В	14,4—14,8	86,5	1813	Бурение, волочение труб и прутков при повышенных обжатиях. Износостойкость ниже, чем у сплава ВК8, а эксплуатационная прочность выше
ВК8-ВК	14,5—14,8	87,5	1764	
ВК10	14,2—14,6	87,0	1764	Волочение труб и прутков из сталей, изготовление быстрознашивающихся деталей машин, приспособлений. Малая износостойкость, более высокая эксплуатационная прочность, чем у сплава ВК8
ВК15	13,9—14,1	86,0	1862	Ударное бурение горных пород гранита. Обработка дерева резанием. Изготовление быстрознашивающихся деталей штампов. Высокая ударная и эксплуатационная прочность

Продолжение табл. 51

Марка	$\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	HRA	$\sigma_{н}$ , МПа	Назначение и эксплуатационные свойства
ВК20	13,4—13,7	84,0	2058	Штамповый инструмент, быстроизнашивающиеся детали машин. Эксплуатационная и ударная прочность выше, чем у сплава ВК15, а износостойкость ниже
ВК25	12,9—13,2	82,0	2156	
Т30К4	9,5—9,8	92	980	Чистовое точение с малым сечением среза и другие виды обработки сталей. Высокая износостойкость, малая эксплуатационная прочность
Т15К6	11,1—11,6	90	1176	Черновое и получистовое точение при непрерывном резании сталей. Эксплуатационная прочность выше, а износостойкость ниже, чем у сплава Т30К4
Т14К8	11,2—11,6	89,5	1274	
Т5К10	12,4—13,1	88,5	1421	Черновое точение, строгание, черновое фрезерование сталей
Т5К12	13,1—13,5	87,0	1666	Черновое точение стальных поковок, отливок с раковинами и коркой
ТТ10К8-Б	13,5—13,8	89,0	1617	Черновая и чистовая обработка труднообрабатываемых материалов. Высокая эксплуатационная прочность и стойкость к ударам. Умеренная износостойкость

## 52. Припой оловянно-свинцовые в чушках (ГОСТ 21930—76)

Марка	Температура плавления, °С	Удельное электрическое сопротивление, $\rho \cdot 10^8$ , Ом·м	Теплопроводность, Вт/(м·°С)	$\delta$ , %
<b>Бессурмянистые</b>				
ПОС 90	220	0,120	55	40
ПОС 61	190	0,139	50	46
ПОС 40	238	0,159	42	52
ПОС 10	299	0,200	35	44

Продолжение табл. 52

Марка	Температура плавления, °С	Удельное электрическое сопротивление, $\rho \cdot 10^6$ , Ом·м	Теплопроводность, Вт/(м·°С)	$\delta$ , %
ПОС 61М	192	0,143	49	40
ПОСК 50—18	145	0,133	55	40
<b>Малосурьмянистые</b>				
ПОССу 61—0,5	189	0,140	50	42
ПОССу 50—0,5	216	0,149	48	55
ПОССу 40—0,5	235	0,169	42	50
ПОССу 35—0,5	245	0,172	42	47
ПОССу 30—0,5	255	0,179	38	45
ПОССу 25—0,5	266	0,182	38	45
ПОССу 18—0,5	277	0,198	35	45
<b>Сурьмянистые</b>				
ПОССу 95—5	240	0,145	46	46
ПОССу 40—2	229	0,172	42	48
ПОССу 35—2	243	0,179	38	40
ПОССу 30—2	250	0,182	34	40
ПОССу 25—2	260	0,185	38	35
ПОССу 18—2	270	0,206	34	35
ПОССу 15—2	275	0,208	34	35
ПОССу 10—2	285	0,208	34	30
ПОССу 8—3	290	0,207	34	43
ПОССу 5—1	308	0,200	35	40
ПОССу 4—6	270	0,208	34	15

**53. Области применения оловянно-свинцовых припоев**

Марка	Применение
ПОС 90	Лужение и пайка швов пищевой посуды и медицинской аппаратуры
ПОС 61	Лужение и пайка электроаппаратуры, точных приборов с высокогерметичными швами, где не допускается перегрев
ПОС 40	Лужение и пайка электрорадиоаппаратуры, деталей из оцинкованного железа с герметичными швами
ПОС 10	Лужение и пайка контактных поверхностей электрических аппаратов, приборов, реле

Продолжение табл. 53

Марка	Применение
ПОС 61М	Лужение и пайка медной проволоки, печатных проводников в кабельной промышленности, электро- и радиоэлектронной промышленности
ПОСК 50—18	Пайка деталей, чувствительных к перегреву
ПОССу 61—0,5	Лужение и пайка электроаппаратуры, обмоток электрических машин, оцинкованных радиодеталей при жестких требованиях к перегреву
ПОССу 50—0,5	Лужение и пайка авиационных радиаторов, пайка пищевой посуды с последующим лужением оловом
ПОССу 40—0,5	Лужение и пайка жести, обмоток электрических машин, пайка радиаторных трубок, холодильных агрегатов, оцинкованных деталей
ПОССу 35—0,5	Лужение и пайка свинцовых кабельных оболочек, электротехнических изделий неотчетливого назначения
ПОССу 30—0,5	Лужение и пайка листового цинка, радиаторов
ПОССу 25—0,5	Лужение и пайка радиаторов
ПОССу 18—0,5	Лужение и пайка трубок теплообменников, электрических ламп
ПОССу 95—5	Пайка трубопроводов, работающих при повышенных температурах
ПОССу 40—2	Лужение и пайка холодильных установок, тонколистовой упаковки. Припой широкого назначения
ПОССу 30—2	Лужение и пайка в холодильном и электроламповом производстве, абразивная пайка
ПОССу 18—2, ПОССу 15—2, ПОССу 10—2	Пайка в автомобилестроении
ПОССу 8—3	Лужение и пайка в электроламповом производстве
ПОССу 5—1	Лужение и пайка деталей, работающих при повышенной температуре
ПОССу 4—6	Пайка белой жести, лужение и пайка деталей с закатанными и клепаными швами из латуни и меди, шпатлевка кузовов автомобилей

54. Свойства серебряных припоев (ГОСТ 19738—74)

Марка	Температура плавления, °С	Удельное электрическое сопротивление, мкОм·см	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Марка	Температура плавления, °С	Удельное электрическое сопротивление, мкОм·см	Плотность, г/см <sup>3</sup>
ПСр 72	779	2,1	10	ПСр 15	640	20,7	8,5
ПСр 50	779	2,5	9,3	ПСр 40	590	7,0	9,25
ПСр 70	715	4,1	9,8	ПСр 37,5	725	37,2	8,9
ПСр 65	695	8,6	9,45	ПСр 62	650	25,5	9,6
ПСр 45	665	10	9,1	ПСр 23	304	20,4	11,4
ПСр 25	740	7,7	8,7	ПСр 2,5	295	21,4	11
ПСр 12М	793	7,4	8,3	ПСр 2	235	16,7	9,5
ПСр 10	822	7,3	8,4	ПСр 1,5	273	19,1	10,4
ПСр 71	645	4,3	9,8				

или на медно-латунной и медно-никелевой основах. Серебряные припои применяют для пайки черных и цветных металлов, кроме сплавов алюминия и магния, а припои на медной основе — для пайки углеродистых и легированных сталей, никеля и его сплавов. Основные свойства твердых припоев приведены в табл. 54.

### СОРТАМЕНТ

**Черные металлы.** Сталь различного качества поставляют в виде обжатой (квадратной) болванки; заготовок квадратных (ОСТ 14-2-205—87); кованых круглых и квадратных (ГОСТ 1133—71), горячекатаных круглых (ГОСТ 2590—88), квадратных (ГОСТ 2591—88) и шестигранных (ГОСТ 2879—69); калиброванных круглых, квадратных и шестигранных; круглых со специальной отделкой поверхности (ГОСТ 14955—77).

**Стальные горячекатаные равнополочные уголки** (ГОСТ 8509—86) поставляют длиной 4—13 м (по согласованию сторон допускается изготовление профилей длиной свыше 13 м) с полками шириной 20—250 мм и толщиной 3—30 мм.

**Стальные горячекатаные неравнополочные уголки** (ГОСТ 8510—86) поставляют длиной 4—13 м с малыми полками шириной 16—160 мм, большими полками шириной 25—250 мм и толщиной 16—160 мм.

**Стальные холодногнутые уголки** выпускают в виде равнобоких и неравнобоких профилей. Равнобокие профили из углеродистой стали изготовляют с полками шириной 16—220 мм и толщиной 1—10 мм. Неравнобокие профили из углеродистых и низколегированных сталей изготовляют с большими полками шириной 25—220 мм, малыми полками шириной 20—180 мм и толщиной 1,5—10 мм. Равнобокие профили из низколегированных сталей изготовляют с полками шириной 16—200 мм и толщиной 1,0—10 мм. Профили поставляют длиной 4—12 м.

**Стальные гнутые неравнополочные уголки** (ГОСТ 19772—74) изготовляют из сталей обыкновенного качества, углеродистой и низколегированной с большими полками шириной 25—200 мм, малыми полками шириной 20—100 мм и толщиной 1,5—8,0 мм. Длина профилей 4—12 м.

**Стальные горячекатаные швеллеры** (ГОСТ 8240—72) выпускают с уклонами внутренних граней полок и без уклонов. Высота швеллеров 50—400 мм, ширина полок 32—115 мм, толщина стенок 4,4—8,0 мм. Швеллеры поставляют длиной 4—13 м (по согласованию сторон допускается изготовление профиля длиной свыше 13 м).

**Стальные гнутые равнополочные швеллеры** (ГОСТ 8278—83) изготовляют высотой 28—410 мм с шириной полок 20—160 мм; толщина профиля 1—10 мм; длина швеллеров 4—12 м.

**Стальные холодногнутые неравнополочные швеллеры** (ГОСТ 8281—80) поставляют высотой 16—270 мм с большой полкой шириной 20—90 мм, малой полкой шириной 10—80 мм; длина швеллеров 4—12 м.

**Гнутые стальные С-образные профили** (ГОСТ 8282—83) выпускают высотой 162—410 мм с горизонтальной полкой и шириной 32—160 мм. Толщина профиля 1—5 мм. Профили изготовляют длиной 3—12 м.

Номинальные размеры (в мм) изделий из стали различного качества (диаметр, сторона квадрата, диаметр круга, вписанного в шестиугольник):

**болванка обжатая** — 140, 160; 180; 190; 200; 250; 280; 300; 320; 360, 400; 450;

**заготовка квадратная** — 40; 50; 45; 56; 60; 63; 70; далее до 110 через 5 мм; 120; 125; 130; далее до 220 через 10 мм;

**сталь кованая круглая или квадратная** — 40; 42; 45; 48; 50; 52; 55; 58; 60; 63; 65; 68; 70; 73; 75; 78; 80; 83; 85; далее до 200 через 5 мм;

**сталь горячекатаная круглая** — 5; 5,5; 6; 6,3; 6,5; 7; далее до 48 через 1 мм; 52; 53; 54; 55; 56; 58; 60; 62; 63; 65; 67; 68; 70; 72; 75; 78; 80; 82; 85; 87; 90; 92; 95; 97; от 100 до 200 через 5 мм; от 210 до 270 через 10 мм;

**сталь горячекатаная квадратная** — от 6 до 30 через 1 мм; далее 32; 34; 35; 36; 38; 40; 42; 45; 46; 48; 50; 52; 55; 58; 60; 63; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 93; 95; далее от 100 до 150 через 5 мм; от 160 до 200 через 10 мм;

**сталь горячекатаная шестигранная** — от 8 до 22 через 1 мм; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 52; 55; 60; 63; 65; далее до 100 через 5 мм;

**сталь калиброванная круглая, квадратная, шестигранная** — 3; 3,2; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,3; 7; далее до 30 через 1 мм; 32; 34; 36; 38; 41; 42; 45; 46; 48; 50; 53; 55; 56; 60; 63; 65; далее до 100 через 5 мм;

**сталь серебрянка** — 0,2; 0,25; 0,3; далее до 3,0 через 0,05 мм; от 3,1 до 10 через 0,1 мм; от 10, 25 до 14 через 0,25 мм; 14,5; 15; 16; 16,5; 17; 18; 18,5; 19; 19,5; 20; далее до 50 через 1,0 мм.

**Двутавровые балки из горячекатаной стали** (ГОСТ 8239—72) изготовляют высотой 100—600 мм с полками шириной 5,5—190 мм, с профилем толщиной 4,5—12 мм, длиной 4—13 м (по соглашению сторон допускается изготовление балок длиной более 13 м).

**Стальные гнутые зетовые профили** (ГОСТ 13229—78) выпускают из углеродистой стали высотой 10—265 мм с полками шириной 30—110 мм, толщиной 2,0—6,0 мм, длиной 3—12 м.

**Прокат листовой горячекатаный** (ГОСТ 19903—74) и **холоднокатаный** (ГОСТ 19904—74) выпускают в листах и рулонах (табл. 55, 56).

**Горячекатаная листовая двухслойная коррозионно-стойкая сталь** (ГОСТ 10885—85) имеет основной слой, выполненный из углеродистой или низколегированной стали, и плакирующий слой из коррозионно-стойкой стали или никеля. Толщина листов и коррозионно-стойкого слоя приведена в табл. 57.

**Толстолистовую коррозионно-стойкую, жаростойкую и жаропрочную сталь** (ГОСТ 7350—77) изготовляют в виде

## 55. Параметры (в мм) листовой горячекатаной стали

Толщина	Ширина	Длина	Толщина	Ширина
<b>В листах</b>			<b>В рулонах</b>	
0,4—0,6	500—1000	710—2 000	1,2—12,0	500—630
0,63—0,75	500—1250	710—2 500	1,5—12,0	650—950
0,8—0,9	500—1250	710—2 500	1,2—12,0	1000—1250
1,0	600—1250	1 420—2 500	1,5—12,7	1400—1500
1,2—1,4	600—1250	1 420—3 000	3—12	1600—1800
1,5—1,8	600—1500	1 420—6 000	6—10	1900—2000
2,0—2,8	600—1500	1 420—6 000	7—10	2100—2200
3,0—3,9	600—1800	1 420—6 000		
4,0—5,6	600—1800	1 420—6 000		
6,7—7,0	760—2000	2 000—7 000		
8—10	710—2500	2 000—12 000		
11—12	1000—2500	2 000—12 000		
13—25	1000—2800	2 500—12 000		
26—40	1250—3600	2 500—12 000		
42—160	1250—3800	2 500—9 000		

## 56. Параметры (в мм) листовой холоднокатаной стали

Толщина	Ширина	Длина	Толщина	Ширина
<b>В листах</b>			<b>В рулонах</b>	
0,35—0,5	500—1100	1000—3000	0,5—3,0	500—1000
0,55—0,65	500—1250	1000—3500	0,55—3,0	1100—1250
0,7—0,75	500—1420	1000—4000	0,7—3,0	1400
0,8—1,0	500—1500	1000—4000	0,7—2,5	1420
1,1—1,3	500—1800	1000—4200	0,8—2,5	1500
1,4—2,0	500—1800	1000—6000	1,1—2,5	1600—1800
2,2—3,2	500—2300	1000—6000	2,1—2,5	1900—2300
3,5—3,9	250—2300	2000—4750		
4,0—5,0	1250—2300	3000—4500		

листов толщиной 4—50 мм. Размеры листов должны соответствовать ГОСТ 19903—74.

Тонколистовую конструкционную легированную высококачественную сталь специального назначения (ГОСТ 11268—76) выпускают толщиной до 3,9 мм с размерами, регламентированными ГОСТ 19903—74 и ГОСТ 19904—74.

## 57. Листы двухслойные коррозионно-стойкие

Общая толщина листов, мм	Толщина коррозионно-стойкого слоя, мм	Общая толщина листов, мм	Толщина коррозионно-стойкого слоя, мм
4	0,7—1,1	22; 24; 25; 26;	3,0—4,0
4; 5	0,8—1,2	28; 30	3,5—5,0
6; 7	1,0—1,8	32; 34; 36; 38;	4,0—6,0
8; 9; 10; 11; 12; 13	2,0—3,0	40; 42; 45; 48;	
14; 15		50; 52; 55; 60	
16; 17; 18; 19; 20	2,5—3,1		
21			
<p>Примечание. В двухслойной стали, изготовленной электрошлаковой сваркой, промежуточный слой относится к основному. Длина и ширина двухслойных листов соответствуют ГОСТ 19903—74.</p>			

Стальную горячекатаную ленту (ГОСТ 6009—74) выпускают шириной 20—220 мм и толщиной 1,2—5,0 мм.

Стальные горячекатаные полосы изготавливают шириной 12—200 мм и толщиной 4—60 мм (табл. 58).

Полосы горячекатаные из высококачественной стали 18ЮА предназначены для производства изделий способом холодной вытяжки. Полосы изготавливают размером 195×1900 мм, толщиной 8,55±0,15 мм.

Круглую холодотянутую проволоку (ГОСТ 2771—81) изготавливают из стали, меди, алюминия и др. Сортамент проволоки приведен в табл. 59.

Низкоуглеродистую качественную проволоку (ГОСТ 792—67) изготавливают без покрытия (светлая КС) и с покрытием (оцинкованную КО) диаметром 0,5—6,0 мм.

Стальную углеродистую пружинную проволоку (ГОСТ 9389—75) в зависимости от механических свойств выпускают четырех классов: I, II, III, IV диаметром от 0,74 до 8,0 мм.

Стальную пружинную термически обработанную проволоку (ГОСТ 1071—81) изготавливают диаметром 1,20—5,50 мм.

Стальную проволоку для пружинных шайб (ГОСТ 11850—72) выпускают квадратного, прямоугольного и трапецидального сечений со стороны квадрата

## 58. Размеры полос, мм

Ширина	Толщина
12, 14	От 4 до 8 через 1 мм
16	» 4 » 10 » 1 мм, 12
18	» 4 » 10 » 1 мм
20, 22	» 4 » 12 » 1 мм
25, 28	» 4 » 12 » 1 мм, 14, 16
30, 32, 36	» 4 » 12 » 1 мм, 14, 16, 18, 20
40	» 4 » 12 » 1 мм
	» 14 » 22 » 2 мм, 25, 28, 32
45, 50, 56	» 4 » 12 » 1 мм
	» 14 » 22 » 2 мм, 25, 28, 30, 32, 36
60, 63, 65, 70, 75	» 4 » 12 » 1 мм
	» 14 » 22 » 2 мм, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45
80	» 4 » 12 » 1 мм
	» 14 » 22 » 2 мм, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45, 50, 56
От 85 до 130 через 5	» 4 » 12 » 1 мм
От 140 до 200 через 10	» 14 » 22 » 2 мм, 25, 28, 30, 36, 40, 45, 50, 56, 60

59. Номинальные диаметры (в мм)  
круглой холоднотянутой проволоки

Группа размеров				Группа размеров			
I	II	III	IV	I	II	III	IV
—	—	0,005	—	0,025	0,0250	0,025	—
—	—	0,0056		—	—	0,028	
0,006	0,006	0,006		—	0,30	—	
—	—	0,007	—	—	—	0,032	—
—	0,008	0,008		—	—	0,036	
—	—	0,009		0,040	0,040	0,040	
0,010	0,010	0,010		—	—	0,045	
—	—	0,011	—	—	0,50	0,050	—
—	0,012	0,012		—	—	0,056	
—	—	0,014		0,060	0,060	—	
0,016	0,016	0,016		—	—	0,063	
—	—	0,018		—	—	0,070	
—	0,020	0,020	—	0,080	0,080	—	
—	—	0,022	—	—	0,090		

Продолжение табл. 59

Группа размеров				Группа размеров					
I	II	III	IV	I	II	III	IV		
0,10	0,10	0,10	От 0,1 до 0,21 через 0,01	—	—	1,80	1,80		
—	—	0,11		—	—	—	1,90		
—	0,12	0,12		—	2,00	2,00	2,00		
—	—	—		—	—	—	2,10		
—	—	0,14		—	—	—	2,20		
0,16	0,16	0,16	—	—	2,20	2,20			
—	—	—	—	—	—	—	2,40		
—	0,20	0,20	—	2,5	2,5	2,5	2,50		
—	—	0,22		—	—	—	—	2,60	
0,25	0,25	0,25		—	—	2,80	2,80		
—	0,30	0,28		—	3,00	—	3,00		
—	—	—		—	—	—	—	3,20	
—	—	0,32	От 0,32 до 0,42 через 0,02	—	—	3,2	3,40		
—	—	—		—	—	—	—	3,60	
—	—	0,36		—	—	3,6	3,60		
—	—	—		—	—	—	—	3,80	
0,40	0,40	0,40		—	4,0	4,0	4,0		
—	—	—	—	—	—	—	4,2		
—	—	0,45	0,45	—	—	4,5	4,5		
—	—	—	0,48	—	—	—	4,8		
—	0,50	0,50	0,50	—	5,0	5,0	5,0		
—	—	—	0,53	—	—	—	5,3		
—	—	0,56	0,56	—	—	5,6	5,6		
0,60	0,60	—	0,60	6,0	6,0	—	6,0		
—	—	0,63	0,63			—	—	6,3	6,3
—	—	—	0,67			—	—	—	6,7
—	—	0,70	0,70			—	—	7,0	7,0
—	—	—	0,75			—	—	—	7,5
—	0,80	0,80	0,80			—	8,0	8,0	8,0
—	—	—	0,85			—	—	—	8,5
—	—	0,90	0,90			—	—	9,0	9,0
—	—	—	0,95			—	—	—	9,5
1,00	1,00	1,00	1,00			10,0	10,0	10,0	10,0
—	—	—	1,05	—	—			—	10,5
—	—	1,10	1,10	—	—			11,0	11,0
—	—	—	1,15	—	—			—	11,5
—	1,20	1,20	1,20	—	12,0			12,0	12,0
—	—	—	1,30	—	—			—	13,0
—	—	1,40	1,40	—	—			—	14,0
1,60	1,60	1,60	1,50	—	—			14,0	14,0
1,60	1,60	1,60	1,60	—	—			—	15,0
—	—	—	1,70	16,0	16,0			16,0	16,0

Примечания: 1. Группу размеров IV применять не рекомендуется.

2. По требованию заказчика допускается поставлять проволоку размеров: 0,31; 0,35; 0,37; 0,55; 0,65; 1,25; 2,3; 2,7; 2,9; 3,1; 3,3; 3,5; 5,5; 5,8; 6,5 мм.

0,6—5,0 мм, со сторонами прямоугольника от  $0,6 \times 1,0$  мм до  $3,5 \times 5,0$  мм, сторонами трапеции от  $1 \times 1,05$  до  $12 \times 12,9$  мм.

**Трубы.** Основной сортамент стальных труб приведен в табл. 60.

Размеры листов из алюминия и алюминиевых сплавов (ГОСТ 21631—76) в зависимости от марки сплава и состояния поставки приведены в табл. 61.

Характеристики труб из цветных металлов и сплавов приведены в табл. 62.

По техническим ведомственным условиям выпускается разнообразная номенклатура труб из цветных металлов и сплавов.

**Плиты алюминиевые** (ГОСТ 17232—79) изготовляют из алюминия АД0, АД1, АД00, АД, А0, А5, А6, А7, сплавов АМц, АМцС, АМг2, АМг3, АМг5, АМг6, АВ, Д1, Д16, В95, 1951, Д19, Д20, ВАД1, АК4-1. Толщина 11—200 мм, ширина 1200—2000 мм, длина 2000—8000 мм.

**Проволоку для холодной высадки** диаметром 1,4—10,0 мм выполняют из сплавов по ГОСТ 4784—74; поставляют в нагартованном состоянии, пригодном для высадки.

**Электротехническую проволоку** (ГОСТ 6132—79) изготовляют диаметром 0,08—10,0 мм; марок АТ (твердая), АПТ (полутвердая), АМ (мягкая), АТп (твердая повышенной прочности).

**Фасонные пресованные алюминиевые профили** поставляют с площадью поперечного сечения до  $200 \text{ см}^2$ , с соотношением толщин полок не более 1 : 4.

Выпускают:

**бульбоугольники** (ГОСТ 13617—82) размером (минимальный — максимальный)  $13 \times 12$ — $30 \times 35$  мм;

**полосу заготовочную** (ГОСТ 13616—78) размером  $2 \times 40 \times 116 \times 280$  мм;

**угольник фитинговый** (ГОСТ 13618—81) размером  $19,1 \times 25,4 \div 35 \times 166$  мм;

**фасонный зет** (ГОСТ 13619—81) размером  $16 \times 13 \div 140 \times 60$  мм;

**нормальный зет** (ГОСТ 13620—81) размером  $6,6 \times 12 \div 180 \times 50$  мм;

**двутавр** (ГОСТ 13621—79) размером  $5 \times 13 \div 300 \times 175$  мм;

## 60. Основной сортамент стальных труб

Название и назначение труб	Наружный диаметр	Толщина стенки	Длина, м	ГОСТ
	мм			
Малых размеров	0,32—4,80	0,1—1,6	0,3—7,0	14162—79
Прецизионные: горячекатаные калиброванные	25—325	2,5—50,0	4,0—12,0	9567—75
	5—710	0,2—32,0	1,0—11,5	9567—75
Особотонкостенные коррозионно-стойкие бесшовные, холод- нотянутые и катаные	4,0—120,0	0,2—1,0	0,5—8,0	10498—82
Общего назначения: бесшовные холод- нотянутые и ката- ные бесшовные горяче- катаные	5,0—250	0,3—24,0	1,5—12,5	8734—75
	20—820	2,5—75,0	4,0—12,5	8732—78
Сварные холоднока- таные и тянутые	5,0—110,0	0,5—5,0	1,5—9,0	10707—80
Общего назначения сварные с прямым швом	8,0—162,0	1,0—16,0	2,0—10,0	10704—76
Коррозионно-стой- кие: бесшовные, горя- чедеформирован- ные бесшовные холод- но- и теплodeфор- мированные	57,0—325	3,5—32,0	1,5—10,0	9940—81
	5,0—273	0,2—22,0	1,5—9,0	9941—81
Водогазопроводные сварные	10,2—165	1,8—5,5	4—12	3262—75
Высокого давления для дизелей бесшов- ные	6—25	2—7,5	0,5—4	11017—80
Для мотовелопр- мышленности: бесшовные воло- очные и неволоче- ные	6—102	0,8—7,5	1,5—9,0	12132—66
	6—102	0,8—7,5	1,5—9,0	12132—66
Сварные	6—102	0,8—7,5	1,5—9,0	12132—66

61. Размеры листов (в мм) из алюминия и его сплавов (ГОСТ 21631—76)

Листы	Марка	Толщина	Ширина	Длина
Без термической обработки	A7, A6, A5, A0	От 5,0 до 10,5	600, 800, 900, 1000	2000
	AD0, AD1		600, 800, 900	2000
	AD0, AD1, AMц, AMцС, AMг2, AMг3, AMг5, AMг6, AB, AD1, D16, B95—2, ВД1		1000, 1200, 1400 1500, 1600, 1800, 2000	От 2000 до 7000
	B95A			
Отожженные	A7, A6, A5, A0, AD0, AD1	От 0,3 до 10,5	600, 800, 900, 1000	2000
	AD0, AD1, AMц, AMцС, AB, AMг2	От 0,5 до 10,5	От 1000 до 2000	От 2000 до 7000
	AMг3, AMг5, AMг6	От 0,5 до 10,5	От 1000 до 2000	От 2000 до 7000
	D12	От 0,5 до 4,0	1200, 1500	От 3000 до 4000
	D1A, D16, D16	От 0,5 до 10,5	От 1000 до 2000	От 2000 до 7000
	D16У	От 0,5 до 4,0	1200, 1500	От 2000 до 3000
	B95A	От 0,5 до 10,5	От 1000 до 2000	От 2000 до 7000
	B95-2a	От 1,0 до 10,5	1200, 1400, 1500	От 2000 до 7000
ВД1	От 0,8 до 10,5	От 1000 до 2000	От 2000 до 7000	

Полунагартованные	АМц, АМцС, АМг2, АМг3	От 0,5 до 10,5	От 1000 до 2000	От 2000 до 7000
	Д12	От 0,5 до 4,0	1200, 1500	От 3000 до 4000
Нагартованные	А7, А6, А5, А0, АД0, АД1	От 0,3 до 0,5	600, 700, 900, 1000	2000
	АД0, АД1	От 0,5 до 10,5	От 1000 до 2000	От 2000 до 7000
	ММ	От 1,0 до 4,5	1000, 1200, 1400, 1500	От 2000 до 4000
	АМц, АМцС, АМг2	От 0,5 до 10,5	От 1000 до 2000	От 2000 до 7000
	ВД1А	От 0,8 до 10,5	1 000, 12 000, 15 000	От 2000 до 7000
Закаленные и естественно состаренные	АВ, Д1А, Д16Б, Д16А	От 0,5 до 10,5	От 1000 до 2000	От 2000 до 7200
	Д16	От 0,5 до 4,0	1200, 1500	От 2000 до 7200
	В95-2А, ВД1А	От 0,8—10,5	От 1000 до 2000	От 2000 до 7000
Закаленные и искусственно состаренные	АВ	От 0,5 до 10,0	От 1000 до 2000	От 2000 до 7000
	В95А	От 0,5 до 10,0	От 1000 до 2000	От 2000 до 7000
Нагартованные после закалки и естественного старения	Д16Б, Д16А	От 1,5 до 7,5	1000, 1200, 1400, 1500	От 2000 до 7200

## 62. Сортамент круглых труб из цветных металлов и сплавов

Трубы	Наружный диаметр		Толщина стенки		Длина труб, м	ГОСТ
	Диапазон размеров, мм	Число размеров	Диапазон размеров, мм	Число размеров		
Бронзовые прессованные тонкостенные из никеля и его сплавов	42—300 0,35—4,5	42 90	5,0—60,0 0,05—0,3	20 6	0,5—4,0 0,5 и более	1208—73 13548—77
Латунные для теплообменных аппаратов	10—50	28	0,8—3,0	6	1,5—12,0	21646—76
Мельхиоровые для теплообменных аппаратов	10—50	27	0,8—4,0	8	0,5—6,0	10092—75
Медные	3—360	126	0,5—10,0	17	1,5—6,0	617—72
Из медно-никелевого сплава МНЖ5-1	6—260	61	1,0—10,0	14	1,0—6,0	17217—79
Из бескислородной меди	75—300	21	22,5—72,5	11	0,5—6,0	15040—77
Тонкостенные из никеля и никелевых сплавов	1,5—28	48	0,15—0,7	11	1,0—3,0	11383—75
Прессованные из магниевых сплавов	16—50	20	1,5—3,0	4	2,0—4,0	19441—74
Бесшовные горячекатаные из сплавов на основе титана	83—480	27	6,0—65,0	60	1,5—6,0	21945—76
Свинцовые	15—170	100	2,5—10,0	10	Не менее 1,8	167—69
Манометрические из бронзы	8—22	3	0,2—1,6	19	1,0—3,0	2622—75
БрОФ4—0,25 и латуни Л63	4—11	8	1,15; 0,2	2	—	529—78
Радиаторные	3—195	—	0,5—4,2	—	1,0—6,0	494—76

**тавр** (ГОСТ 13622—79) размером  $5 \times 25 \div 300 \times 165$  мм;  
**равнотолщинный швеллер** (ГОСТ 13623—80) размером  $3 \times 62 \div 275 \times 275$  мм;

**отбортованный швеллер** (ГОСТ 13624—80) размером  $5 \times 76 \div 95 \times 99$  мм;

**таврошвеллер** (ГОСТ 17575—81) размером  $25 \times 50 \div 90 \times 114$  мм;

**равнобокий угольник** (ГОСТ 13737—80) размером  $10—250$  мм;

**равностенный неравнобокий угольник** (ГОСТ 13738—80) размером  $9,5 \times 6,0 \div 450 \times 160$  мм;

**трапецевидный отбортованный швеллер** (ГОСТ 17576—81) размером  $17 \times 40 \div 100 \times 150$  мм.

**Прутки из алюминия и алюминиевых сплавов** (ГОСТ 21488—76) выпускают с номинальным диаметром  $5—400$  мм (круглые), с номинальным диаметром вписанной окружности  $7—150$  мм (квадратные) и  $13—100$  мм (шестигранные) из сплавов марок АМц, АМцС, АД31, АД33, АМг2, АМг3, АМг5, АМг6, АВ, Д1, Д16, В95, АК4, АК4-1, АК6, АК8, 1915, 1925.

Основной сортамент изделий из меди приведен в табл. 63.

**Прутки латунные** (ГОСТ 2060—73) круглого, квадратного и шестигранного сечений выпускают размером  $3—50$  мм (тянутые) и  $10—160$  мм (прессованные). Тянутые прутки выполняют из латуней марок Л63, ЛС59—1, ЛО62—1, ЛЖС58—1—1, ЛМц58—2, ЛЖМц59—1—1, а круглые — из ЛС63—3. Прессованные прутки — из латуней Л60, Л63, ЛО62—1, ЛС59—1, ЛМц58—2, ЛЖМц59—1—1, ЛАЖ60—1—1 и ЛЖС58—1—1.

**Листы и полосы латунные** (ГОСТ 931—78). Горячекатаные листы толщиной  $5—21, 22, 24$  и  $25$  мм изготавливают размерами  $600 \times 1500$  мм и  $1000 \times 2000$  мм из латуней Л63, ЛО62—1 и ЛС59—1, ЛМц58—2. Холоднокатаные листы толщиной  $0,4; 0,5—1,2; 1,3; 1,35; 1,4; 1,5; 1,6; 1,65; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,75; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10; 11$  и  $12$  мм выпускают размерами  $600 \times 1500; 800 \times 2000$  и  $1000 \times 2000$  мм из латуней Л63, Л80, Л85, Л90 и ЛС59—1. Холоднокатаные полосы толщиной  $0,4—10,0$  мм шириной  $40—560$  мм выпускают из латуней, применяемых для холоднокатаных листов.

## 63. Основной сортамент изделий из меди

Изделие	Марка меди	Толщина или диаметр, мм	ГОСТ
Пруток круглый, квадратный и шестигранный тянутый	М1, М1р, М2, М2р, М3, М3р	3—50 20	1535—71
Пруток круглый, прессованный		20—150	1535—71
Лист и полоса		0,4—12	495—77
Лист	М1, М1р, М2, М2р, М3, М3р	3—25	495—77
Лента общего назначения		0,05—2,0	1173—77
Полоса и лента	М06	2—55 0,05—2,0	15471—77
Лента для коаксиальных кабелей	М1	0,16—0,3	16358—79
Трубы волноводные	М2, М3	1,2×2,4÷ 146×292	20900—75

Проволоку латунную (ГОСТ 1066—80) общего назначения круглую диаметром 0,1—12 мм по сортаменту (ГОСТ 2771—81), квадратную и шестигранную размером 3—12 мм изготовляют из латуней Л80, Л68, Л63.

Проволоку из свинцовой латуни ЛС63—3 (ГОСТ 19703—79) для деталей приборов и часов выпускают диаметром 0,56—10,0 мм.

Трубы латунные тонкостенные (ГОСТ 11383—75) тянутые диаметром 1,5—2,8 мм с толщиной стенки 0,15—0,5 мм изготовляют из латуни Л63.

Сортамент изделий из бронзы приведен в табл. 64.

Плиты из магниевых сплавов (ГОСТ 21990—76) горячекатаные толщиной 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 27, 30, 32, 35, 40, 45 и 50 мм, шириной 500, 600, 700, 800, 900 и 1000 мм, длиной 1000—3000 мм изготовляют из сплавов МА2—1, МА2—1 п. ч. и МА8.

## 64. Сортамент изделий из бронзы

Изделие	Марка бронзы	Размер, мм		ГОСТ
		мини- мальный	макси- мальный	
<b>Оловянные деформируемые бронзы</b>				
Полоса, лента	БрОФ6,5—15 БрОЦ4—3	1×40	10×300	1761—79
		0,1×10	2×300	
Полоса, лента	БрОЦС4—4,25	1,58×50	3×200	—
		0,5×100	2×200	
Прутки круглые	БрОФ6,5—0,15 БрОФ7—0,2	5 *1	40 *1	10025—78
		40 *2	110 *2	
Прутки круглые, квадратные и шес- тигранные	БрОЦ4—3	5 *1	40 *2	6511—60
		42 *2	120 *2	
Проволока круг- лая, квадратная	БрОЦ4—3	0,1	12,0	
<b>Безоловянные бронзы</b>				
Полоса, лента	БрБ2, БрБНТ1,9 БрБНТ1,7	0,02×40	6×300	1789—70
		0,02×10	1,5×300	
Полоса, лента	БрАМц9—2	5×50	22×300	
		0,4×10	1,0×300	
Прутки круглые: тянутые прессованные катаные	БрАМц9—2	5	40	1595—71
	БрАЖ9—4	16	160	
	БрАЖМц10—3,15	30	100	
Прутки квадрат- ные, шестигран- ные, круглые	БрАЖ9—4	5	41	1628—78
	БрАЖН10—4—4			
	БрКМц3—1			
	БрКН1—3 БрАМц9—2	16	160	
Прутки круглые, квадратные, шес- тигранные тяну- тые, круглые прессованные	БрБ2	5 *1	40 *1	15835—70
		42 *2	100 *2	
Проволока круг- лая, квадратная	БрКМц3—1	0,1	10	5222—72
		0,6	3,5	
Проволока из берил- лиевой брон- зы	БрБ2	0,06	12,0	15834—77

\*1 Тянутые.

\*2 Прессованные.

## ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ

Пластические массы (табл. 65—68) получают на основе высокомолекулярных соединений — полимеров. Их разделяют на два класса — термопласты и реактопласты. Термопласты (термопластичные пластмассы) при нагреве расплавляются, а при охлаждении возвращаются в исходное состояние. Реактопласты (терморезактивные пластмассы) отличаются более высокими рабочими температурами, но при нагреве разрушаются и при последующем охлаждении не восстанавливают свои исходные свойства. Основные механические характеристики пластмасс те же, что и для металлов.

Твердость пластмасс определяется по Бринеллю при нагрузках 500—2500 Н на шарик диаметром 5 мм. Теплоустойчивость по Мартенсу — температура, при которой пластмассовый брусок размерами 120×15×10 мм, изгибаемый при постоянном моменте, создающем наибольшее напряжение изгиба на гранях 120×15 мм, равное 5,0 МПа, разрушится или изогнется так, что укрепленный на конце образца рычаг длиной 240 мм переместится на 6 мм.

Теплоустойчивость по Вика — температура, при которой цилиндрический стержень диаметром 1,13 мм под действием груза массой 5 кг (для мягких пластмасс 1 кг) углубится в пластмассу на 1 мм.

Температура хрупкости (морозостойкость) — температура, при которой пластичный или эластичный материал при ударе может разрушиться хрупко.

## ИЗОЛЯЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Композиционные материалы образованы объемным сочетанием химически разнородных компонентов с четкой границей раздела между ними. В композиционных материалах сочетаются лучшие свойства различных составляющих фаз — прочность, пластичность, износостойкость и т. п. (табл. 69).

Детали из композиционных материалов изготавливают прессованием, экструзией, прокаткой, вибрационными уплотнениями и т. д. с последующим спеканием в защитной среде.

## 65. Основные свойства и назначение пластмасс

Пластмасса	Особенность применения	Методы обработки
<b>Термопласты</b>		
<p>Полиэтилен высокого давления (ПЭВД) (ГОСТ 16337—77) и низкого давления (ПЭНД) (ГОСТ 16338—85)</p>	<p>Нейтральный материал с низким водопоглощением, невысокой прочностью (особенно у ПЭВД); эластичен, стоек к растрескиванию и химическим средам (кроме бензина, бензола, хлороформа), обладает высокими диэлектрическими свойствами, нетоксичен. Применяют для ненагруженных деталей, емкостей, труб</p>	<p>Литье под давлением, центробежное литье, экструзия, штамповка, резание, прессование, сварка, расплавление воздухом</p>
<p>Полипропилен термостабилизированный (ТУ 6-05-1105—73)</p>	<p>Более жесткий, прочный и теплостойкий, чем полиэтилен, но морозостойкость очень низкая. Химически стоек. Стареет интенсивнее, чем ПЭНД. Применяют для труб, фитингов, емкостей, вентиляторов, пленок, волокон</p>	<p>То же, что и у полиэтилена, но сварка в инертном газе</p>
<p>Поливинилхлорид суспензионный (ГОСТ 14332—78)</p>	<p>Обладает высокой химической стойкостью (винипласт), подвержен термодеструкции при 140 °С. Применяют: винипласт — для футеровки в химических процессах, для труб, вентиляторов и др., пластикат НВЖ — для пленок, линолеума, изоляторов, гибких трубок; гидропласт — для заполнения полостей оснастки для металлообработки</p>	<p>Винипласт — экструзия, ударное прессование, сварка горячим воздухом, резание. Пластикат — экструзия, каландрование</p>

Продолжение табл. 65

Пластмасса	Особенность применения	Методы обработки
Полистирол общего назначения (ГОСТ 20282—86)	Высокая жесткость, хорошие физические свойства. Химически стоек, хрупкий. Может быть суспензирован — пенополистирол. Применяют для корпусных деталей, приборов, изоляторов, деталей отделки; пенополистирол — для звуко- и теплоизоляции	Литье под давлением, экструзия, штамповка, прессование, резание, склеивание
Полистирол ударопрочный А, Б	Более высокая ударная вязкость, чем у полистирола. Применяют для различных деталей	То же
Сополимеры стирола МС, МСН-Л (ГОСТ 12271—76)	Более высокая механическая прочность и эластичность, чем у полистирола. Применяют для различных деталей	»
Фторопласты: 4 (ГОСТ 10007—80) 4М (ГОСТ 14906—77) 3 (ГОСТ 13744—87)	Не поглощают воду. Химически стойки ко всем щелочам и кислотам. Низкий коэффициент трения, высокие теплостойкость и диэлектрические свойства (у фторопласта-3 диэлектрические свойства ниже). Низкие механические свойства, отличается хладнотекучестью. При температуре выше 320°С разлагается. Применяют для подшипников скольжения, прокладок, уплотнителей, деталей химического машиностроения	Механическая обработка, склейка после специальной подготовки поверхности
Полиметакрилатный порошок П-1 (ТУ 05-1344—71)	Светопрозрачен, бензо- и маслостоек, хрупок. Применяют для деталей сложной формы, радиодеталей и деталей, соприкасающихся с бензином и маслом	Литье под давлением, экструзия, прессование

Продолжение табл. 65

Пластмасса	Особенность применения	Методы обработки
Стекло органическое конструкционное СОЛ; СТ-1,2-55 (ГОСТ 15809—70)	Хорошая светопрозрачность, при вытяжке в высокоэластичном состоянии обеспечиваются высокая пластичность, способность выдерживать большие деформации без разрушения. Применяют для остекления машин и приборов, изготовления кожухов, корпусов	Свободное литье с последующей вытяжкой, сварка, склейка, вакуумное и пневматическое формование
Капрон первичный (ТУ 6-06-309—70)	Более высокие механические свойства, чем у других термопластов, хорошие антифрикционные свойства. Большое водопоглощение. Химическая стойкость низкая. Применяют для подшипников скольжения, зубчатых колес, антифрикционных и декоративных покрытий	Литье под давлением, экструзия, центробежное литье, механическая обработка, сварка, склеивание
Полиамиды	Более высокие механические свойства, чем у капрона; меньше водопоглощение, чем у капрона; наиболее жесткий среди капрона и полиамидов — капролон 13. Применение аналогично капрону	То же
Сополимеры АК80/20, АК93/7, АК85/15 и др. (ГОСТ 19459—74)	Применяют для вкладышей подшипников, шестерен, втулок и других деталей	»
Полиформальдегид	Один из наиболее жестких полимеров; высокие теплостойкость и морозостойкость, высокие антифрикционные и диэлектрические свойства.	Литье под давлением, экструзия, механическая обработка

Продолжение табл. 65

Пластмасса	Особенность применения	Методы обработки
Полиформальдегид	Химически стоек. Применяется для деталей втулок и вкладышей подшипников, тел качения, шестерен, корпусов электроприборов	Литье под давлением, экструзия, механическая обработка
Поликарбонат (дифлон) (ТУ 6-05-1668—74)	Высокие теплостойкость и морозостойкость. Низкое водопоглощение, прозрачен, высокие электрические свойства. Применяют для корпусных деталей в электромашиностроении, труб, вентилях	То же, прессование
Стеклонаполненные полиамиды: ПА610-ДС; ПА6-210-ДС; ПА-211-ДС, ПА66-ДС (ГОСТ 17648—83)	Прочность выше, чем у капрона, в 2—3 раза; менее пластичны. Низкий коэффициент трения, стабильность усадки. Применяют для корпусных деталей в автомобиле- и приборостроении	Литье под давлением, механическая обработка
Полиакрилат Д-3	Высокие термическая стойкость и жаростойкость. Применяют для антифрикционных деталей	Литье под давлением, экструзия, литьевое прессование
Пенопласт А	Высокая химическая стойкость. Применяют для деталей коррозионно-стойкой аппаратуры	Литье под давлением, прессование, экструзия
Полиуретан ПУ-1	Стойк к воздействию разбавленных кислот, щелочей, масел, углеводов, органических кислот. Применяют для деталей, работающих при температуре от —60 до +100°С	Прямое литьевое прессование

Продолжение табл. 65

Пластмасса	Особенность применения	Методы обработки
<b>Реактопласты</b>		
Стекловолокнистый материал СВМ-ЭР	Состоит из стеклянных нитей и эпоксидной или фенолформальдегидной смолы. Высокие механические и электроизоляционные свойства. Применяют для деталей конструкций	Прессование
Стекловолокниты АГ—4 (ГОСТ 20437—75)	Состоят из стеклянных нитей (у АГ—4С крученых) и фенолформальдегидной смолы; АГ—4С прочнее, чем АГ—4В. Применяют для деталей конструкций	»
Пресс-материал П-50С, П-75С	Состоит из стеклоленты и модифицированной фенолформальдегидной смолы. Высокие механическая прочность и теплостойкость. Применяют для деталей повышенной прочности	Прямое прессование
П—5—2	Состоит из стекловолокна и модифицированной кремнийорганической смолы. Повышенные механические свойства. Применяют для деталей, работающих при повышенных температурах	То же
ПН—67	Получают на основе полиамидной смолы. Стоек к окислению. Применяют для деталей и подшипников скольжения, работающих при температуре $-180 \div +125^{\circ}\text{C}$	Прессование
П—2—1; П—2—3; П—2—5;	Состоит из модифицированной эпоксидной смолы и нетканой ленты. Применяют для конструкционных деталей	»

Продолжение табл. 65

Пластмасса	Особенность применения	Методы обработки
179	Состав и назначение аналогичны волокну К—138—А	Прессование
Волокнит К—138—А	Состоит из кремнийорганической смолы, минерального наполнителя и других добавок. Высокая теплостойкость. Применяют для конструктивных и электроизоляционных деталей, работающих при температуре до 300—400 °С	»
Стекловолокнит ДСВ—2—Р—2м (ГОСТ 17478—72)	Состоит из пропитанных и разрубленных стеклянных нитей. Применяют для сложных деталей с тонкими стенками	»
Пресс-порошок РСТ	Состоит из стеклянного волокна и фенолформальдегидной смолы. Применяют для конструктивных электротехнических деталей	»
Стеклотекстолит конструкционный КАСТ (ГОСТ 10292—74)	Состоит из стеклотканей, пропитанных смолами. Высокие механическая прочность, теплостойкость, низкое водопоглощение. Применяют для перегородок летательных аппаратов, конструктивных электротехнических деталей	Механическая обработка листов
Намоточные стеклопластики на основе: стекложгута ЖС—1, полиэфирной смолы ПН-1, эпоксидных смол ЭД-8 и ЭД—10	Высокие удельная механическая прочность, химическая стойкость, малая плотность. Применяют для высоконапорных труб, оболочек, емкостей	Намотка

Продолжение табл. 65

Пластмасса	Особенность применения	Методы обработки
Стеклопластики контактного формования на основе эпоксидных смол ЭД—8; ЭД—10	Хорошая антикоррозионная стойкость, высокая прочность, малая плотность. Применяют для силовых крупногабаритных деталей несерийного производства	Контактное формование
Текстолит конструкционный ПТ, ПТК (ГОСТ 5—78Е)	Состоит из хлопчатобумажной ткани и фенолформальдегидной смолы. Высокие антифрикционные свойства, прочность при сжатии, изоляционные свойства. Применяют для подшипников скольжения, шестерен, электротехнических деталей	Механическая обработка листов
Текстолит графитированный	Фрикционный материал. Применяют для деталей, работающих при трении	То же
Асботекстолит	Состоит из асбестовой ткани, пропитанной фенолформальдегидной смолой. Хорошие фрикционные свойства, высокая теплостойкость. Применяют для тормозных устройств, фрикционных дисков, гидравлических передач	»
Гетинакс (ГОСТ 2718—74)	Обладает хорошими электроизоляционными свойствами. Применяют для электротехнических деталей	»
Массы прессовочные фенольные (ГОСТ 5689—79)	Состоят из фенолформальдегидных смол, различных наполнителей, отвердителей, красителей и смазывающих веществ	Прессование
СП1—342—02	Применяют для ненагруженных деталей общего назначения	»
Э2—330—02	Применяют для электроизоляционных деталей	»

Продолжение табл. 65

Пластмасса	Особенность применения	Методы обработки
ВХ1—090—34	Для деталей с повышенной водо- и кислотостойкостью	Прессование
У2—301—07	Для направляющих втулок, шестерен, кулачков и других деталей, работающих на удар	»
Ж1—010—40	Для электротехнических деталей, работающих при повышенной температуре	»
Ретинакс А, Б (ГОСТ 10851—73)	Фрикционный материал с добавками асбеста, барита, смазочных веществ. Применяют для тормозных деталей	»
Ангемит	Антифрикционный материал на основе фенолформальдегидной смолы и графитированных продуктов. Применяют для поршневых колец, сальников, насосов, фильтров	»
Древесно-смолистые пластики ДСП—А, ДСП—Б, ДСП—В, ДСП—Г	Композиционный материал на основе древесного шпона и фенолформальдегидной смолы. Химически стоек, высокие прочностные и антифрикционные свойства. Применяют для электроизоляционных деталей, подшипников скольжения, зубчатых колес, шкивов, обшивок и др.	Механическая обработка листов
Аминопласт, пресс-порошок А и Б (ГОСТ 9359—80) КФА, МФБ, МФВ, МФД, МФЕ	Светостоек, нетоксичен, хорошо окрашивается, обладает электроизоляционными свойствами. Недостатки — растрескивание, водопоглощение. Применяют для электроаппаратуры, сигнальных кнопок, сухих выключателей и др.	Прессование

### 66. Свойства термопластичных пластмасс

Марка	$\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Теплостой- кость по Маргенсу, °C	Рабочая тем- пература, °C	$\alpha \cdot 10^{-5}$ , 1/°C	$\lambda$ , Вт/(м·°C)
Полиэтилен:					
высокого давления	0,9—0,94	—	—50 ÷ +70	22—55	—
низкого давления	0,95—0,96	—	—60 ÷ +100	17—20	—
Полистирол:					
ПСМД, ПСМ,	1,05—1,08	78	—40 ÷ +65	6—8	0,093—0,14
оптический	1,05—1,08	—	—40 ÷ +65	6—7	0,093—0,139
Пластик СНП	1,14	74	—40 ÷ +70	8,3	—
Фторопласт	2,09—2,16	—	—195 ÷ +130	6—10	0,23
Фторопласт-4	2,19—2,20	110	—269 ÷ +260	8—21	0,24
Винипласт	1,38	65—70	—	5—15	0,15—0,16
Полиметилметакрилат ЛПТ	1,18—1,20	88—95	—60 ÷ +60	9	0,279
Дакрил 2М	1,19	—	—	8	—
Стекло органическое:					
конструкционное	1,18	—	—60 ÷ +60	7,1—7,7	0,181—1,86
светотехническое	1,18—1,20	—	—	7—8	0,172—1,184
П-12Б-20	1,02	—	—	—	—
Литьевые сополимеры полиамида	1,19—1,14	50—60	—	10—12	0,27—0,3
Капрон	1,13	—	—	14	—
Капролон В	1,15—1,16	75	—60 ÷ +60	6,6—9,8	0,27—0,34
Эпоксидные смолы	1,55—1,65	81—130	—	—	—
Компаунды ЭП	—	—	—60 ÷ +140	3,5—4	0,74

Марка	$\sigma_p$	$\sigma_{сж}$	$\sigma_H$	Удельное электрическое сопротивление, Ом·см	Электрическая прочность, кВ/мм
	МПа				
Полиэтилен:					
высокого давления	10—16	12	12—17	$10^{16}$ — $10^{17}$	45—60
низкого давления	20—30	20—36	20—38	$10^{16}$ — $10^{17}$	45—50
Полистирол:					
ПСМД, ПСМ,	34—39	80—100	80—90	$10^{17}$	20—23
оптический	40—45	90—100	95—105	$10^{18}$	—
Пластик СНП	40—55	5	86—100	$10^{15}$	20
Фторопласт	35—45	55—60	60—80	$10^{16}$ — $10^{17}$	15—25
Фторопласт-4	14—35	10—12	14—18	$10^{17}$ — $10^{20}$	25
Винипласт	70—120	80—120	40—70	$10^{14}$ — $10^{18}$	30—45
Полиметилметакрилат ЛПТ	40	70	140	$10^{15}$	27
Дакрил 2М	65—70	110—123	117,5	$10^{15}$	22
Стекло органическое:					
конструкционное	71—92	130—150	99—121	$10^{12}$ — $2 \cdot 10^{13}$	25—40
светотехническое	54—60	—	—	—	—
П-12Б-20	39	40—45	—	$10^{21}$ — $10^{22}$	15
Литьевые сополимеры полиамида	60—70	70—120	45—120	$10^{13}$ — $10^{14}$	20
Капрон	65	110	—	$3 \cdot 10^{15}$	24—28
Капролон В	90—95	100—110	120—150	$6 \cdot 10^{13}$ — $5 \cdot 10^{14}$	20—21,3
Эпоксидные смолы	65—90	130—200	90—140	$10^{14}$ — $5 \cdot 10^{15}$	13,5—16,5
Компаунды ЭП	45	—	—	$10^{14}$ — $10^{15}$	20—60

67. Свойства пластмасс с газовоздушным наполнителем

Марка	$\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Рабочая температура, °С	$\lambda$ , Вт/(м·°С)	$\sigma_{сж}$	$\sigma_{н}$
				МПа	
ПВХ—1	0,07—0,3	—60÷+60	0,038—0,044	0,4—0,7	0,5—4
ПВХ—2	0,13—0,22	—60÷+60	0,041—0,052	0,8—1,5	3—6,5
ВВХ—Э	0,1—0,27	—10÷+40	0,043—0,066	—	—
Винипор С	0,08—0,12	—10÷+60	—	—	—
Вспенивающийся полистирол	0,02—0,03	—60÷+70	0,035—0,044	0,13—0,25	0,1—0,3
ПЭ—5	0,1—0,3	—60÷+120	0,058—0,075	0,7—2,8	1,6—3
ПЭ—6	0,02—0,05	—60÷+100	0,021—0,041	0,03—0,07	0,67—0,1
ППУ—202—1	0,2—0,25	—60÷+100	—	—	—
ППУ—306	0,1—0,15	—60÷+130	0,035—0,052	1—1,4	—
Изолан—1	0,035—0,01	—60÷+200	0,041—0,07	0,15—10	—
Изолан—2	0,03—0,05	—50÷+180	0,042	0,25	—

68. Свойства термореактивных пластмасс с наполнителем

Марка	$\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Теплостойкость по Мартенсу, °C	Рабочая температура, °C	$\alpha \cdot 10^6$ , 1/°C	$\lambda$ , Вт/(м·°C)
02—010—02	1,4	125	—	4,5—5,3	0,21—0,23
03—010—0,2	1,4	130	—	4,6—5,3	0,21—0,23
Э1—340—02	1,4	125	—60÷+100	—	—
Э2—330—02	1,4	120	—50÷+100	4,5—5,3	0,21—0,23
Сп3—342—02	1,4	130	—60÷+115	4,3—7,0	0,21—0,23
Э3—340—65; Э3—340—61	1,95	150	—60÷+115	2—5	0,21—0,47
В×1—090—34	1,6	125	—40÷+110	—	—
В×4—080—34	1,75	115	—60÷+200	—	—
У2—301—07; У4—301—07	1,45	140	—40÷+110	7—3,5	0,21—0,23
У5—301—41; У6—301—41	1,95	200	—40÷+130	2,5	0,52
В—4—70	2	140	—60÷+150	3,5	0,0075
К—114—35; К—81—39	1,75—1,90	125	—60÷+100	2—5	0,3
К—81—39А; К—81—33С	1,95	—	—	—	—
Ретинакс:					
А	2,4—2,7	—	—	—	0,37
Б	2,4—2,7	—	—	—	0,46
К—236—58	2,4—2,7	—	—	0,8—2,5	0,46
У1—301—07	1,45	160	—	3,0—3,5	0,21—0,23

Марка	$\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Теплостой- кость по Мартенсу, °C	Рабочая тем- пература, °C	$\alpha \cdot 10^6$ , 1/°C	$\lambda$ , Вт/(м·°C)
Гетинакс: электротехнический листовой фольгированный	1,35—1,45 1,44—1,98	150 —	— —	— —	— —
Текстолит: электротехнический ЛТ конструкционный графитированный	1,2—1,35 1,3—1,4 1,3—1,4	110 140 120	—60÷+65 — —	— 3,3—4,1 —	— 0,23—0,34 —
Аминопласты: В2, В3, В4, В5 Е1	1,6—1,9 1,7—2,0	130—150 180	—60÷+60 —	3 —	0,29 —
КФ9	1,5—1,65	200—250	—60÷+250	—	—
КФ10	1,8—2,0	200—220	—60÷+250	—	—
АГ—4С	1,7—1,9	280—320	—	—	—
АГ—4НС	1,7—1,9	280—320	—	0,5—1,2	0,31—0,6
АГ—4В10	1,7—1,3	280	—60÷+130	1—1,5	—
Фольгированный стеклотекстолит	1,6—1,85	—	—	—	—
ФДМТ	3—4,5	—	—60÷+110	—	—
Фенолит РСТ (К—214—52)	1,65	140	—	—	—
ВЭП—1	1,7—1,8	350	—	0,2	0,45

Марка	$\sigma_p$	$\sigma_{сж}$	$\sigma_{и}$	Удельное электрическое сопротивление, Ом·см	Электрическая прочность, кВ/мм
	МПа				
02—010—02	35	160	60	$10^{11}$	10
03—010—0,2	37,5—40	160	70	$10^{11}$	13
Э1—340—02	28	150	60	$5 \cdot 10^{12}$	13
Э2—330—02	30—53	150	65	$5 \cdot 10^{12}$	15
Сл3—342—02	—	160	60	$5 \cdot 10^{12}$	13
Э3—340—65; Э3—340—61	23—26	110—115	—	$4,8 \cdot 10^{14}$	15—21
В×1—090—34	—	150—170	55—72	$10^{12}$	13
В×4—080—34	24	120—150	35—45	$10^{11}$	13
У2—301—07; У4—301—07	30—35	100—120	80	$10^9$	4
У5—301—41; У6—301—41	25	80	85	$10^{10}$	1,7—2,5
В—4—70	—	200—220	97	$10^{13}$	16—33
К—114—35; К—81—39	50	180—200	90	$10^{14}$	16—22
К—81—39А; К—81—33С	5	—	50—55	$10^{14}$	15
Регинакс:					
А	—	55	—	—	—
Б	—	57	—	—	—
К—236—58	31,5	70—85	55	—	—
У1—301—07	30—35	100—120	80	$10^9$	5

Продолжение табл. 68

Марка	$\sigma_p$	$\sigma_{сж}$	$\sigma_{н}$	Удельное электрическое сопротивление, Ом·см	Электрическая прочность, кВ/мм
	МПа				
Гетинакс: электротехнический листовой фольгированный	98	—	122,5	$10^{10}$ — $10^{12}$	12—30
	80	—	—	$10^{12}$	—
Текстолит: электротехнический ЛТ конструкционный графитированный	110	140	150	$10^{13}$	20
	120	155	150	$10^{10}$ — $10^{12}$	2—5
	90	100	150	—	—
Аминопласты: В2, В3, В4, В5 Е1	—	—	50—60	$10^{12}$	12—14
	—	—	70—120	$10^{12}$	7
КФ9	—	—	90	$10^{15}$	13
КФ10	—	—	25	$10^{15}$	15
АГ—4С	—	—	400—600	$10^{12}$	15
АГ—4НС	550—670	200	400—600	$10^{12}$ — $3 \cdot 10^{14}$	13—15
АГ—4В10	—	130	120	$10^{12}$	13
Фольгированный стеклотекстолит	—	200	—	$10^{13}$	—
ФДМТ	—	—	—	—	10
Фенолит РСТ (К—214—52)	—	140—170	60	$10^{14}$	11
ВЭП—1	—	105	140	$10^{14}$	—

## 69. Свойства конструкционных композиционных материалов

Материал	Плотность, г/см <sup>3</sup>	$\sigma_B$	$E$
		МПа	
Волокно бора на алюминиевой связке	2,6	1000—1200	240 000
Углеродное волокно на алюминиевой связке	2,35	750	150 000
Волокно бора на магниевой связке	2,0	1000	220 000
Волокно карбида кремния на титановой связке	4,0	900	210 000
Вольфрам на никелевой связке	12,5	800	4 650 000
Волокно молибдена на никелевой связке	9,3	700	235 000
Дисперсионные частицы двуокиси гафния на никелевой связке	9,0	500—550	140 000

## 70. Основные характеристики окисной керамики

Характеристика	Керамика из оксидов		
	алюминия Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	циркония ZrO <sub>2</sub>	магния MgO
Система кристаллов	Гексагональная	Кубическая (стабилизированная)	Кубическая
Плотность, г/см <sup>3</sup>	3,99	5,60	3,60
Твердость по минералогической шкале	9	7	5—6
Температура плавления, °C	2050	2700	2800
Теплопроводность (при условии нулевой пористости), Вт/(м·°C)	9,15 (600 °C)	2,1 (600 °C)	11,04 (600 °C)
Коэффициент линейного расширения · 10 <sup>6</sup> , 1/°C	8,4 (20—1000 °C)	7,7 (70—1000 °C)	13,5 (20—1000 °C)

Продолжение табл. 70

Характеристика	Керамика из оксидов		
	алюминия $Al_2O_3$	циркония $ZrO_2$	магния $MgO$
Предел прочности, МПа:			
при сжатии	3000 (20 °С); 1500 (400 °С); 900 (1000 °С); 100 (1500 °С); 50 (1600 °С)	2100 (20 °С); 1200 (1000 °С); 800 (1200 °С); 130 (1400 °С); 20 (1500 °С)	1400 (20 °С); 1500 (400 °С); 1150 (1000 °С)
при растяжении	260 (10 °С); 240 (800 °С); 130 (1200 °С); 3 (1400 °С); 11,0 (1460 °С)	148 (20 °С); 112 (885 °С); 93 (1030 °С); 84 (1200 °С); 13 (1540 °С)	98 (25 °С); 105 (400 °С); 112 (600 °С); 100 (800 °С); 42 (1300 °С)
при изгибе	152 (20 °С); 95 (1000 °С); 76 (1200 °С); 61 (1350 °С); 17 (1600 °С)	230 (20 °С); 160 (1000 °С); 122 (1200 °С); 95 (1350 °С); 54 (1600 °С)	110 (20 °С); 100 (1000 °С); 87 (1200 °С); 75 (1350 °С); 40 (1600 °С)
Микротвердость	2000—3000	700—900	—
Модуль упругости $E \cdot 10^{-9}$ , МПа	0,382 (20 °С); 0,37 (400 °С); 0,345 (800 °С); 0,275 (1200 °С); 0,15 (1500 °С)	0,172 (20 °С); 0,13 (465 °С); 0,15 (850 °С); 0,1 (1225 °С); 0,09 (1360 °С)	0,21 (25 °С); 0,21 (400 °С); 0,193 (800 °С); 0,147 (1000 °С); 0,07 (1200 °С)
Термическая стойкость	Хорошая	Удовлетворительная	

**Керамика** — поликристаллические материалы, получаемые спеканием природных глин и их смесей с минеральными добавками, а также оксидов металлов и других тугоплавких соединений. Ситаллы — неорганические материалы, получаемые путем направленной кристаллизации стекла. Благодаря высоким диэлектрическим свойствам, стойкости в химически активных средах, высоким механическим свойствам эти материалы нашли широкое применение в электронной, радиотехнической и электро-технической промышленности, в химической промышленности для футеровки емкостей, в металлообработке для изготовления металлорежущего инструмента, деталей, работающих на истирание с одновременным нагревом —

## 71. Свойства химически стойкой керамики

Характеристика:	Керамика		
	глиношамотная с грубо-зернистой структурой	глиношамотная с тонко-зернистой структурой	фарфор
Водопоглощение, %	2—10	0,2—3	0—0,2
Предел прочности, МПа:			
при сжатии	30—90	80—150	400—500
при изгибе	10—20	25—70	50—120
Временное сопротивление при растяжении, МПа	6—10	25	30—60
Кислотостойкость, %	95—98	97—99,5	94,5—99,7
Количество теплосмен при нагреве до 350°C и охлаждении до 20°C в воде	До 20	До 30	Св. 15
Коэффициент линейного расширения · 10 <sup>6</sup> , 1/°C	2,5—5,5	2,5—6,0	4,0—6,0
Теплопроводность, Вт/(м·°C)	0,0088—0,0126	0,015—0,03	0,0176—0,02

## 72. Основные характеристики ситаллов некоторых классов

Характеристика	Ситаллы	
	магнезиальные	пироксеновые
Плотность кажущаяся, г/см <sup>3</sup>	2,5—2,85	2,8—2,95
Водопоглощение, %	0,2	0
Удельная теплоемкость, кДж/(м·°C)	68—88	—
Теплопроводность, Вт/(м·°C)	0,01—0,023	—
Температуропроводность, м <sup>2</sup> /ч	(1,5÷3,4) · 10 <sup>-3</sup>	—
Термостойкость, °C	До 1000	200
Жаропрочность под нагрузкой, °C	800—1200	1150
Предел прочности при изгибе, МПа	140—180	400
Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	45—105	95
Модуль упругости, МПа	99—132	140
Коэффициент Пуассона	0,25—0,34	—
Микротвердость	700—970	970—1050

## 73. Основные свойства фарфора

Характеристика	Фарфор		
	нормальный высоковольтный	кварц полевшпатный	глиноземистый
Водопоглощение, %	0	0	0
Временное сопротивление при растяжении, МПа:			
неглазурованного	34	44	5,9
глазурованного	35—57	65	7,8
Предел прочности при статическом изгибе, МПа:			
неглазурованного	60—90	90	124
глазурованного	70—100	110	155
Предел прочности при динамическом изгибе неглазурованного фарфора, МПа	0,17—0,20	0,20	0,32
Удельное электрическое сопротивление при 20°C, Ом·см	$10^{12}$ — $10^{13}$	$5 \cdot 10^{13}$	$6,7 \cdot 10^{13}$

фильер для протяжки проволоки, сопл пескоструйных аппаратов и др.

Окисная керамика, состоящая из чистых оксидов  $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$ ,  $MgO$ , сохраняет высокие механические свойства до высоких температур и обладает высокими диэлектрическими свойствами (табл. 70).

К химически стойкой керамике относится керамика глиношамотная с грубозернистой и с тонкозернистой структурой (табл. 71).

Керамику и ситаллы шлифуют инструментом из синтетических и природных алмазов, а также полируют алмазными порошками и пастами. Таким образом, на изделиях из этих материалов получают параметры шероховатости  $Ra = 0,008 \div 0,01$  мкм.

**Ситаллы** классифицируют по применению и содержанию основной кристаллической фазы. В металлообработке наиболее широко применяют износостойкие и химически стойкие ситаллы (табл. 72).

Детали из керамики и ситаллов соединяют друг с другом и с другими материалами с помощью стеклокристаллического цемента с последующей термической обработкой

при 400—600 °С, клеев и замазок на основе эпоксидной смолы и жидкого стекла, металлизацией и последующей пайкой.

**Фарфор** — изоляционный материал, основные свойства которого приведены в табл. 73.

## ПОКРЫТИЯ

Покрытия наносят на изделия из различных материалов для защиты от коррозии, придания изделиям декоративного вида, создания специальных поверхностных свойств (электропроводимости, теплопроводности, электроизоляционных магнитных и немагнитных свойств, светоотражающей или поглощающей способности, износостойкости и др.). Покрытия могут быть металлическими и неметаллическими неорганическими (оксидные, фосфатные, фторидные и др.), пластмассовыми, резиновыми, лакокрасочными.

При выборе покрытий необходимо учитывать их назначение, условия эксплуатации, материал детали, свойства и характеристику покрытий, способ нанесения покрытий, допустимость и недопустимость контактов сопрягаемых материалов.

Условия эксплуатации металлических и неметаллических органических покрытий делят на группы: легкие Л; средние С; жесткие Ж; очень жесткие ОЖ. Характеристики условий эксплуатации приведены в ГОСТ 9.306—85. Эти покрытия классифицируют по способу получения, материалу, физико-механическим и декоративным свойствам (табл. 74—77).

Защитные свойства покрытий зависят от возможности взаимодействия материалов покрытия и детали (табл. 78). Основные свойства металлических и неметаллических неорганических покрытий и их назначение приведены в табл. 79—81, технология нанесения покрытий и методы контроля качества — в ГОСТ 16976—71.

**Лакокрасочные материалы** — многокомпонентные составы, способные при нанесении тонким слоем на поверхность изделий высыхать с образованием тонкой пленки, удерживаемой силами адгезии. Применяют для получе-

## 74. Обозначение способов нанесения покрытий

Способ получения покрытия	Обозначение	Способ получения покрытия	Обозначение
Катодное восстановление	—	Металлизационный	Мет
Химический	Хим	Конденсационный	Кон
Анодное окисление	Ан	Контактный	Кт
Горячий	Гор	Вжигание	Вж
Диффузионный	Диф	Катодное распыление	Кр

ния защитных, декоративных и электроизоляционных покрытий на различных изделиях (табл. 82).

Обозначения лакокрасочных материалов в зависимости от наименования смол, эфиров, целлюлозы и масел, входящих в состав пленкообразующих веществ, приведены в табл. 83, а классификация покрытий по внешнему виду в табл. 87.

По составу и назначению лакокрасочные материалы подразделяют на лаки, грунтовки, шпатлевки, краски (в том числе эмали, табл. 84, 85).

Рекомендуемые сочетания грунтовок с эмалями (лаками) и материалами окрашиваемых поверхностей приведены в табл. 86.

В обозначение марки лакокрасочного материала входят буквенное обозначение группы (см. табл. 83) и несколько цифр, первая из которых указывает назначение материала (см. табл. 82), а остальные составляют порядковый номер регистрации материала. Например: Эмаль ХВ-16 — перхлорвиниловая эмаль (ХВ), атмосферостойкая 1, регистрационный номер 6; грунтовка ГФ-020 — глифталевая ГФ грунтовка 0, регистрационный номер 20.

В обозначении покрытий на изделии указывают дополнительно условия эксплуатации (ГОСТ 9.104—79) и требования к внешнему виду покрытия (табл. 87).

## 75. Обозначение металлических покрытий

Материал покрытия	Обозначение *	Материал покрытия	Обозначение *
Железо	Ж	Серебро	Ср
Золото	Зл	Серебро—сурьма	Ср-Су
Золото—серебро	Зл-Ср	Серебро—палладий	Ср-Пд
Золото—сурьма	Зл-Су	Хром	Х
Индий	Идин	Цинк	Ц
Кадмий	Кд	Платина	Пл
Кобальт	Ко	Палладий	Пд
Медь	М	Родий	Рд
Медь—олово	М-О	Рутений	Ру
Медь—олово—цинк *	М-О-Ц	Свинец	С
Медь—цинк	М-Ц	Титан	Ти
Никель	Н	Никель—вольфрам	Н-В
Никель—кобальт— фосфор	Н-Ко-Ф	Цинк—никель	Ц-Н
Олово	О	Оксиды	Окс
Олово—висмут	О-Ви	Фосфаты	Фос
Олово—кобальт	О-Ко	Алюминий	А
Олово—свинец	О-С	Золото—платина	Зл-Пл
Олово—цинк	О-Ц	Алюминий—цинк	А-Ц
Олово—никель	О-Н	Рений	Ре

\* В обозначение покрытий, состоящих из сплава, включается максимальное процентное содержание первого или первого и второго компонентов сплава (в случае трехкомпонентного сплава). Например, медно-оловянно-свинцовое покрытие с массовой долей меди 70—78%; олова 10—18% и свинца 4—20% обозначают М—О—С (78; 18).

## 76. Обозначение признаков, характеризующих физико-механические свойства покрытий

Признак покрытия	Обозначение
Твердое	ТВ
Электропроводное	Э
Электроизоляционное	ЭИЗ

## 77. Обозначение видов дополнительной обработки покрытий

Вид дополнительной обработки покрытия	Обозначение	Вид дополнительной обработки покрытия	Обозначение
Фосфатирование	фос	Гидрофобизирование	гфз
Хроматирование	хр	Пропитка маслом	прм
Оксидирование	окс	Наполнение в воде	нв
Оплавление	опл	Нанесение лакокрасочного покрытия	лкп
Пропитка	прп		

**78. Особенности контакта между металлами и неорганическими покрытиями  
в различных условиях эксплуатации**

Соединяемые металлы и покрытия	Золото, плати- на, палладий, родий	Серебро	Хромоникеле- вые стали	Хром	Медь и ее сплавы	Никель	Олово и его сплавы	Свинец и его сплавы	Титан и его сплавы	Стали			Алюминий и его сплавы окисляющиеся	Цинк и цинковые покрытия		Магний и его сплавы оксиди- рованные
	Условия эксплуатации *1															
	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож
Олово и его сплавы	0011	0011	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0222	0011	0011	0011	0000	2222
Свинец и его сплавы	0222	0222	0011	0011	0011	0011	0000	0000	0000	0011	0222	0011	0111	0011	0000	2222
Титан и его сплавы	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0222	1122	1122	1122	0011	2222
Хромистые стали	0000	0000	0000	0000	0011	0000	0000	0000	0000	0000	0222	0222	0111	0111	0222	2222
Стали углеродистые низколегированные	1222	1222	0222	0222	0222	0222	0222	0222	0222	0222	0000	0222	0222	1222	0022	2222
Кадмий и кадмиевые покрытия хромиро- ванные	2222	2222	0222	0222	1222	0222	0011	0011	1122	0222	0222	0000	0000	0000	0000	2222

Соединяемые металлы и покрытия	Золото, платина, палладий, родий	Серебро	Хромоникелевые стали	Хром	Медь и ее сплавы	Никель	Олово и его сплавы	Свинец и его сплавы	Титан и его сплавы	Стали			Алюминий и его сплавы оксидированные	Цинк и цинковые покрытия		Магний и его сплавы оксидированные
	хромистые	углеродистые	кадмий	хроматированные	фосфатированные	Магний и его сплавы оксидированные										
	Условия эксплуатации *1															
	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож
Алюминий и его сплавы оксидированные	2222	2222	0222	0011	1222	0222	0011	0111	1122	0111	0222	0000	0000	0000	0000	2222
Цинк и цинковые покрытия:																
хроматированные	2222	2222	1222	0222	2222	0222	0011	0011	1122	0222	1222	0000	0000	0000	0000	2222
фосфатированные	2222	2222	1222	0122	0011	0011	0000	0000	0011	022	0022	0000	0000	0000	0000	2222
Магний и его сплавы оксидированные	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	0000

Обозначения: 0 — при соприкосновении коррозии не происходит; 1 — при соприкосновении возможна незначительная коррозия; 2 — при соприкосновении возникает сильная коррозия.

\*1 Условия эксплуатации: л — легкие; с — средние; ж — жесткие; ож — очень жесткие.

### 79. Свойства и назначение металлических покрытий

Покрытие	Способ получения	Свойства покрытий	Назначение
Цинковое	Диф, Мет, Гор, катодное восстановление	45—50 НВ; интервал рабочих температур $-70 \div 250$ С; обладают хорошим сцеплением с деталью; хорошо работают на изгиб; низкая износостойкость	Защита от коррозии стали, чугуна, меди и ее сплавов
Кадмиевое	Катодное восстановление	12—40 НВ; интервал рабочих температур $\pm 60^\circ$ С; обладают высокой пластичностью, хорошо паяются, выдерживают изгиб, развальцовку, вытяжку, хорошо притираются, устойчивы в морской среде, щелочных растворах, неустойчивы в среде сернистых газов, масел, бензина	Защита от коррозии, в том числе в морских условиях; для обеспечения притирочных свойств деталям при сборке
Никелевое	Хим, катодное восстановление	150—600 НВ; легко полируются; коррозионно-стойкие при температурах до $+650^\circ$ С	Защита от коррозии пружин, корпусов и других деталей; декоративная отделка; придание поверхностной твердости, получение светоотражающей или поглощающей (черный никель) поверхности. Придание магнитных свойств (Н-Ко)

Покрытие	Способ получения	Свойства покрытий	Назначение
Хромовое	Диф, катодное восстановление	750—110 НВ; химически стойкие, за исключением среды соляной кислоты, галогеноводородных соединений, устойчивы в условиях тропического климата	Защита от коррозии, декоративная отделка, увеличение твердости деталей, работающих на трение; получение светопоглощающей (черной) или светоотражающей поверхности
Медное	Хим, Мет, Вж, катодное восстановление	60—150 НВ; электрическое сопротивление при 18 °С равно $1,682 \cdot 10^{-6}$ Ом·см; обладают высокой прочностью сцепления, эластичностью, выдерживают глубокую вытяжку, развальцовку, хорошо паяются, полируются, быстро окисляются	Обеспечение способности к пайке, электропроводности, экранирование от магнитного потока
Оловянное и его сплавами	Хим, Гор, Мет, катодное восстановление	15—20 НВ; эластичны; устойчивы к сероводороду, органическим кислотам, воздействию тропического климата; выдерживают изгибы, вытяжку, развальцовку	Защита при азотировании, гуммировании, защита от коррозии, обеспечение способности к пайке (О-Вп); декоративная отделка (О-Н)
Серебряное и его сплавами	Хим, Вж, катодное восстановление	50—150 НВ; электрическое сопротивление при 18 °С равно $1,5 \cdot 10^{-6}$ Ом·см; отражательная способность свежего покрытия 90—95%; хорошо паяются; износостойкость пониженная; у сплавов Ср-Су твердость до 22 НВ; тускнеют и темнеют в атмосфере серы, хлора, аммиака	Улучшение электропроводности, износостойкости (Ср-Су, Ср-П); обеспечение отражательной способности

Покрытие	Способ получения	Свойства покрытий	Назначение
Золотом и его сплавами	Хим, катодное восстановление	40—100 НВ; электрическое сопротивление при 18 °С равно $2,213 \cdot 10^{-6}$ Ом·см; обладают высокой теплопроводностью, хорошо обеспечивают сварку. Сплавы Зл-Ср, Зл-Н, Зл-К износостойки и обладают твердостью НВ до 200	Снижение переходного сопротивления контактов; повышение их износостойкости
Палладиевое	То же	200—350 НВ; электрическое сопротивление при 18 °С равно $10,8 \cdot 10^{-6}$ Ом·см; в контакте с пластмассами на покрытии образуются темные пленки, увеличивающие переходное сопротивление	Обеспечение электропроводности, снижение износостойкости контактов
Родиевое	»	400—800 НВ; отражательная способность 73—75%; покрытия стойки к кислотам, щелочам	Повышение электропроводности, износостойкости, отражательной способности

## 80. Свойства и назначение неорганических неметаллических покрытий

Покрытие	Материал деталей	Свойства	Назначение
Оксидное	Сталь, медь и ее сплавы, магниевые сплавы	Защитные свойства невысокие, повышаются при обработке покрытий маслами, лаками, гидрофобизирующими жидкостями	Межоперационное хранение; декоративная отделка и защита от коррозии (медь, магний и их сплавы)

Покрытие	Материал деталей	Свойства	Назначение
Окисно-фторидное; окисно-фосфатное	Алюминий и его сплавы	Обладают эластичностью, хорошей адгезией с металлом; окисно-фосфатное покрытие неэлектропроводно, является хорошим грунтом под окраску	Декоративная отделка и защита от коррозии
Хроматно-фторидное	То же	Обладают токопроводящими свойствами, стабильностью переходного сопротивления, являются хорошим грунтом под окраску, механически непрочны	Обеспечение стабильного переходного сопротивления
Фосфатное	Стали	Обладают высоким электрическим сопротивлением, термостойкостью до +300 °С, не подвергаются пайке и сварке; защитные способности появляются после дополнительной обработки маслами, лаками	Защита от коррозии, создание непроводящего поверхностного слоя
Пассивное	Стали, медь и ее сплавы	Для повышения коррозионной стойкости применяют дополнительную пропитку маслами, лаками	Защита от коррозии
Окисное анодизационное	Алюминий и его сплавы; медь и ее сплавы, магниевые сплавы, титан и его сплавы	Твердость покрытия на алюминии и его сплавах 28—44 НВ, электроизоляционные покрытия имеют пробивное напряжение до 600 В; электрическая прочность возрастает при пропитке покрытия лаками; эмалевые пленки на алюминии и окисные на титане обладают износостойкими свойствами	Защита от коррозии, придание электроизоляционных свойств; получение светопоглощающей поверхности (медь), защита от задиров при трении (титан), грунты под окраску

### 81. Пластмассовые и резиновые покрытия

Материал	Толщина покрытия, мм	Материал детали				Грунт под покрытие	Температура нагрева, °С, в зависимости от метода нанесения покрытия			δ, %	Рабочая температура, °С	Покрытие стойко в среде					Поверхности детали			
		М	Д	Б	Т		Н	П	СВ			к	щ	о	б	с	в	н	д	т
Полиэтилен ВД	0,1—1	+	+		+	—	—	240	—	200	—50÷100	+	+	—	+	+	+	+	+	—
Полиэтилен НД	0,1—1	+	+	+		—	280	—	220	200	—50÷100	+	+	—	+	+	+	+	+	—
Полиизобутилен ПГС	0,5—2	+	+		+	Клей 88-Н	—	20	—	200	—40÷80	+	+	—	+	+	—	—	—	—
Полипропилен	0,1—1	+	+	+		—	250	—	—	200	—30÷150	+	+	—	+	+	+	+	+	+
Винипласт	0,3—1	+		+		ХГС	—	170	—	15	—30÷70	+	+	+	+	+	+	—	—	—
Поливинилхлоридная паста	0,1—1	+	+		+	—	—	—	160	100	—30÷70	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Фторопласт-4Д, 4ДП	0,05	+				—	—	—	370	75	—200÷250	+	+	+	+	+	+	+	—	+
Фторопласт-3, 3М	0,15	+				—	—	—	330	75	—100÷120	+	+	+	+	+	+	+	—	+
Масса на основе поливинилбутирала	0,1—1	+				—	320	—	240	50	—40÷120	+	+	—	+	—	—	+	+	+
ПНФ-12, ТПФ-37																				
Капрон; полиамид П-68; полиамид П-АК-7	0,1—1	+				—	260—300	—	220	30	—40÷120	—	+	—	+	+	+	+	+	+

Материал	Толщина покрытия, мм	Материал детали				Грунт под покрытие	Температура нагрева, °С, в зависимости от метода нанесения покрытия			δ, %	Рабочая температура, °С	Покрытие стойко в среде					Поверхности детали			
		М	Д	Б	Т		Н	П	СВ			к	щ	о	б	с	в	н	д	т
Эпоксидная смола со стекловолокном	0,5—2	+		+		—	20	—	—	10	—40÷100	+	+	—	+	+	+	+	—	—
Сырая резина на каучуках: СКБ, СКС	0,5—2	+			+	Клей лейко-нат	—	—	150	200	—40÷90	+	+	—	—	+	+	+	—	+
СКН-40	0,5—2	+			+	То же	—	—	150	200	—40÷90	+	+	+	+	+	+	+	—	+
Жидкий найрит	0,5—2	+				—	20	—	—	200	—40÷90	+	+	+	+	+	+	+	—	—

Условные обозначения: 1. Знак «+» означает пригодность, знак «—» — непригодность покрытия для данных материалов и условий.

2. Материал детали: М — металл; Д — дерево; Б — бетон; Т — ткань.

3. Метод нанесения покрытия: Н — напыление; П — плакирование; СВ — спекание или вулканизация.

4. Среда: к — кислота; щ — щелочь; о — окислители; б — бензин; с — спирт.

5. Поверхности детали: в — внутренние; и — наружные; д — декоративные; т — трущиеся.

82. Условные обозначения групп лакокрасочных материалов по назначению (ГОСТ 9825—73)

Группа	Обозначение	Группа	Обозначение
Атмосферостойкие	1	Маслобензостойкие	6
Ограниченно атмосферостойкие (под навесом и внутри помещений)	2	Химически стойкие	7
Водостойкие	4	Термостойкие	8
Специальные	5	Электроизоляционные	9
		Консервационные	3

83. Классификация лакокрасочных материалов по составу пленкообразователя (ГОСТ 9825—73)

Наименование смол, эфиров, целлюлозы, масел	Обозначение	Наименование смол, эфиров, целлюлозы, масел	Обозначение
Канифольные	КФ	Меламинные	МЛ
Битумные	БТ	Мочевинные	МЧ
Глифталевые	ГФ	Фенолалкидные	ФА
Фенольные	ФЛ	Эпоксидные	ЭП
Полиэфирные ненасыщенные	ПЭ	Эпоксифирные	ЭФ
Алкидно- и масляно-стирольные	МС	Дивинилацетиленовые	ВН
Полиуретановые	УР	Поливинилацетиленовые	ВЛ
Полиакриловые	АК	Масляные	МА
Сополимерно-акриловые	АС	Кремнийорганические	КО
Нитроцеллюлозные	НЦ	Полиамидные	АД
Этилцеллюлозные	ЭЦ	Пентафталевые	ПФ
Перхлорвиниловые	МВ	Фторопластовые	ФП
Сополимерно-винилхлоридные	ХС		

## 84. Свойства и назначение грунтовок и шпатлевок

Наименование, марка (ГОСТ, ТУ)	Цвет *1	Режим сушки		Свойства и назначение
		Температура, °С	Длительность	
<b>Грунтовки</b>				
Сополимеры винилхлорида: ХС-010 (ГОСТ 9355—81)	К—К	18—23 60	1 ч 0,5 ч	Наносят на черные металлы, медь и ее сплавы, под перхлорвиниловые и сополимерные эмали в комплексе химически стойких, атмосферостойких, масло- и бензостойких покрытий. Подготовка поверхности — пескоструйная, дробеструйная обработка, фосфатирование
ХС-059 (ГОСТ 23494—79)	К—К	18—23	24 ч	Наносят на черные металлы, алюминий и его сплавы под сополимерные и перхлорвиниловые эмали в комплексе химически стойких и атмосферостойких покрытий
Глифталевая ГФ-0119 (ГОСТ 23343—78)	К—К	18—23 100— 110	12 ч 35 мин	Наносят на черные металлы, медь и ее сплавы под различные эмали; обладают удовлетворительной противокоррозионной стойкостью, маслостойкостью

Продолжение табл. 84

Наименование, марка (ГОСТ ТУ)	Цвет *1	Режим сушки		Свойства и назначение
		Температура, °С	Длительность	
Фенольно-формальдегидные ФЛ-03К, ФЛ-03Ж (ГОСТ 9109—81)	К—К	10—23	12 ч	Наносят под различные эмали; обладают повышенной противокоррозионной стойкостью; ФЛ-03К наносят на черные металлы, медь и ее сплавы, припой; ФЛ-03Ж наносят на коррозионно-стойкие стали, алюминий
		100—110	35 мин	
		175	15 мин	
Масляные: КФ-030 (МРТУ 10-698—67) ФЛ-086 (ГОСТ 16302—79)	Ж	18—23	40 ч	Наносят на алюминий и его сплавы в комплексе атмосферостойких покрытий; КФ-030 под масляные, глифталевые, пентафталевые, меламинные, мочевиные, фенольные, кремнийорганические покрытия; ЛФ-086 под перхлорвиниловые, нитроцеллюлозные, масляные, глифталевые, пентафталевые, меламинные и мочевиные эмали
	Ж	70—80	4 ч	
	Ж	18—23 80	5 ч 2 ч	
Алкидно-стирольная МС-015	К—К	18—23	2 ч	Наносят на черные металлы в комплексе с алкидно-стирольными эмалями для покрытий внутри помещений
Акриловая АК-070	Ж	18—23	1 ч	Наносят на оксидированные алюминиевые и магниевые сплавы, на места паяк припоями ПОС40; ПОС61 под сополимерные и перхлорвиниловые эмали

Продолжение табл. 84

Наименование, марка (ГОСТ, ТУ)	Цвет *	Режим сушки		Свойства и назначение
		Температура, °С	Длительность	
Поливинилбутиральные ВЛ-02; ВЛ-08	Ж	18—23	15 мин	Наносят на цветные металлы под перхлорвиниловые, масляные, глифталевые, пентафталевые, а при окраске черных металлов под алкидно-стирольные и поливинилбутиральные эмали в комплексе атмосферостойких и водостойких покрытий
Эпоксидная ЭП-09Т	Ж, К	150	1 ч	Наносят на черные и цветные металлы под эпоксидные, нитроэпоксидные эмали в комплексе атмосферостойких покрытий без воздействия солнечной радиации
<b>Шпатлевки (ГОСТ 10277—76)</b>				
Перхлорвиниловые: ХВ-005	С	18—23	2,5 ч	Наносят под сополимерные и перхлорвиниловые эмали. При применении других эмалей шпатлевки необходимо перекрыть грунтовкой; ХВ-005 применяют для сплошного и местного шпатлевания; ХВ-004 — только для местного шпатлевания; ХВ-004 — только для местного шпатлевания. Применяют для сплошного и местного шпатлевания под различные эмали (перед нанесением нитроцеллюлозных и перхлорвиниловых эмалей шпатлевку следует перекрыть грунтом)
		60	1 ч	
ХВ-004	З	18—23	2 ч	
		80	1 ч	
Пентафталевая ПФ-002	К—К	18—23	24 ч	
		или 18—23	3 ч	
		затем 80	1 ч	

Продолжение табл. 84

Наименование, марка (ГОСТ, ТУ)	Цвет *1	Режим сушки		Свойства и назначение
		Темпера- тура, °С	Длитель- ность	
Масляная КФ-003	К, Защ	100	1 ч	Применяют для сплошного и жесткого шпатлевания под масляные и глифта-левые и пентафта-левые эмали для по-крытий, стойких внутри помещения
Нитроцеллюлозная НЦ-007	К—К	18—23	1 ч	Применяют для ис-правления незначи-тельных дефектов под нитроцеллюлозные эмали
Алкидно-стирольная МС-006	Р	18—23	15 мин	Применяют для ис-правления незначи-тельных дефектов под меламинные, моче-винные, глифтале-вые, пентафталевые алкидно-стирольные эмали
Эпоксидные: ЭП-0010	К—К	18—23	24 ч	Применяют как са-мостоятельное хими-чески стойкое покры-тие и с перекрытием эпоксидными эмаля-ми, для выправки дефектов глубиной до 2 мм, а с напол-нителем до 5 мм
ЭП-0020	К	18—23	24 ч	Применяют для вы-правки углублений глубиной до 5 мм; в качестве грунтовки под эпоксидные эма-ли

\*1 К — красный; К—К — красно-коричневый; Ж — жел-тый; С — серый; З — зеленый; Р — розовый; Защ — защитный; Ч — черный.

## 85. Свойства и назначение лакокрасочных материалов

Способ нанесения покрытий	Условия сушки, характеристика покрытий
<b>Пентафталевые ПФ</b>	
Кистью, распылением, обливанием, окунанием, в электростатическом поле (по глифталевым и фенольным грунтовкам)	Высыхают при 18—23 °С за 24—28 ч; при 100—110 °С за 3—4 ч. Покрытия эластичны, устойчивы к механическим воздействиям, атмосферостойки. Имеют хороший глянец. Применяют для окраски приборов и других изделий
<b>Глифталевые ГФ</b>	
То же	Высыхают при 18—23 °С за 24—36 ч; при 80—100 °С за 1,5 ч. Характеристики близки к характеристикам пентафталевых, но атмосферостойкость ниже. Применяют для защитной и декоративной окраски приборов и машин
<b>Меламиноалкидные МЛ</b>	
Распылением пневматическим и в электростатическом поле (по глифталевым и фенольным грунтовкам)	Высыхают при 110—140 °С за 1—1,5 ч. Обладают высокой твердостью, эластичностью, хорошим гляncем, высокой атмосферостойкостью. Применяют для декоративной окраски приборов и машин
<b>Мочевинные МЧ</b>	
То же, что для пентафталевых	На древесине высыхают в естественных условиях при добавлении отвердителя (соляная кислота, контакт Петрова); на металлах высыхают при 120—140 °С. Обладают высокой твердостью, зеркальным блеском, бензомаcлостойкостью. Применяют для окраски металлических и деревянных изделий
<b>Фенольные смолы ФП</b>	
Распылением, окунанием, кистью (по фенольным грунтовкам)	Высыхают при 18—23 °С за 24—30 ч; при 180 °С за 30 мин. Эластичны с высокой твердостью, атмосферостойки (содержат растительные масла). Применяют для окраски металлических изделий

Продолжение табл. 85

Способ нанесения покрытий	Условия сушки, характеристика покрытий
<b>Эпоксидные смолы ЭП</b>	
<p>Распылением, кистью (по эпоксидным, фенольным, поливинилацетатным грунтовкам и эпоксидным, перхлорвиниловым шпатлевкам)</p>	<p>Для высыхания добавляют отвердитель (№ 1, АЭ-4). Сушат при 18—23 °С 25 ч или при 120—180 °С в течение 1—2 ч. Обладают высокой твердостью, атмосферостойкостью, бензостойкостью, водостойкостью, стойкостью к воздействию щелочей, длительной теплостойкостью при 200 °С, стойкостью к температурным перепадам —60 ÷ +200 °С, высокими электроизоляционными свойствами. Применяют для окраски металлических изделий</p>
<b>Полиэфирь ненасыщенные ПЭ</b>	
<p>Распылением, поливом (по порозаполнителю, шпатлевке и без них)</p>	<p>Сушка ступенчатая: 18—23 °С 20 мин, затем 60 °С 30 мин. Обладают стойкостью к действию воды и растворителей, нагреву и охлаждению. Применяют для высококачественной окраски деревянных корпусов</p>
<b>Полиуретановые УР</b>	
<p>Распылением, окунанием, кистью (по грунтовке УР-01 или по металлу)</p>	<p>Высыхают при 18—23 °С за 9 ч или при 120 °С за 1,5 ч. Обладают газонепроницаемостью, твердостью, бензостойкостью, эластичностью, стойкостью к истиранию. Применяют для окраски изделий из черных и цветных металлов, анодированного дуралюмина</p>
<b>Нитроцеллюлозные НЦ</b>	
<p>Распылением (по глифталевым и фенольным грунтовкам)</p>	<p>Высыхают при 18—23 °С за 30 мин. Стойки к минеральным маслам, бензину, слабым щелочам. Пожаро- и взрывоопасны. Применяют для окраски изделий из металла и древесины</p>

Продолжение табл. 85

Способ нанесения покрытий	Условия сушки, характеристика покрытий
<b>Перхлорвиниловые ХВ</b>	
Распылением (по глифталевым, фенольным и перхлорвиниловым грунтовкам)	Высыхают при 18—23°С за 1—3 ч или при 60°С за 0,5—1 ч. Для окончательного отверждения необходима выдержка при 18—23°С не менее 7 суток. Обладают атмосферостойкостью, химической стойкостью, бензо- и маслостойкостью, невысокой светостойкостью и термостойкостью. Применяют для окраски изделий из металла и древесины, в том числе подвергающихся кратковременному воздействию морской и пресной воды
<b>Сополимеры винилхлорида ХС</b>	
Распылением (по глифталевым и перхлорвиниловым грунтовкам)	Высыхают при 18—23°С за 1—3 ч или при 60°С за 0,5—1 ч. Обладают большей адгезией, химической стойкостью и морозостойкостью, чем перхлорвиниловые. Применяют для окраски оптических приборов
<b>Алкидно-стирольные МС</b>	
Распылением пневматическим в электрическом поле, кистью	Высыхают при 18—23°С за 1,5—2 ч. Обладают твердостью, стойкостью к повышенной влажности, солевым растворам, маслам, бензину, щелочным эмульсиям. Применяют для исправления дефектов в процессе окраски молотковыми эмалями (МП)
<b>Каучуки КЧ</b>	
Пневматическим распылением	Высыхают при 150—180°С за 1 ч; обладают твердостью, эластичностью, атмосферостойкостью, бензо- и маслостойкостью. Применяют для окраски оптико-механических приборов

Продолжение табл. 85

Способ нанесения покрытий	Условия сушки, характеристика покрытий
<b>Кремнийорганические КО</b>	
Распылением, кистью	Высыхают при 18—23 °С за 24 ч или при 150—170 °С за 2 ч. Обладают повышенной термостойкостью (250—500 °С), атмосферостойкостью, водо-, бензо- и маслостойкостью. Применяют для окрашивания изделий из фосфатированных сталей и анодированных алюминиевых сплавов, работающих при повышенных температурах
<b>Полиакриловые АК, АС</b>	
Распылением (по эпоксидным, фенольным и полиакриловым грунтовкам)	Высыхают при 18—23 °С за 24 ч или при 100 °С за 2 ч. Покрытие атмосферостойко к смазкам и спиртам, маслостойко. Применяют для окраски шкал приборов, стекло-текстолита, деталей приборов и машин
<b>Поливинилацетальные ВЛ</b>	
Распылением, окуна-нием, кистью	Высыхают при 18—23 °С за 24 ч или при 120 °С за 1—4 ч. Покрытие водостойкое, масло- и бензостойкое. Применяют для окраски изделий из сталей, алюминиевых и магниевых сплавов, работающих при повышенной температуре в среде бензина и минеральных масел
<b>Битумы БТ</b>	
То же	Высыхают при 18—23 °С за 20—24 ч. Покрытия влагостойкие и химически стойкие. Применяют в электроаппаратостроении
<b>Маслянолаковые (канифольные) КФ</b>	
Распылением, окуна-нием, кистью, в электрическом поле (без грунтовок по металлу и дереву)	Высыхают при 18—23 °С за 24—30 ч или при 60—65 °С за 4 ч. Покрытия атмосферостойки, эластичны. Применяют для окраски деталей, приборов и машин, декоративной окраски металлических и деревянных поверхностей

**86. Возможные сочетания грунтовок с эмалями (лаками)  
и материалами окрашиваемых поверхностей**

Материалы окрашиваемых поверхностей	Грунтовка	Эмали и лаки							
		ПФ, ГФ	МЛ	МЧ	ФЛ	ЭП	МС	НЦ	
Черные металлы	ГФ-020; ФЛ-03К; ФЛ-03Ж	+	+	+	+	+	+ ЭП-0Т	+ <sup>*2</sup>	+
Алюминий и его сплавы	ФЛ-03Ж, ГФ-031	+; КФ-030	+; КФ-030	+; КФ-030	+; КФ-030	-	-; ЭП-09Т	*2	+
Медь, латунь, бронза	ФЛ-03К; ФЛ-03КК	+	+	-	+	-	-; ЭП-09Т	*3	+
Магниеые сплавы	ФЛ-03Ж; ГФ-031	+	+	-	+	-	-; ЭП-09Т	-	+
Цинк	ФЛ-03Ж; ГФ-031	+	+	+	+	-	-; ЭП-09Т	-	+
Сталь кадмированная	ФЛ-03Ж; ФЛ-03К; ФЛ-03КК; ГФ-031	+	+	+	+	-	-; ЭП-09Т	-	+

Материалы окрашиваемых поверхностей	Грунтовка	Эмали и лаки						
		ХВ	ХС	К, КО *1	АС, АК	ВЛ	ВТ	КФ
Черные металлы	ГФ-020; ФЛ-03К; ФЛ-03Ж	+; ХС-010	+; ХС-010	+ *2	+; ЭП-09Т	*3	+ *3	+
Алюминий и его сплавы	ФЛ-03Ж, ГФ-031	+; ХС-010	+	ФЛ-03Ж; КФ-030	*2 ФЛ-03Ж; ЭП-09Т	*3	—	+
Медь, латунь, бронза	ФЛ-03К; ФЛ-03КК	+; ХС-010	+; ХС-010	—	+; ЭП-09Т	*3	—	*3
Магниеые сплавы	ФЛ-03Ж; ГФ-031	+	+	—	ФЛ-03Ж; ЭП-09Т	*3	—	+
Цинк	ФЛ-03Ж; ГФ-031	+	+	—	ФЛ-03Ж; ЭП-09Т	—	—	+
Сталь кадмированная	ФЛ-03Ж; ФЛ-03К; ФЛ-03КК; ГФ-031	+	+	—	+; ЭП-09Т	*3	—	+
<p>Примечания: 1. Обозначения эмалей и лаков: ПФ и ГФ — алкидные; МЛ — меламиновые; МЧ — мочевиновые; ФЛ — фенольные; ЭП — эпоксидные; МС — алкидно-стирольные; НЦ — нитроцеллюлозные; ХВ — перхлорвиниловые; ХС — на основе сополимеров винилхлорида; К, КО — кремнийорганические; АС, АК — полиакриловые; ВЛ — поливинилацетальные; ВТ — битумные; КФ — масляные эмали.</p> <p>2. Знак «+» означает пригодность, знак «—» непригодность для данных эмалей (лаков); марки грунтовок рядом со знаком являются дополнительно применимыми.</p>								
<p>*1 Для эксплуатации при высоких температурах. *2 Эмали (лаки) можно наносить без грунтовок. *3 Эмали (лаки) наносят без грунтовок.</p>								

## 87. Классификация покрытий по внешнему виду

Класс покрытия	Характеристика внешнего вида
I	Поверхность ровная, гладкая, однотонная; не допускаются дефекты поверхности, видимые без применения увеличительных приборов
II	Поверхность ровная, гладкая, однотонная или с характерным рисунком. Допускаются отдельные, малозаметные без применения увеличительных приборов соринки, следы зачистки, риски, штрихи и пр. Рисуночатые покрытия должны иметь четкий рисунок без непроявленных участков
III	Поверхность однотонная, гладкая или с характерным рисунком. Допускаются отдельные, заметные без применения увеличительных приборов соринки, следы зачистки, риски и штрихи, а также неровности, связанные с состоянием окрашиваемой поверхности до окраски
IV	Поверхность однотонная с характерным рисунком. Допускаются различные заметные дефекты, не влияющие на защитные свойства покрытий

**КЛЕИ И ДРУГИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Клеи предназначены для неразъемного соединения металлов и неметаллических материалов (табл. 88—90).

Древесина различных пород имеет свойства, приведенные в табл. 91.

Пиломатериалы изготовляют из древесины хвойных и лиственных пород. По размерам поперечного сечения пиломатериалы подразделяют на доски (ширина более двойной толщины), бруски (ширина не более двойной толщины), брусья (толщина и ширина более 100 мм). Доски выпускают шириной 80, 90, 100, 110, 130, 150, 180, 200, 220 и 250 мм и толщиной 13, 16, 19, 22, 25, 32, 40, 45, 50, 60, 70, 75 и 100 мм. Сечение брусков 50×100, 60×100, 70×80, 70×100, 75×100, 75×130, 75×150, 100×100, 100×130, 100×150, 100×180 и 100×200 мм. Сечение брусьев 130×130, 130×150, 130×180, 150×150, 150×180, 150×200, 180×180, 180×220, 200×200, 200××250, 220×220, 220×250 и 250×250 мм.

Клееную фанеру выпускают марок ФСФ (повышенной водостойкости) и ФК (средней водостойкости) (ГОСТ 5.1494—72) (склеенная альбуминоказеиновыми клеями).

## 88. Рекомендуемые марки клея для склеивания различных материалов и минимальная рабочая температура, °С

Марка	Материалы												
	Пластмассы порошковые	Вяжущие	Полиэтилен	Фторопласт-4	Полипропилен	Оргстекло	Целлулоид	Древесные материалы	Полистирол блочный	Текстолит	Стеклотекстолиты	Пенопласты	Теплоизоляционные материалы
АМК	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	150
БФ-2 *1	60	—	—	60	—	—	—	—	—	60	60	—	—
БФ-4 *1	—	—	—	—	—	—	—	60	—	—	—	—	—
В-107	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ВИАМ-19	80	—	—	—	—	—	—	60	—	80	—	80	80
В-31-Ф9	80	—	60	—	80	150	—	60	—	80	—	100	100
ВК-32-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200
ВК-32-200	200	—	—	200	—	—	—	—	—	100	200	—	—
ВК-32-ЭМ *1	80	—	—	—	—	—	—	—	—	80	80	80	—
ВКТ-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ВКТ-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	400
ВС-10М *1	150	—	—	—	—	—	—	—	—	100	150	—	—
ВС-107 *1	150	—	—	150	—	—	—	—	—	150	150	—	—
ВС-350 *1	250	—	—	250	—	—	—	—	—	100	300	—	—
Карбонильные *1	60	—	—	20	—	—	—	—	—	60	—	—	—
К-17 *1	—	—	—	—	—	—	—	60	—	—	—	—	—
К-32-70 *1	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—
К-153 *1	80	—	—	80	—	—	80	60	—	80	80	120	80
Л-4 *1	80	—	—	—	—	—	—	60	—	80	80	80	—
ПВ-16	—	—	—	—	—	60	—	—	—	—	—	—	—
ПК-5 *1	60	—	—	60	—	—	—	—	—	60	—	—	—
ПУ-2 *1	80	60	60	80	80	150	80	60	60	80	80	120	—
ПУ-2М *1	80	60	60	80	60	—	80	60	60	80	—	80	100
№ 88	—	—	20	—	20	—	—	—	—	—	—	—	80

Примечание. Склеивание полиэтилена, полипропилена, фторопласта-4 возможно только по обработанной химическим или другим способом поверхности материала.

\*1 Клеи пригодны для склеивания металлов с указанными в таблице материалами, если температурный режим склеивания не превышает рабочую температуру материала.

**89. Типовые режимы склеивания различных материалов  
синтетическими клеями**

Марка клея	Температура, °С	Давление, МПа	Выдержка до отверждения, ч
<b>Для металлов</b>			
К—153	25	0,1—1,5	16—20
БФ—2, БФ—4	140—150	1,0—2,0	1
ВС—10Т	180	0,05—0,2	1—2
ВК—32—ЭМ	150	0,05—0,3	
ВС—10М	180	0,3—1,0	2—3
ВК—32—200	180	1,0—2,0	1—2
П—4	120	0,01—0,73	4
ПК—5	80	0,05—0,3	6
ПУ—2М	105	0,05—0,3	4
ВС—350	200	0,1—0,2	2
Карбонильный	20	0,03—0,05	24—30
<b>Для неметаллических материалов</b>			
МАС—1	150	0,2—0,3	0,5
КТ—15	200	0,2—0,3	2
К—17	15	0,05—0,3	6—8
№ 88	15	Без давления	3
АМК	105	То же	4
АК—20	18	»	8
ВК—32—2	20	»	10
К—32—70	65	0,1—0,15	4
В—31—Ф	20	0,1—0,3	10—12
ПВ—16	20	0,1—0,15	4
В—107	15	0,5—0,3	10—12
ВИАМ—Б3	16	0,05—0,5	10—12
ВИАМ—К—12	16	0,05—0,5	8—10
ВИАМ—Ф	18	0,05—0,5	12—15

**90. Свойства и назначение синтетических клеев**

Марка	Прочность при 20 °С		Склеиваемые материалы, свойства клея
	на сдвиг, МПа	на от- дирание, Н/м	
<b>Фенольные</b>			
БФ—2, БФ—4	30	280	Металлы, текстолит, аминопла- сты, стекло, древесина, фибра, фарфор, кожа; вибростоек
БФ—6	—	—	Ткани, резина, войлок между со- бой и для приклеивания его к ме- таллам

Продолжение табл. 90

Марка	Прочность при 20 °С		Склеиваемые материалы, свойства клея
	на сдвиг, МПа	на отдиранье, Н/м	
ВК—32—200	15	320	Дуралюмин, стали, текстолиты, пенопласты
ВС—350	18	—	
ВС—10Т	18	320	
ВС—10М	20	320	
КР—4	—	—	Металлы, стеклотекстолиты и текстолиты
КБ—3	—	—	
<b>Бакелитовые</b>			
СБС—2	—	—	Пластмассы, тонкие древесные, бумажные и текстильные материалы
<b>Эпоксидные</b>			
ЭД—5, ЭД—6	—	—	Металлы, винипласт, оргстекло, фарфор, керамика, древесина, пластмассы, приклеивание вулканизированной резины к металлам
ВК—32—ЭМ	25	200	Стали, дуралюминий между собой и с пенопластами. Стоек в различных кинематических условиях
ВК—7	7,5	—	Стали, алюминиевые и титановые сплавы, работающие при температуре от —60 до +250 °С
Л—4	4,0	—	Металлы между собой и со стеклопластиковыми в узлах несилового назначения
<b>Полиамидные</b>			
ПФЭ—2/10	6,0	600	Металлы, текстолит, древесина, капроновое волокно, полиамидные пленки, кожи
ПК—5	15	—	Полиамидная пленка
МПФ—1	17	600	Металлы и неметаллические материалы. Эластичен; обладает длительной прочностью
<b>Карбонидные</b>			
КМ—3	—	—	Пластмассы, древесина, бумага, текстильные материалы; вибростоек
К—17	14	—	
КМ—12	—	—	

Продолжение табл. 90

Марка	Прочность при 20 °С		Склеиваемые материалы, свойства клея
	на сдвиг, МПа	на отдрывание, Н/М	
<b>Полиуретановые</b>			
ПУ—2	14	—	Стали, алюминиевые сплавы между собой и с неметаллическими материалами. Обладает длительной прочностью и выносливостью, стоек в различных климатических условиях
ВК—5	7,5	—	Стали, алюминиевые и титановые сплавы между собой и с неметаллическими материалами, работающие при $\pm 60$ °С в течение 1000 ч; вибростоек
<b>Перхлорвиниловые</b>			
Д—10; М—10	—	—	Поливиниловые пластики между собой и с металлами
«Лейкопат»	—	400	Невулканизированная резина с металлами
Б—10	—	—	Винипласт, ткани и пластики с металлами
ХВК—2а	—	—	
<b>Глифталевые</b>			
АМК	—	750	Стекло, теплоизоляция с металлами
ИП—9	—	—	Силиконовые резины с металлами
<b>Металлические</b>			
Мелкадин	—	—	Металлы, керамика, органические полимеры и др.; электропроводен, выдерживает нагрев до 700—800 °С
<b>Фосфатные</b>			
Алюмофосфатный клей	—	—	Стекло, ситалл, керамика, металлы (никель, молибден, вольфрам, титан, тантал, ковар, констант), работающие при $-60 \div +1400$ °С
<b>Цианакриловые</b>			
Циакрин	14	—	Различные материалы
<b>Эпоксидно-фурфурольно-ацетатные</b>			
БОВ—1	—	—	Металлы и пластмассы, химически стойкие, теплостойкие
БОВ—2	—	—	
БОВ—3	—	—	

## 91. Свойства древесины

Порода древесины	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Предел прочности, МПа			Сопротивление ударному изгибу	Модуль упругости при статическом изгибе	Твердость		Линейная усушка, %, не более
		при скалывании волокон	при статическом изгибе	при скалывании волокон			МПа		
					торцовая	боковая			
Лиственница	0,67	54,0	99,0	9,0	0,28	13,7	430	325	13
Сосна	0,50	42,0	79,0	7,0	0,19	10,1	240	175	10
Кедр	0,44	34,0	63,5	6,0	0,145	8,1	210	115	3,2
Ель	0,47	40,5	75,5	6,5	0,18	7,9	210	120	7,2
Пихта	0,40	34,0	62,0	6,5	0,15	8,4	—	—	10
Береза	0,65	47,0	92,5	10,0	0,41	10,2	390	315	10,0
Клен	0,71	51,5	107,5	12,0	0,41	9,4	740	550	10,0
Липа	0,47	34,0	61,5	—	0,26	7,1	165	115	11,0
Осина	0,50	37,5	68,5	7,0	0,36	9,1	260	185	8,4
Тополь	0,43	31,5	54,5	6,5	0,20	8,3	220	175	8,4
Ясень	0,70	51,0	106,0	11,0	0,38	12,2	670	—	8,4
Дуб	0,71	51,0	94,0	8,0	0,34	8,5	570	475	8,2
Ольха черная	0,52	36,5	72,0	—	—	6,0	330	260	—

Номинальные размеры листов фанеры, мм:

2440×1525×(3, 4, 5, 6, 7, 8)	1525×1525×(9, 10, 12, 15, 18)
2440×1220×(3, 4, 5, 6, 7, 8)	1525×1220×(9, 10, 12, 15, 18)
2135×1525×(3, 4, 5, 6, 7, 8)	1525×725×(9, 10, 12, 15, 18)
1830×1220×(3, 4, 5, 6, 7, 8)	1220×725×(9, 10, 12, 15, 18)
1830×1525×(3, 4, 5, 6, 7, 8)	1220×1220×(9, 10, 12, 15, 18)

В скобках указана возможная толщина фанеры. Предел прочности при скалывании по клеевому шву должен быть не менее: для березовой фанеры 12 МПа; для прочей 0,6—1,0 МПа.

Бакелизованную фанеру выпускают марок ФБС (склеенная спирторастворимыми смолами), ФБСВ и ФБСВ<sub>1</sub> (склеенные спирто- и водорастворимыми смолами), а также ФБВ и ФБВ<sub>1</sub> (на водорастворимых смолах).

Номинальные размеры листов бакелизованной фанеры, мм:

1500×1200×5	5000×1200×14
1500×1500×7	5600×1200×14
4400×1500×10	5600×1500×16
4900×1250×12	7700×1500×18

Предел прочности бакелизированной фанеры разных марок должен быть не менее: при скалывании по клеевому шву 1,5 МПа; при растяжении вдоль волокон 60—80 МПа; при статическом изгибе вдоль волокон 90—110 МПа.

**Бумажные материалы** толщиной до 0,5 мм и массой 1 м<sup>2</sup> до 250 г условно относят к бумаге, а продукцию большей толщины и плотности — к картону.

Различают картон прокладочный, электроизоляционный, технический, тарный, строительный, декоративный и др. Прокладочный картон является бензо- и маслястойким материалом; его выпускают толщиной 0,2; 0,25; 0,5; 0,8; 1,0; 1,5 мм. Влажность 8—10%; впитываемость за 24 ч не более: воды 12%, бензина 20%, масла 25%. Прокладочный картон можно заменить чертежной бумагой или техническим картоном после смачивания их горячей водой до насыщения и просушивания с последующей пропиткой (20—25 мин при температуре 60—70 °С) растительным маслом и олифой.

Картон электроизоляционный (ГОСТ 2824—86) выпускается марок ЭВС, ЭВП, ЭВТ, ЭВ, ЭВА в листах и рулонах при толщине от 0,1 до 3 мм. Плотность картона 0,95—1,25 г/см<sup>3</sup>; временное сопротивление при растяжении 34—127 МПа; электрическая прочность 8—13 кВ/мм.

Пергамент представляет собой прозрачную маслонепроницаемую влагостойкую бумагу, получаемую обработкой непроклеенной бумаги серной кислотой и последующей щелочной нейтрализацией.

**Войлок технический** (грубошерстный Г, полугрубошерстный П, тонкошерстный Т) выпускают: а) для сальников С; б) для прокладок ПрП, ПрБ; в) для фильтров Ф; г) для звуко- и теплоизоляции И (грубошерстный). В условное обозначение входит его наименование по виду шерсти, назначению, толщине и номер стандарта. Например: Войлок ГС10 (ГОСТ 6418—81) (Г — грубошерстный; С — для сальников; 10 — толщина 10 мм).

Номенклатуру деталей, изготавливаемых из войлоков (табл. 92), регламентируют ГОСТ 6418—81, ГОСТ 6308—81, ГОСТ 288—72. Влажность войлока не более 12%.

Номинальная толщина войлока: 8—20 мм грубошерстного; 6—20 мм полугрубошерстного; 2,0—10 мм тонкошерстного. Войлок для электротехнической промышленности выпускают по ГОСТ 11025—78.

## 92. Основные свойства войлока

Тип войлока	Временное сопротивление при разрыве, Па		Удлинение при разрыве, %, не более	
	для сальников	для прокладок	для сальников	для фильтров
Грубошерстный	147 · 10 <sup>4</sup>	(98 ÷ 117,6) · 10 <sup>4</sup>	145	150
Полугрубошерстный	244 · 10 <sup>4</sup>	(117,6 ÷ 147) · 10 <sup>4</sup>	140	145
Тонкошерстный	343 · 10 <sup>4</sup>	294 · 10 <sup>4</sup>	135	135

Примечание. Капиллярность (при толщине войлока 10 мм) для фильтров не менее 45 мм.

## 93. Свойства рыхловолокнистых тепло- и звукоизоляционных материалов

Марка	Состав	γ, кг/м <sup>3</sup>	Рабочая температура, °С	Теплопроводность λ, Вт/(м · °С)
АСИМ	Стекловолок между двумя слоями стеклоткани, простеганной стеклянными нитями	110	—60 ÷ 400	0,20 (при 20 °С)
АТИМС	Стекловолокно (5—7 мкм) между двумя слоями стеклоткани, простеганной стеклянными нитями	75—85	—60 ÷ 450	0,13 (при 20 °С)
АТМ-3	Штапельные стекловолокна (2,5 мкм) между двумя слоями стеклоткани, простеганной стеклонитями	40—50	—60 ÷ 450	0,17 (при 160 °С)
АТИМСС	Стекловолокно со смоляной связкой	25	—60 ÷ +150	0,13
Маты: С-100	Волокно и до 8% смолы	100	До 130	0,13—0,19 (при 30 °С)
С-125	То же	125	» 130	
Плиты	Короткое волокно и до 15% синтетических смол	20—80	—60 ÷ +100	0,13 (при 82 °С)

## 94. Теплоизоляционные конструкционные материалы

Материал	$\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, МПа	Теплопроводность, Вт/(м·°C)	Максимальная рабочая температура, °C
Асбестовый картон	0,90	—	0,15399+0,15K	500
Асбестовый шнур	0,80	—	0,1218+0,13K	300
Асбослюда (изделия)	0,58	25	0,1218+0,13K	300
Асбоцементные изоляционные плиты	0,30	30	0,6525+0,15K	500
Вулканит (изделия)	0,40	40—45	0,08004+0,1K	—
Шлаковая (минеральная) вата	0,20	—	0,0522+0,13K	—
Стекловолоконная вата	0,25—0,30	—	0,0348+0,22K	600
Газостекло	0,3—0,60	250—650	0,1131+0,15K	500
Пенобетон	0,40	40	0,09309	300
	0,50	60	0,1131	300

Примечание.  $K = 10^{-5}t_{cp}$  ( $t_{cp}$  — температура среды, °C).

## 95. Параметры электроизоляционных материалов

Электроизоляционный материал	Толщина, мм	Количество связующего, %	Электрическая прочность, кВ/мм
Коллекторный (ГОСТ 2196—75)	0,4—1,5	1	19
Формовочный (ГОСТ 6122—75)	0,15—1,5	8—33	25—41
Прокладочный (ГОСТ 6121—75)	0,5—5,0	8—20	16—34
Гибкий (ГОСТ 6120—75)	0,15—0,5	10—31	16—28
Микалента (ГОСТ 4268—75)	0,08—0,21	—	9—28

Свойства тепло- и звукоизоляционных материалов приведены в табл. 93 и 94.

Липкая изоляционная лента представляет собой поливинилхлоридный пленочный пластикат, покрытый слоем

перхлорвинилового клея (100 г на 1 м<sup>2</sup>). Выпускают ее четырех марок: ПХЛ — 020; ПХЛ — 030; ПХЛ — 040; ПХЛ — 045 толщиной соответственно 0,2; 0,3; 0,4; 0,45 мм и шириной 15—50 мм. Временное сопротивление разрыву не менее 8,0 МПа; удельное объемное электросопротивление не менее 10<sup>13</sup> Ом·см; липкость не менее 30 с; морозостойкость до —40 °С.

**Электроизоляционные лакоткани и стеклоткани** представляют собой хлопчатобумажные, шелковые и стеклянные ткани, пропитанные электроизоляционным лаком. Их выпускают в виде рулонов, листов, трубок и цилиндров. Толщина лакотканей: 0,15—0,30 мм хлопчатобумажных (ГОСТ 2214—78), 0,04—0,15 мм шелковых (ГОСТ 2214—78), 0,08—0,24 мм стеклянных (ГОСТ 10156—78). Электрическая прочность лакотканей 30—66 кВ/мм; удельное объемное сопротивление 10<sup>10</sup>—10<sup>14</sup> Ом·см.

**Слюда** представляет собой алюмосиликатный прозрачный минерал с удельным электрическим сопротивлением 10<sup>13</sup>—10<sup>14</sup> Ом·см, электрической прочностью 300—400 кВ/мм, тангенсом диэлектрических потерь 0,0003—0,004 и временным сопротивлением разрыву 20—310 МПа.

**Микалента** —склеенные пластинки слюды. Микалента с двух сторон склеена тонкой бумагой.

Параметры электроизоляционных материалов приведены в табл. 95.

**Резина** как конструкционный материал отличается высокими эластичными свойствами в широком диапазоне температур и частот деформации. Кроме того, резины обладают высоким сопротивлением разрыву, износу, газу- и водонепроницаемостью, химической стойкостью, ценными электрическими свойствами и др.

По назначению различают резины: а) мягкие — для изделий и деталей промышленной техники; б) жесткие (эбонитовые) — для изделий электротехнической промышленности; в) пористые или губчатые, применяемые в качестве амортизаторов; г) пастообразные для герметизации и уплотнения.

Основой всех резин служат каучуки. Основные свойства и назначение различных резин приведены в табл. 96 и 97.

## 96. Физические и механические свойства резин из разных каучуков

Каучуки	Физические свойства			Механические свойства			
	Температура хрупкости, °С	Плотность сырого каучука, г/см <sup>3</sup>	Удельное сопротивление, Ом·см	Временное сопротивление при растяжении, МПа	Сопротивление раздиру, Н/см	Удлинение при разрыве *1, %	Напряжение при 300%-ном удлинении, МПа
Изопреновые:							
синтетический СКИ-3	-70	0,91—0,92	10 <sup>15</sup> —10 <sup>16</sup>	28,3—29,3	1000—1150	700	3,4
натуральный НК	-70	0,91—0,92	10 <sup>15</sup> —10 <sup>16</sup>	32—33	1000—1350	600—700	3,9
Бутадиеновые:							
СКД	-110	0,91—0,93	10 <sup>14</sup> —10 <sup>15</sup>	17	500—600	500—700	5,9—7,4
СКБ	-50	0,90—0,92	10 <sup>14</sup> —10 <sup>15</sup>	12,7—15,7	450—600	500—600	6,4
Бутадиен-стирольные:							
СКС-30АРКМ-15	-49	0,994	7·10 <sup>14</sup>	24—25	550—650	550—750	8,8—9,8
СКС-30АРК	-77	0,919	7·10 <sup>14</sup>	27,4—28	450—750	550—750	3,9—5,9
Бутадиен-нитрильные:							
СКН-18	-58	0,943	10 <sup>10</sup>	24,4—26,5	550—650	450—550	До 10,7
СКН-26	-46	0,962	10 <sup>10</sup>	27,4—29,2	600—700	600—700	9,8—11,7
СКН-40	-23	0,986	10 <sup>10</sup>	29,2—32	570—650	600—700	9,8—11,7
Хлоропеновый (наирит)	-34	1,225	7·10 <sup>14</sup>	19,5—26	600—900	600—750	14,6
Бутилкаучук	-45	0,91	10 <sup>16</sup>	15,7—23,5	650—950	650—800	2,9—5,9
Силоксановый каучук СКТ	-74	1,7—2,0	3·10 <sup>13</sup>	3,4—7,8	150—200	360	1,9—2,9
Тиokol Д	-40	1,3—1,4	1,6·10 <sup>15</sup>	3,7—4,1	40—50	250—430	—
Этиленпропиленовый СКЭП	-45	0,86—0,87	10 <sup>16</sup>	22,5—24,5	550	550—650	До 11,7
Уретановый СКУ	-30	1,21—1,25	10 <sup>16</sup>	24,5—34	300—600	500—585	12,3—29

\*1 При 20 °С.

## 97. Назначение наиболее распространенных каучуков

Каучуки	Область применения
Изопреновые (стереорегулярные). Синтетический СКИ-30. Натуральный	Шины, резинотехнические и резиновые изделия ширпотреба, изоляция кабелей и др.
Бутадиеновые СКД, СКБ	Морозостойкие изделия. Приводные ремни, формовые изделия, оболочки кабелей, озоностойкие изделия и покрытия
Бутадиен-стирольные (СКС-30, АРКМ, СКМС-36, СКС-10, СКСМ-10). Хлоропреновые (наирит)	Масло- и бензостойкие изделия, газонепроницаемые и озоностойкие изделия — шины, варочные камеры, диафрагмы
Бутил	Масло-, бензо-, тепло- и растворителестойкие изделия — транспортные ленты для подачи горючих материалов и др.
Бутадиен-нитрильные СКМ-18, СКМ-26, СКМ-40. Силоксановые СКТН, СКТ	Сверхтеплостойкие и морозостойкие изделия, электротехнические детали и др.
Тиокол	Масло- и бензостойкие изделия, уплотнители, герметики
Этиленпропиленовый СКЭП	Озоностойкие и другие химически стойкие и электротехнические изделия

**98. Индустриальные масла общего назначения  
(ГОСТ 22799—88)**

Масло	Кинематическая вязкость при 40 °С, мм <sup>2</sup> /с	Температура, °С		Назначение
		вспышки не ниже	застывания не выше	
И-5А	6—8	140	—18	Для смазки поверхностей при высоких скоростях скольжения
И-8А	9—11	150	—15	То же
И-12А	13—17	170	—15	Для различных механизмов
И-20А	29—35	200	—15	То же
И-30А	41—51	210	—15	Для смазки крупных и тяжелых станков
И-40А	61—75	220	—15	Для смазки тяжелых низкоскоростных станков
И-50А	90—110	225	—15	То же

**99. Свойства и назначение пластичных смазок**

Смазка	ГОСТ	Температура каплеотделения, °С, не ниже	Назначение
<b>Низкоплавкие</b>			
Консервационная (К-17)	10877—76	54	Для защиты деталей от коррозии
Пластичная ПВК	19537—83	54	То же
Пластичная ГОИ-54п	3276—74	55	Для защиты деталей от коррозии в диапазоне температур от —40 до +40 °С
<b>Среднеплавкие</b>			
Солидол синтетический	4366—76	—	Для защиты деталей от коррозии
Смазка графитная УССА	3333—80	77	Для смазки высоконагруженных узлов трения

Продолжение табл. 99

Смазка	ГОСТ	Температура каплеотделения, °С, не ниже	Назначение
<b>Тугоплавкие</b>			
ЦИАТИМ-201	6267—74	175	Для смазки приборов и механизмов, работающих с малыми усилиями сдвига при температурах от $-60$ до $+90$ °С
ЦИАТИМ-202	11110—75	170	То же
ЦИАТИМ-203	8773—73	150	Для смазки высоконагруженных механизмов
ЦИАТИМ-205	8551—74	65	То же
ЦИАТИМ-221	9433—80	200	Для смазки различных механизмов, работающих в диапазоне температур от $-60$ до $+150$ °С
ВНИИНП-225	19782—74	—	Для уплотнения резьбовых соединений, работающих при температуре от $-60$ до $+250$ °С
ВНИИНП-232	14068—79	—	То же, но в диапазоне температур от $-20$ до $+125$ °С
ВНИИНП-257	16105—70	—	Для смазки шарикоподшипников и малонагруженных зубчатых передач
ВНИИНП-260	19832—87	—	Для смазки скоростных шарикоподшипников ( $-50$ ÷ $+180$ °С)
ВНИИНП-279	14296—78	—	Для смазки узлов трения, работающих в контакте с агрессивными средами

**Смазочные материалы** предназначены для уменьшения износа трущихся поверхностей, повышения КПД механизмов и машин, предохранения от коррозии. Смазочные материалы разделяют на два вида: жидкие минеральные масла и пластичные смазки (консистентные пасты). Минеральные масла разделяют на конструкционные (моторные, трансмиссионные, индустриальные, турбинные и др.) и технологические, применяемые при обработке металлов. Основные характеристики смазочных материалов — кинематическая вязкость, температура вспышки и застывания.

Основные свойства и область применения индустриальных масел общего применения приведены в табл. 98.

Пластичные смазки по температуре каплеотделения ( $T_{к.о}$ ) разделяют на низкоплавкие ( $T_{к.о} < 65^\circ\text{C}$ ), среднеплавкие ( $65 \leq T_{к.о} \leq 100$ ) и тугоплавкие ( $T_{к.о} > 100^\circ\text{C}$ ). Их основу составляют загущенные минеральные масла (табл. 99).

## ДЕТАЛИ МАШИН

ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ, УГЛЫ, КОНУСЫ,  
РАДИУСЫ ЗАКРУГЛЕНИЙ, КАНАВКИ

В табл. 1 приведены стандартные ряды нормальных линейных размеров (диаметров, длин, высот и др.). Стандарт распространяется на линейные размеры в машиностроении и устанавливает ряды линейных размеров от 0,001 до 20 000 мм. Стандарт не распространяется на технологические межоперационные размеры и на размеры, связанные расчетными зависимостями с другими принятыми размерами. При выборе размеров предпочтение следует отдавать рядам с более крупной градацией, т. е. ряд Ra 5 следует предпочитать ряду Ra 10, ряд Ra 10 — ряду Ra 20 и т. д.

ГОСТ 8908—81 распространяется на углы (угловые размеры) и допуски углов конусов и призматических элементов деталей с длиной меньшей стороны до 2500 мм. В табл. 2 даны нормальные углы по указанному ГОСТу. Для призматических деталей (рис. 1, а), кроме углов, приведенных в табл. 2, допускается применять значения уклонов и соответствующих им углов, указанных в табл. 3. Значение уклона

$$S = \frac{H - h}{L} = \operatorname{tg} \beta.$$

ГОСТ 25548—82 устанавливает термины и определения основных понятий в области конусов и конических соединений.

*Прямая круговая коническая поверхность* — поверхность вращения, образованная прямой, вращающейся относительно оси и пересекающей ее (рис. 1, б).

*Коническая деталь* — деталь, у которой основная часть поверхности коническая.

*Конический элемент* — часть детали, ограниченная конической поверхностью, заключенной между вершиной этой поверхности и плоскостью, перпендикулярной оси, или между двумя плоскостями, перпендикулярными оси и расположенными по одну сторону от вершины.

1. Нормальные линейные размеры (в мм)  
в диапазоне 1—155 мм (ГОСТ 6636—69)

Ряды				Дополни- тельные размеры	Ряды				Дополни- тельные размеры
Ra 5	Ra 10	Ra 20	Ra 40		Ra 5	Ra 10	Ra 20	Ra 40	
1,0	1,0	1,0 1,1	1,0 1,05 1,1 1,15		3,2	3,2	3,2 3,6	3,2 3,4 3,6 3,8	3,3 3,5 3,7 3,9
	1,2	1,2	1,2 1,3 1,4 1,4 1,5 1,55	1,25 1,35 1,45 1,55	4,0	4,0	4,0 4,5	4,0 4,2 4,5 4,8	4,1 4,4 4,6 4,9
1,6	1,6	1,6 1,8	1,6 1,7 1,8 1,9	1,65 1,75 1,85 1,95		5,0	5,0 5,6	5,0 5,3 5,6 6,0	5,2 5,5 5,8 6,2
	2,0	2,0	2,0 2,1 2,2 2,4	2,05 2,15 2,30	6,3	6,3	6,3 7,1	6,3 6,7 7,1 7,5	6,5 7,0 7,3 7,8
2,5	2,5	2,5 2,8	2,5 2,6 2,8 3,0	2,7 2,9 3,1		8,0	8,0 9,0	8,0 8,5 9,0 9,5	8,0 8,8 9,2 9,8

Продолжение табл. 1

Ряды				Дополни- тельные размеры	Ряды				Дополни- тельные размеры
Ra 5	Ra 10	Ra 20	Ra 40		Ra 5	Ra 10	Ra 20	Ra 40	
10	10	10	10	10,2		32	32	32	33
			10,5	10,8				34	35
		11	11	11,2			36	36	37
			11,5	11,8				38	39
	12	12	12	12,5	40	40	40	40	41
			13	13,5				42	44
		14	14	14,5			45	45	46
			15	15,5				48	49
16	16	16	16	16,5	50	50	50	50	52
			17	17,5				53	55
		18	18	18,5			56	56	58
			19	19,5				60	62
	20	20	20	20,5	63	63	63	63	65
			21	21,5				67	70
			22	23,5			71	71	73
			24					75	78
25	25	25	25	27		80	80	80	82
			26	29				85	88
		28	28					90	92
			30	31				95	98

Продолжение табл. 1

Ряды				Дополнительные размеры	Ряды				Дополнительные размеры
Ра 5	Ра 10	Ра 20	Ра 40		Ра 5	Ра 10	Ра 20	Ра 40	
100	100	100	100	102 108 112 115		125	125	125	128 135 145 155
			105					130	
		110	110				140	140	
			120					150	

## 2. Нормальные углы (ГОСТ 8908—81)

Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3
0°		15'		8° 10°	9°		75°	70° 80° 85° 100° 110° 135° 150° 165° 180°
	30'	45'	15°		12° 18°			
	1°	1° 30'	20°		22° 25°	90° 120°		
	2°							
	3°	2° 30'	30°					
5°	4°			40°	35° 50°			
	6°		45° 60°					
	7°				65°			270° 360°

Примечание. При выборе углов ряд 1 следует предпочитать ряду 2, а ряд 2 — ряду 3.

*Конус* — обобщенный термин, под которым понимают коническую поверхность, коническую деталь или конический элемент.

*Конусность*  $C$  называется отношение разности диаметров  $D$  и  $d$  двух поперечных сечений конуса к расстоянию  $L$  между ними (рис. 1, в). Конусность

$$C = \frac{D-d}{L} = 2 \operatorname{tg} \alpha/2.$$

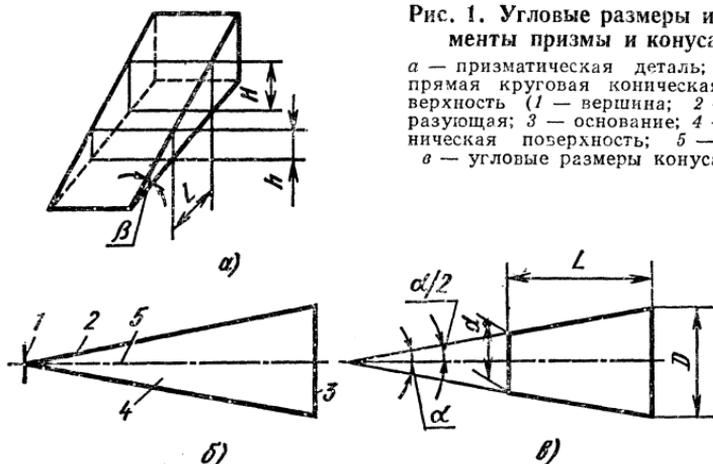


Рис. 1. Угловые размеры и элементы призмы и конуса:

*a* — призматическая деталь; *б* — прямая круговая коническая поверхность (1 — вершина; 2 — образующая; 3 — основание; 4 — коническая поверхность; 5 — ось); *в* — угловые размеры конуса

Длина конуса  $L$  — расстояние между вершиной и основанием конуса или между основаниями конуса (рис. 1, *в*).

Угол конуса  $\alpha$  — угол между образующими в продольном сечении конуса.

Угол уклона конуса  $\alpha/2$  — угол между образующей и осью конуса.

В табл. 4 указаны значения конусности по ГОСТ 8593—81, в табл. 5 приведены примеры использования нормальной конусности общего назначения.

В табл. 6 даны размеры радиусов закруглений и фасок деталей, изготавливаемых из металла и пластмасс, кроме радиусов закруглений (изгиба) деталей, получаемых гибкой, а также радиусов проточек для выхода резьбонарезного инструмента. При выборе размеров радиусов и фасок 1-й ряд следует предпочитать 2-му.

В табл. 7 приведены радиусы закруглений сопряженных валов и втулок; в табл. 8 — галтели вала и корпуса под шарико- и роликоподшипники; в табл. 9 — размеры канавок для посадки подшипников качения.

В табл. 10 и 11 даны соответственно размеры канавок для выхода шлифовального круга при плоском и круглом шлифовании (ГССТ 8820—69).

Размеры канавок для выхода зуборезных долбиков у прямозубых и косозубых колес наружного и внутреннего зацепления даны в ГОСТ 13754—81 и ГОСТ 13755—81.

### 3. Значения уклонов для призматических деталей (ГОСТ 8908—81)

Уклон	Угол уклона	Уклон	Угол уклона
1 : 500	6' 52,5"	1 : 50	1° 8' 44,7"
1 : 200	17' 11,3"	1 : 20	2° 51' 44,7"
1 : 100	34' 22,6"	1 : 10	5° 42' 38,1"

### 4. Конусность (ГОСТ 8593—81)

Ряд 1	Ряд 2	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 1	Ряд 2
1 : 500	—	—	1 : 15	—	1 : 6	45°	—
1 : 200	—	—	1 : 12	1 : 5	—	60°	—
1 : 100	—	1 : 10	—	—	1 : 4	—	75°
1 : 50	—	—	1 : 8	1 : 3	—	90	—
—	1 : 30	—	1 : 7	30°	—	120°	—
1 : 20	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. При выборе конусности ряд 1 следует предпочитать ряд 2.

### 5. Примеры использования нормальной конусности общего назначения (8593—81)

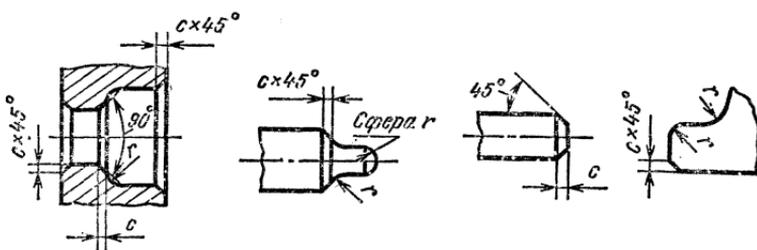
Конусность С	Угол		Примечание
	конуса $\alpha$	уклона $\alpha/2$	
1 : 200 1 : 100	17' 11,4" 34' 22,6"	8' 35,65" 17' 11,3"	Крепежные детали для неразборных соединений, подвергающихся сотрясениям, ударной (1 : 200) и спокойной (1 : 100) переменной нагрузкам. Конические оправки
1 : 50	1° 8' 45,2"	34' 22,6"	Конические штифты, установочные шпильки, развертки под конические штифты, концы насадных рукояток

Продолжение табл. 5

Конусность $C$	Угол		Примечание
	конуса $\alpha$	уклона $\alpha/2$	
1 : 30	1° 54' 34,9"	57' 17,45"	Концы насадных разверток, зенкеров и оправок для них
1 : 20	2° 51' 51,1"	1° 25' 55,55"	Метрические конусы инструментов, оправки и развертки для них
1 : 15	3° 49' 5,9"	1° 54' 32,95"	Конические соединения деталей, воспринимающих осевые нагрузки. Посадочные места для зубчатых колес, шпинделей
1 : 12	4° 46' 18,8"	2° 23' 9,4"	Конус Морзе —
1 : 10	5° 43' 29,3"	2° 51' 44,65"	Конические соединения деталей при радиальных и осевых нагрузках. Соединительные муфты. Конусы инструментов
1 : 5	11° 25' 16,3"	5° 42' 38,15"	Легкоразъемные соединения деталей. Конические цапфы. Фрикционные муфты
1 : 1,866025	30°	15°	Фрикционные муфты приводов. Зажимные цапги
1 : 0,866025	60°	30°	Центры станков и центровые отверстия
1 : 0,651613	75°	37° 30'	Наружные центры инструментов диаметром до 10 мм

Продолжение табл. 5

Конусность $C$	Угол		Примечание
	конуса $\alpha$	уклона $\alpha/2$	
1 : 0,5	90°	45°	Потайные головки заклепок диаметром 1—10 мм, потайные головки винтов. Фаски валов, осей, пальцев и др.
1 : 0,288675	120°	60°	Полупотайные головки заклепок диаметром 2—5 мм. Фаски резьбовых отверстий, наружные фаски гаек и головок винтов

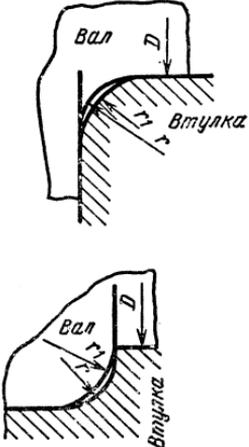
6. Радиусы  $r$  закруглений и фаски


Размеры, мм

1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд
0,1	0,2	2,5	2,0	25	20
0,4	0,3	4,0	3,0	40	32
0,6	0,5	6,0	5,0	60	50
1,0	0,8	10	8,0	100	80
1,6	1,2	16	12	160	125

7. Радиусы закруглений сопряжений валов и втулок

Размеры, мм

	D	r	r <sub>2</sub>
	10—18	0,6	1
	20—28	1,6	2
	30—46	2,0	2,5
	48—68	2,5	3
	70—100	3	4
	105—150	4	5
	155—200	5	6
	210—250	6	8

8. Галтели вала и корпуса под шарико- и роликоподшипники

Размеры, мм

	r <sub>НОМ</sub>	r <sub>Г</sub>	r <sub>НОМ</sub>	r <sub>Г</sub>
	0,2	0,1	2	1
	0,3	0,2	2,5	1,5
	0,4	0,2	3	2
	0,5	0,3	3,5	2
	1	0,6	4	2,5
	1,5	1	5	3

Примечание. В таблице приведен наибольший размер галтели.

9. Канавки для посадки подшипников качения

Размеры, мм

	$r_{\text{НОМ}}$	$b$	$r_{\text{НОМ}}$	$b$
	0,2—0,8 1,0—2,0	2 3	2,5—3,5 5	4,0—6,0 8

10. Канавки для выхода шлифовального круга при плоском шлифовании (ГОСТ 8820—69)

Размеры, мм

		$b_1$	$h_1$	$R_2$
		2 3 5	1,6 2 3	0,5 1,0 1,6

11. Канавки для выхода шлифовального круга при круглом шлифовании (ГОСТ 8820—69)

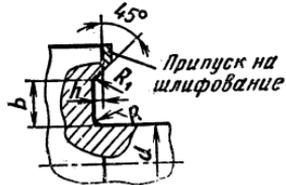
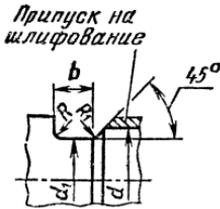
Шлифование

по наружному цилиндру

по наружному торцу

Исполнение 1

Исполнение 2



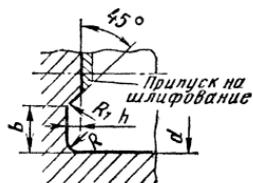
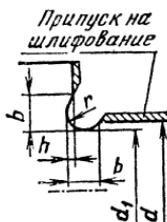
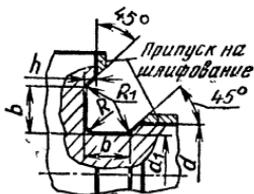
Продолжение табл. 11

по наружному цилиндру и торцу

по внутреннему торцу

Исполнение 1

Исполнение 2



по внутреннему цилиндру и торцу

по внутреннему цилиндру



Размеры, мм

$b$	$d_1$ при наружном шлифовании	$d_2$ при внутреннем шлифовании	$h$	$R$	$R_1$	$d$
1 1,6	$d - 0,3$	$d + 0,3$	0,2	0,3 0,5	0,2 0,3	До 10
2 3	$d - 0,5$	$d + 0,5$	0,3	0,5 1,0	0,3 0,5	До 10 Св. 10 до 50
5 8 10	$d - 1$	$d + 1$	0,5	1,6 2,0 3,0	0,5 1 1	Св. 50 до 100 » 100 » 100

## СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Согласно ГОСТ 23887—79 различают разъемные и неразъемные соединения деталей машин.

*Разъемными* называют соединения, разборка которых происходит без нарушения целостности составных частей изделия (резьбовые, штифтовые, шпоночные, шлицевые, клиновые соединения и др.).

*Неразъемными* называют соединения, при разборке которых нарушается целостность составных частей изделия (заклепочные и сварные соединения, соединения пайкой, склеиванием и др.).

*Прессовые* соединения, представляющие собой соединения составных частей изделия с гарантированным натягом, вследствие того, что размер охватываемой детали больше соответствующего размера охватывающей детали, занимают промежуточное между разъемными и неразъемными; они могут быть разобраны, но в большинстве случаев сопрягаемые поверхности оказываются поврежденными, что снижает надежность соединения при повторной сборке.

Кроме перечисленных, применяются *комбинированные* соединения частей изделия с применением нескольких методов их образования (резьбопаяное, резьбоклинное и др.).

### РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

**Термины и определения.** По ГОСТ 23887—79 резьбовыми называют соединения составных частей изделия с применением детали, имеющей резьбу (болт, винт, шпилька и др.). Указанные соединения являются наиболее распространенным видом разъемных соединений. Они используются также для преобразования движения, например в ходовых и грузовых винтах.

Основным элементом соединения является резьба с соответствующим профилем, установленным стандартом. ГОСТ 11708—82 устанавливает термины и определения основных понятий в области цилиндрической и конической резьбы.

*Резьба* — один или несколько равномерно расположенных выступов резьбы постоянного сечения, образованных

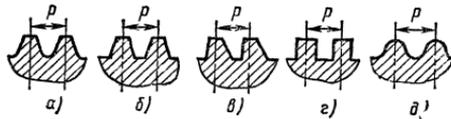


Рис. 2. Профили резьбы

на боковой поверхности кругового цилиндра или прямого кругового конуса.

*Цилиндрическая резьба* — резьба, образованная на боковой поверхности прямого кругового цилиндра.

*Коническая резьба* — резьба, образованная на боковой поверхности прямого кругового конуса.

*Выступ резьбы* — выступающая часть материала детали, ограниченная винтовой поверхностью резьбы.

*Канавка резьбы* — пространство, заключенное между выступами резьбы.

*Виток резьбы* — часть выступа резьбы, соответствующая одному полному обороту точек винтовой поверхности резьбы относительно оси резьбы.

*Заход резьбы* — начало выступа резьбы. *Однозаходная резьба* — резьба, образованная одним выступом резьбы.

*Многозаходная резьба* — резьба, образованная двумя или более выступами, с равномерно расположенными заходами.

*Правая резьба* — резьба, у которой выступ, вращаясь по часовой стрелке, удаляется вдоль оси от наблюдателя. Деталь с правой резьбой ввинчивают или навинчивают при вращении против часовой стрелки.

*Левая резьба* — резьба, у которой выступ, вращаясь против часовой стрелки, удаляется вдоль оси от наблюдателя. Деталь с левой резьбой ввинчивают или навинчивают при вращении по часовой стрелке.

К основным элементам и параметрам резьбы относятся: ось резьбы, профиль резьбы, угол профиля, наружный диаметр, шаг, ход резьбы и др.

*Ось резьбы* — ось, относительно которой образована винтовая поверхность резьбы.

*Профиль резьбы* — профиль выступа и канавки резьбы в плоскости осевого сечения резьбы. По профилю резьбы делятся на треугольные (рис. 2, а); трапециевидные

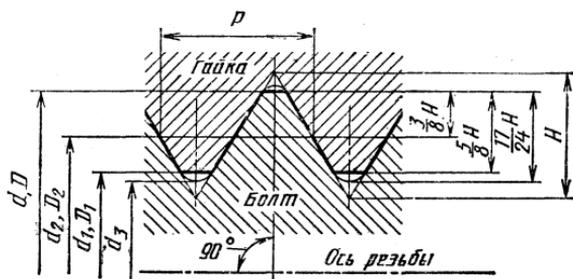


Рис. 3. Основные элементы метрической резьбы общего назначения (ГОСТ 24705—81);

$d$  — наружный диаметр наружной резьбы (болта);  $D$  — наружный диаметр внутренней резьбы (гайки);  $d_2$  — средний диаметр болта;  $D_2$  — средний диаметр гайки;  $d_1$  — внутренний диаметр болта;  $D_1$  — внутренний диаметр гайки;  $d_3$  — внутренний диаметр болта по дну впадины;  $P$  — шаг резьбы;  $H$  — высота исходного треугольника

симметричные (рис. 2, б); трапецидальные несимметричные или упорные (рис. 2, в); прямоугольные (рис. 2, г); круглые (рис. 2, д).

*Угол профиля* — угол между смежными боковыми сторонами резьбы в плоскости осевого сечения.

*Наружный диаметр цилиндрической резьбы* — диаметр воображаемого прямого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной или впадин внутренней цилиндрической резьбы.

*Вершина резьбы* — часть винтовой поверхности резьбы, соединяющая смежные боковые стороны резьбы по верху ее выступа.

*Впадина резьбы* — часть винтовой поверхности резьбы, соединяющая смежные боковые стороны резьбы по дну ее канавки.

*Шаг резьбы* — расстояние по линии, параллельной оси резьбы, между средними точками ближайших боковых сторон профиля резьбы, лежащими в одной осевой плоскости по одну сторону от оси резьбы.

*Ход резьбы* — расстояние по линии, параллельной оси резьбы, между любой исходной средней точкой на боковой стороне резьбы и средней точкой, полученной при перемещении исходной средней точки по винтовой линии на угол  $360^\circ$ .

*Сбег резьбы* — участок в зоне перехода резьбы к гладкой части детали, где резьба имеет неполный профиль.

Элементы метрической резьбы (ГОСТ 24705—81) приведены на рис. 3; эта резьба общего назначения имеет профиль по ГОСТ 9150—81 с диаметрами и шагами по ГОСТ 8724—81.

Основными крепежными деталями резьбовых соединений являются болты, винты, шпильки, гайки, шайбы и стопорные устройства, предохраняющие гайки от самоотвинчивания.

*Болт* — цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом (рис. 4, а). Болты используют в комплекте с гайкой; при этом нарезать резьбу в соединяемых деталях не требуется.

*Винт* — цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом, которой он ввертывается в резьбовое отверстие одной из скрепляемых деталей (рис. 4, б); иногда винт может не иметь головки.

*Шпилька* — цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах, причем одним концом она ввертывается в одну из скрепляемых деталей, а на другой конец ее наворачивается гайка (рис. 4, в).

*Гайка* — деталь с резьбовым отверстием, наворачиваемая на болт или шпильку и служащая для соединения скрепляемых при помощи болта или шпильки деталей соединения (рис. 4, а, в).

*Шайба* — кольцо, подкладываемое под гайку, а также головку винта или болта для предохранения поверхности детали от задира при затягивании гайки, для увеличения опорной поверхности и в некоторых случаях для стопорения (см. рис. 4, а).

**Резьбы.** Цилиндрические резьбы подразделяют на метрические и специальные. К специальным относят дюймовую трубную, трапецеидальную, упорную и др.

*Метрическую резьбу* широко используют для большинства резьбовых соединений как крепежную, а также для точных винтовых пар измерительных инструментов. Угол

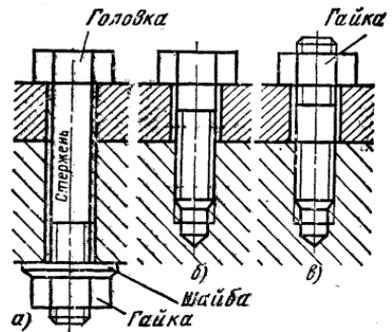


Рис. 4. Крепежные детали:

а — болт; б — винт; в — шпилька

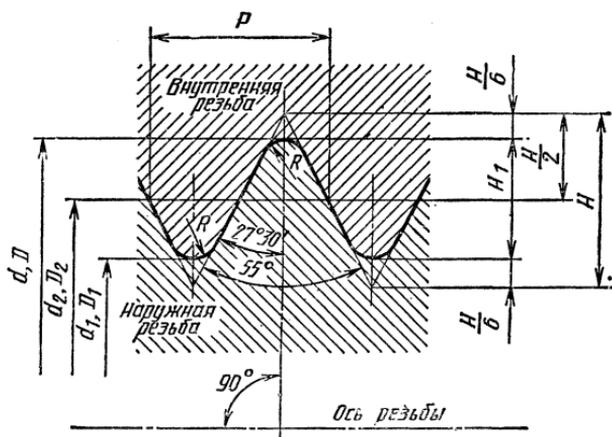


Рис. 5. Основные элементы трубной цилиндрической резьбы (ГОСТ 6357—81):

$d$  — наружный диаметр наружной резьбы (трубы);  $d_1$  — внутренний диаметр наружной резьбы;  $d_2$  — средний диаметр наружной резьбы;  $D$  — наружный диаметр внутренней резьбы (муфты);  $D_1$  — внутренний диаметр внутренней резьбы;  $D_2$  — средний диаметр внутренней резьбы;  $P$  — шаг резьбы;  $H$  — высота исходного треугольника;  $H_1$  — рабочая высота профиля;  $R$  — радиус закругления вершины и впадины резьбы

профиля метрической резьбы  $\alpha = 60^\circ$  регламентирован ГОСТ 9150—81. Стандартом предусмотрена резьба с крупным и мелким шагом. Резьбу с крупным шагом обозначают буквой М (метрическая); при этом указывают значение наружного диаметра, например, М24, М30 и т. д. Для резьбы с мелким шагом, кроме того, указывают значение шага, например, М24×1,5, М30×2 и т. д.

Номинальные диаметры и шаги метрических резьб определены ГОСТ 8724—81 (табл. 12). В том случае, когда диаметры и шаги резьб по указанному ГОСТу не могут удовлетворять функциональным и конструктивным требованиям, для приборостроения допускается применять метрическую резьбу по ГОСТ 16967—81.

В табл. 13 приведены основные размеры метрической резьбы по ГОСТ 24705—81. Для приборостроения основные размеры резьбы регламентированы ГОСТ 24706—81. Длина свинчивания метрических резьб по ГОСТ 16093—81 дана в табл. 14.

Трубную цилиндрическую резьбу (рис. 5) по ГОСТ 6357—81 (табл. 15) используют в цилиндрических резьбовых соединениях, а также в соединениях внутрен-

## 12. Ряды номинальных диаметров и шаги метрической резьбы (ГОСТ 8724—81)

Размеры, мм

Номинальный диаметр $d$	Шаг $P$	
	крупный	мелкий
<b>1-й ряд</b>		
0,25	0,075	—
0,30	0,080	—
0,40	0,100	—
0,50	0,125	—
0,60	0,150	—
0,80	0,200	—
1; 1,2	0,25	0,2
1,6	0,35	0,2
2,0	0,40	0,25
2,5	0,45	0,35
3,0	0,50	0,35
4,0	0,70	0,50
5	0,8	0,50
6	1	0,75; 0,5
8	1,25	1; 0,75; 0,5
10	1,5	1,25; 1; 0,75; 0,5
12	1,75	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
16	2	1,5; 1; 0,75; 0,5
20	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
24	3	2; 1,5; 1; 0,75
30	3,5	(3); 2; 1,5; 1; 0,75
36	4	3; 2; 1,5; 1
42	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
48	5	(4); 3; 2; 1,5; 1
56	5,5	4; 3; 2; 1,5; 1
64	6	4; 3; 2; 1,5; 1
72; 80	—	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
90; 100; 110; 125; 140	—	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
160; 180; 200	—	6; 4; 3; 2
220; 250; 280	—	6; 4; 3
320; 360; 400	—	6; 4
450; 500; 550; 600	—	6
<b>2-й ряд</b>		
0,35	0,9	—
0,45	0,10	—
0,55	0,125	—
0,7	0,175	—
0,9	0,225	—
1,1	0,25	0,2
1,4	0,3	0,2
1,8	0,35	0,2
2,2	0,45	0,25

Продолжение табл. 12

Номинальный диаметр $d$	Шаг $P$	
	крупный	мелкий
3,5	(0,6)	0,35
14	2	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
18; 22	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
27	3	2; 1,5; 1; 0,75
33	3,5	(3); 2; 1,5; 1; 0,75
39	4	(3); 2; 1,5; 1
45	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
52	5	(4); 3; 2; 1,5; 1
60	(5,5)	4; 3; 2; 1,5; 1
68	6	4; 3; 2; 1,5; 1
76	—	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
85; 95; 105; 115; 120; 130;	—	6; 4; 3; 2; 1,5
150; 170; 190	—	6; 4; 3
210; 240; 260; 300	—	6; 4
340; 380	—	6
420; 480; 520; 580	—	6
3-й ряд		
(5,5)	—	0,5
7	1	0,75; 0,5
9	(1,25)	1; 0,75; 0,5
11	—	1; 0,75; 0,5
15; 17	—	1,5; (1)
25	—	2; 1,5; (1)
(26); 35; (38)	—	1,5
(28)	—	2; 1,5; 1
(32)	—	2; 1,5
40; 50	—	(3); (2); 1,5
55; 58; 62; 65; 75	—	(4); (3); 2; 1,5
70	—	(6); (4); (3); 2; 1,5
(78); (80)	—	2
135; 145	—	6; 4; 3; 2; 1
155; 165; 175; 185; 195	—	6; 4; 3; 2
205; 215; 225; 230; 235;	—	6; 4; 3
245; 255; 265; 270; 275;	—	6; 4; 3
285; 290; 295	—	6; 4; 3
310; 330; 350; 370; 390	—	6; 4
410; 430; 440; 460; 470;	—	6
490; 510; 530; 540; 560;	—	6
570; 590	—	6

Примечания: 1. При выборе диаметров резьбы следует предпочитать ряд 1 ряду 2, ряд 2 ряду 3. 2. Диаметры и шаг резьб, заключенные в скобки, по возможности не применять. 3. Резьбу М14×1,25 применяют только для свечей зажигания, а резьбу М35×1,5 — только для стопорных гаек шарикоподшипников.

## 13. Метрическая резьба (ГОСТ 24705—81)

Размеры, мм

Номиналь- ный диаметр резьбы $d$	Шаг $P$	Диаметр резьбы			
		$d = D$	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	$d_3$
0,25	0,075	0,250	0,201	0,169	0,158
0,3	0,08	0,300	0,248	0,213	0,202
0,35	0,09	0,350	0,292	0,253	0,240
0,4	0,1	0,4	0,335	0,292	0,277
0,45	0,1	0,45	0,385	0,342	0,327
0,5	0,125	0,5	0,419	0,365	0,347
0,55	0,125	0,55	0,469	0,415	0,397
0,6	0,15	0,6	0,503	0,438	0,416
0,7	0,175	0,7	0,536	0,511	0,485
0,8	0,2	0,8	0,670	0,583	0,555
0,9	0,225	0,9	0,754	0,656	0,624
1	0,25	1,00	0,838	0,729	0,693
1	0,2	1	0,870	0,783	0,755
1,1	0,25	1,1	0,938	0,829	0,793
1,1	0,2	1,1	0,970	0,883	0,855
1,2	0,25	1,2	1,038	0,929	0,893
1,2	0,2	1,2	1,070	0,983	0,955
1,4	0,3	1,4	1,205	1,075	1,032
1,4	0,2	1,4	1,270	1,183	1,155
1,6	0,35	1,6	1,375	1,221	1,171
1,6	0,2	1,6	1,470	1,383	1,355
1,8	0,35	1,8	1,573	1,421	1,371
1,8	0,2	1,8	1,670	1,583	1,555
2	0,4	2	1,740	1,567	1,509
2	0,25	2	1,838	1,729	1,693
2,2	0,45	2,2	1,908	1,713	1,648
2,2	0,25	2,2	2,038	1,929	1,893
2,5	0,45	2,5	2,208	2,013	1,948
2,5	0,35	2,5	2,273	2,121	2,071
3	0,5	3,0	2,675	2,459	2,387
3	0,35	3,0	2,773	2,621	2,571
3,5	0,6	3,5	3,110	2,850	2,764
3,5	0,35	3,5	3,273	3,121	3,071
4	0,7	4	3,545	3,242	3,141
4	0,5	4	3,675	3,459	3,387
4,5	0,75	4,5	4,013	3,688	3,580
4,5	0,5	4,5	4,175	3,959	3,887
5	0,8	5	4,480	4,134	4,019
5	0,5	5	4,675	4,459	4,387
5,5	0,5	5,5	5,175	4,959	4,887
6	1	6	5,350	4,917	4,773
6	0,75	6	5,513	5,188	5,080
6	0,5	6	5,675	5,459	5,387
7	1	7	6,350	5,917	5,773

Продолжение табл. 13

Номиналь- ный диаметр резьбы $d$	Шаг $P$	Диаметр резьбы			
		$d = D$	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	$d_s$
7	0,75	7	6,513	6,188	6,080
7	0,5	7	6,675	6,459	6,387
8	1,25	8	7,188	6,647	6,466
8	1	8	7,350	6,917	6,773
8	0,75	8	7,513	7,188	7,080
8	0,5	8	7,675	7,459	7,387
9	1,25	9	8,183	7,647	7,466
9	1	9	8,350	7,917	7,773
9	0,75	9	8,513	8,188	8,080
9	0,5	9	8,675	8,459	8,387
10	1,5	10	9,026	8,376	8,160
10	1,25	10	9,188	8,647	8,466
10	1	10	9,350	8,917	8,773
10	0,75	10	9,513	9,188	9,080
10	0,5	10	9,675	9,459	9,387
11	1,5	11	10,026	9,376	9,160
11	1	11	10,350	9,917	9,773
11	0,75	11	10,513	10,188	10,080
11	0,5	11	10,675	10,459	10,387
12	1,75	12	10,863	10,106	9,853
12	1,5	12	11,026	10,376	10,160
12	1,25	12	11,188	10,647	10,466
12	1	12	11,350	10,917	10,773
12	0,75	12	11,513	11,188	11,080
12	0,5	12	11,675	11,459	11,387
14	2	14	12,701	11,835	11,546
14	1,5	14	13,026	12,376	12,160
14	1,25	14	13,188	12,647	12,466
14	1	14	13,350	12,917	12,773
14	0,75	14	13,513	13,188	13,080
14	0,5	14	13,675	13,459	13,387
15	1,5	15	14,026	13,376	13,160
15	1	15	14,350	13,917	13,773
16	2	16	14,701	13,835	13,546
16	1,5	16	15,026	14,376	14,160
16	1	16	15,350	14,917	14,773
16	0,75	16	15,513	15,188	15,080
16	0,5	16	15,675	15,459	15,387
17	1,5	17	16,026	15,376	16,160
17	1	17	16,350	15,917	15,773
18	2,5	18	16,376	15,294	14,933
18	2	18	16,701	15,835	15,546
18	1,5	18	17,026	16,376	16,160
18	1	18	17,350	16,917	16,773
18	0,75	18	17,513	17,188	17,080

Продолжение табл. 13

Номинальный диаметр резьбы $d$	Шаг $P$	Диаметр резьбы			
		$d = D$	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	$d_3$
18	0,5	18	17,675	17,459	17,387
20	2,5	20	18,376	17,294	16,933
20	2	20	18,701	17,835	17,546
20	1,5	20	19,026	18,376	18,160
20	1	20	19,350	18,917	18,773
20	0,75	20	19,513	19,188	19,080
20	0,5	20	19,675	19,459	19,387
22	2,5	22	20,376	19,294	18,933
22	2	22	20,701	19,835	19,546
22	1,5	22	21,026	20,376	20,160
22	1	22	21,350	20,917	20,773
22	0,75	22	21,513	21,188	21,080
22	0,5	22	21,675	21,459	21,387
24	3	24	22,051	20,752	20,319
24	2	24	22,701	21,835	21,546
24	1,5	24	23,026	22,376	22,160
24	1	24	23,350	22,917	22,773
24	0,75	24	23,513	23,188	23,080
25	2	25	23,701	22,835	22,546
25	1,5	25	24,026	23,376	23,160
25	1	25	24,350	23,917	23,773

Примечание. В ГОСТ 24705—81 приведены размеры резьб для диаметров до 600 мм с шагом до 6 мм.

ней цилиндрической резьбы с наружной конической резьбой; угол профиля трубной резьбы  $\alpha = 55^\circ$ , трубная резьба измеряется в дюймах.

Трапецидальную симметричную резьбу используют для механизмов, передающих усилие в обоих направлениях, например, в ходовых винтах, винтах суппортов и др. Угол профиля трапецидальной резьбы  $\alpha = 30^\circ$ . ГОСТ 9484—81 устанавливает профиль трапецидальной резьбы и размеры ее элементов (табл. 16). В табл. 17 приведены диаметры и шаги трапецидальной однозаходной резьбы (ГОСТ 24738—81). При выборе диаметров ряд 1 следует предпочитать ряду 2. Однозаходные трапецидальные резьбы обозначают буквами Тг. В обозначении указывают также номинальный диаметр и шаг (например, Тг 40×6). Для левой резьбы после условного обозначения ставят буквы ЛН (например, Тг 40×6ЛН).

## 14. Длина свинчивания метрической резьбы (ГОСТ 16093—81)

Размеры, мм

Номинальный диаметр резьбы $d$	Шаг $P$	Длина свинчивания		
		$S$ , менее	$N$	$L$ , более
От 1 до 1,4	0,2	0,5	Св. 0,5 до 1,4	1,4
	0,25	0,6	» 0,6 » 1,7	1,7
	0,3	0,7	» 0,7 » 2	2,0
Св. 1,4 до 2,8	0,2	0,5	Св. 0,5 до 1,5	1,5
	0,25	0,6	» 1,6 » 1,9	1,9
	0,35	0,8	» 0,8 » 2,6	2,6
	0,4	1	» 1 » 3	3
	0,45	1,3	» 1,3 » 3,8	3,8
Св. 2,8 до 5,6	0,25	0,7	Св. 0,7 до 2,1	2,1
	0,35	1	» 1 » 3	3
	0,5	1,5	» 1,5 » 4,5	4,5
	0,6	1,7	» 1,7 » 5	5
	0,7	2	» 2 » 6	6
	0,75	2,2	» 2,2 » 6,7	6,7
	0,8	2,5	» 2,5 » 7,5	7,5
Св. 5,6 до 11,2	0,25	0,8	Св. 0,8 до 2,4	2,4
	0,35	1,1	» 1,1 » 3,4	3,4
	0,5	1,6	» 1,6 » 4,7	4,7
	0,75	2,4	» 2,4 » 7,1	7,1
	1	3	» 3 » 9	9
	1,25	4	» 4 » 12	12
	1,5	5	» 5 » 15	15
Св. 11,2 до 22,4	0,35	1,3	Св. 1,3 до 3,8	3,8
	0,5	1,8	» 1,8 » 5,5	5,5
	0,75	2,8	» 2,8 » 8,3	8,3
	1	3,8	» 3,8 » 11	11
	1,25	4,5	» 4,5 » 13	13
	1,5	5,6	» 5,6 » 16	16
	1,75	6	» 6 » 18	18
	2	8	» 8 » 24	24
	2,5	10	» 10 » 30	30
Св. 22,4 до 45	0,5	2,1	Св. 2,1 до 6,3	6,3
	0,75	3,1	» 3,1 » 9,5	9,5
	1	4	» 4 » 12	12
	1,5	6,3	» 6,3 » 19	19
	2	8,5	» 8,5 » 25	25

Продолжение табл. 14

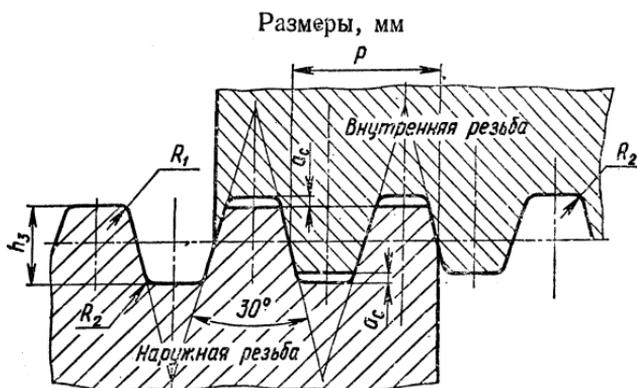
Номинальный диаметр резьбы $d$	Шаг $P$	Длина свинчивания		
		$S$ , менее	$N$	$L$ , более
Св. 22,4 до 45	3	12	Св. 12 до 36	36
	3,5	15	» 15 » 45	45
	4	18	» 18 » 53	53
	4,5	21	» 21 » 63	63
Св. 45 до 90	0,5	2,4	Св. 2,4 до 7,1	7,1
	0,75	3,6	» 3,6 » 11	11
	1	4,8	» 4,8 » 14	14
	1,5	7,5	» 7,5 » 22	22
	2	9,5	» 9,5 » 28	28
	3	15	» 15 » 45	45
	4	19	» 18 » 56	56
	5	24	» 24 » 71	71
	5,5	28	» 28 » 85	85
6	32	» 32 » 95	95	
Св. 90 до 180	0,75	4,2	Св. 4,2 до 12	12
	1	5,6	» 5,6 » 16	16
	1,5	8,3	» 8,3 » 25	25
	2	12	» 12 » 36	36
	3	18	» 18 » 63	53
	4	24	» 24 » 71	71
6	36	» 36 » 106	106	
Св. 180 до 355	1,5	9,5	Св. 9,5 до 28	28
	2	13	» 13 » 38	38
	3	20	» 20 » 60	60
	4	26	» 26 » 80	80
	6	40	» 40 » 118	118
Св. 355 до 600	2	15	Св. 15 до 45	45
	4	29	» 29 » 87	87
	6	43	» 43 » 130	130

## 15. Грубая цилиндрическая резьба (ГОСТ 6357—81)

Размеры, мм

Обозначение резьбы, дюймы		Число шагов $z$ на длине 25,44 мм	Шаг $P$	Диаметр резьбы		
1-й ряд	2-й ряд			наруж- ный $d = D$	средний $d_2 = D_2$	внутрен- ний $d_1 = D_1$
$1/16$	—	28	0,907	7,723	7,142	6,561
$1/8$	—			7,723		
				9,728	9,147	8,566
				9,728		
$1/4$	—	19	1,337	13,157	12,301	11,445
$3/8$				16,662		
$1/2$					20,955	19,793
$3/4$	$5/8$	14	1,814	22,911	21,749	20,587
	$7/8$			26,441	25,279	24,117
				30,201	29,039	27,877
1	$1 1/8$	11	2,309	33,249	31,770	30,291
$1 1/4$				37,897	36,418	34,939
				41,910	40,431	38,952
$1 1/2$	$1 3/8$			44,323	42,844	41,365
	$1 3/4$			47,803	46,324	44,845
				53,746	52,267	50,788
2	$2 1/4$			59,614	58,135	56,656
$2 1/2$				65,710	64,231	62,752
				75,184	73,705	72,226
3	$2 3/4$			81,534	80,055	78,576
	$3 1/4$			87,884	86,405	84,926
				93,980	92,501	91,022
$3 1/2$	$3 3/4$	100,330	98,851	97,372		
4		106,680	105,201	103,722		
		113,000	111,551	110,072		
5	$4 1/2$	125,730	124,251	222,772		
6	$5 1/2$	138,430	136,951	135,472		
		151,130	149,651	148,172		
		163,830	162,351	160,872		

16. Номинальные профили наружной и внутренней грабецедальной резьбы и их элементов ГОСТ 9484—81)



Шар P	$a_c$	$h_s$	$a_c$		Шар P	$a_c$	$h_s$	$a_c$	
			$R_{1\max} = 0,5a_c$	$R_{2\max} = a_c$				$R_{1\max} = 0,5a_c$	$R_{2\max} = a_c$
1,5	0,15	0,9	0,075	0,15	16	1	9	0,5	1
2	0,25	1,25	0,125	0,25	18	1	10	0,5	1
3	0,25	1,75	0,125	0,25	20	1	11	0,5	1
4	0,25	2,25	0,125	0,25	22	1	12	0,5	1
5	0,25	2,75	0,125	0,25	24	1	13	0,5	1
6	0,5	3,5	0,25	0,5	28	1	15	0,5	1
7	0,5	4	0,25	0,5	32	1	17	0,5	1
8	0,5	4,5	0,25	0,5	36	1	19	0,5	1
9	0,5	5	0,25	0,5	40	1	21	0,5	1
10	0,5	5,5	0,25	0,5					
12	0,5	6,5	0,25	0,5					
14	1	8	0,5	1					

Примечание.  $a_c$  — зазор по вершине резьбы;  $R_1$  — радиус скругления по вершине наружной резьбы;  $R_2$  — радиус скругления по впадине наружной и внутренней резьбы;  $P$  — шаг резьбы.

### 17. Диаметры и шаги трапецеидальной однозаходной резьбы (ГОСТ 24738—81)

Размеры, мм

Номинальные диаметры резьбы $d$		Шаг $P$	Номинальные диаметры резьбы $d$		Шаг $P$
Ряд 1	Ряд 2		Ряд 1	Ряд 2	
8	—	$\overline{1,5}$ ; 2*	—	46	3; $\overline{8}$ ; 12
—	9	1,5; $\overline{2}$	48	—	
10	—	1,5; $\overline{2}$	—	50	
—	11	$\overline{2}$ ; 3	52	—	3; $\overline{8}$ ; 12
12	—	2; $\overline{3}$	—	55	8; $\overline{9}$ ; 12; 14
—	14	2; $\overline{3}$	60	—	3; $\overline{9}$ ; 12; 14
16	—	2; $\overline{4}$	—	65	4; $\overline{10}$ ; 16
—	18	2; $\overline{4}$	70	—	
20	—	2; $\overline{4}$	—	75	
—	22	2*; 3; $\overline{5}$ ; 8	80	—	4; $\overline{10}$ ; 16
24	—	2*; 3; $\overline{5}$ ; 8	—	85	4; 5*; $\overline{12}$ ; 18; 20
—	26	2*; 3; $\overline{5}$ ; 8	90	—	4; 5*; $\overline{12}$ ; 18; 20
28	—	2*; 3; $\overline{5}$ ; 8	—	95	4; 5*; $\overline{12}$ ; 10; 20*
—	30	3; $\overline{6}$ ; 10	100	—	4; 5*; $\overline{12}$ ; 20
32	—	3; $\overline{6}$ ; 10	—	100	4; 5*; $\overline{12}$ ; 20
—	34	3; $\overline{6}$ ; 10	120	—	6; 14; 16*; 22; 24*
36	—	3; $\overline{6}$ ; 10	—	130	6; 14; 16*; 22; 24*
—	38	6*; $\overline{7}$ ; 10	140	—	6; 14; 16*; 24
40	—	3; 6; $\overline{7}$ ; 10	—	150	6; 16; 24
—	42	3; 6; $\overline{7}$ ; 10	160	—	6; 8*; 16; 24*; 28
44	—	3; $\overline{7}$ ; 8; 10	—	170	6; 8*; 16; 24*; 28

Примечания: 1. В ГОСТе приведены диаметры резьб до 640 мм и шаги до 48 мм.  
 2. Шаги, заключенные в рамки, являются предпочтительными при разработке новых конструкций.  
 3. Шаги, обозначенные звездочкой, не следует применять при разработке новых конструкций.

ГОСТ 24739—81 распространяется на многозаходные трапецидальные резьбы общего применения и устанавливает основные размеры для резьбы с диаметрами 10—320 мм и углом профиля 30° по ГОСТ 9484—81. Для многозаходных резьб

$$P_h = Pn,$$

где  $P_h$  — ход резьбы;  $P$  — шаг резьбы;  $n$  — число заходов.

*Упорную или трапецидальную несимметричную резьбу* используют при больших односторонних осевых нагрузках (в прессах, домкратах и т. п.). Профиль резьбы неравнобочный с углом наклона рабочей поверхности 3°; задний угол профиля 30°. Профиль и основные размеры упорной резьбы диаметром 10—600 мм регламентированы ГОСТ 10177—82.

*Конические резьбы.* Основные размеры *метрической конической резьбы* с конусностью 1 : 16 регламентированы ГОСТ 25229—82; данную резьбу используют для конических резьбовых соединений, а также в соединениях наружной конической резьбы с внутренней цилиндрической резьбой с номинальным профилем по ГОСТ 9150—81.

Размеры *конической дюймовой резьбы* с углом профиля 60° регламентированы ГОСТ 6211—81. Стандарт распространяется на резьбовые соединения топливных, масляных, водяных и воздушных трубопроводов машин и станков. Номинальный профиль трубной конической резьбы (наружной и внутренней) и размеры его элементов представлены на рис. 6.

**Выход резьбы и отверстия.** В табл. 18 и 20 приведены размеры сбегов и недорезов соответственно для наружной и внутренней метрической резьбы, а в табл. 19 и 21 размеры проточек соответственно для наружной и внутренней метрической резьбы (ГОСТ 10549—80).

В табл. 22 даны размеры сбегов, недорезов, проточек и фасок для конической дюймовой резьбы с углом профиля 60° (ГОСТ 6111—52).

ГОСТ 11284—75 устанавливает размеры сквозных отверстий под болты, винты, шпильки и заклепки с диаметром стержней 1—160 мм, применяемых для соединения деталей с зазорами (табл. 23); в табл. 24 приведены

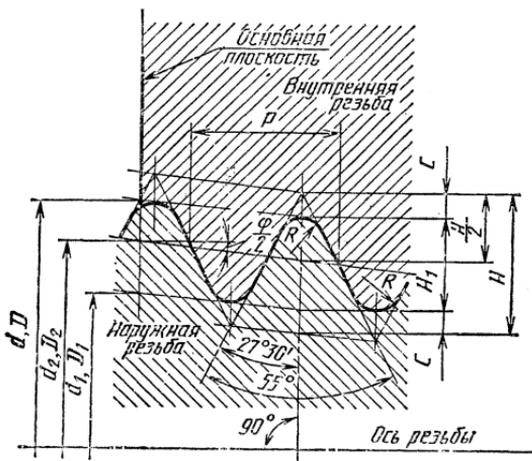


Рис. 6. Основные элементы трубной конической резьбы (ГОСТ 6211—81):

$d$  — наружный диаметр наружной конической резьбы;  $d_1$  — внутренний диаметр наружной конической резьбы;  $d_2$  — средний диаметр наружной конической резьбы;  $D$  — наружный диаметр внутренней конической резьбы;  $D_1$  — внутренний диаметр внутренней конической резьбы;  $D_2$  — средний диаметр внутренней конической резьбы;  $P$  — шаг резьбы;  $\varphi$  — угол конуса;  $\varphi/2$  — угол наклона;  $H$  — высота исходного треугольника;  $H_1$  — рабочая высота профиля;  $R$  — радиус закругления вершины и впадины резьбы;  $C$  — срез вершин и впадин резьбы

рекомендации по выбору ряда размеров сквозных отверстий.

В табл. 25 даны размеры центровых отверстий с углом конуса  $60^\circ$  (ГОСТ 14034—74), а в табл. 26 размеры центровых отверстий с метрической резьбой.

**Болты, винты, шпильки, гайки, шайбы.** Стопорение крепежных деталей. Болты, винты, шпильки, гайки, шайбы и гаечные замки изготовляют общего и специального применения. Все детали общего и частично специального назначения стандартизованы.

В табл. 27 и 28 приведены размеры концов болтов, винтов и шпилек (ГОСТ 12414—66).

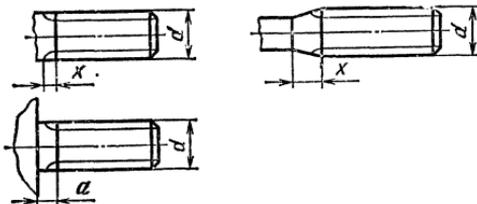
**Болты** (табл. 29) общего назначения по точности изготовления различают: класса А (повышенной точности); класса В (нормальной точности); класса С (грубой точности).

Стандартные болты общего назначения изготовляют: с шестигранной головкой; с шестигранной головкой и отверстиями в ней (для проволоки с целью стопорения);

18. Сбеги и недорезы для наружной метрической резьбы  
(ГОСТ 10549—80)

При нарезании резьбы

При накатывании резьбы

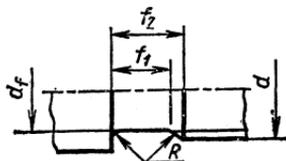


Размеры, мм

Шаг резьбы $P$	Номи- нальный диаметр резьбы $d$	Сбег $x_{\max}$		Недорез $a_{\max}$		
		нормаль- ный $\approx 2,5P$	короткий $\approx 1,25P$	нормаль- ный $\approx 3P$	короткий $\approx 2P$	длинный $\approx 4P$
0,20	—	0,5	0,25	0,6	0,4	—
0,25	1; 1,1; 1,2	0,6	0,3	0,75	0,5	—
0,30	1,4	0,75	0,4	0,9	0,6	—
0,35	1,6	0,9	0,45	1,05	0,7	—
0,40	2	1	0,5	1,2	0,8	—
0,45	2,5	1,1	0,6	1,35	0,9	—
0,50	3	1,25	0,7	1,5	1,0	—
0,60	3,5	1,5	0,75	1,8	1,2	—
0,70	4	1,75	0,9	2,1	1,4	—
0,75	4,5	1,9	1	2,25	1,5	—
0,80	5	2,0	1	2,4	1,6	3,2
1,00	6	2,5	1,25	3	2	4
1,25	8	3,2	1,6	4	2,5	5
1,50	10	3,8	1,9	4,5	3	6
1,75	12	4,3	2,2	5,3	3,5	7
2,00	14; 16	5	2,5	6	4	8
2,50	18; 20; 22	6,3	3,2	7,5	5	10
3,00	24; 27	7,5	3,8	9	6	12
3,50	30; 33	9	4,5	10,5	7	14
4,00	36; 39	10	5	12	8	16
4,50	42; 45	11	5,5	13	9	18
5,00	48; 52	12	6,3	15	10	20
5,50	56; 60	14	7	16,5	11	22
6,00	64; 68	15	7,5	18,5	12	24

### 19. Проточки для наружной метрической резьбы (ГОСТ 10549—80)

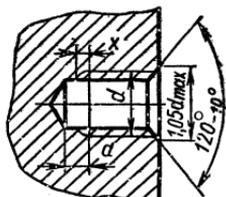
Размеры, мм



Шаг резьбы $P$	Номинальный диаметр резьбы $d$	Проточка				$d_f$	$R \approx 0,5P$
		нормальная	узкая	нормальная	узкая		
		$f_{1 \min}$		$f_{2 \max}$			
0,20	—	0,45	0,25	0,7	0,5	$d - 0,3$	0,1
0,25	1; 1,1; 1,2	0,55	0,25	0,9	0,6	$d - 0,4$	0,12
0,30	1,4	0,6	0,3	1,05	0,75	$d - 0,5$	0,15
0,35	1,6	0,7	0,4	1,2	0,9	$d - 0,6$	0,17
0,40	2	0,8	0,5	1,4	1	$d - 0,7$	0,2
0,45	2,5	1	0,5	1,6	1,1	$d - 0,7$	0,22
0,50	3	1,1	0,5	1,75	1,25	$d - 0,8$	0,25
0,60	3,5	1,2	0,6	2,1	1,5	$d - 1$	0,3
0,70	4	1,5	0,8	2,45	1,75	$d - 1,1$	0,35
0,75	4,5	1,6	0,9	2,6	1,9	$d - 1,2$	0,4
0,80	5	1,7	0,9	2,8	2	$d - 1,3$	0,4
1,00	6	2,1	1,1	3,5	2,5	$d - 1,6$	0,5
1,25	8	2,7	1,5	4,4	3,2	$d - 2$	0,6
1,50	10	3,2	1,8	5,2	3,8	$d - 2,3$	0,75
1,75	12	3,9	2,1	6,1	4,3	$d - 2,6$	0,9
2,00	14; 16	4,5	2,5	7	5	$d - 3$	1
2,50	18; 20; 22	5,6	3,2	8,7	6,3	$d - 3,6$	1,25
3,00	24; 27	6,7	3,7	10,5	7,5	$d - 4,4$	1,5
3,50	30; 33	7,7	4,7	12	9	$d - 5$	1,75
4,00	36; 39	9	5	14	10	$d - 5,7$	2
4,50	42; 45	10,5	5,5	16	11	$d - 6,4$	2,25
5,00	48; 52	11,5	6,5	17,5	12,5	$d - 7$	2,5
5,50	56; 60	12,5	7,5	19	14	$d - 7,7$	2,75
6,00	64; 68	14	8	21	15	$d - 8,8$	3

### 20. Сбеги и недорезы для внутренней метрической резьбы (ГОСТ 10549—80)

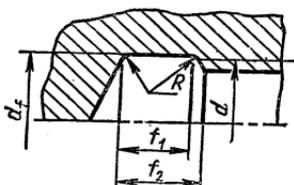
Размеры, мм



Шаг резьбы $P$	Номиналь- ный диаметр резьбы $d$	Сбег $x_{\max}$			Недорез $a_{\min}$		
		нор- маль- ный	ко- рот- кий	длин- ный	нор- маль- ный	ко- рот- кий	длин- ный
0,20	—	0,4	0,3	0,8	1,6	1	2
0,25	1; 1,2	0,5	0,3	1	1,8	1,2	2,5
0,30	1,4	0,6	0,4	1,2	2	1,2	2,8
0,35	1,6	0,7	0,4	1,4	2,2	1,5	3,2
0,40	2	0,8	0,6	1,6	2,5	1,5	3,5
0,45	2,5	0,9	0,6	1,8	3	3	4
0,50	3	1	0,8	2	3	2	5
0,60	3,5	1,2	0,8	2,4	3,5	2,5	5,5
0,70	4	1,4	1	2,8	3,5	2,5	6
0,75	—	1,5	1	3	4	2,5	7
0,80	5	1,6	1,2	3,2	4	2,5	8
1,00	6	2	1,5	4	6	4	10
1,25	8	2,5	1,8	5	8	4	12
1,50	10	3	2	6	9	4	13
1,75	12	3,5	2,5	7	11	5	16
2,00	14; 16	4	3	8	11	5	16
2,50	18; 20; 22	5	3,5	10	12	6	18
3,00	24; 27	6	4	12	15	7	22
3,50	30; 32	7	5	14	17	8	25
4,00	36; 39	8	6	16	19	9	28
4,50	42; 45	8	6	18	23	11	33
5,00	48; 52	10	7	20	26	12	37
5,50	56; 60	11	8	22	28	13	40
6,00	64; 68	12	9	24	28	13	42

### 21. Проточки для внутренней метрической резьбы (ГОСТ 10549—80)

Размеры, мм

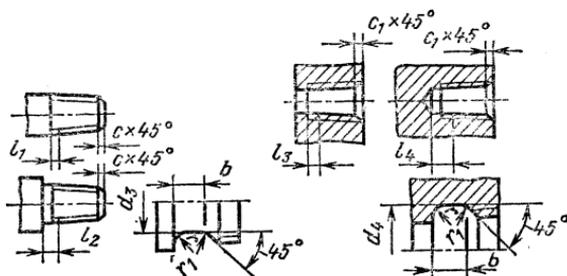


Шаг резьбы $P$	Нор- мальный диаметр резьбы $d$	Проточка				$d_f$	$R \approx 0,5P$
		нор- маль- ная	ко- рот- кая	нор- маль- ная	ко- рот- кая		
		$f_1 \min$		$f_2 \max$			
0,2	—	0,8	0,5	1,2	0,9	$d + 0,1$	0,1
0,25	1; 1,2	1	0,6	1,4	1	$d + 0,1$	0,12
0,3	1,4	1,2	0,75	1,6	1,25	$d + 0,1$	0,15
0,35	1,6	1,4	0,9	1,9	1,4	$d + 0,2$	0,17
0,4	2	1,6	1	2,2	1,6	$d + 0,2$	0,2
0,45	2,5	1,8	1,1	2,4	1,7	$d + 0,2$	0,22
0,5	3	2	1,25	2,7	2	$d + 0,3$	0,25
0,6	3,5	2,4	1,5	3,3	2,4	$d + 0,3$	0,3
0,7	4	2,8	1,75	3,8	2,75	$d + 0,3$	0,35
0,75	—	3	1,9	4	2,9	$d + 0,3$	0,4
0,8	5	3,2	2	4,2	3	$d + 0,3$	0,4
1	6	4	2,5	5,2	3,7	$d + 0,5$	0,5
1,25	8	5	3,2	6,7	4,9	$d + 0,5$	0,6
1,5	10	6	3,8	7,8	5,6	$d + 0,5$	0,75
1,75	12	7	4,3	9,1	6,4	$d + 0,5$	0,9
2	14; 16	8	5	10,3	7,3	$d + 0,5$	1
2,5	18; 20; 22	10	10	6,3	13	$d + 0,5$	1,25
3	24; 27	12	7,5	15,2	10,7	$d + 0,5$	1,5
3,5	30; 32	14	9	17,7	12,7	$d + 0,5$	1,75
4	36; 39	16	10	20	14	$d + 0,5$	2
4,5	42; 45	18	11	23	16	$d + 0,5$	2,25
5	48; 52	20	12,5	26	18,5	$d + 0,5$	2,5
5,5	56; 60	22	14	28	20	$d + 0,5$	2,75
6	64; 68	24	15	30	21	$d + 0,5$	3

22. Сбеги, недорезы, проточки и фаски для конической дюймовой резьбы с углом профиля  $60^\circ$  (ГОСТ 6111—52)

Для наружной резьбы

Для внутренней резьбы



Размеры, мм

Размеры резьбы, дюймы	Наружная резьба				Внутренняя резьба									
	Число витков на 1"	Сбег $l_1$ при угле заборной части инструмента $20^\circ$	Недорез $l_2 \text{ max}$	Проточка				Сбег $l_3 \text{ max}$	Недорез $l_4 \text{ max}$	Проточка				Фаска $c = c_1$
				$b$	$r$	$r_1$	$d_4$			$b$	$r$	$r_1$	$d_4$	
$1/16$ $1/8$	27	2,5	3,5	2	0,5	0,3	6	3,0	6	3	1,0	0,5	8,5 10,5	1,0
$1/4$ $3/8$	18	3,5	5,5	3	1,0	0,5	11 14	4,0	9	4	1,0	0,5	14,0 17,5	1,6
$1/2$ $3/4$	14	4,5	6,0	4			18 23	5,5	11	6	1,6	1,0	22,0 27,0	
1 $1 1/4$ $1 1/2$ 2	—	5,5	7,0	5	1,6	0,5	29 38 44 56	6,5	14	7	1,6	1,0	34,0 42,5 48,5 60,5	2,0

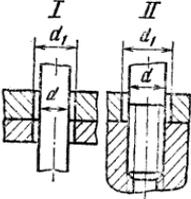
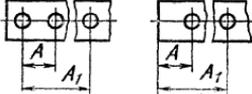
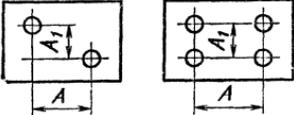
## 23. Отверстия сквозные под крепежные детали (ГОСТ 11284—75)

Размеры, мм (см. табл. 24)

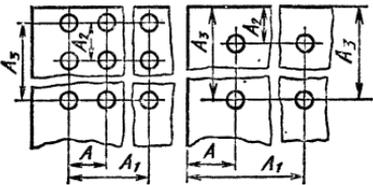
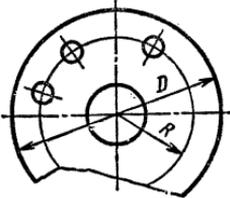
Диаметр $d$ стержней крепежных деталей	Диаметр $d_1$ сквозных отверстий			Диаметр $d$ стержней крепежных деталей	Диаметр $d_1$ сквозных отверстий		
	1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд		1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд
1	1,2	1,3	—	42	43	45	48
1,2	1,4	1,5	—	45	46	48	52
1,4	1,6	1,7	—	48	50	52	56
1,6	1,7	1,8	2	52	54	56	62
2	2,2	2,4	2,6	56	58	62	66
2,5	2,7	2,9	3,1	60	62	66	70
3	3,2	3,4	3,6	64	66	70	74
4	4,3	4,5	4,8	68	70	74	78
5	5,3	5,5	5,8	72	74	78	82
6,6	6,4	6,6	7	76	78	82	86
7	7,4	7,6	8	80	82	86	91
8	8,4	9	10	85	87	91	96
10	10,5	11	12	90	93	96	101
12	13	14	15	95	98	101	107
14	15	16	17	100	104	107	112
16	17	18	19	105	109	112	117
18	19	20	21	110	114	117	122
20	21	22	24	115	119	122	127
22	23	24	26	120	124	127	132
24	25	26	28	125	129	132	137
27	28	30	32	130	134	137	144
30	31	33	35	140	144	147	155
33	34	36	38	150	155	158	165
36	37	39	42	160	165	168	175
39	40	42	45	—	—	—	—

Примечание. Диаметры отверстий 3-го ряда не допускается использовать для заклепочных соединений.

## 24. Ряды размеров сквозных отверстий (ГОСТ 11284—75)

Тип соединений			
			
Расположение отверстий (и их число)	Способ образования отверстий	Тип соединений	Рекомендуемый ряд сквозных отверстий *1
Любое	По кондуктору	I или II	1-й
В один ряд; координированы относительно оси отверстия или базовой плоскости  	Пробивка штампами повышенной точности, литьем под давлением и по выплавляемым моделям повышенной точности	I	1-й
		II	2-й
В два ряда (до четырех отверстий); координированы относительно их осей  	По разметке, пробивка штампами обычной точности, литьем нормальной точности	I	2-й
		II	3-й

Продолжение табл. 24

Расположение отверстий (и их число)	Способ образования отверстий	Тип соединенный	Рекомендуемый ряд сквозных отверстий *1
<p>В два ряда и более; координированы относительно осей отверстий или базовых плоскостей</p> 	<p>Пробивка штампами повышенной точности, литьем под давлением, литьем по выплавляемым моделям повышенной точности</p>	<p>I или II</p>	<p>2-й</p>
<p>По окружности</p> 	<p>По разметке, пробивка штампами обычной точности, литьем нормальной точности</p>	<p>I</p>	<p>3-й</p>

\*1 См. табл. 23.

25. Центровые отверстия с углом конуса  $60^\circ$   
(ГOST 14034—74)

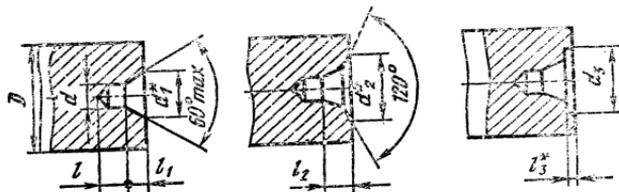
Форма А

Форма В

Форма Т

Размеры, мм

\* Размеры для справок.



D	d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	l, не менее	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>
4	1,0	2,12	3,15	—	1,3	0,97	1,27	—
5	(1,25)	2,65	4,00	—	1,6	1,21	1,60	—
6	1,6	3,35	5,00	—	2,0	1,52	1,99	—
10	2,0	4,25	6,30	7,0	2,5	1,95	2,54	0,6
14	2; 5	5,30	8,00	9,0	3,1	2,42	3,20	0,8
20	3,15	6,70	10,00	12,0	3,9	3,07	4,03	0,9
30	4	8,50	12,50	16,0	5,0	3,90	5,06	1,2
40	(5)	10,60	16,00	20,0	6,3	4,85	6,41	1,6
60	6,3	13,20	18,00	25,0	8,0	5,98	7,36	1,8
80	(8)	17,00	22,40	32,0	10,1	7,79	9,35	2,0
100	10	21,20	28,00	36,0	12,8	9,70	11,66	2,5
120	12	25,40	33,00	—	14,6	11,60	13,80	—

Примечание. Рекомендуется применять центровые отверстия формы: А — в случаях, когда после обработки необходимость в центровых отверстиях отпадает; в случаях, когда сохранность центровых отверстий в процессе эксплуатации гарантируется соответствующей термической обработкой; В — в случаях, когда центровые отверстия являются базой для многократного использования, а также когда центровые отверстия сохраняются в готовых деталях; Т — для оправок и калибров.

### 26. Центровые отверстия с метрической резьбой (ГОСТ 14034—74)

Форма <i>F</i>		Форма <i>H</i>		Размеры <i>D</i> рекомендуемые					
				* Размеры для справок					
Размеры, мм									
D для форм		<i>d</i>	<i>d</i> <sub>1</sub>	<i>d</i> <sub>2</sub>	<i>d</i> <sub>3</sub>	<i>l</i> , не более	<i>l</i> <sub>1</sub>	<i>l</i> <sub>2</sub> , не более	<i>l</i> <sub>3</sub>
<i>F</i>	<i>H</i>								
8	—	M3	3,2	5,0	—	2,8	1,56	—	—
10	16	M4	4,3	6,5	8,2	3,5	1,90	4,0	2,4
12,5	20	M5	5,3	8,0	11,4	4,5	2,30	5,5	3,3
16	25	M6	6,4	10,0	13,3	5,5	3,00	6,5	4,0
20	32	M8	8,4	12,5	16,0	7,0	3,50	8,0	4,5
25	40	M10	11,0	15,6	19,8	9,0	4,00	10,2	5,2
32	50	M12	13,0	18,0	22,0	10,0	4,30	11,2	5,5
40	63	M16	17,0	22,8	28,7	11,0	5,00	12,5	6,5
63	80	M20	21,0	28,0	33,0	12,5	6,00	14,0	7,5
100		M24	25,0	36,0	43,0	14,0	9,50	16,0	11,5

Примечание. Центровые отверстия форм *F* и *H* рекомендуется применять для монтажных работ, транспортирования, хранения и термической обработки деталей в вертикальном положении.

с полукруглой головкой и квадратным подголовком или усом; с потайной головкой и усом или квадратным подголовком. Преимущественное распространение имеют болты с шестигранной головкой.

Болты общего назначения изготовляют: с нормальным стержнем; со стержнем с отверстием под шплинт; со стержнем с цилиндрическим или квадратным подголовком; с утолщенным стержнем для установки в развернутые отверстия без зазора. Конец болтов выполняют плоским с конической фаской; плоским с заточкой.

## 27. Концы болтов, винтов и шпилей (ГОСТ 12414—66)

Размеры, мм					
Шаг резьбы $P$	Ширина фаски (сферы) $Z_{1\max}$	Шаг резьбы $P$	Ширина фаски (сферы) $Z_{1\max}$	Шаг резьбы $P$	Ширина фаски (сферы) $Z_{1\max}$
0,25	0,5	0,8	1,6	3	6
0,3	0,6	1	2,0	3,5	7
0,35	0,7	1,25	2,5	4	8
0,4	0,8	1,5	3	4,5	9
0,45	0,9	1,75	3,5	5	10
0,5	1,0	2	4	5,5	11
0,6	1,2	2,5	5	6	12
0,7	1,4				

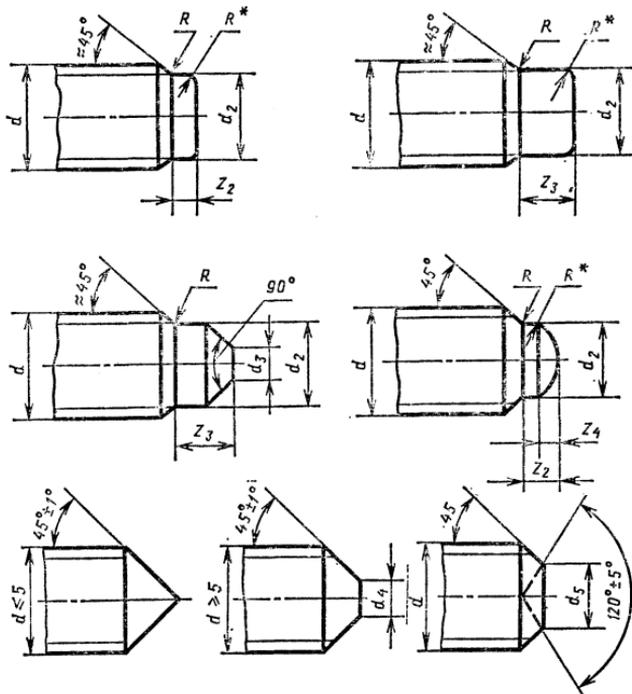
К специальным относят: болты к станочным пазам (ГОСТ 13152—67 и ГОСТ 12201—66); откидные (ГОСТ 14724—69); конические для отверстий из-под развертки (ГОСТ 15163—78); фундаментные и др.

*Винты* общего назначения делят на крепежные (ГОСТ 1491—80, ГОСТ 17473—80, ГОСТ 17474—80, ГОСТ 17475—80, ГОСТ 1488—84, ГОСТ 11738—84, ГОСТ 10336—80 и др.) и установочные (ГОСТ 1482—84, ГОСТ 1485—84, ГОСТ 1476—84, ГОСТ 1477—84, ГОСТ 1478—84, ГОСТ 8878—84, ГОСТ 11074—84, ГОСТ 11075—84). Крепежные винты служат для скрепления соединяемых частей, а установочные — для предотвращения взаимного сдвига деталей. Крепежные винты изготовляют с головкой под ключ и отвертку, а установочные — с головкой под ключ либо без головки со шлицем или углублением под ключ.

Головки винтов выполняют: шестигранные, квадратные, цилиндрические, цилиндрические со сферой, полупотайные, потайные, цилиндрические с углублением под ключ.

## 28. Концы болтов, винтов и шпилек (ГОСТ 12414—65)

Размеры, мм



$d$	$d_2(h14)$	$d_{3max}$	$d_{4max}$	$d_5(h14)$	$R \approx$	$Z_2(+IT14)$	$Z_3(+IT14)$	$Z_4$
1,0	0,5	—	—	—	0,1	0,2	—	0,1
1,2	0,6	—	—	—	0,1	0,3	—	0,2
1,4	0,7	—	—	0,7	0,1	0,3	—	0,2
1,6	0,8	—	—	0,8	0,1	0,4	—	0,2
2,0	1	0,2	—	1	0,1	0,5	1	0,3
2,5	1,5	0,3	—	1,2	0,2	0,6	1,2	0,4
3,0	2	0,4	—	1,4	0,3	0,7	1,5	0,4
3,5	2,2	0,4	—	1,7	0,3	0,9	1,7	0,4
4,0	2,5	0,5	—	2	0,3	1	2	0,5
5,0	3,5	0,5	—	2,5	0,3	1,2	2,5	0,6
6,0	4	0,5	1,5	3	0,4	1,5	3	0,7
7,0	5	0,5	2	4	0,4	1,7	3,5	0,8
8,0	5,5	0,5	2	5	0,4	2	4	1

Продолжение табл. 28

$d$	$d_2(h14)$	$d_{3max}$	$d_{4max}$	$d_5(h14)$	$R \approx$	$Z_2(+1T14)$	$Z_3(+1T14)$	$Z_4$
10	7	1	2,5	6	0,5	2,5	5	1
12	8,5	1	3	8	0,6	3	6	1,2
14	10	2	4	9	0,8	3,5	7	1,5
16	12	3	4	10	0,8	4	8	1,7
18	13	4	5	12	0,8	4,5	9	2
20	15	5	5	14	1	5	10	2
22	17	5	6	16	1	5,5	11	2,5
24	18	6	6	16	1	6	12	2,5
27	21	7	—	—	1,2	6,7	13,5	—
30	23	7	—	—	1,2	7,5	15	—
33	26	8	—	—	1,6	8,2	16,5	—
36	28	8	—	—	1,6	9	18	—
39	30	8	—	—	—	9,7	19,5	—
42	32	8	—	—	—	10,5	21	—
45	35	11	—	—	—	11,2	22,5	—

*Шпильки* различают нормальной и повышенной точности (табл. 30). Шпильки изготовляют с одинаковыми номинальными диаметрами резьбы и гладкой части или с номинальным диаметром резьбы, большим диаметра гладкой части.

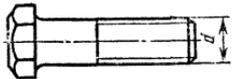
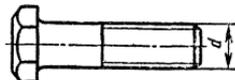
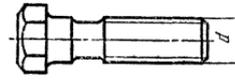
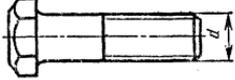
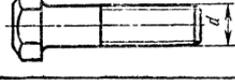
*Гайки* общего назначения изготовляют: класса А (повышенной точности); класса В (нормальной точности); класса С (грубой точности). В табл. 31 приведены основные типы шестигранных гаек.

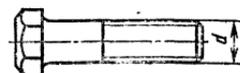
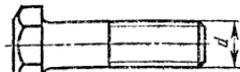
*Стопорение крепежных деталей.* Различают следующие способы предохранения резьбовых элементов от самоотвинчивания:

повышением сил трения в резьбе или на опорных торцах головок винтов, болтов и гаек, что достигается применением контргаек (рис. 7, а), пружинных шайб (рис. 7, б) и др.; данный способ позволяет легко регулировать силу затяжки резьбовых деталей путем поворота одной из резьбовых деталей на соответствующий угол;

жестким соединением резьбовых деталей без возможного поворота их, что осуществляется применением стопорных шайб с лапкой по ГОСТ 13463—77 (рис. 7, в), стопорных шайб с носком (рис. 7, д), разводных шплинтов (ГОСТ 397—79) (рис. 7, г), мягкой проволокой (рис. 7, ж) и др.;

## 29. Основные типы болтов

Болты с шестигранной головкой	ГОСТ	Эскиз	Резьба $d$ , мм	Шаг резьбы, мм	
				крупный	мелкий
Класса точности А	7805—70		1,6—48	0,35—5	1—3
Уменьшенной класса точности А	7808—70	<i>Исполнение 1</i> 	2—48	1,25—5	1—3
Уменьшенной и с направляющим подголовком класса точности А	7811—70	<i>Исполнение 1</i> 	6—48	1—5	1—3
Класса точности В	7798—70	<i>Исполнение 1</i> 	6—48	1—5	1—3
Уменьшенной класса точности В	7796—70	<i>Исполнение 1</i> 	8—48	1,25—5	1—3

Болты с шестигранной головкой	ГОСТ	Эскиз	Резьба <i>d</i> , мм	Шаг резьбы, мм	
				крупный	мелкий
Уменьшенной и с направляющим подголовком класса точности В	7795—70	<p><i>Исполнение 1</i></p> 	6—48	1—5	1—3
Класса точности С	15589—70	<p><i>Исполнение 1</i></p> 	10—48	Шаг резьбы от 1,5 до 5	
Уменьшенной класса точности С	15591—70	<p><i>Исполнение 1</i></p> 	20—48	Шаг резьбы от 2,5 до 5	
Уменьшенной и с направляющим подголовком класса точности С	15590—70	<p><i>Исполнение 1</i></p> 	20—48	Шаг резьбы от 2,5 до 5	

## 20. Основные типы шпилек

Шпильки	ГОСТ	Эскиз	Резьба $d = d_1$ , мм	Шаг резьбы, мм	
				крупный	мелкий
Нормальной точности с винчиваемыми концами	22032—76;		3—48	0,5—5	1—3
	22034—76;				
	22036—76;				
	22038—76;				
	22040—76;				
22042—76					
Повышенной точности	22033—76;		3—48	0,5—5	1—3
	22035—76;				
	22037—76;				
	22039—76;				
	22041—76;				
22043—76					

путем сварки головки винта, болта, гайки или шпильки (рис. 7, з);

посредством кернения резьбовых деталей с торца и бокового (рис. 7, е);

расклепыванием стержня резьбовой детали, закрашиванием лаком резьбы под гайку и др.

*Места под ключ и под головки крепежных деталей.*

В табл. 32 приведены размеры ключа и под ключ; в табл. 33 — места под ключи. В табл. 34—36 приведены опорные поверхности под крепежные детали с диаметром резьбы от 1 до 48 мм по ГОСТ 12876—67.

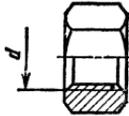
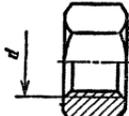
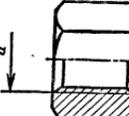
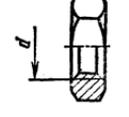
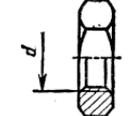
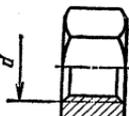
*Упрощенный расчет резьбовых соединений.* Рассмотрим основные расчетные случаи.

**Первый случай.** Ненапряженное болтовое соединение (рис. 8, а). Гайка свободно навинчена на нарезанную часть хвостовика грузоподъемного крюка и зафиксирована от самоотвинчивания шплинтом.

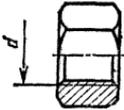
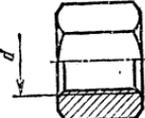
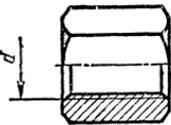
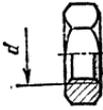
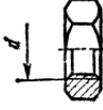
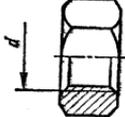
Условие прочности болта на растяжение

$$\sigma_p = \frac{P}{\pi d^2} = \frac{4P}{\pi d^2} \leq [\sigma_p],$$

## 31. Основные типы шестигранных гаек

Гайки	ГОСТ	Эскиз	Резьба $d$ , мм	Шаг резьбы, мм	
				крупный	мелкий
Класса точности А	5927—70		1—48	0,25—5	1,25—3
С уменьшенным размером под ключ класса точности А	2524—70		8—48	1,25—5	1—3
Высокие класса точности А	15524—70		3—48	0,5—5	1—3
Особо высокие класса точности А	5931—70		8—48	1,25—5	1—3
Низкие класса точности А	5929—70		1—48	0,25—5	0,5—3
Низкие с уменьшенным размером под ключ класса точности А	2526—70		8—48	1,25—5	1—3
Класса точности В	5915—70	Исполнение 1 	1,6—48	0,35—5	1—3

Продолжение табл. 31

Гайки	ГОСТ	Эскиз	Резьба $d$ , мм	Шаг резьбы, мм	
				крупный	мелкий
С уменьшенным размером под ключ класса точности В	15521—70		8—48	1,25—5	1—3
Высокие класса точности В	15523—70		3—48	0,5—5	1—3
Особо высокие класса точности В	15525—70		8—48	1,25—5	1—3
Низкие класса точности В	5916—70	<i>Исполнение 1</i> 	1—48	0,25—5	1,25—3
Низкие с уменьшенным размером под ключ класса точности В	15522—70	<i>Исполнение 1</i> 	8—48	1,25—5	1—3
Класса точности С	15526—70	<i>Исполнение 1</i> 	5—48	0,8—5	

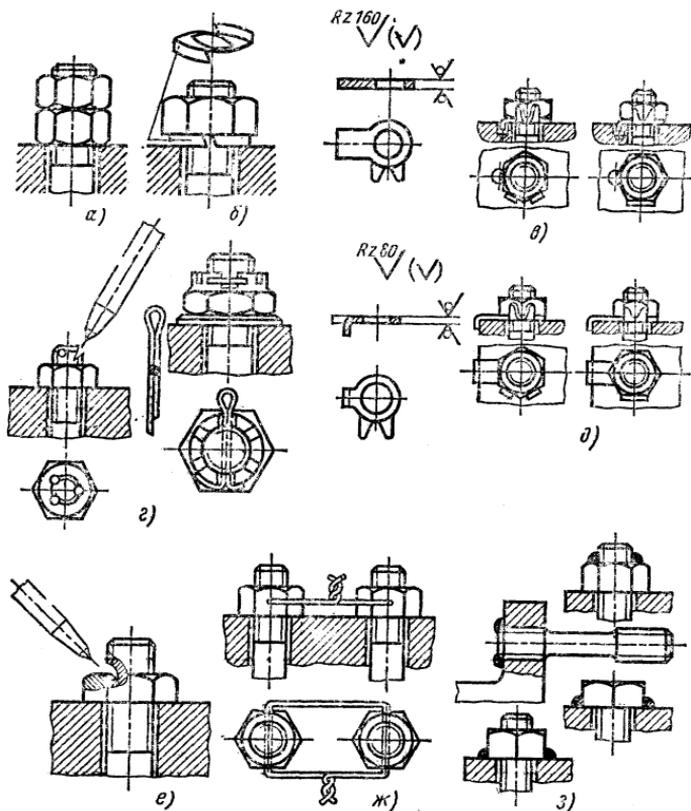


Рис. 7. Схемы стопорения крепежных деталей

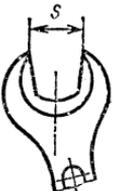
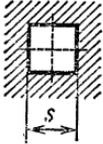
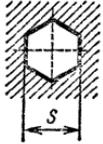
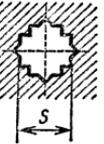
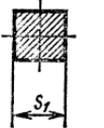
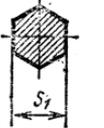
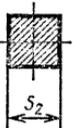
где  $P$  — осевая сила;  $d$  — внутренний диаметр резьбы;  $[\sigma_p]$  — допускаемое напряжение при растяжении.

Внутренний (расчетный) диаметр болта

$$d \geq \sqrt{\frac{4P}{\pi[\sigma_p]}}$$

Второй случай. Напряженное болтовое соединение без внешней нагрузки (рис. 8, б). Примером может служить болтовое соединение герметичных крышек, люков и др. Болт в этих соединениях работает не только на растяжение, но и на кручение от приложенной силы к гаечному ключу. Для упрощения кручение учитывают увеличением растягивающей силы  $P$  на 25—35% и рассчитывают по приведенным в первом случае формулам.

## 32. Размеры (в мм) ключа и под ключ (ГОСТ 6424—73)

Размеры ключа							
Охватывающие				Охватываемые			
							
Размеры под ключ							
Охватываемые			Охватывающие				
							
Номинальные размеры $S, S_1, S_2, S_3$	Отклонения размеров ключа			Отклонения размеров под ключ			
	охватывающих $S$		охватываемых $S_1$	охватываемых $S_2$			охватывающих $S_3$
	нормальной точности	грубой точности		повышенной точности	нормальной точности	грубой точности	
2,5 *; 3,0 *	—	—	-0,040	—			+0,09 +0,03
3,2	+0,08 +0,02						
4,0; 5,0; 5,5	+0,12 +0,02	—	-0,048	-0,16	—	—	+0,12 +0,04
6,0*							
7,0	+0,15 +0,03						
8,0 (9,0)		+0,18 +0,03	-0,058	-0,20	-0,36	—	+0,15 +0,05
10,0 (11,0)	+0,19 +0,04	+0,24 +0,04					

Продолжение табл. 32

Номинальные размеры $S$ , $S_1$ , $S_2$ , $S_3$	Отклонения размеров ключа			Отклонения размеров под ключ			
	охватывающих $S$		охватываемых $S_1$	охватываемых $S_2$			охватываемых $S_3$
	нормальной точности	грубой точности		повышенной точности	нормальной точности	грубой точности	
12; 13	+0,4 +0,04	+0,30 +0,04	-0,120	-0,24	-0,43	—	+0,18 +0,06
14 (15)	+0,27 +0,05	+0,35 +0,05					
17	+0,30 +0,05	+0,40 +0,05					
19; 22; 24	+0,36 +0,06	+0,46 +0,06	-0,140	-0,28	-0,52	—	+0,21 +0,07
27; 30	+0,48 +0,08	+0,58 +0,08					
3	+0,48 +0,08	+0,58 +0,08				-0,140	-0,34
36,0; 41,0 46,0	+0,60 +0,10	+0,70 +0,10					

\* Допускается применять только для изделий с углублением под ключ и для ключей под это углубление. ГОСТ 6424—73 предусматривает также номинальные размеры 50—225 мм.

Третий случай. Напряженное болтовое соединение с внешней нагрузкой (рис. 8, в). Предварительно затянутый болт дополнительно нагружен внешней осевой растягивающей силой. Примером могут служить болты крепления крышки резервуара для газа или жидкости с давлением выше атмосферного.

Осевая нагрузка на болт

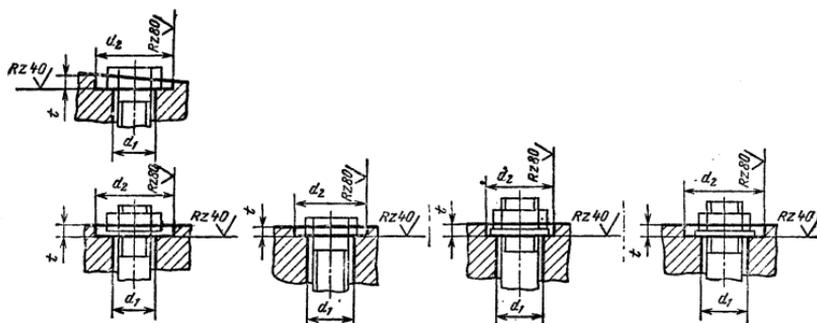
$$P = P_{\text{зат}} + KP_1,$$

где  $P_{\text{зат}}$  — сила затяжки болта;  $K$  — коэффициент внешней нагрузки, учитывающий деформации болта и деталей



## 34. Опорные поверхности под крепежные детали (ГОСТ 12876—67)

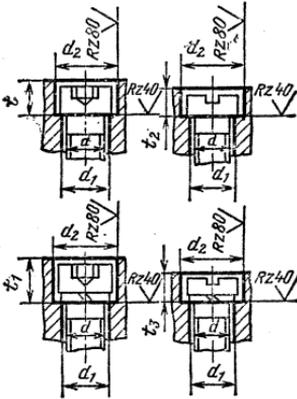
Размеры, мм



$d$	$d_1$	$d_2$			
		Под болты с шестигранной головкой, под шестигранные гайки	Под болты с шестигранной уменьшенной головкой, под шестигранные гайки, с уменьшенным размером под ключ	Под уменьшенные шайбы	Под шайбы
1,6	1,8	5	—	—	5
2	2	6	—	—	6
2,5	3,1	7,5	—	—	7,5
3	3,6	8	—	—	8
4	4,8	10	—	—	10
5	5,8	11	—	—	11
6	7	13,5	—	—	13,5
8	9	18	18	18	18
10	11	22	20	20	22
12	14	26	26	24	26
14	16	30	26	26	30
16	18	33	30	30	33
18	20	36	32	32	36
20	22	40	36	36	40
22	24	42	40	40	42
24	26	48	42	42	48
27	30	52	45	48	52
30	33	61	52	55	61
33	36	67	60	60	67
36	39	71	65	65	71
39	42	75	71	71	75
42	45	80	75	75	80
45	48	90	80	85	90
48	52	95	85	90	95

Примечание. Размер  $t$  устанавливает конструктор;  $d$  — номинальный диаметр резьбы;  $d_1$  — диаметр сквозного отверстия по Н13;  $d_2$  — диаметр опорной поверхности по Н15.

35. Опорные поверхности под винты с цилиндрической головкой и цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ (ГОСТ 12876—67)



Размеры, мм

$d$	$d_1$ по Н13	$d_2$ по Н14	$t$	$t_1$	$t_2$	$t_3$
1	1,3	2,2	—	—	0,8	—
1,2	1,5	2,5	—	—	0,9	—
1,4	1,7	2,8	—	—	1,0	—
1,6	2	3,3	—	—	1,2	—
2	2,6	4,3	—	—	1,6	2
2,5	3,1	5	—	—	2	2,5
3	3,6	6	3,4	4	2,4	3
3,5	4,1	6,5	—	—	2,8	—
4	4,8	8	4,6	5,5	3,2	4
5	5,8	10	5,7	7	4	5
6	7	11	6,8	8	4,7	6
8	9	15	8	11	6	7,5
10	11	18	11	13	7	9
12	14	20	13	16	8	11
14	16	24	15	18	9	12
16	18	26	17,5	21	10,5	13
18	20	30	19,5	23	11,5	15
20	22	34	21,5	26	12,5	16
22	24	36	23,5	28	—	—
24	26	40	25,5	31	—	—
27	30	45	28,5	35	—	—
30	33	48	32	38	—	—
33	36	53	35	41	—	—
36	39	57	38	45	—	—
39	42	60	42	49	—	—
42	45	65	44	53	—	—
45	48	71	47	55	—	—
48	52	75	50	60	—	—

Примечание.  $d$  — номинальный диаметр резьбы.

## 36. Спорные поверхности под винты с потайной и полупотайной головками (ГОСТ 12876—67)

Форма А						Форма В					
<i>d</i>	<i>d</i> <sub>1</sub> по Н13	<i>d</i> <sub>2</sub> по Н13	<i>d</i> <sub>1</sub> по Н12	<i>d</i> <sub>2</sub> по Н12	<i>t</i>	<i>d</i>	<i>d</i> <sub>1</sub> по Н13	<i>d</i> <sub>2</sub> по Н13	<i>d</i> <sub>1</sub> по Н12	<i>d</i> <sub>2</sub> по Н12	<i>t</i>
1	1,3	2,4	1,1	2	0,2	5	5,8	10,4	5,3	10	0,3
1,2	1,5	2,8	1,3	2,5	0,2	6	7	12,4	6,4	11,5	0,4
1,4	1,7	3,2	1,6	2,8	0,2	8	9	16,4	8,4	15	0,8
1,6	2	3,7	1,7	3,3	0,2	10	11	20,4	10,5	19	1
2	2,6	4,6	2,2	4,3	0,2	12	14	24,4	13	22,5	1
2,5	3,1	5,7	2,7	5	0,3	14	16	28,4	15	26	1
3	3,6	6,6	3,2	6	0,3	16	18	32,4	17	30	1,2
3,5	4,1	7,6	3,8	7	0,3	18	20	36,4	19	34	1,2
4	4,8	8,6	4,3	8	0,3	20	22	40,4	21	37	1,5

Примечание. *d* — номинальный диаметр резьбы.

соединения;  $P_1$  — часть внешней нагрузки (в данном случае внутреннего давления), приходящейся на один болт.

Часть внешней нагрузки на болт от давления, например газа,

$$P_1 = \frac{\pi D^2}{4} p \frac{1}{i},$$

где  $p$  — давление газа;  $D$  — диаметр крышки;  $i$  — число болтов.

Поскольку болт испытывает напряжение кручения, то с учетом этого напряжения расчетная нагрузка

$$P_{\text{расч}} \approx 1,3P.$$

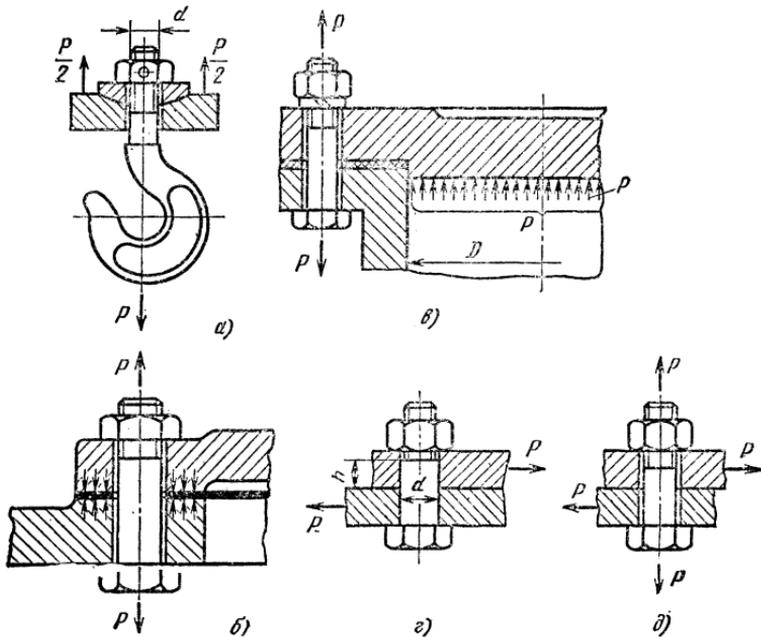


Рис. 8. Болтовое соединение:

*a* — ненапряженное; *б* — напряженное без внешней нагрузки; *в* — напряженное с внешней нагрузкой; *г* — напряженное с болтом, поставленным без зазора; *д* — напряженное с болтом, поставленным с зазором

Условие прочности болта

$$\sigma_p = \frac{P_{расч}}{\frac{\pi d^2}{4}} \leq [\sigma_p].$$

Внутренний (расчетный) диаметр болта

$$d = \sqrt{\frac{4P_{расч}}{\pi [\sigma_p]}}.$$

Четвертый случай. Напряженное болтовое соединение с болтом, поставленным без зазора (рис. 8, *г*). Болт работает на срез и смятие.

На срез болт рассчитывают по формуле

$$\frac{\pi d^2}{4} [\tau_{ср}] \geq R,$$

где  $P$  — сила, действующая поперек болта;  $[\tau_{ср}] = (0,2 \div 0,3) \sigma_T$  — допускаемое напряжение на срез;  $\sigma_T$  — предел текучести.

Внутренний диаметр резьбы

$$d = \sqrt{\frac{4R}{\pi [\tau_{ср}]}}$$

На смятие болт рассчитывают по формуле

$$dh [\sigma_{см}] > R,$$

откуда

$$h \geq \frac{R}{d [\sigma_{см}]},$$

где  $h$  — высота смятия участка;  $[\sigma_{см}]$  — допускаемое напряжение на смятие.

П я т ы й с л у ч а й. Напряженное болтовое соединение с болтом, поставленным с зазором (рис. 8, д). В этом случае затяжкой болта обеспечивается достаточная сила трения между стянутыми деталями для предупреждения их сдвига и перекоса болта.

Болт рассчитывают по силе затяжки

$$P = \frac{R}{f} = \frac{\pi d}{4} [\sigma_p],$$

где  $f$  — коэффициент трения.

#### ШТИФТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Штифты применяют для точного взаимного фиксирования деталей (рис. 9), а также для скрепления деталей машин, передающих небольшие нагрузки. Штифты делят на *установочные* и *крепежные*.

По форме различают *конические* и *цилиндрические* штифты. Конические штифты изготовляют с конусностью 1 : 50, обеспечивающей самоторможение. По конструкции рабочей части штифты выполняют *гладкими* и *просечными*, т. е. с насеченными или выдавленными канавками, что не требует развертывания отверстия (как для гладких штифтов) и создает надежное соединение, предохраняющее штифт от выпадания в процессе работы.

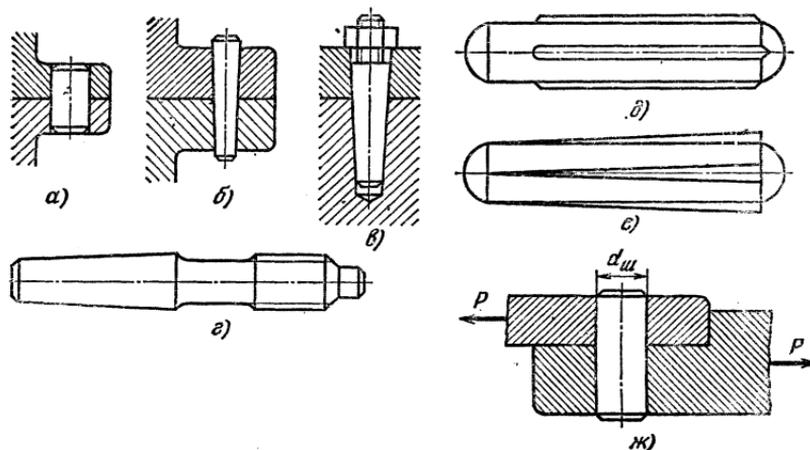


Рис. 9. Штифты и штифтовые соединения

ГОСТ 3128—70 распространяется на незакаленные гладкие цилиндрические штифты диаметром 0,6—50 мм (табл. 37), а ГОСТ 24296—80 — на закаленные гладкие цилиндрические штифты диаметром 0,6—20 мм (рис. 9, а).

По ГОСТ 12850—80 насеченные цилиндрические штифты изготовляют диаметром 1—16 мм (рис. 9, д), а по ГОСТ 10733—79 — насеченные цилиндрические штифты с коническими насечками диаметром 1,6—16 мм (рис. 9, е).

Гладкие конические штифты выпускают по ГОСТ 3129—70 (рис. 9, б). Для удобства демонтажа конические штифты выполняют с резьбовой цапфой по ГОСТ 9465—79 (рис. 9, в, г); для лучшей фиксации конические штифты выполняют разводными (ГОСТ 19119—80).

Диаметр установочного штифта принимают конструктивно. Диаметр крепежного штифта (рис. 9, ж) определяют из расчета на срез. Уравнение прочности штифта на срез

$$\tau_{ср} = \frac{P}{\pi d_{ш}^2 / 4} \leq [\tau_{ср}],$$

где  $\tau_{ср}$  — напряжение на срез;  $[\tau_{ср}]$  — допускаемое напряжение на срез;  $d$  — диаметр штифта;  $P$  — сила, действующая на штифт.

## 37. Цилиндрические штифты (ГОСТ 3128—70)

Размеры, мм											
Тип 1			Тип 2					Тип 3			
<i>d</i>	<i>c</i>	<i>L</i>									
2	0,3	4	5	6	8	10	12	14	16	20	25
2,5	0,5	5	6	8	10	12	14	16	20	25	30
3	0,5	6	8	10	12	14	16	20	25	30	36
4	0,6	8	10	12	14	16	20	25	30	36	40
6	1,0	12	14	16	20	25	30	36	40	45	50
8	1,2	16	20	25	30	36	40	45	50	55	60
10	1,6	20	25	30	36	40	45	50	55	60	65
12	1,6	25	30	36	40	45	50	55	60	65	70
16	2,0	30	36	40	45	50	55	60	65	70	80
20	2,5	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100
<i>d</i>	<i>c</i>	<i>L</i>									
2	0,3	30	36	40							
2,5	0,5	36	40	45	50						
3	0,5	45	50	55	60						
4	0,6	50	55	60	65	70	80	90	100		
6	1,0	60	65	70	80	90	100	110	120		
8	1,2	70	80	90	100	110	120	140	160		
10	1,6	80	90	100	110	120	140	160			
12	1,6	90	100	110	120	140	160				
16	2,0	100	110	120	140	160	180	200	220	250	280
20	2,5	120	140	160	180	200	220	250	280		

Требуемый диаметр штифта

$$d_{\text{шт}} = 1,13 \sqrt{\frac{P}{[\tau_{\text{ср}}]}}$$

#### ШПОНОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Шпонки служат для передачи вращающего (крутящего) момента от вала к ступице детали (шкива, зубчатого колеса и др.) или, наоборот, от ступицы к валу. Применяют призматические, сегментные, клиновые и тангенциальные шпонки.

**Призматические шпонки:**

*обыкновенные* и *высокие*, предназначенные для неподвижных соединений ступиц с валами; в табл. 38 и 39 приведены соответственно размеры призматических шпонок и размеры сечений призматических шпонок и пазов (ГОСТ 23360—78);

*направляющие с креплением на валу* (ГОСТ 8790—79), применяемые в случае, когда ступицы должны иметь возможность перемещения вдоль валов (рис. 10, а);

*скользящие сборные* (ГОСТ 12208—66), соединяющиеся со ступицей выступом (пальцем) цилиндрической формы и перемещающиеся вдоль вала вместе со ступицей (рис. 10, б).

*Сегментные шпонки* (рис. 10, в) выполняют по ГОСТ 24071—80 в виде сегмента, что делает их

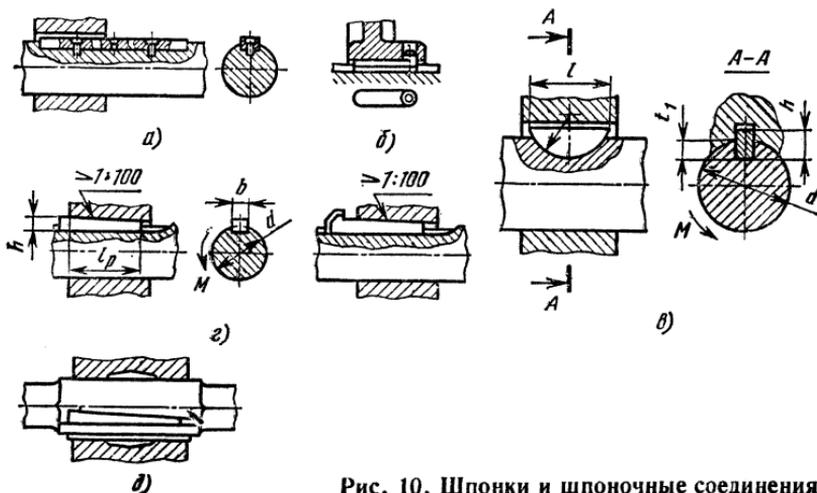


Рис. 10. Шпонки и шпоночные соединения

наиболее технологичными вследствие простоты фрезерования шпоночного паза, а также удобства сборки соединений. Однако относительно большая глубина шпоночного паза уменьшает прочность вала, что вызывает необходимость применять эти шпонки для передачи небольших моментов.

Клиновые шпонки (рис. 10, *г*) представляют собой самотормозящий клин с уклоном 1 : 100; их выполняют по ГОСТ 24068—80. В отличие от призматических и сегментных клиновые шпонки создают напряженное соединение.

Тангенциальные шпонки (рис. 10, *д*) отличаются от клиновых тем, что натяг между валом и ступицей создается ими не в радиальном, а в касательном (тангенциальном) направлении; их выполняют по ГОСТ 24069—80.

Подбор и проверка прочности шпонок. При проектировании шпоночного соединения ширину и высоту шпонок принимают по соответствующему стандарту в зависимости от диаметра вала. Длину шпонки берут в зависимости от длины ступицы и согласуют со стандартом на шпонки. Затем проводят поверочный расчет.

Шпоночные соединения проверяют на смятие, поскольку напряжение среза для стандартных шпонок менее опасно.

Для призматической шпонки (см. табл. 38 и 39)

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2M}{dF_{\text{см}}} = \frac{2M}{d(h-t_1)l_p} \leq [\sigma_{\text{см}}],$$

где  $M$  — передаваемый вращающий момент;  $d$  — диаметр вала в месте установки шпонки;  $F_{\text{см}} = (h - t_1) l_p$  — площадь смятия;  $l_p$  — рабочая длина шпонки; для шпонки с плоскими торцами  $l_p = l$ ; при скругленных торцах  $l_p = l - b$ ;  $l$  — длина шпонки;  $b$  — ширина шпонки;  $t_1$  — глубина паза вала;  $h$  — высота шпонки;  $\sigma_{\text{см}}$ ,  $[\sigma_{\text{см}}]$  — расчетное и допускаемое напряжения смятия.

Для сегментной шпонки (см. рис. 10, *в*)

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2M}{dl(h-t_1)} \leq [\sigma_{\text{см}}].$$

### 38. Размеры (в мм) призматических шпонок (ГОСТ 23360—78)

Исполнение 1						Исполнение 2						Исполнение 3					
Ширина $b$		Высота $h$		Фаска $s \times 45^\circ$ или $r$		Интервалы для $l$		Ширина $b$		Высота $h$		Фаска $s \times 45^\circ$ или $r$		Интервалы для $l$			
				не менее	не более	от	до					не менее	не более	от	до		
2	2					6	20	20	12					56	220		
3	3	0,16	0,25			6	36	22	14	0,60	0,80			63	250		
4	4					8	45	25	14					70	280		
								28	16					80	320		
								32	18					90	360		
								36	20					100	400		
5	5					10	56	40	22	1,00	1,20			100	400		
6	6	0,25	0,40			14	70	45	25					110	450		
8	7					18	90	50	28					125	500		
								56	32					140	500		
								63	32	1,60	2,00			160	500		
								70	36					180	500		
10	8					22	110	80	40					200	500		
12	8					28	140	90	45	2,50	3,00			220	500		
14	9	0,40	0,60			36	160										
16	10					45	150										
18	11					50	200	100	50	2,50	3,00			250	500		

Примечание. Длины шпонок необходимо выбирать из ряда: 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 220; 250; 280; 320; 360; 400; 450; 500 мм.

39. Размеры (в мм) сечений призматических шпонок и пазов  
(ГОСТ 23360—78)

Диаметр вала $d$	Размеры сечений шпонок		Глубина паза		Радиус закругления пазов $r$ или фаска $s_1 \times 45^\circ$	
			вала	втулки		
	$b$	$h$	$t_1$	$t_2$	наим.	наиб.
От 6 до 8	2	2	1,2	1,0	0,08	0,16
Св. 8 до 10	3	3	1,8	1,4		
» 10 » 12	4	4	2,5	1,8		
Св. 12 до 17	5	5	3	2,3	0,16	0,25
» 17 » 22	6	6	3,5	2,8		
» 22 » 30	8	7	4	3,3		
Св. 30 до 38	10	8	5	3,3	0,25	0,4
» 38 » 44	12	8	5	3,3		
» 44 » 50	14	9	5,5	3,8		
» 50 » 58	16	10	6	4,3		
» 58 » 65	18	11	7	4,4		
Св. 65 до 75	20	12	7,5	4,9	0,4	0,5
» 75 » 85	22	14	9	5,4		
» 85 » 95	25	14	9	5,4		
Св. 95 до 110	28	16	10	6,4	0,4	0,6
» 110 » 130	32	18	11	7,4		

Примечание. В стандарте даны размеры сечений шпонок и пазов для диаметров вала до 500 мм и шпонок сечением  $b \times h$  до  $100 \times 50$  мм.

Для клиновой шпонки (рис. 10, з)

$$\sigma_{см} = \frac{12M}{bl_p [b + 6fd]} \leq [\sigma_{см}],$$

где  $f$  — коэффициент трения между шпонкой и насаживаемой деталью.

#### ШЛИЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Шлицевые соединения представляют собой многошпоночные соединения, у которых шпонки, называемые шлицами или зубьями, выполнены за одно целое с валом.

В зависимости от формы зубьев различают соединения: *прямобоочные* (рис. 11, а, б, в); *эвольвентные* (рис. 11, г); *треугольные* (рис. 11, д).

В табл. 40 даны размеры шлицевых прямобоочных соединений (ГОСТ 1139—80).

Шлицевые соединения обеспечивают хорошее центрирование деталей на валу, а также передают большие мощности по сравнению со шпоночными соединениями. Шлицевые соединения выполняют подвижными и неподвижными.

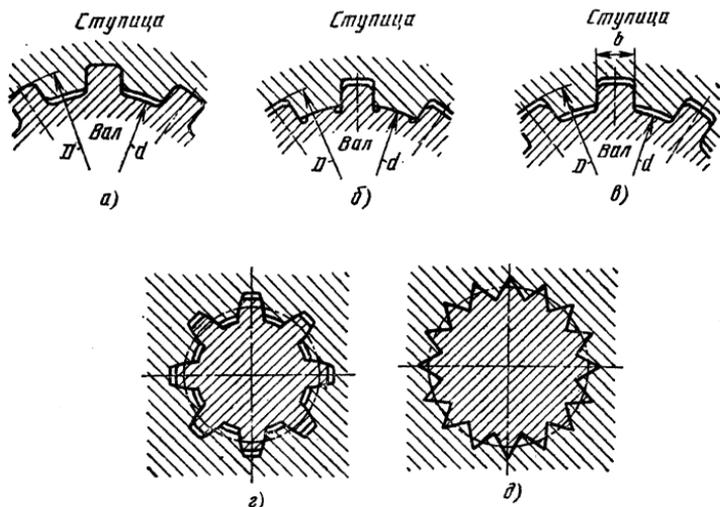
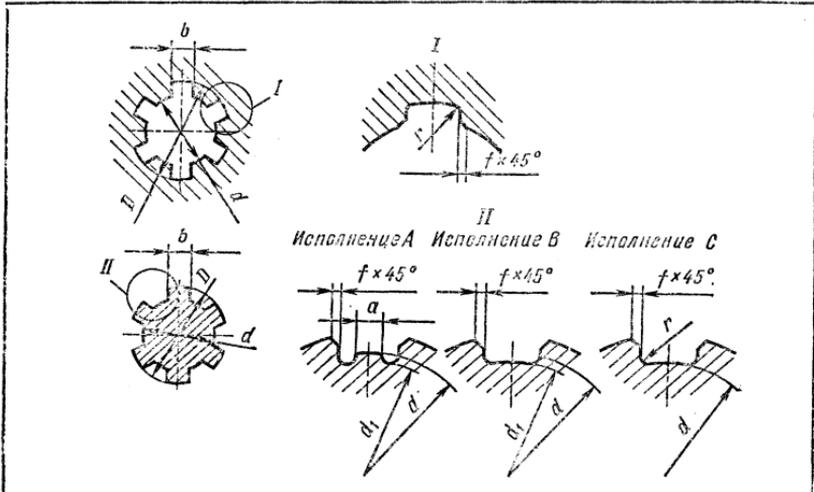


Рис. 11. Шлицевые соединения:

а — прямобоочные с центрированием по наружному диаметру  $D$ ; б — прямобоочные с центрированием по внутреннему диаметру  $d$ ; в — прямобоочные с центрированием по боковым сторонам зубьев  $b$ ; г — эвольвентное; д — треугольное

40. Размеры (в мм) шлицевых прямоочных соединений  
(ГОСТ 1139—80)



Номинальный размер $z \times d \times D$	$b$	$d_1$ , не менее	$a$ , не менее	$f$	$r$ , не более
<b>Легкая серия</b>					
6×23×26	6	22,1	3,54	0,3 <sup>+ 2</sup>	0,2
6×26×30	6	24,6	3,85	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2
6×28×32	7	26,7	4,03	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2
8×32×36	6	30,4	2,71	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3
8×36×40	7	34,5	3,46	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3
8×42×46	8	40,4	5,03	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3
8×46×50	9	44,6	5,75	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3
8×52×58	10	49,7	4,89	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
8×56×62	10	53,6	6,38	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
8×62×62	12	59,8	7,31	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
10×72×78	12	69,6	5,45	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
10×82×88	12	79,3	8,62	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
10×92×98	14	89,14	10,08	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
10×102×108	16	99,9	11,49	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
10×112×120	18	108,8	10,72	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
<b>Средняя серия</b>					
6×11×14	3	9,9	—	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2
6×13×16	3,5	12,0	—	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2
6×16×20	4	14,54	—	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2
6×18×22	5	16,7	—	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2
6×21×25	5	19,5	1,95	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2
6×23×28	6	21,3	1,34	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2
6×26×32	6	23,4	1,65	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3
6×28×34	7	25,9	1,70	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3

Продолжение табл. 40

Номинальный размер $z \times d \times D$	$b$	$d_1$ , не менее	$a$ , не менее	$f$	$r$ , не более
<b>Средняя серия</b>					
8×32×38	6	29,4	—	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3
8×36×42	7	33,5	1,02	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3
8×42×48	8	39,5	2,57	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3
8×46×54	9	42,7	—	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
8×52×60	10	48,7	2,44	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
8×56×65	10	52,2	2,5	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
8×62×72	12	57,8	2,4	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
10×72×82	12	67,4	—	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
10×82×92	12	77,1	3,0	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
10×92×102	14	87,3	4,5	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
10×102×112	16	97,7	6,3	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
10×112×125	18	106,3	4,4	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
<b>Тяжелая серия</b>					
10×16×20	2,5	14,1	—	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2
10×18×23	3	15,6	—	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2
10×21×26	3	18,5	—	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2
10×23×29	4	20,3	—	0,3 <sup>+0,2</sup>	0,2
10×26×32	4	23,0	—	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3
10×28×35	4	24,4	—	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3
10×32×40	5	28,0	—	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3
10×36×45	5	31,3	—	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3
10×42×52	6	36,9	—	0,4 <sup>+0,2</sup>	0,3
10×46×56	7	40,9	—	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
16×52×60	5	47,0	—	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
16×56×65	5	50,6	—	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
16×62×72	6	56,1	—	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
16×72×82	7	65,9	—	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
20×82×92	6	75,6	—	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
20×92×102	7	85,5	—	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
20×102×115	8	94,0	—	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5
20×112×125	9	104,0	—	0,5 <sup>+0,3</sup>	0,5

Примечание.  $z$  — число зубьев.

Число и размеры зубьев по их поперечному сечению принимают в зависимости от диаметра вала по соответствующему стандарту. Длина зубьев определяется длиной ступицы; в случае, если ступица подвижная, — величиной ее перемещения. Поверочный расчет выполняют на смятие, которое для шлицевых соединений имеет решающее значение:

$$\sigma_{см} = \frac{2M}{\psi z d_c h l} \leq [\sigma_{см}],$$

где  $\sigma_{см}$  — расчетное напряжение смятия на рабочих поверхностях зубьев;  $M$  — передаваемый крутящий момент;  $\psi = 0,7 \div 0,8$  — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между зубьями;  $h$  — высота поверхности контакта зубьев;  $l$  — длина поверхности контакта зубьев, принимаемая равной длине ступицы;  $[\sigma_{см}]$  — допускаемое напряжение на смятие для рабочих поверхностей зубьев;  $d_c$  — средний диаметр зубчатого соединения.

Для прямобочных зубьев

$$d_c = \frac{D + d}{2}, \quad h = \frac{D - d}{2} - 2f;$$

для зубьев эвольвентного профиля с центрированием по боковым поверхностям

$$d_c = d = mz, \quad h = m = \frac{d}{z},$$

где  $d$  — диаметр делительной окружности;  $m$  — модуль зацепления;

для зубьев эвольвентного профиля с центрированием по наружному диаметру

$$d_c = d = mz, \quad h = 0,9m = 0,9 \frac{d}{z};$$

для зубьев треугольного профиля

$$d_c = d = mz, \quad h = \frac{D - d}{2}.$$

## МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

*Передачей* называется устройство, предназначенное для передачи энергии от двигателя к исполнительному механизму. Различают механические, пневматические, гидравлические и электрические передачи. Из механических передач наиболее распространенными являются передачи вращательного движения. По принципу действия они делятся на *передачи трением* и *передачи зацеплением*. К первым относятся ременные и фрикционные передачи, ко вторым — зубчато-ременные, цепные и червячные.

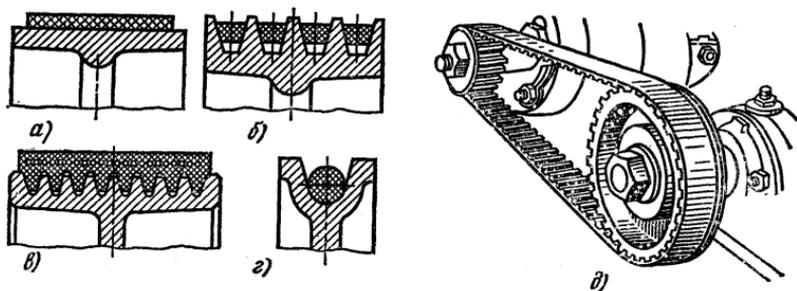


Рис. 12. Типы ременных передач

## РЕМЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ

*Ременной* называется передача, осуществляемая гибкой связью (приводным ремнем). Достоинством ременных передач являются: возможность осуществления передачи между валами, расположенными на относительно большом расстоянии; плавность и безударность работы передачи; простота устройства и обслуживания. К недостаткам передач относятся: громоздкость; непостоянство передаточного отношения (за исключением зубчато-ременных) из-за проскальзывания ремня; повышенное давление на валы и подшипники.

По форме поперечного сечения ремня различают передачи: плоскоремные (рис. 12, а); клиноремные (рис. 12, б); поликлиноремные (рис. 12, в); круглоремные (рис. 12, з); зубчато-ременные (рис. 12, д).

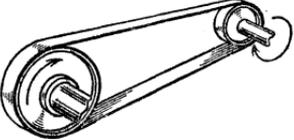
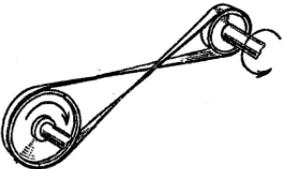
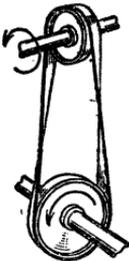
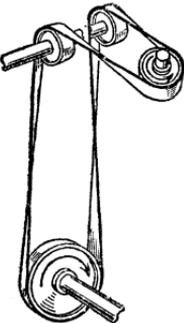
**Плоскоремные передачи.** Плоские ремни в поперечном сечении представляют собой прямоугольник, ширина которого значительно превосходит толщину. Используют кожаные, прорезиненные, хлопчатобумажные тканые, шерстяные тканые, пленочные ремни и др.

Ремни для быстроходных передач изготовляют бесконечными (замкнутыми). Концы обычных ремней соединяют сшиванием, склеиванием, скреплением специальными скрепками.

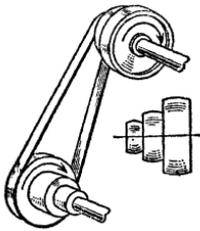
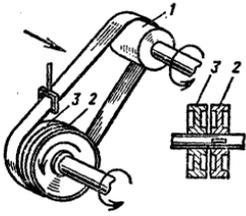
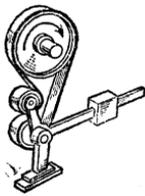
В табл. 41 приведены конструктивные разновидности плоскоремных передач, в табл. 42 — рекомендации для выбора приводных ремней в зависимости от условий работы.

В табл. 43 приведены размеры и физико-механические показатели плоских хлопчатобумажных цельнотканых пропитанных ремней (ТУ РСФСР 1766-11415—87).

41. Конструктивные разновидности плоскоремennых передач

Виды передач	Схема	Особенности передачи
Открытые		<p>С параллельными валами, вращающимися в одну сторону</p>
Перекрестные		<p>в противоположные стороны</p>
Полуперекрестные		<p>С валами, вращающимися в одинаковом направлении: перекрещивающимися</p>
Угловые		<p>пересекающимися</p>

Продолжение табл. 41

Виды передач	Схема	Особенности передачи
Со ступенчатыми шкивами		Позволяет изменять частоту вращения ведомого вала при постоянной частоте вращения ведущего вала
С холостым шкивом		Содержит на ведомом валу два шкива. Шкив 2 посажен на шпонку, шкив 3 свободно вращается на валу (холостой шкив). На ведущем валу посажен широкий шкив 1, позволяющий перемещать ремень с рабочего шкива 2 на холостой шкив 3 для остановки ведомого вала
С натяжным роликом		Обеспечивает автоматическое натяжение ремня по мере его вытягивания

#### 42. Рекомендации для выбора приводного ремня в зависимости от условий работы

Условия работы	Виды приводных ремней			
	Прорезиненные	Кожаные	Хлопчатобумажные	Шерстяные
Передаваемая мощность	Высокая	Малая, средняя	Малая, средняя	Малая, средняя

Продолжение табл. 42

Условия работы	Виды приводных ремней			
	Прорезиненные	Кожаные	Хлопчатобумажные	Шерстяные
Удельная тяговая способность	Высокая	Высокая	Средняя	Низкая
Наибольшая скорость ремней, м/с	15—30	40	30	20
Резкие изменения рабочей нагрузки	Не рекомендуются	Весьма пригодны	Допустимы	Весьма пригодны
Допускаемые кратковременные перегрузки	На 20—30 %	На 40—50 %	На 30—40 %	На 40—50 %
Сохраняют начальное натяжение	Хорошо	Удовлетворительно	Недостаточно удовлетворительно	Удовлетворительно
Перекрестные передачи, отводки, шкивы ступенчатые или с закраинами (ребордами)	Пригодны ремни без обкладок	Весьма пригодны ремни растительного дубления	Не пригодны	Не пригодны
Допускаемая повышенная температура	Колебания до 60°С (ремни без обкладок)	До 50°С (ремни растительного и хроморастительного дубления)	Устойчивая до 50°С	Колебания до 60°С
Повышенная влажность	Пригодны ремни с двухсторонней обкладкой	Пригодны ремни хорошо прожированные, склеенные специальным водостойким клеем	Не пригодны	Пригодны

Продолжение табл. 42

Условия работы	Виды приводных ремней			
	Прорезиненные	Кожаные	Хлопчатобумажные	Шерстяные
Водяной пар	Пригодны ремни с обкладками	Пригодны ремни хромового дубления	Не пригодны	Пригодны
Едкие пары, газы	Пригодны ремни с двусторонней обкладкой	Не пригодны	Не пригодны	Пригодны
Кислоты	Пригодны ремни с обкладками	Пригодны ремни хромового дубления	Не пригодны	Пригодны
Щелочи	Не пригодны		Пригодны	Не пригодны
Бензин	Не пригодны	Пригодны ремни хромового дубления	Допустимы	Пригодны
Пыль	Пригодны ремни без обкладок		Не рекомендуются	Пригодны

43. Размеры (в мм) и физико-механические показатели плоских хлопчатобумажных цельнотканых пропитанных ремней (ТУ РСФСР 1766-11415—87)

Ширина	Толщина (отклонение $\pm 5$ )	Разрывная нагрузка по основе, Н, не менее		Удлинение в момент разрыва, %, не более
		полоски размером 50×200	по всей ширине	
<b>Ремни четырехслойные</b>				
30±2,0	4,5	—	5 356	20
40±2,0		—	7 151	
50±2,0		—	8 936	
60±3,0		8 936	10 722	
75±3,0		8 936	13 390	
90±3,0		8 936	15 352	
100±3,0		8 936	17 873	

Продолжение табл. 43

Ширина	Толщина (отклонение $\pm 5$ )	Разрывная нагрузка по основе, Н, не менее		Удлинение в момент разрыва, %, не более
		полоски размером $50 \times 200$	по всей ширине	
<b>Ремни шестислойные</b>				
$50 \pm 2,0$	6,5	—	11 183	22
$60 \pm 3,0$		11 183	13 390	
$75 \pm 3,0$		11 183	16 775	
$90 \pm 3,0$		11 183	20 110	
$100 \pm 3,0$		11 183	22 317	
$125 \pm 4,0$		11 183	27 860	
$150 \pm 5,0$		11 183	33 452	
<b>Ремни восьмислойные</b>				
$100 \pm 3,0$	8,5	14 616	29 184	25
$125 \pm 4,0$		14 616	36 493	
$150 \pm 5,0$		14 616	43 752	
$175 \pm 5,0$		14 616	51 110	
$200 \pm 6,0$		14 616	5 836	
$250 \pm 6,0$		14 616	72 986	

44. Типы, исполнения и основные размеры (в мм) шкивов (ГОСТ 17383—73)

D		В *1	Рекомендуемая ширина ремня b *2	D		В *1	Рекомендуемая ширина ремня b *2
Номинал	Отклонение			Номинал	Отклонение		
40	$\pm 0,5$	16—40	10—32	280	$\pm 3,2$	32—280	25—250
45	$\pm 0,6$	16—50	10—40	315	$\pm 3,2$	40—315	32—280
50		16—63	10—50	355		40—365	32—315

Продолжение табл. 44

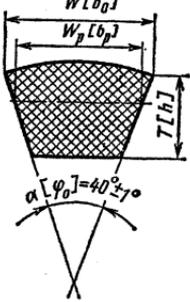
D		B *1	Рекомендуемая ширина ремня b *2	D		B *1	Рекомендуемая ширина ремня b *2
Номинал	Отклонение			Номинал	Отклонение		
56 63	±0,8	16—63 16—71	10—50 10—63	400 450 500	±4,0	50—400 50—450 63—500	40—355 40—400 50—450
71 80	±1,0	16—80	10—71	560 630 710		±5,0	63—560 71—630 80—630
90 100 112	±1,2	16—90 16—100 16—112	10—80 10—90 10—100	800 900 1000	±6,3		90—630 100—630 112—630
125 140		±1,6	16—125 16—140	10—112 10—125		1120 1250 1400	±8,0
160 180 200	±2,0	20—160 20—180 25—200	16—140 16—160 20—180	1600 1800 2000	±10,0	180—630 200—630 224—630	
224 250		±2,5	25—224 32—250	20—200 25—224			

\*1 Размер B в указанных пределах брать из ряда 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250; 280; 312; 335; 400; 450; 500; 560; 630 мм.

\*2 Размер b в указанных пределах брать из ряда 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500; 560 мм.

Шкив состоит из обода, несущего ремень; ступицы, монтируемой на валу со шпонкой; спиц или диска, соединяющего обод со ступицей. Обод шкива плоскоременной передачи выполняют либо цилиндрическим, либо выпуклым с целью центрирования ремня в средней плоскости шкива. Так как выпуклость на ободу уменьшает долговечность ремня, то обычно лишь один из шкивов (чаще всего меньший) делают выпуклым. Типы, исполнения и основные размеры шкивов по ГОСТ 17383—73 даны в табл. 44; выпуклость шкива  $h$  равна: 0,3 мм для  $D = 40 \div 112$  мм; 0,4 мм для  $D = 125 \div 140$  мм; 0,5 мм

45. Размеры (в мм) сечений клиновых ремней  
(ГОСТ 1284.1—80)

	Обозначение сечения	Расчетная ширина $W_p [b_p]$	Ширина большого основания $W [b_0]$	Высота $T [h]$
Z (0)		8,5	10	6
A		11	13	8
B (Б)		14	17	10,5 (11)
C (В)		19	22	13,5 (14)
D (Г)		27	32	19 (20,0)
E (Д)		32	38 (40)	23,5 (25)
EO (Е)		42	50	30

**Примечания:** 1. Размеры, указанные в скобках, являются дополнительными. Ремни этих размеров изготовляют по согласованию между изготовителем и потребителем.  
 2. Обозначения в квадратных скобках соответствуют ранее принятым в технической документации и не рекомендуются для дальнейшего применения.

для D, равного 180 и 160 мм; 0,6 мм для D, равного 200 и 224 мм; 0,8 мм для D, равного 250 и 280 мм; 1,0 мм для D, равного 315 и 355 мм.

**Клиноременные передачи** по сравнению с плоскоремennыми имеют следующие преимущества: возможность получения больших передаточных отношений (до 7, реже до 10); относительно небольшие межосевые расстояния; увеличение тяговой способности вследствие клиновой формы ремня; более высокую надежность и компактность.

Клиновые ремни имеют трапецеидальную форму поперечного сечения. Бесконечные клиновые резинотканевые приводные ремни (ГОСТ 1284.1—80 и ГОСТ 1284.2—80) изготовляют кордтканевыми и кордшнуровыми. Первые следует применять при относительно больших диаметрах шкивов, вторые — при малых диаметрах шкивов, а также при высоких скоростях.

Ремни изготовляют семи типоразмеров; они различаются возрастающими размерами поперечного сечения. В табл. 45 приведены размеры сечений клиновых ремней. Расчетная ширина  $W_p [b_p]$  соответствует приблизительно ширине ремня по нейтральной линии. Она остается не-

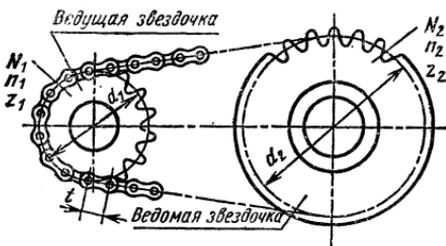


Рис. 13. Цепная передача

изменной при изгибе ремня на шкиве любого диаметра. Расчетная длина ремней  $L_p$  (длина на уровне его расчетной ширины) приведена в табл. 46. Шкивы для приводных клиновых ремней выпускают по ГОСТ 20889—88.

**Зубчато - ременные передачи** (рис. 12, д) сочетают преимущества

плоскоременной и зубчатой передач. На рабочей поверхности ремней делают зубья, которые входят в зацепление с зубьями на шкивах. Зубчатые ремни изготовляют из маслостойких искусственных материалов или маслостойкой резины и армируют стальными проволочными тросами, воспринимающими основную нагрузку, передаваемую ремнем. Для ремней, работающих в легких условиях, вместо стальных тросов применяют полиамидный корд.

Зубчатые ремни устанавливают без предварительного натяжения; они работают без скольжения и бесшумно, более компактны.

### ЦЕПНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

**Цепной** называется передача, состоящая из двух колес-звездочек, соединенных цепью (рис. 13). Вращение ведущей звездочки преобразуется во вращение ведомой благодаря сцеплению цепи с зубьями звездочек. Достоинствами цепных передач по сравнению с ременными являются: отсутствие проскальзывания; компактность (занимают значительно меньше места по ширине); меньшие нагрузки на валы и подшипники; постоянство передаточного отношения; недостатки: удлинение цепи вследствие износа ее шарниров и растяжения пластин; цепь состоит из отдельных звеньев и располагается на звездочке не по окружности, а по многограннику, что вызывает шум и дополнительные динамические нагрузки; затруднен

## 46. Расчетная длина клиновых ремней (ГОСТ 1284.1—80)

Расчетная длина $L_p$ ремня, мм	Сечение ремня						
	Z (0)	A	B (Б)	C (В)	D (Г)	E (Д)	EO (Е)
400; (425); 450; (475); 500; (530)	+	-	-	-	-	-	-
560; (600); 630; (670); 710; (750)	+	+	-	-	-	-	-
800; (850); 900; (950); 1000; (1060); 1120; (1180); 1250; (1320); 1400; (1500); 1600; (1700)	+	+	+	-	-	-	-
1800; (1900); 2000; (2120); 2240; (2360); 2500	+	+	+	+	-	-	-
(2650); 2800; (3000)	-	+	+	+	-	-	-
3150; (3350); (3750); 4000	-	+	+	+	+	-	-
(4250)	-	-	+	+	+	-	-
4500; (4750); 5000; (5300); 5600; (6000)	-	-	+	+	+	+	-
6300	-	-	+	+	+	+	+
(6700); 7100; (7500); 8000; (8500); 9000; (9500); 10 000; (10 600)	-	-	-	+	+	+	+
11 200; (11 800); 12 500; (13 200); 14 000; 15 000	-	-	-	-	+	+	+
16 000; (17 000); 18 000	-	-	-	-	-	+	+
Разность $\Delta L$ между расчетной и внутренней длинами ремня, мм	25	33	40	59	76	95	120
<p>Примечания: 1. Расчетные длины ремней, указанные в скобках, применяют в технически обоснованных случаях. 2. По согласованию с потребителем для импортного оборудования допускается применять ремни других длин.</p>							



Обозначение цепи	$t$	$B_{вн.}$ не менее	$d$	$d_1$	$A$	$h$	$b$	$b_1$	Разрушающая нагрузка, $H$ (кгс), не менее
						не более			
<b>ПРЛ — приводные роликовые нормальной серии</b>									
ПР-8-460	8,0	3,0	2,31	5,0	—	7,5	12	7	4 516 (460)
ПР-9,525-910	9,525	5,72	3,28	6,35	—	8,5	17	10	8 927 (910)
ПР-12,7-900-1	12,7	2,4	3,66	7,75	—	10,0	87	—	8 829 (900)
ПР-12,7-900-2	12,7	3,3	3,66	7,75	—	10,0	12	7	8 829 (900)
ПР-12,7-1820-1	12,7	5,4	4,45	8,51	—	11,8	19	10	17 854 (1 820)
ПР-12,7-1820-2	12,7	7,75	4,45	8,51	—	11,8	21	11	17 854 (1 820)
ПР-15,875-2270-1	15,875	6,48	5,08	10,16	—	14,8	20	11	22 268 (2 270)
ПР-15,875-2270-2	15,875	9,65	5,08	10,16	—	14,8	24	13	22 268 (2 270)
ПР-19,05-3180	19,05	12,7	5,96	11,91	—	18,2	33	18	31 195 (3 180)
ПР-25,4-5670	25,4	15,88	7,95	15,88	—	24,2	39	22	55 622 (5 670)
ПР-31,75-8850	31,75	19,05	9,55	19,05	—	30,2	46	24	8 681 (8 850)
ПР-38,1-12700	38,1	25,4	11,1	22,23	—	36,2	58	30	124 587 (12 700)
ПР-14,45-17240	44,45	25,4	12,7	25,7	—	42,4	62	34	169 124 (17 240)
ПР-50,8-22680	50,8	31,75	14,29	28,58	—	48,3	72	38	222 490 (22 680)
ПР-63,5-35380	63,5	38,1	19,84	39,68	—	60,4	89	48	347 077 (35 380)
2ПР-12,7-3180	12,7	7,75	4,45	8,51	13,92	11,8	35	11	31 195 (3 180)
2ПР-15,875-4540	15,875	9,65	5,08	10,16	16,59	14,8	41	13	44 537 (4 540)
2ПР-19,05-7200	19,05	12,70	5,88	11,91	11,91	25,5	54	18	70 631 (7 200)
2ПР-25,4-11340	25,4	15,88	7,95	15,88	29,29	24,2	68	22	111 245 (11 340)
2ПР-31,75-17700	31,75	19,05	9,55	19,05	35,76	30,2	82	24	173 637 (17 700)
2ПР-38,1-25400	38,1	25,40	11,12	22,23	45,44	36,2	104	30	249 174 (25 400)
2ПР-44,45-34480	44,45	25,40	12,72	25,40	48,87	42,4	110	34	338 248 (34 480)
2ПР-50,8-45380	50,8	31,75	14,29	28,58	58,55	48,3	130	38	444 981 (45 360)

Примечание. Допускается снижение разрушающей нагрузки переходных звеньев на 20%.

48. Цепи однорядные и двухрядные типа ПВ ( $t = 9,525$  мм)

Однорядная цепь		Двухрядная цепь						
* Размер для справок		Размеры, мм						
Обозначение цепи	$B_{вн}$ не менее	$d$	$d_1$	$A$	$h$	$b$	$b_1$	Разрушаю- щая нагруз- ка, Н (кгс), не менее
					не более			
ПВ—9,525—1100	7,60	3,59	5	—	8,80	18,5	10	10 791 (1100)
ПВ—9,525—1200	9,52	4,45	6	—	9,85	21,2	12	11 772 (1200)
2ПВ—9,525—1800	5,20	4,45	6	10,75	9,85	27,5	8,5	17 658 (1800)

подвод смазки к шарнирам цепи, что сокращает срок службы передачи.

Цепные передачи применяют при сравнительно больших межосевых расстояниях, когда зубчатые передачи невозможно использовать вследствие их громоздкости, а ременные передачи — в связи с требованиями компактности или постоянства передаточного отношения.

По конструкции различают приводные цепи: роликовые, втулочные, зубчатые и фасонно-звенные.

Однорядные роликовые цепи типа ПРЛ, ПР и двухрядные типа ПР (табл. 47), а также трехрядные и четырехрядные типа ПП выпускают по ГОСТ 13568—75. Однорядные и двухрядные втулочные цепи типа ПВ (табл. 48) поставляют по ГОСТ 13568—75.

Тяговые пластинчатые цепи (втулочные и роликовые) выпускают по ГОСТ 588—81; этот ГОСТ распростра-

няется на тяговые пластинчатые втулочные, роликовые и катковые цепи (с гладкими катками и подшипниками скольжения), применяемые в подъемно-транспортных машинах и других механизмах.

Приводные зубчатые цепи (рис. 14) выпускают по ГОСТ 13552—81. Эти цепи работают плавно, с небольшим шумом, обеспечивают высокую кинематическую точность передачи вследствие равномерного изменения шага в процессе работы, обладают повышенной надежностью.

Звездочки приводных роликовых и втулочных цепей выполняют по ГОСТ 591—69, звездочки для пластинчатых цепей — по ГОСТ 592—81, звездочки для зубчатых цепей — по ГОСТ 13576—81.

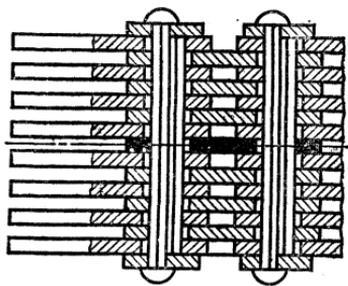
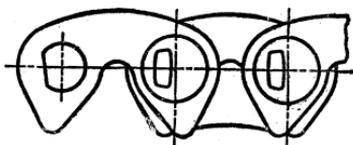


Рис. 14. Зубчатая цепь

#### ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ

ГОСТ 16530—83 устанавливает общие термины, определения и обозначения зубчатых передач различных видов с постоянным передаточным отношением.

*Зубчатая передача* — трехзвенный механизм, в котором два подвижных звена являются зубчатыми колесами, образующими с неподвижным звеном вращательную или поступательную пару.

*Зубчатое зацепление* — кинематическая пара, образованная зубчатыми колесами передачи. *Зубчатая пара* — два сопряженных зубчатых колеса передачи.

*Зубчатое колесо* — зубчатое звено с замкнутой системой зубьев, обеспечивающее непрерывное движение другого зубчатого звена. *Зубчатое звено* — это звено, имеющее один или несколько зубьев. *Зуб* — выступ на звене для передачи движения посредством взаимодействия с соответствующими выступами другого звена.

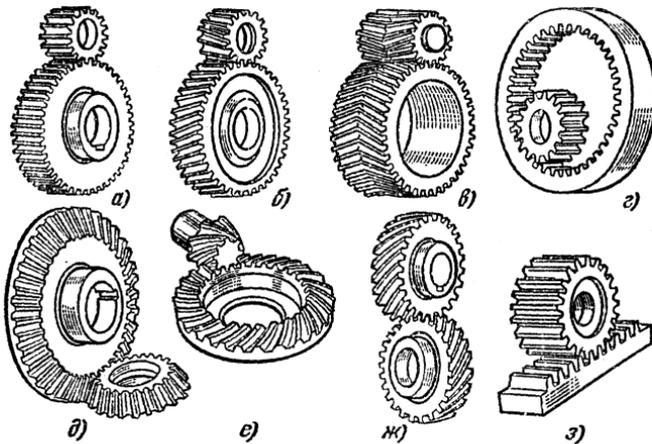


Рис. 15. Зубчатые передачи

*Ведущее зубчатое колесо* — колесо передачи, которое сообщает движение парному зубчатому колесу, *ведомое* — это зубчатое колесо, которому сообщает движение парное зубчатое колесо.

Зубчатое колесо передачи с меньшим числом зубьев называется *шестерней*, а с большим числом — *колесом*. При одинаковом числе зубьев колес передачи шестерней называют ведущее колесо, а колесом — ведомое. В обозначениях индекс 1 принимают для величин, относящихся к шестерне, индекс 2 — для величин, относящихся к колесу; индекс  $n$  — для величин, относящихся к нормальному сечению колеса (шестерни), индекс  $t$  — для величин, относящихся к окружному (торцовому) сечению.

Достоинствами зубчатых передач являются: постоянное передаточное отношение, высокий коэффициент полезного действия, надежность, простота, относительно большой диапазон передаваемой мощности, малые габариты. К недостаткам передач относятся: сравнительная сложность изготовления, требующая специального оборудования и инструмента, повышенный шум при высоких скоростях вследствие неточности изготовления, необходимость точного монтажа.

Зубчатые передачи по расположению осей подразделяются на *зубчатые передачи с параллельными осями*

(рис. 15, а—г); *зубчатые передачи с пересекающимися осями* (рис. 15, д, е); *зубчатые передачи со скрещивающимися осями* (рис. 15, ж). К зубчатым передачам с параллельными осями относятся *цилиндрические зубчатые передачи* (рис. 15, а—г, з); к передачам с пересекающимися осями относятся *конические зубчатые передачи* (рис. 15, д, е) и *смешанные конические передачи*; к передачам со скрещивающимися осями относятся *винтовые зубчатые передачи* (рис. 15, ж), *гиперболоидные зубчатые передачи*, *гипоидные*, *червячные* (рис. 16) и *спиройдные*.

По форме расположения зуба на зубчатом колесе различают: *прямые* (см. рис. 15, а, г, д, з), *винтовые* (рис. 15, б, в, е, ж) и *криволинейные* зубья.

В зависимости от взаимного расположения зубчатых колес различают зубчатые передачи с *внешним* (рис. 15, а—в, д—з) и *внутренним* зацеплением (рис. 15, г). Признаком передачи с внешним зацеплением является вращение ее зубчатых колес в противоположные стороны, а передачи с внутренним зацеплением — в одном направлении.

Разновидностью зубчатой передачи является *реечная передача* (рис. 15, з), состоящая из сцепляющихся между собой шестерни и рейки и служащая для преобразования вращательного движения шестерни в возвратно-поступательное движение рейки, или наоборот.

Зубчатые передачи применяют не только в виде пары сцепляющихся зубчатых колес, но и в более сложных сочетаниях, образующих многоступенчатые зубчатые передачи, а также планетарные передачи, включающие в себя зубчатые колеса с перемещающимися геометрическими осями, и волновые передачи, в которых одно из зубчатых колес представляет собой гибкий венец.

ГОСТ 16531—83 устанавливает термины, определения и обозначения цилиндрических зубчатых передач.

Различают следующие виды цилиндрических зубчатых передач: *реечная цилиндрическая зубчатая передача*,

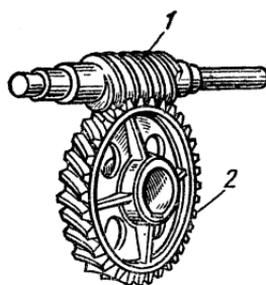


Рис. 16. Червячная передача:

1 — червяк; 2 — червячное колесо

червячные (рис. 16)

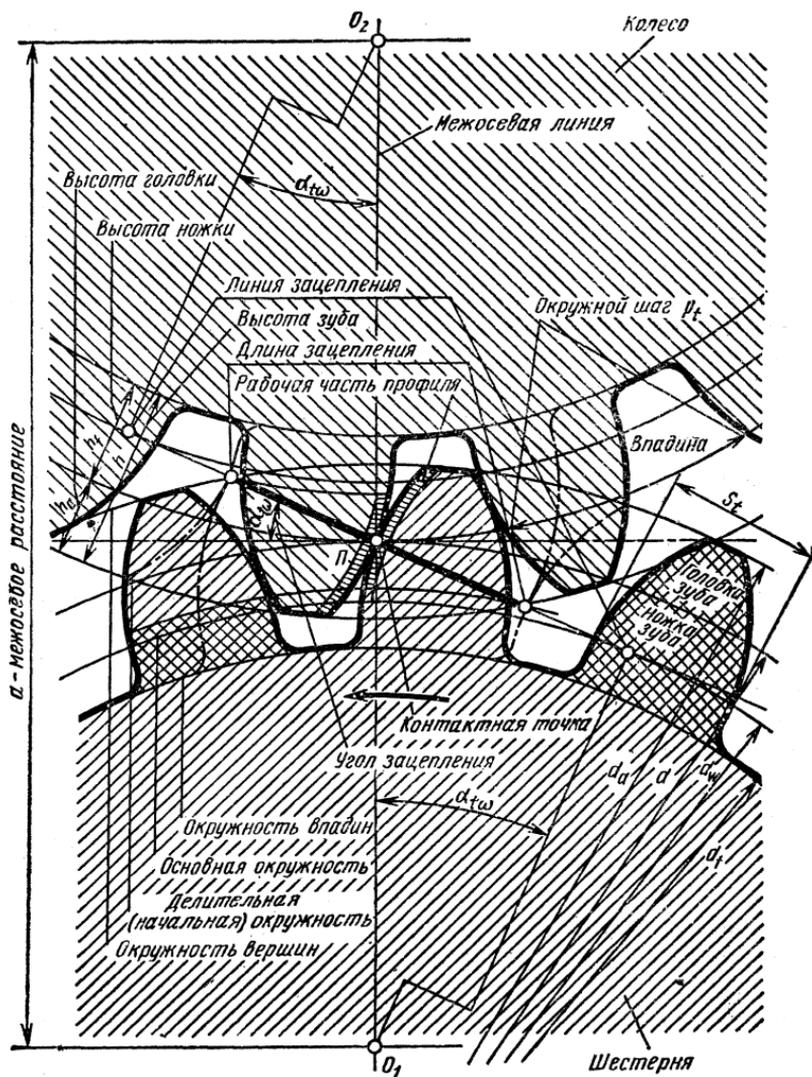


Рис. 17. Элементы зубчатых колес и зубчатого зацепления

одним из звеньев которого является зубчатая рейка (рис. 15, з); прямозубая цилиндрическая передача (рис. 15, а, г); косозубая цилиндрическая передача (рис. 15, б); шевронная зубчатая передача (рис. 15, в) и др.

На рис. 17 представлены основные элементы и параметры цилиндрических зубчатых колес и цилиндрического зубчатого зацепления, определяемого ГОСТ 16531—83 и ГОСТ 16530—83.

*Диаметр* цилиндрического зубчатого колеса — диаметр концентрической окружности зубчатого колеса. *Концентрическая окружность* — это окружность с центром на оси зубчатого колеса, лежащая в торцовом сечении. Различают: *окружность впадин*, определяемую диаметром  $d_f$ ; *основную окружность*, определяемую диаметром  $d_b$ , *делительную (начальную) окружность*, определяемую диаметром  $d$ .

*Делительное межосевое расстояние  $a$*  цилиндрической зубчатой передачи — это межосевое расстояние, равное полусумме делительных диаметров  $d$  при внешнем зацеплении (полуразности при внутреннем зацеплении).

*Высота зуба* цилиндрического зубчатого колеса  $h$  — расстояние между окружностями вершин зубьев и впадин цилиндрического зубчатого колеса.

*Высота делительной головки (ножки) зуба* цилиндрического зубчатого колеса  $h_a$  ( $h_f$ ) — расстояние между делительной окружностью цилиндрического зубчатого колеса и его окружностью вершин (впадин).

*Межосевая линия* — прямая линия, пересекающая оси зубчатых колес передачи под прямым углом.

*Окружной шаг зубьев* — расстояние между одноименными профилями соседних зубьев по дуге концентрической окружности зубчатого колеса. Различают делительный, начальный и другие окружные шаги зубьев, соответствующие делительной, начальной и другим концентрическим окружностям зубчатого колеса.

*Окружная толщина зуба* — расстояние между разноименными профилями зуба по дуге концентрической окружности зубчатого колеса. Различают делительную, начальную и другие окружные толщины зубьев.

*Ширина венца* цилиндрического зубчатого колеса — наибольшее расстояние между торцами зубьев цилиндрического колеса по линии, параллельной его оси.

*Угол зацепления  $\alpha_{tw}$*  — острый угол в главном сечении эвольвентной цилиндрической зубчатой передачи между линией зацепления и прямой, перпендикулярной к межосевой линии.

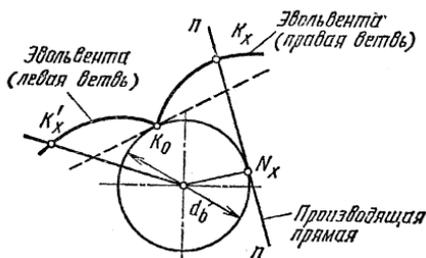


Рис. 18. Схема образования эвольвентных окружностей

ба зубчатого колеса, в которых в данный момент происходит взаимодействие зубьев зубчатых колес передачи.

*Рабочий профиль зуба* — профиль зуба, расположенный на его рабочей стороне.

*Профиль боковой поверхности зуба* — линия пересечения боковой поверхности зуба и заданной поверхности, отличной от делительной, начальной и однотипной соосных поверхностей зубчатого колеса.

*Нормальный профиль зуба* — линия сечения боковой поверхности зуба плоскостью, нормальной к линии зуба.

По форме кривой, использованной для торцового профиля зуба, различают передачи: *эвольвентные, циклоидные, с профилем по дуге окружности* и др. Среди цилиндрических передач особое распространение получили эвольвентные цилиндрические передачи, которые имеют значительные преимущества перед другими передачами, так как в определенных пределах допускают изменение межосевого расстояния, сохраняя постоянство передаточного отношения в процессе зацепления, и обладают хорошими эксплуатационными качествами, кроме того, изготовление эвольвентных колес и инструмента для их нарезания наиболее простое.

*Эвольвентной окружностью* называется кривая, описываемая любой точкой прямой линии при перекатывании ее без скольжения по окружности. При этом прямая линия является производящей прямой, т. е. линией зацепления. На рис. 18 изображены основная окружность и производящая прямая (последняя дана штрихами в начальном положении и сплошной линией в произвольном положении  $K_x N_x$ ). При качении производящей прямой (линия

*Линия зацепления* — траектория общей точки контакта зубьев при ее движении относительно неподвижной зубчатой передачи, которая при линейном контакте определяется в ее главном сечении.

*Контактная точка* — одна из точек поверхности (профиля) зу-



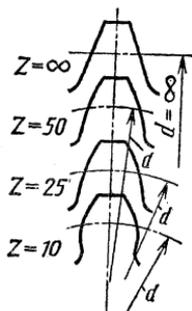


Рис. 20. Зависимость формы профиля зубьев от их числа

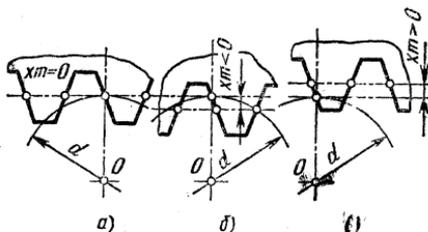


Рис. 21. Схемы смещения колес зубчатых передач

переходной кривой ( $\rho_f^* = 0,38$ ); коэффициент глубины захода  $h_w$  зубьев в паре исходных контуров ( $h_w = 2$ ); коэффициент радиального зазора  $c$  в паре исходных контуров ( $c^* = 0,25$ ). Шаг рейки

$$p = \pi m,$$

где  $m$  — модуль.

Форма эвольвентного профиля зубьев при заданном угле профиля и модуле зависит от числа зубьев  $z$  (рис. 20). При бесконечно большом числе зубьев, что соответствует бесконечно большому диаметру делительной окружности ( $d = zm$ ), как было указано выше, эвольвента превращается в прямую линию. С уменьшением числа зубьев увеличивается кривизна эвольвентного профиля и соответственно уменьшается толщина зубьев у основания и у вершины.

Для устранения явлений подрезания зубьев нормального эвольвентного зацепления (для повышения прочности на изгиб и др.) применяют специальные способы исправления, заключающиеся в том, что инструмент устанавливается с некоторым смещением в радиальном направлении.

*Подрезание зубьев* — это срезание части номинальной поверхности у основания зуба обрабатываемого зубчатого колеса в результате интерференции зубьев при станочном зацеплении.

*Интерференция зубьев* — явление, состоящее в том, что при рассмотрении теоретической картины зубчатого зацепления часть пространства оказывается одновременно занятой двумя взаимодействующими зубьями.

**49. Ряд модулей зубчатых зацеплений  
(ГОСТ 9563—60)**

Размеры, мм

Ряд 1	Ряд 2								
0,05	—	0,25	—	1,25	—	6	—	32	—
—	0,055	—	0,28	—	1,375	—	7	—	36
0,06	—	0,3	—	1,5	—	8	—	40	—
—	0,07	—	0,35	—	1,75	—	9	—	45
0,08	—	0,4	—	2	—	10	—	50	—
—	0,09	—	0,45	—	2,25	—	11	—	55
0,1	—	0,5	—	2,5	—	12	—	60	—
—	0,11	—	0,55	—	2,75	—	14	—	70
0,12	—	0,6	—	3	—	16	—	80	—
—	0,14	—	0,7	—	3,5	—	18	—	90
0,15	—	0,8	—	4	—	20	—	100	—
—	0,18	—	0,9	—	4,5	—	22	—	—
0,2	—	1	—	5	—	25	—	—	—
—	0,22	—	1,125	—	5,5	—	28	—	—

*Смещение исходного контура* — расстояние по нормали между делительной поверхностью цилиндрического зубчатого колеса и делительной плоскостью теоретической исходной зубчатой рейки при ее номинальном положении.

*Коэффициент смещения исходного контура  $x$*  — отношение смещения исходного контура к нормальному модулю цилиндрического зубчатого колеса.

*Окружной (осевой, нормальный) модуль зубьев  $m_t$  ( $m_x$ ,  $m_n$ )* — линейная величина, в  $\pi$  раз меньшая окружного (осевого, нормального) шага зубьев. В табл. 49 дан ряд модулей зубчатых зацеплений по ГОСТ 9563—60.

На рис. 21 показаны схемы смещения колес зубчатых передач:

номинальное положение (рис. 21, а), при котором делительная прямая рейки касается делительной окружности колеса (колесо, зубья которого образованы при нормальном положении исходной производящей рейки, называют колесом без смещения);

положение с отрицательным смещением (рис. 21, б), при котором делительная прямая исходного контура пересекает делительную окружность зубчатого колеса (коэффициент смещения  $x < 0$ );

положение с положительным смещением (рис. 21, в), при котором делительная прямая исходного контура не пересекает и не соприкасается с делительной окружностью колеса (коэффициент смещения  $x > 0$ ).

ГОСТ 16532—70 устанавливает метод расчета геометрических параметров зубчатых цилиндрических эвольвентных передач внешнего зацепления.

### подшипники

Опоры вращающихся осей и валов называются *подшипниками*. Подшипники служат также для поддержания различных деталей, вращающихся на осях. По виду трения различают: *подшипники скольжения*, в которых опорная поверхность оси или вала скользит по рабочей поверхности подшипника; *подшипники качения*, в которых используется трение качения благодаря установке шариков или роликов между опорными поверхностями оси или вала и подшипника.

По направлению действия воспринимаемой нагрузки подшипники делят на: *радиальные*, воспринимающие радиальные нагрузки; *упорные*, воспринимающие от вала только осевые нагрузки; *радиально-упорные*, воспринимающие одновременно радиальные и осевые нагрузки.

**Подшипники скольжения.** Подшипники скольжения имеют следующие преимущества: малые размеры; возможность применения разъемных подшипников; высокую частоту вращения (100 000 об/мин и более), возможность работы в воде и агрессивных средах, а также при вибрационных и ударных нагрузках. К недостаткам подшипников скольжения относятся: высокие потери на трение и в связи с этим пониженный КПД; необходимость систематического наблюдения и непрерывной смазки; неравномерный износ подшипников и цапфы; применение для изготовления подшипников дорогостоящих материалов; относительно большая длина цапфы и вкладыша.

Подшипник скольжения в большинстве случаев состоит из корпуса и помещенных в нем вкладышей, на которые непосредственно опираются ось или вал. Корпус обычно выполняют из чугуна; вкладыши для уменьшения трения изготавливают из материалов, которые в паре с цапфой вала имеют малый коэффициент трения.

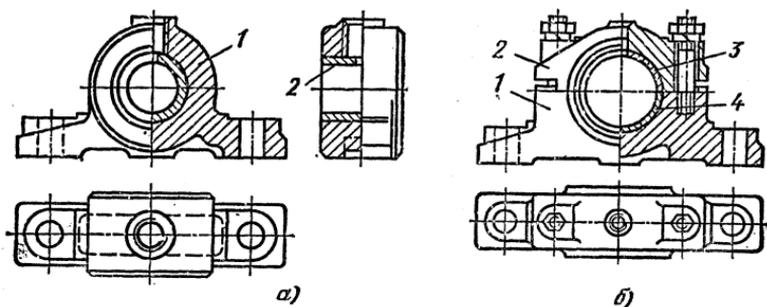


Рис. 22. Подшипники скольжения

Коэффициент трения  $f$  при смазке:

Для стали по чугуну и пластмассе . . . . .	0,15—0,20
По антифрикционному чугуну, бронзе . . . . .	0,10—0,15
По баббиту . . . . .	0,06—0,10

Различают неразъемные подшипники скольжения и разъемные. На рис. 22, а дана конструкция неразъемного подшипника скольжения, состоящего из корпуса 1 и вкладыша 2 (втулки); на рис. 22, б — конструкция разъемного подшипника, состоящего из корпуса 1, крышки 2, вкладышей верхнего 3 и нижнего 4. Крышка крепится шпильками или болтами. Неразъемные подшипники проще по конструкции и дешевле разъемных, но они неудобны при монтаже осей и валов. Разъемные подшипники удобны при монтаже, допускают регулировку зазоров путем сближения крышки и корпуса.

**Подшипники качения.** По сравнению с подшипниками скольжения подшипники качения имеют следующие преимущества: малый коэффициент трения; большую грузоподъемность при меньшей ширине подшипника; незначительный расход смазочных материалов; взаимозаменяемость; простоту монтажа, ухода и обслуживания. К недостаткам относятся: значительно меньшая долговечность при больших частотах вращения и при больших нагрузках; ограниченная способность воспринимать ударные нагрузки; большие наружные диаметры по сравнению с подшипниками скольжения.

По форме тел качения подшипники качения делят на шариковые и роликовые. Ролики могут быть цилиндрические короткие, цилиндрические длинные, витые, игольчатые, бочкообразные и конические.

По числу рядов тел качения различают *однорядные, двухрядные* и *четырёхрядные* подшипники.

По способу компенсации перекосов вала подшипники делят на *несамоустанавливающиеся* и *самоустанавливающиеся* (со сферической внутренней поверхностью наружного кольца у радиальных подшипников).

По направлению воспринимаемой нагрузки изготовляют *радиальные, радиально-упорные* и *упорные подшипники*.

По радиальным габаритам при одинаковом внутреннем диаметре подшипники делят на следующие серии: *сверхлегкие, особолегкие, легкие, средние, тяжелые*; по ширине подшипники различают: *узкие, нормальные, широкие* и *особоширокие*.

Маркировка подшипников качения отражает основные параметры и конструктивные особенности подшипников. Обозначения наносят на торец колец подшипников. Первые две цифры, считая справа налево, означают внутренний диаметр подшипника. Для подшипников с внутренним диаметром от 20 до 495 мм эти две цифры следует умножить на 5, чтобы получить фактический внутренний диаметр в миллиметрах. Для подшипников с диаметром от 20 мм принято следующее обозначение внутреннего диаметра:

Маркировка . . . . .	00	01	02	03
Фактический диаметр, мм . . . . .	10	12	15	17

Третья цифра справа указывает серию подшипника по диаметральным размерам и ширине. Приняты следующие обозначения: 1 — особо легкая серия; 2 — легкая серия; 3 — средняя серия; 4 — тяжелая серия; 5 — легкая широкая серия; 6 — средняя широкая серия.

Четвертая цифра справа означает тип подшипника. Приняты следующие обозначения типов: 0 — радиальный шариковый однорядный; 1 — радиальный шариковый двухрядный сферический; 2 — радиальный с короткими цилиндрическими роликами; 3 — радиальный двухрядный сферический с бочкообразными роликами; 4 — радиальный роликовый с длинными цилиндрическими роликами и игольчатый; 5 — радиальный с витыми роликами; 6 — радиально-упорный шариковый; 7 — роликовый ко-

нический радиально-упорный; 8 — упорный шариковый; 9 — упорный роликовый.

Пятая и шестая цифры справа характеризуют конструктивные особенности подшипника.

Седьмая цифра справа означает серию подшипника по ширине.

**Выбор подшипников качения.** При выборе типа и размеров шарико- и роликоподшипников (табл. 50) необходимо учитывать следующие факторы:

величину и направление нагрузки (радиальная, осевая, комбинированная);

характер нагрузки (постоянная, переменная, ударная);

частоту вращения кольца подшипника;

необходимую долговечность (желаемый срок службы, выраженный в часах или миллионах оборотов);

окружающую среду (температуру, влажность, кислотность и т. п.);

особые требования к подшипнику, предъявляемые конструкцией узла машины или механизма (необходимость самоустанавливаемости подшипника в опоре с целью компенсации перекосов вала или корпуса, обеспечение перемещения вала в осевом направлении и т. п.).

Подшипники выбирают в следующем порядке:

намечают тип подшипника, исходя из условий эксплуатации и конструкции конкретного подшипникового механизма;

определяют типоразмер подшипника в зависимости от величины и направления действующих нагрузок, частоты вращения и требуемого срока службы;

назначают класс точности подшипника с учетом требований к точности вращения механизма.

Исходя из действующих радиальных и осевых нагрузок, вычисляют приведенную нагрузку, которая будучи приложена к подшипнику при вращении внутреннего кольца и неподвижном наружном кольце обеспечивала бы такую же долговечность, какую достигает подшипник в действительных условиях нагружения и вращения.

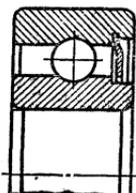
По приведенной нагрузке, частоте вращения подшипника и требуемому сроку службы рассчитывают необходимую грузоподъемность, являющуюся основной характеристикой подшипника. По найденной динамической грузоподъемности по соответствующему ГОСТу выбирают

## 50. Основные типы подшипников качения

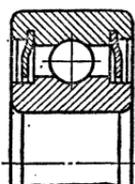
## Шариковые радиальные однорядные подшипники



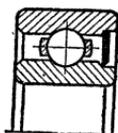
(ГОСТ 8338—75)



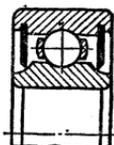
Тип 60 000 с за-  
щитными шайба-  
ми  
(ГОСТ 7242—81)



Тип 80 000

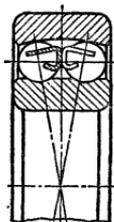


Тип 16 000  
с уплотнением  
(ГОСТ 8882—75)



Тип 18 000

## Шариковые радиально-упорные подшипники



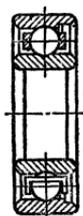
Тип 1000 с ци-  
линдрическим от-  
верстием  
(ГОСТ 5720—75)



Тип 111 000  
с коническим от-  
верстием  
(ГОСТ 5720—75)

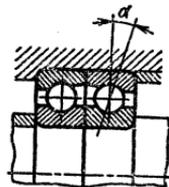
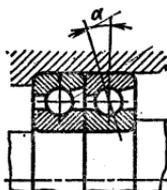
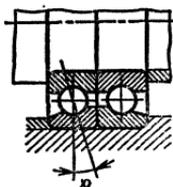
Продолжение табл. 50

**Шариковые радиально-упорные подшипники**



Тип 36 000, 46 000, 66 000

Однорядные (ГОСТ 831—75)



Типы:

23 600 ( $\alpha = 12^\circ$ )

336 000 ( $\alpha = 12^\circ$ )

436 000 ( $\alpha = 12^\circ$ )

24 600 ( $\alpha = 26^\circ$ )

346 000 ( $\alpha = 26^\circ$ )

446 000 ( $\alpha = 26^\circ$ )

26 600 ( $\alpha = 36^\circ$ )

366 000 ( $\alpha = 36^\circ$ )

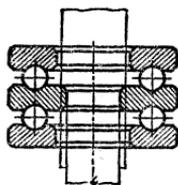
466 000 ( $\alpha = 36^\circ$ )

Сдвоенные (ГОСТ 832—78)

**Шариковые упорные подшипники**



Одинарные (ГОСТ 6874—75)



Двойные (ГОСТ 7872—75)

Продолжение табл. 50

## Роликовые радиальные подшипники



Тип 2000



Тип 12 000

Однорядные с короткими цилиндрическими роликами  
(ГОСТ 8328—75)

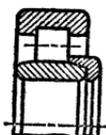


Тип 32 000



Тип 42 000

Однорядные с короткими цилиндрическими роликами  
(ГОСТ 8328—75)



Тип 52 000



Тип 62 000

Однорядные с короткими цилиндрическими роликами  
(ГОСТ 8328—75)



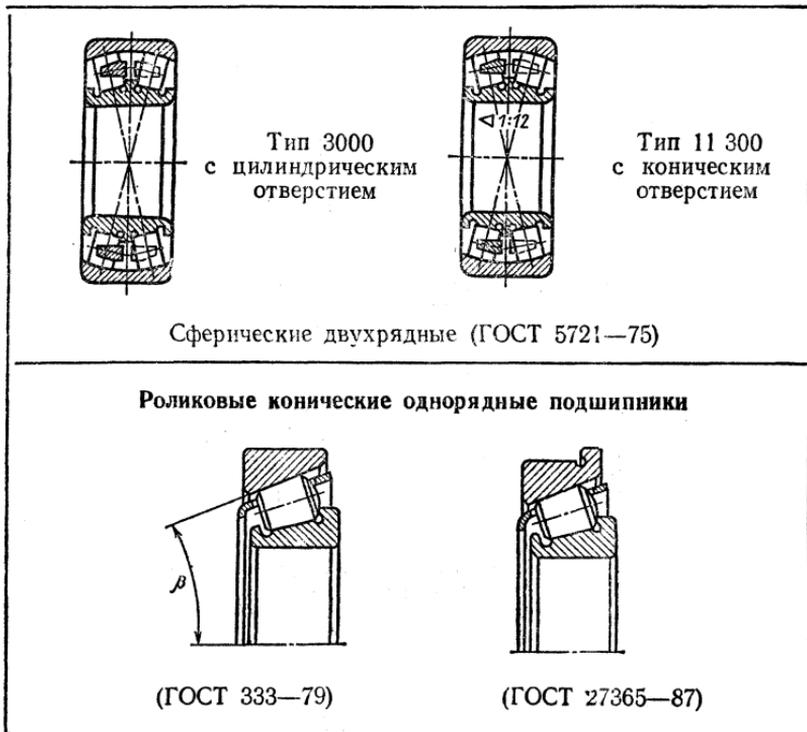
Тип 92 000



Тип 102 000

Однорядные с короткими цилиндрическими роликами  
(ГОСТ 8328—75)

Продолжение табл. 50



конкретный типоразмер подшипника и его габаритные размеры.

Методика расчета и подбора стандартных подшипников качения определена ГОСТ 18854—82 и ГОСТ 18855—82.

## ДОПУСКИ, ПОСАДКИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

### ДОПУСКИ И ПОСАДКИ

**Понятие о взаимозаменяемости.** Взаимозаменяемостью называется свойство конструкции составной части изделия, обеспечивающее возможность ее применения вместо другой без дополнительной обработки, с сохранением заданного качества изделия, в состав которого она входит. Взаимозаменяемость может быть полной и неполной (ограниченной).

При полной взаимозаменяемости любой элемент изделия из партии может быть поставлен на соответствующее место в изделии без дополнительной обработки, пригонки, подбора или регулирования. Такая взаимозаменяемость достигается тогда, когда форма, размеры, механические, электрические и другие характеристики элементов находятся в заданных пределах, а сборочные изделия удовлетворяют техническим требованиям.

Неполная (ограниченная) взаимозаменяемость допускает групповой подбор элементов, пригонку, регулирование и применение компенсаторов.

Взаимозаменяемость базируется на стандартизации, нормативно-техническим документом которой является стандарт, устанавливающий комплекс норм, правил и требований к объекту стандартизации.

Вопросы взаимозаменяемости в машиностроении и приборостроении регламентируют системы стандартов: «Основные нормы взаимозаменяемости» (ОНВ) и «Единая система допусков и посадок» (ЕСДП). При составлении стандартов используют стандарты, разрабатываемые Международной организацией по стандартизации ИСО.

**Основные положения и определения по ЕСДП.** ЕСДП распространяется на гладкие сопрягаемые и несопрягаемые элементы деталей с номинальными размерами до 10 000 мм. Систему регламентируют: ГОСТ 25346—82 — общие положения, ряды допусков и основных отклонений; ГОСТ 25347—82 — поля допусков и рекомендуемые посадки; ГОСТ 25348—82 — ряды допусков, основных отклонений и поля допусков для размеров свыше 3150 мм.

*Размер* — числовое значение линейной величины (диаметр, длина и т. д.) в выбранных единицах измерения.

*Действительный размер* — размер, установленный измерением с допустимой погрешностью.

*Предельные размеры* — два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер.

*Наибольший предельный размер* — больший из двух предельных размеров.

*Наименьший предельный размер* — меньший из двух предельных размеров.

*Номинальный размер* — размер, который служит началом отсчета отклонения и относительно которого определяются предельные размеры. Его определяют исходя из функционального назначения детали или сборочной единицы путем расчета. Общий номинальный размер для отверстия и вала, составляющих соединение, называют *номинальным размером соединения*. Номинальные размеры указывают на чертежах деталей и сборочных единиц. Номинальный размер отверстия обозначают латинской прописной буквой *D*, вала — латинской строчной буквой *d*. Термин *отверстие* применяют для обозначения внутренних (охватываемых) элементов деталей, а термин *вал* — для наружных (охватываемых) элементов деталей.

Номинальные размеры, полученные расчетом, округляют так, чтобы они соответствовали значениям рядов нормальных линейных размеров, указанных в ГОСТ 6636—69. Ряды нормальных линейных размеров построены на основе предпочтительных чисел, представляющих собой десятичные ряды, геометрических прогрессий со знаменателями  $\varphi$ :  $\sqrt[5]{10} \approx 1,6$  для ряда R5;  $\sqrt[10]{10} \approx 1,25$  для ряда R10;  $\sqrt[20]{10} \approx 1,12$  для ряда R20;  $\sqrt[40]{10} \approx 1,06$  для ряда R40. Полученные значения чисел округляют. При выборе предпочтение отдают ряду с более крупной градацией, т. е. ряд R5 следует предпочитать ряду R10, и т. д.

*Отклонение* — алгебраическая разность между размером (действительным, предельным и т. д.) и соответствующим номинальным размером.

*Действительное отклонение* — алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами.

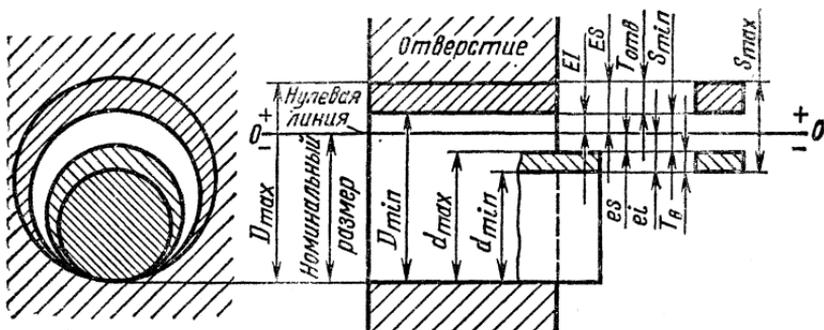


Рис.1. Схема расположения полей допусков

*Предельное отклонение* — алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами. Различают верхнее и нижнее отклонение.

*Верхнее отклонение* — алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами. Верхнее отклонение отверстия обозначают буквами ES ( $ES = D_{\max} - D$ ), вала — es ( $es = d_{\max} - d$ ) (рис. 1).

*Нижнее отклонение* — алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами. Нижнее отклонение отверстия обозначают буквами EI ( $EI = D_{\min} - D$ ), вала — ei ( $ei = d_{\min} - d$ ) (рис. 1).

*Нулевая линия* — линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладываются отклонения размеров при графическом изображении допусков в посадок (см. рис. 1).

*Допуск* — разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная величина алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями. Допуск размера отверстия  $T_D = D_{\max} - D_{\min}$  или  $T_D = ES - EI$ ; допуск размера вала  $T_d = d_{\max} - d_{\min}$  или  $T_d = es - ei$ .

*Поле допуска* — поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Положение поля допуска относительно нулевой линии, зависящее от номинального размера, обозначают буквами латинского алфавита (или в некоторых случаях двумя буквами): прописными для отверстия и строчными для вала (рис. 2).

Верхнее или нижнее отклонение, используемое для определения поля допуска относительно нулевой линии,

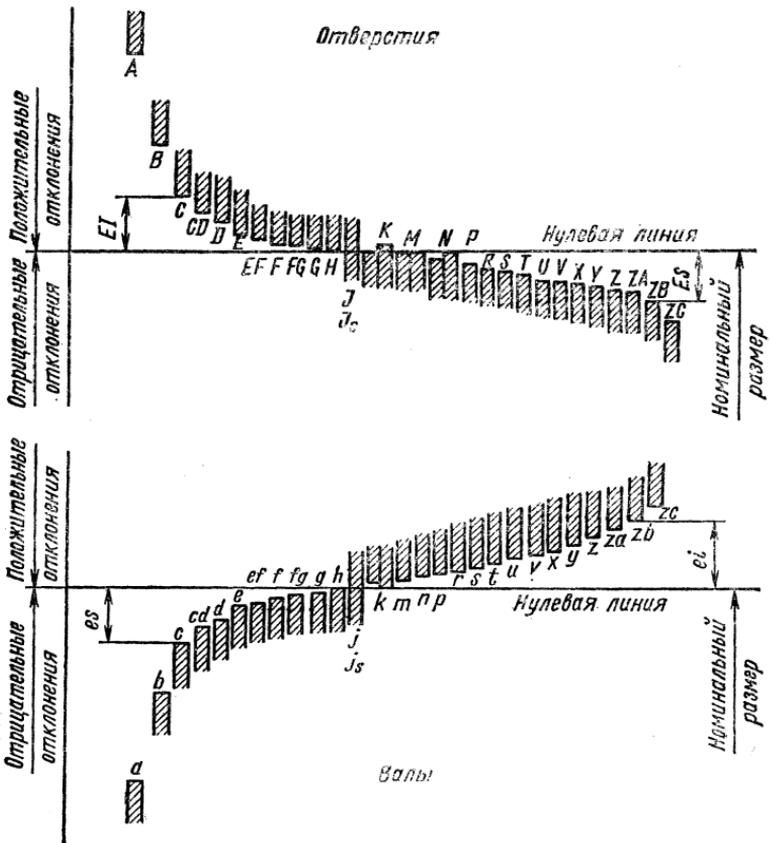


Рис. 2. Расположение полей допусков относительно нулевой линии для данного интервала диаметров

называют *основным отклонением*. В ЕСДП основным отклонением является отклонение поля допуска, ближайшее к нулевой линии. Это нижнее отклонение EI для отверстий от A до H или верхнее отклонение ES для отверстий от J до ZC; верхнее отклонение es для валов от a до h и нижнее отклонение ei для валов от j до zc (рис. 2).

*Отверстие*, нижнее отклонение которого равно нулю, называют *основным* и обозначают буквой H.

*Вал*, верхнее отклонение которого равно нулю, называют *основным* и обозначают буквой h.

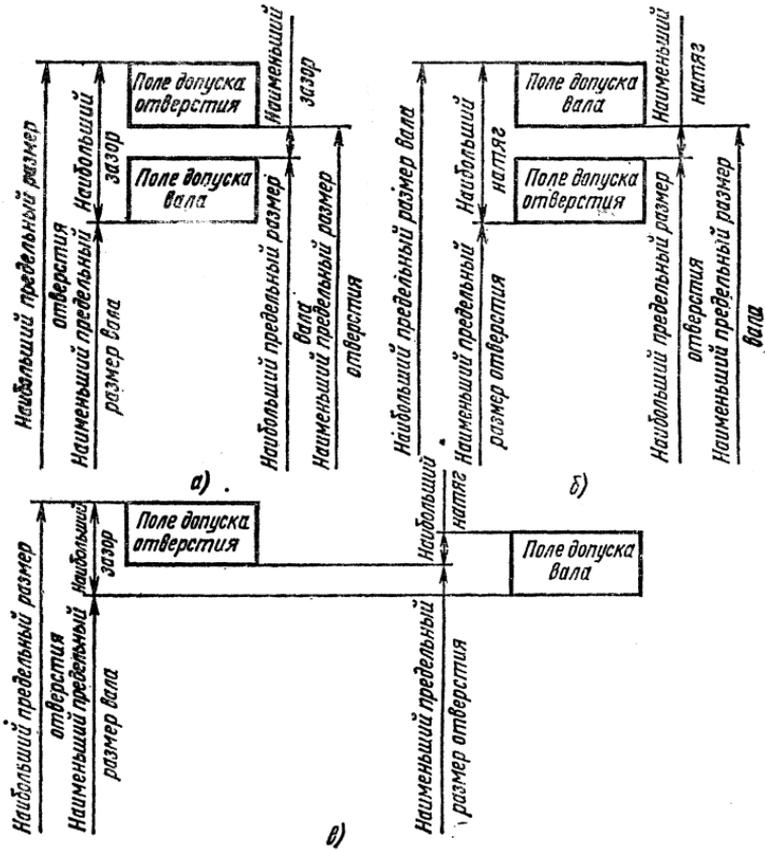


Рис. 3. Типы посадок

а — с зазором; б — с натягом; в — переходная

**Посадка** — характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов. В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала посадки бывают с зазором, натягом и переходные.

**Зазор** — разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала.

**Натяг** — разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия.

**Посадка с зазором** — посадка, при которой обеспечивается зазор в соединении (рис. 3, а). К этой группе от-

носят также посадки, в которых нижняя граница поля допуска отверстия совпадает с верхней границей поля допуска вала. Для образования посадок с зазорами используют поля допусков  $a-h$  ( $A-H$ ).

*Посадка с натягом* — посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении (рис. 3, б). Для образования таких посадок используют поля допусков  $p-zc$  ( $P-ZC$ ).

*Переходная посадка* — посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга (рис. 3, в). При таких посадках поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью. Для образования переходных посадок обычно применяют поля допусков  $j-n$  ( $J-N$ ).

*Наибольший зазор* — разность между наибольшим предельным размером отверстия и наименьшим предельным размером вала ( $S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}$ ) или алгебраическая разность между верхним отклонением отверстия и нижним отклонением вала ( $S_{\max} = ES - ei$ ) (рис. 3, а, в).

*Наименьший зазор* — разность между наименьшим предельным размером отверстия и наибольшим предельным размером вала ( $S_{\min} = D_{\min} - d_{\max}$ ) или алгебраическая разность между нижним отклонением отверстия и верхним отклонением вала ( $S_{\min} = EI - es$ ) (рис. 3, а).

*Допуск зазора (посадки)* — разность между наибольшим и наименьшим зазорами ( $T_S = S_{\max} - S_{\min}$ ) или сумма допусков отверстия и вала ( $T_S = T_D + T_d$ ).

*Наибольший натяг* — разность между наибольшим предельным размером вала и наименьшим предельным размером отверстия ( $N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}$ ) или алгебраическая разность между верхним отклонением вала и нижним отклонением отверстия ( $N_{\max} = es - EI$ ) (рис. 3, б, в).

*Наименьший натяг* — разность между наименьшим предельным размером вала и наибольшим предельным размером отверстия ( $N_{\min} = d_{\min} - D_{\max}$ ) или алгебраическая разность между нижним отклонением вала и верхним отклонением отверстия ( $N_{\min} = ei - ES$ ) (рис. 3, б).

*Допуск натяга (посадки)* — разность между наибольшим и наименьшим натягами ( $T_N = N_{\max} - N_{\min}$ ) или сумма допусков вала и отверстия ( $T_N = T_d + T_D$ ).

*Системы образования посадок.* Различают две системы образования посадок: систему отверстия и систему вала.

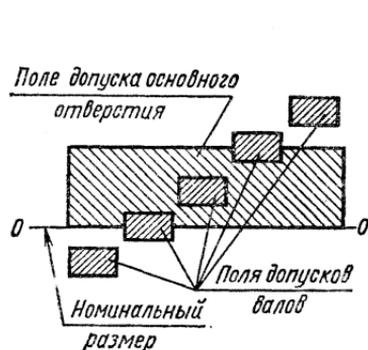


Рис. 4. Посадки в системе отверстия

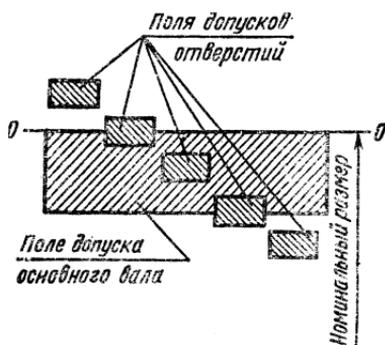


Рис. 5. Посадки в системе вала

*Посадки в системе отверстия* — посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием (рис. 4).

*Посадки в системе вала* — посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных отверстий с основным валом (рис. 5).

**Допуски и отклонения размеров гладких элементов деталей.** Допуск характеризует точность изготовления изделия. Чем меньше допуск, тем труднее изготавливать изделия; но с увеличением допуска, как правило, качество изделия ухудшается. Для нормирования точности изготовления изделий установлены степени точности — *квалитеты*. *Квалитет* — совокупность допусков, соответствующих одинаковой степени точности для всех номинальных размеров. ГОСТ 25346—82 установлено 19 квалитетов: 01, 0, 1, 2, 3, ..., 17. Самый точный — 01; самый грубый — 17 квалитет. Допуск квалитета обозначают латинскими прописными буквами IT и номером квалитета, например: IT5 — допуск 5-го квалитета и т. п. Допуски по квалитетам с IT01 до IT1 назначают на концевые меры длины; IT2—IT4 — на калибры и особо точные изделия; IT5—IT12 — на сопрягаемые детали; IT13—IT17 — для неотчетливых размеров несопрягаемых поверхностей деталей. В табл. 1 приведены числовые значения допусков для размеров до 500 мм.

Из всей совокупности полей допусков, которые могут быть получены различным сочетанием основных отклонений и допусков, ГОСТ 25347—82 установлен ограничи-

1. Значения допусков (в мкм) по ГОСТ 25346—82

Интервалы, разме- ров, мм	Квалитет									
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14
Св. 3 до 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18
» 6 » 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	9	15	22
» 10 » 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27
» 18 » 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33
» 30 » 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39
» 50 » 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46
» 80 » 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54
» 120 » 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63
» 180 » 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72
» 250 » 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81
» 315 » 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89
» 400 » 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97

Интервалы разме- ров, мм	Квалитет								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
До 3	25	40	60	100	140	250	400	600	1000
Св. 3 до 6	30	48	75	120	180	300	480	750	1200
» 6 » 10	36	58	90	150	220	360	580	900	1500
» 10 » 18	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800
» 18 » 30	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100
» 30 » 50	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500
» 50 » 80	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000
» 80 » 120	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500
» 120 » 180	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000
» 180 » 250	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600
» 250 » 315	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200
» 315 » 400	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700
» 400 » 500	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300

Примечание. Для размеров до 1 мм квалитеты от 14-го до 17-го не применяют.

тельный отбор полей допусков. Для номинальных размеров 1—500 мм выделены поля допусков предпочтительного (первоочередного) применения (16 полей допусков для валов и 10 для отверстий). Предпочтительные поля допусков, верхние и нижние отклонения валов и отверстий с номинальными размерами 1—500 мм приведены в табл. 2 и 3.

Посадки назначают либо в системе отверстия (см. рис. 4), либо в системе вала (см. рис. 5). Применение системы отверстия предпочтительно. Для номинальных размеров 1—500 мм рекомендованы 69 посадок в системе отверстия и 61 посадка в системе вала. Предпочтительные (первоочередного применения) посадки приведены в табл. 4.

Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками устанавливает ГОСТ 25670—83, а поля допусков для деталей из пластмасс — ГОСТ 25349—82.

Размер, для которого указывают поле допуска, обозначают числом, за которым следует условное обозначение, состоящее из буквы (иногда из двух букв) и цифры (или двух цифр), обозначающей номер качества, например: 20g6; 20H8; 30h8; 30d11 и т. д.

В обозначении посадки указывают номинальный размер, общий для отверстия и вала (соединяемых элементов), за которым следуют обозначения полей допусков для каждого элемента, начиная с отверстия, например:  $50 \frac{H7}{h6}$ , или 50H7/h6, или 50H7—h6.

Предельные отклонения линейных размеров указывают одним из трех способов: 1) условными обозначениями полей допусков, например: 18H7; 12e8; 2) числовыми значениями предельных отклонений, например:  $18^{+0,018}$ ;  $12_{-0,059}^{-0,032}$ ; 3) условными обозначениями полей допусков с указанием справа в скобках числовых предельных отклонений, например: 12e8( $_{-0,059}^{-0,032}$ ).

**Допуски на угловые размеры.** Ряды нормальных углов и допуски углов регламентирует ГОСТ 8909—81. Стандарт устанавливает 17 степеней точности с расположением допусков углов (AT) в плюсовую сторону (+AT), в минусовую сторону (-AT) или симметрично ( $\pm \frac{AT}{2}$ ) относительно номинального угла. В обоснованных случаях

2. Предпочтительные поля допусков валов  
по ГОСТ 25347—82. Предельные отклонения

Номинальные размеры, мм	Предпочтительные поля допусков							
	g6	h6	J <sub>s</sub> 6	k6	n6	p6	r6	s6
	Предельные отклонения, мкм							
От 1 до 3	-2	0	+3	+6	+10	+12	+16	+20
	-8	-6	-3	0	+4	+6	+10	+14
Св. 3 до 6	-4	0	+4	+9	+16	+20	+23	+27
	-12	-8	-4	+1	+8	+12	+15	+19
Св. 6 до 10	-5	0	+4,5	+10	+19	+24	+28	+32
	-14	-9	-4,5	+1	+10	+15	+19	+23
Св. 10 до 18	-6	0	+5,5	+12	+23	+29	+34	+39
	-17	-11	-5,5	+1	+12	+18	+23	+28
Св. 18 до 30	-7	0	+6,5	+15	+28	+35	+41	+48
	-20	-13	-6,5	+2	+15	+22	+28	+35
Св. 30 до 50	-9	0	+8	+18	+33	+42	+50	+59
	-25	-16	-8	+2	+17	+26	+34	+43
Св. 50 до 65	-10	0	+9,5	+21	+39	+51	+60	+72
							+41	+53
Св. 65 до 80	-29	-19	-9,5	+2	+20	+32	+62	+78
							+43	+59
Св. 80 до 100	-12	0	+11	+25	+45	+59	+73	+93
							+51	+71
Св. 100 до 120	-34	-22	-11	+3	+23	+37	+76	+101
							+54	+79
Св. 120 до 140	-14	0	+12,5	+28	+52	+68	+88	+117
							+63	+92
Св. 140 до 160	-39	-25	-12,5	+3	+27	+43	+90	+125
							+65	+100
Св. 160 до 180							+93	+133
							+68	+108
Св. 180 до 200							+106	+151
							+77	+122
Св. 200 до 225	-15	0	+14,5	+33	+60	+79	+109	+159
							-44	-29
Св. 225 до 250							+113	+169
							+84	+140

Продолжение табл. 2

Номинальные размеры, мм	Предпочтительные поля допусков							
	g6	h6	js6	k6	n6	p6	r6	s6
	Предельные отклонения, мкм							
Св. 250 до 280	-17	0	+16	+36	+66	+88	+125	+190
	-49	-32	-16	+4	+34	+56	+94	+158
Св. 280 до 315							+130	+202
							+98	+170
Св. 315 до 355	-18	0	+18	+40	+73	+98	+144	+226
	-54	-36	-18	+4	+37	+62	+108	+190
Св. 355 до 400							+150	+244
							+114	+208
Св. 400 до 450	-20	0	+20	+45	+80	+108	+166	+272
	-60	-40	-20	+5	+40	+68	+126	+232
Св. 450 до 500							+172	+292
							+132	+252
Номинальные размеры, мм	Предпочтительные поля допусков							
	f7	h7	e8	h8	d9	h9	d11	h11
	Предельные отклонения, мкм							
От 1 до 3	-6	0	-14	0	-20	0	-20	0
	-16	-10	-28	-14	-45	-25	-80	-60
Св. 3 до 6	-10	0	-20	0	-30	0	-30	0
	-22	-12	-38	-18	-60	-30	-105	-75
Св. 6 до 10	-13	0	-25	0	-40	0	-40	0
	-28	-15	-47	-22	-76	-36	-130	-90
Св. 10 до 18	-16	0	-32	0	-50	0	-50	0
	-34	-18	-59	-27	-93	-43	-160	-110
Св. 18 до 30	-20	0	-40	0	-65	0	-65	0
	-41	-21	-73	-33	-117	-52	-195	-130
Св. 30 до 50	-25	0	-50	0	-80	0	-80	0
	-50	-25	-89	-39	-142	-62	-240	-160

Продолжение табл. 2

Номинальные размеры, мм	Предпочтительные поля допусков							
	f7	h7	e8	h8	d9	h9	d11	h11
	Предельные отклонения, мкм							
Св. 50 до 65	-30	0	-60	0	-100	0	-100	0
Св. 65 до 80	-60	-30	-106	-46	-174	-74	-290	-190
Св. 80 до 100	-36	0	-72	0	-120	0	-120	0
Св. 100 до 120	-71	-35	-126	-54	-207	-87	-340	-220
Св. 120 до 140								
Св. 140 до 160	-43	0	-85	0	-145	0	-145	0
Св. 160 до 180	-83	-40	-148	-63	-245	-100	-395	-250
Св. 180 до 200								
Св. 200 до 225	-50	0	-100	0	-170	0	-170	0
Св. 225 до 250	-96	-46	-172	-72	-285	-115	-460	-290
Св. 250 до 280	-56	0	-110	0	-190	0	-190	0
Св. 280 до 315	-108	-52	-91	-81	-320	-130	-510	-320
Мв. 315 до 355	-62	0	-125	0	-210	0	-210	0
Св. 355 до 400	-119	-57	-214	-89	-350	-140	-570	-360
Св. 400 до 450	-68	0	-135	0	-230	0	-230	0
Св. 450 до 500	-131	-63	-232	-97	-385	-155	-630	-400

### 3. Предпочтительные поля допусков отверстий по ГОСТ 25347—82. Предельные отклонения

Номинальные размеры, мм	Предпочтительные поля допусков									
	H7	J <sub>S</sub> 7	K7	N7	P7	F8	H8	E9	H9	H11
	Предельные отклонения, мкм									
От 1 до 3	+10 0	+5 -5	0 -10	-4 -14	-6 -16	+20 +6	+14 0	+39 +14	+25 0	+60 0
Св. 3 до 6	+12 0	+6 -6	+3 -9	-4 -16	-8 -20	+28 +10	+18 0	+50 +20	+30 0	+75 0
Св. 6 до 10	+15 0	+7 -7	+5 -10	-4 -19	-9 -24	+35 +13	+22 0	+61 +25	+36 0	+90 0
Св. 10 до 18	+18 0	+9 -9	+6 -12	-5 -23	-11 -29	+43 +16	+27 0	+75 +32	+43 0	+110 0
Св. 18 до 30	+21 0	+10 -10	+6 -15	-7 -28	-14 -35	+53 +20	+33 0	+92 +40	+52 0	+130 0
Св. 30 до 50	+25 0	+12 -12	+7 -18	-8 -33	-17 -42	+64 +25	+39 0	+112 +50	+62 0	+160 0
Св. 50 до 80	+30 0	+15 -15	+9 -21	-9 -39	-21 -51	+76 +30	+46 0	+134 +60	+74 0	+190 0
Св. 80 до 120	+35 0	+17 -17	+10 -25	-10 -45	-24 -59	+90 +36	+54 0	+159 +72	+87 0	+220 0
Св. 120 до 180	+40 0	+20 -20	+12 -28	-12 -52	-28 -68	+106 +43	+63 0	+185 +85	+100 0	+250 0
Св. 180 до 250	+46 0	+23 -23	+13 -33	-14 -60	-33 -79	+122 +50	+72 0	+215 +100	+115 0	+290 0
Св. 250 до 315	+52 0	+26 -26	+16 -36	-14 -66	-36 -88	+137 +56	+81 0	+240 +110	+130 0	+320 0
Св. 315 до 400	+57 0	+28 -28	+17 -40	-16 -73	-41 -98	+151 +62	+89 0	+265 +125	+140 0	+360 0
Св. 400 до 500	+63 0	+31 -31	+18 -45	-17 -80	-45 -108	+165 +68	+97 0	+290 +135	+155 0	+400 0

**4. Предпочтительные посадки по ГОСТ 25347—82 для номинальных размеров 1—500 мм**

Система отверстия			Система вала			
Посадка с зазором	Переходные посадки	Посадки с натягом	Посадка с зазором		Переходные посадки	Посадки с натягом
$\frac{H7}{e8}; \frac{H7}{f7};$	$\frac{H7}{js6};$	$\frac{H7}{p6};$	$\frac{F8}{h6};$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{J_s7}{h6};$	
$\frac{H7}{g6}; \frac{H7}{h6}; \frac{H8}{h7};$	$\frac{H7}{k6};$	$\frac{H7}{r6};$	$\frac{E9}{h8};$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{K7}{h6};$	$\frac{P7}{h6}$
$\frac{H8}{e8}; \frac{H8}{h8}; \frac{H8}{d9};$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H8}{h8};$	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{N7}{h6}$	
$\frac{H9}{d9}; \frac{H11}{d11}; \frac{H11}{h11}$						

разрешается иное расположение допуска угла. Допуск угла назначают как в угловых, так и в линейных единицах ( $AT_\alpha, AT'_\alpha, AT_h, AT_D$ ). Допуск угла заданной степени точности обозначают указанными выше буквами номером соответствующей степени точности, например  $AT_2, AT_5$  и т. д. При необходимости допуски точнее 1-й степени точности (0; 01) получают последовательным делением допусков 1-й степени точности на коэффициент 1,6 ( $\varphi = 1,6$ , ряд R5).

Допуски углов конусов с конусностью не более 1 : 3 назначают в зависимости от номинальной длины конуса  $L$  (рис. 6, а), а конусов с конусностью более 1 : 3 — в зависимости от длины образующей конуса  $L_1$  (рис. 6, б). Допуски углов призматических элементов деталей назначают в зависимости от номинальной длины меньшей стороны угла (рис. 7).

$AT_h$  — допуск угла, выраженный отрезком на перпендикуляре к стороне угла, противолежащего углу  $AT_\alpha$ , на расстоянии  $L_1$  от вершины этого угла (см. рис. 6, б):

$$AT_h = 10^{-3} AT_\alpha L_1,$$

где  $AT_h$  в мкм;  $AT_\alpha$  в мкрад;  $L_1$  в мм.

$AT_D$  — допуск угла конуса, выраженный допуском на разность диаметров в двух нормальных к оси сечениях

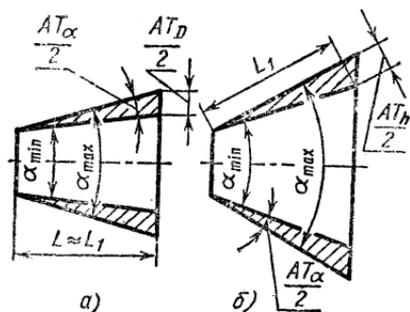


Рис. 6. Допуски углов конусов

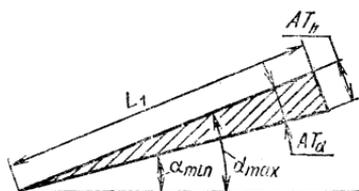


Рис. 7. Допуски углов призматических элементов деталей

конуса на заданном расстоянии  $L$  между ними; определяется по перпендикуляру к оси конуса (см. рис. 6, а). Для конусов с конусностью  $C \leq 1:3$   $AT_D \approx AT_h$ , а для конусов с  $C > 1:3$

$$AT_D = \frac{AT_h}{\cos \alpha/2},$$

где  $\alpha$  — номинальный угол конуса.

Значения  $AT_\alpha$ , полученные округлением точных значений  $AT_\alpha$ , рекомендуются для указания допусков на чертежах. Числовые значения допусков углов ( $AT_\alpha$  и  $AT_\alpha'$ ) приведены в табл. 5.

Допуски и посадки конических соединений регламентирует ГОСТ 25307—82.

Допуски и посадки крепежных метрических резьб. Основным параметром резьбового сопряжения является средний диаметр. Погрешности шага и половины угла профиля, влияющие на взаимозаменяемость, компенсируют изменением среднего диаметра. В связи с этим допуск на средний диаметр называют *комплексным* или *суммарным*. Этот допуск состоит из допустимых отклонений собственного среднего диаметра, а также диаметральных компенсаций погрешностей шага и половины угла профиля. Средний диаметр резьбы, увеличенный у болта и уменьшенный у гайки на суммарную диаметральную компенсацию погрешностей шага и половины профиля, называют *приведенным средним диаметром*  $d_{пр}$  ( $D_{пр}$ ).

Систему допусков для посадок с зазором устанавливает ГОСТ 16093—81; он распространяется на метриче-

Б. Значения допусков углов (в числителе  $AT_{\alpha}$ , мкрад, в знаменателе  $AT'_{\alpha}$ , угл. ед.) по ГОСТ 8908—81

Степень точности	Интервал длин, мм												
	До 10	Св. 10 до 16	Св. 16 до 25	Св. 25 до 40	Св. 40 до 63	Св. 63 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1600	Св. 1600 до 2500
1	$\frac{50}{10''}$	$\frac{40}{8''}$	$\frac{31,5}{6''}$	$\frac{25}{5''}$	$\frac{20}{4''}$	$\frac{16}{3''}$	$\frac{12,5}{2,5''}$	$\frac{10}{2''}$	$\frac{8}{1,5''}$	$\frac{6,3}{1''}$	—	—	—
2	$\frac{80}{16''}$	$\frac{63}{12''}$	$\frac{50}{10''}$	$\frac{40}{8''}$	$\frac{31,5}{6''}$	$\frac{25}{5''}$	$\frac{20}{4''}$	$\frac{16}{3''}$	$\frac{12,5}{2,5''}$	$\frac{10}{2''}$	—	—	—
3	$\frac{125}{26''}$	$\frac{100}{20''}$	$\frac{80}{16''}$	$\frac{63}{12''}$	$\frac{50}{10''}$	$\frac{40}{8''}$	$\frac{31,5}{6''}$	$\frac{25}{5''}$	$\frac{20}{4''}$	$\frac{16}{3''}$	—	—	—
4	$\frac{200}{40''}$	$\frac{160}{32''}$	$\frac{125}{26''}$	$\frac{100}{20''}$	$\frac{80}{16''}$	$\frac{63}{12''}$	$\frac{50}{10''}$	$\frac{40}{8''}$	$\frac{31,5}{6''}$	$\frac{25}{5''}$	$\frac{20}{4''}$	$\frac{16}{3''}$	$\frac{12,5}{2,5''}$
5	$\frac{315}{1'}$	$\frac{250}{50''}$	$\frac{200}{40''}$	$\frac{160}{32''}$	$\frac{125}{26''}$	$\frac{100}{20''}$	$\frac{80}{16''}$	$\frac{63}{12''}$	$\frac{50}{10''}$	$\frac{40}{8''}$	$\frac{31,5}{6''}$	$\frac{25}{5''}$	$\frac{20}{4''}$
6	$\frac{500}{1' 40''}$	$\frac{400}{1' 20''}$	$\frac{315}{1'}$	$\frac{250}{50''}$	$\frac{200}{40''}$	$\frac{160}{32''}$	$\frac{125}{26''}$	$\frac{100}{20''}$	$\frac{80}{16''}$	$\frac{63}{12''}$	$\frac{50}{10''}$	$\frac{40}{8''}$	$\frac{31,5}{6''}$
7	$\frac{800}{2' 30''}$	$\frac{630}{2'}$	$\frac{500}{1' 40''}$	$\frac{400}{1' 20''}$	$\frac{315}{1'}$	$\frac{250}{50''}$	$\frac{200}{40''}$	$\frac{160}{32''}$	$\frac{125}{26''}$	$\frac{100}{20''}$	$\frac{80}{16''}$	$\frac{63}{12''}$	$\frac{50}{10''}$
8	$\frac{1250}{4'}$	$\frac{1000}{3'}$	$\frac{800}{2' 30''}$	$\frac{630}{2'}$	$\frac{500}{1' 40''}$	$\frac{400}{1' 20''}$	$\frac{315}{1'}$	$\frac{250}{50''}$	$\frac{200}{40''}$	$\frac{160}{32''}$	$\frac{125}{26''}$	$\frac{100}{20''}$	$\frac{80}{16''}$

Степень точности	Интервал длин, мм													
	До 10	Св. 10 до 16	Св. 16 до 25	Св. 25 до 40	Св. 40 до 63	Св. 63 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1600	Св. 1600 до 2500	
9	$\frac{2000}{6'}$	$\frac{1600}{5'}$	$\frac{1250}{4'}$	$\frac{1000}{3'}$	$\frac{800}{2' 30''}$	$\frac{630}{2'}$	$\frac{500}{1' 40''}$	$\frac{400}{1' 20''}$	$\frac{315}{1'}$	$\frac{250}{50''}$	$\frac{200}{40''}$	$\frac{160}{32''}$	$\frac{125}{26''}$	
10	$\frac{3150}{10'}$	$\frac{2500}{8'}$	$\frac{2000}{6'}$	$\frac{1600}{5'}$	$\frac{1250}{4'}$	$\frac{1000}{3'}$	$\frac{800}{2' 30''}$	$\frac{630}{2'}$	$\frac{500}{1' 40''}$	$\frac{400}{1' 20''}$	$\frac{315}{1'}$	$\frac{250}{50''}$	$\frac{200}{40''}$	
11	$\frac{5000}{16'}$	$\frac{4000}{12'}$	$\frac{3150}{10'}$	$\frac{2500}{8'}$	$\frac{2000}{6'}$	$\frac{1600}{5'}$	$\frac{1250}{4'}$	$\frac{1000}{3'}$	$\frac{800}{2' 30''}$	$\frac{630}{2'}$	$\frac{500}{1' 40''}$	$\frac{400}{1' 20''}$	$\frac{315}{1'}$	
12	$\frac{8000}{26'}$	$\frac{6300}{20'}$	$\frac{5000}{16'}$	$\frac{4000}{12'}$	$\frac{3150}{10'}$	$\frac{2500}{8'}$	$\frac{2000}{6'}$	$\frac{1600}{5'}$	$\frac{1250}{4'}$	$\frac{1000}{3'}$	$\frac{800}{2' 30''}$	$\frac{630}{2'}$	$\frac{500}{1' 40''}$	
13	$\frac{12\ 500}{40'}$	$\frac{10\ 000}{32'}$	$\frac{8000}{26'}$	$\frac{6300}{20'}$	$\frac{5000}{16'}$	$\frac{4000}{12'}$	$\frac{3150}{10'}$	$\frac{2500}{8'}$	$\frac{2000}{6'}$	$\frac{1600}{5'}$	$\frac{1250}{4'}$	$\frac{1000}{3'}$	$\frac{800}{2' 30''}$	
14	$\frac{20\ 000}{1^\circ}$	$\frac{16\ 000}{50'}$	$\frac{12\ 500}{40'}$	$\frac{10\ 000}{32'}$	$\frac{8000}{26'}$	$\frac{6300}{20'}$	$\frac{5000}{16'}$	$\frac{4000}{12'}$	$\frac{3150}{10'}$	$\frac{2500}{8'}$	$\frac{2000}{6'}$	$\frac{1600}{5'}$	$\frac{1250}{4'}$	
15	$\frac{31\ 500}{1^\circ 40'}$	$\frac{25\ 000}{1^\circ 20'}$	$\frac{20\ 000}{1^\circ}$	$\frac{16\ 000}{50'}$	$\frac{12\ 500}{40'}$	$\frac{10\ 000}{32'}$	$\frac{8000}{26'}$	$\frac{6300}{20'}$	$\frac{5000}{16'}$	$\frac{4000}{12'}$	$\frac{3150}{10'}$	$\frac{2500}{8'}$	$\frac{2000}{6'}$	
16	$\frac{50\ 000}{2^\circ}$	$\frac{40\ 000}{2^\circ}$	$\frac{31\ 500}{1^\circ}$	$\frac{25\ 000}{1^\circ}$	$\frac{20\ 000}{1^\circ}$	$\frac{16\ 000}{40'}$	$\frac{12\ 500}{40'}$	$\frac{10\ 000}{40'}$	$\frac{8000}{20'}$	$\frac{6300}{20'}$	$\frac{5000}{20'}$	$\frac{4000}{10'}$	$\frac{3150}{10'}$	
17	$\frac{80\ 000}{4^\circ}$	$\frac{63\ 000}{4^\circ}$	$\frac{50\ 000}{2^\circ}$	$\frac{40\ 000}{2^\circ}$	$\frac{31\ 500}{2^\circ}$	$\frac{25\ 000}{1^\circ 20'}$	$\frac{20\ 000}{1^\circ 20'}$	$\frac{16\ 000}{1^\circ 20'}$	$\frac{12\ 500}{40'}$	$\frac{10\ 000}{40'}$	$\frac{8000}{40'}$	$\frac{6300}{20'}$	$\frac{5000}{20'}$	

## 6. Степень точности диаметров резьбы по ГОСТ 16093—81

Резьба	Диаметр резьбы	Степень точности
Наружная	Наружный	4; 6; 8
	Средний	3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10 *
Внутренняя	Внутренний	4; 5; 6; 7; 8
	Средний	4; 5; 6; 7; 8; 9 *

\* Только для резьб на деталях из пластмасс.

скую резьбу с профилем по ГОСТ 9150—81, с диаметрами 1—600 мм по ГОСТ 8724—81 и ГОСТ 16967—81, основными размерами по ГОСТ 24705—81 и ГОСТ 24706—81. Допусками ограничивают средний ( $d_2$ ) и наружный ( $d$ ) диаметры болта и средний ( $D_2$ ) и внутренний ( $D_1$ ) диаметры гайки. Допуски устанавливаются по степеням точности, обозначаемыми цифрами (табл. 6).

Схемы расположения полей допусков наружной и внутренней резьбы приведены на рис. 8 и 9. Отклонения отсчитывают от номинального профиля резьбы, показанного на рис. 8 и 9 утолщенной линией, в направлении, перпендикулярном оси резьбы. Расположение полей допусков резьбы относительно номинального профиля определяют основным отклонением (верхним  $e_s$  для наружной резьбы и нижним  $E_I$  — для внутренней) и обозначают буквами латинского алфавита. Положение поля допуска среднего диаметра  $d_2$  и наружного диаметра  $d$  наружной резьбы обозначают буквами  $h, g, f, e, d$ ; положение поля допуска среднего  $D_2$  и внутреннего  $D_1$  диаметров — буквами  $H, G, F, E$ . Верхнее отклонение диаметра  $d_1$  соответствует основному отклонению диаметра  $d_2$ ; нижнее отклонение диаметра  $D$  соответствует основному отклонению диаметра  $D_2$ . Основные отклонения  $E$  и  $F$  установлены только для специального применения при значительных толщинах слоя защитного покрытия.

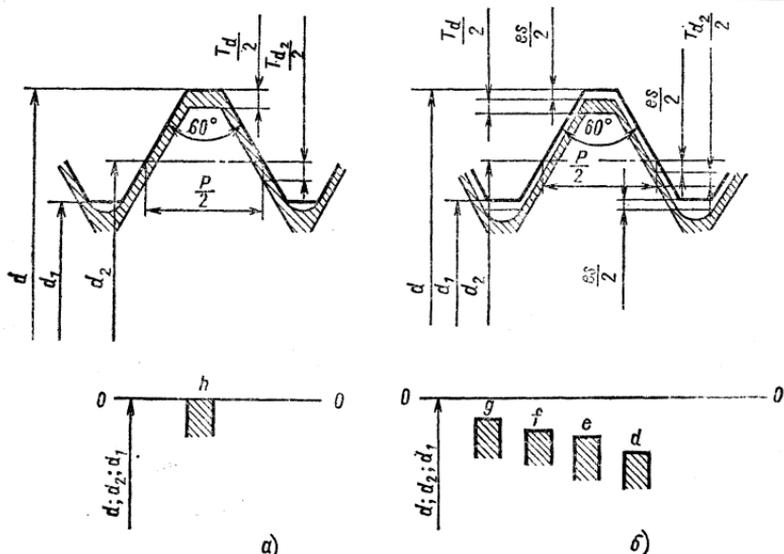


Рис. 8. Схемы расположения полей допусков наружной резьбы (болтов) с основными отклонениями:

$a - h$ ;  $b - d, e, f, g$ ;  $T_d$  и  $T_{d_2}$  — соответственно допуски наружного диаметра  $d$  и среднего диаметра  $d_2$ ;  $es$  — верхнее отклонение диаметров

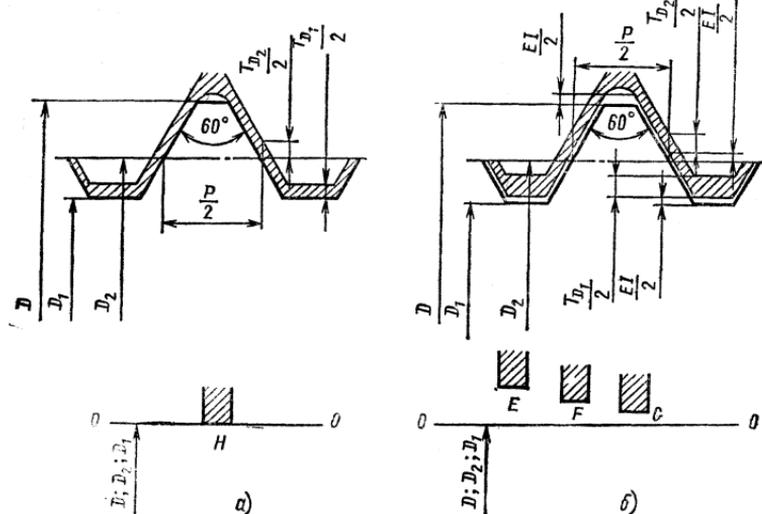


Рис. 9. Схемы расположения полей допусков внутренней резьбы (гаек) с основными отклонениями:

$a - H$ ;  $b - E, F, G$ ;  $T_{D_1}$  и  $T_{D_2}$  — соответственно допуски внутреннего диаметра  $D_1$  и среднего диаметра  $D_2$

7. Поля допусков резьб по ГОСТ 16093—81

Класс точности	Длина свинчивания		
	S (короткие)	N (нормальные)	L (длинные)
	Поля допусков		
<b>Наружная резьба</b>			
Точный	(3h4h)	4g; 4h	(5h4h)
Средний	5g6g; 5h6h	6d; 6e; 6f; <span style="border: 1px solid black;">6g</span> ; 6h;	(7e6e); 7g6g; (7h6h)
Грубый	—	8g; (8h)	(9g8g)
<b>Внутренняя резьба</b>			
Точный	4H	4H5H; 5H	6H
Средний	(5G); 5H	6G; <span style="border: 1px solid black;">6H</span>	(7G); 7H
Грубый	—	7G; 7H	(8G); 8H

**Примечания:** 1. Рамкой обведены поля допусков предпочтительного применения.  
 2. Поля допусков, указанные в скобках, применять не рекомендуется.  
 3. Поле допуска 8h только для резьб с шагом  $P \geq 0,8$  мм; для резьб с шагом  $P < 0,8$  мм применяют поле допуска 8h6h.  
 4. В обоснованных случаях разрешается применять поля допусков резьб, образованные иными сочетаниями указанных в таблице полей допусков, например: 4h6h; 8h6h; 7H6H.  
 5. При длинах свинчивания S и L допускается применять поля допусков, установленные для длин свинчивания N.

Сочетанием основного отклонения и допуска, определяемого степенью точности, образуют поле допуска диаметра резьбы. Обозначение этого поля состоит из цифры, показывающей степень точности, и буквы, обозначающей основное отклонение, например: 6h; 6H; 6g и т. д. Обозначение поля допуска резьбы в целом состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра, помещаемого на первом месте, и обозначения поля допуска наружного диаметра  $d$  для наружной резьбы и внутреннего диаметра  $D_1$  — для внутренней резьбы, например: 7h6h; 5H6H; 4H5H; 7g6g и т. п. Если степени точности и основные отклонения по обоим диаметрам резьбы одинаковы, то они в обозначении поля допуска не повторяются, на-

пример: 5Н; 6Н; 4g и т. д. Обозначение поля допуска резьбы ставят после обозначения ее размера, например: наружная резьба с крупным шагом М12-6g, с мелким шагом М12×1-6g; внутренняя резьба с крупным шагом М12-6Н, с мелким шагом М12×1-6Н; наружная левая резьба с мелким шагом М12×1LH-6g и т. п.

Посадки резьбовых деталей обозначают дробью; в числителе последней указывают обозначение поля допуска внутренней резьбы, в знаменателе — обозначение поля допуска наружной резьбы, например; М12-6Н/6g; М12 × 1-6Н/6g и т. п.

Стандарт устанавливает три класса точности полей допусков наружной и внутренней резьбы: точный, средний и грубый (табл. 7). Поля допусков, приведенные в табл. 7, являются ограничительным отбором из всей совокупности полей допусков, которые могут быть получены различным сочетанием степеней точности и основных отклонений. Поля допусков, не предусмотренные в указанной таблице, являются специальными. Их можно применять только в технически и экономически обоснованных случаях. В посадках разрешаются любые сочетания полей допусков наружной и внутренней резьбы, которые установлены стандартом.

При назначении степени точности резьбы учитывают длину свинчивания. Установлены три группы длин свинчивания: *S* — малые, *N* — нормальные, *L* — большие. К группе *S* относят длину свинчивания до  $2,24P d^{0,2}$ , к группе *N* — длины от  $2,24P d^{0,2}$  до  $6,7P d^{0,2}$  и к группе *L* — длины свыше  $6,7P d^{0,2}$ . Для длин свинчивания группы *S* «грубый» класс точности не применяют. При одном и том же классе точности допуск среднего диаметра для длин свинчивания *S* уменьшают, а для длин *L* увеличивают на одну степень по сравнению с допусками, установленными для нормальных длин свинчивания.

При необходимости длину свинчивания указывают в обозначении резьбы в следующих случаях: 1) если она относится к группе *L*; 2) если она относится к группе *S*, но меньше, чем вся длина резьбы. Например, резьбу с длиной свинчивания 30 мм, отличающейся от нормальной, обозначают: М12-7g6g-30.

В табл. 8 приведены числовые значения основных отклонений диаметров наружной и внутренней резьбы,

**8. Основные отклонения диаметров наружной и внутренней резьбы по ГОСТ 16093—81**

Шаг P, мм	Диаметр наружной резьбы							Диаметр внутренней резьбы							
	$d, d_2$							$D_1, D_2$							
	Основные отклонения, мкм							Основные отклонения, мкм							
	es (—)							EI (+)							
	d	e	f	g	h	G	H	d	e	f	g	h	G	H	
0,2	—	—	32	17	0	17	0	1,25	95	63	42	28	0	28	0
0,25	—	—	33	18	0	18	0	1,50	95	67	45	32	0	32	0
0,3	—	—	33	18	0	18	0	1,75	100	71	48	34	0	34	0
0,35	—	—	34	19	0	19	0	2	100	71	52	38	0	38	0
0,4	—	—	34	19	0	19	0	2,5	106	80	58	42	0	42	0
0,45	—	—	35	20	0	20	0	3	112	85	63	48	0	48	0
0,5	—	50	36	20	0	20	0	3,5	118	90	—	53	0	53	0
0,6	—	53	36	21	0	21	0	4	125	95	—	60	0	60	0
0,7	—	50	38	22	0	22	0	4,5	132	100	—	63	0	63	0
0,75	—	56	38	22	0	22	0	5	132	106	—	71	0	71	0
0,80	—	60	38	24	0	24	0	5,5	140	112	—	75	0	75	0
1	90	60	40	26	0	26	0	6	150	118	—	80	0	80	0

**9. Допуски (в мкм) среднего диаметра наружной и внутренней резьбы по ГОСТ 16093—81**

Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм	Шаг P, мм	Степень точности													
		3	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8		
		$T_{d_2}$ наружной резьбы							$T_{D_2}$ внутренней резьбы						
От 1 до 1,4	0,2	24	30	38	48	60	75	—	40	50	63	—	—		
	0,25	26	34	42	53	67	85	—	45	56	71	—	—		
	0,3	28	36	45	56	71	90	—	48	60	75	—	—		
Св. 1,4 до 2,8	0,2	25	32	40	50	63	80	—	42	53	67	—	—		
	0,25	28	36	45	56	71	90	—	48	60	75	—	—		
	0,35	32	40	50	63	80	100	—	53	67	85	—	—		
	0,4	34	42	53	67	85	106	—	56	71	90	—	—		
	0,45	36	45	56	71	90	112	—	60	75	95	—	—		

Продолжение табл. 9

Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм	Шаг $P$ , мм	Степень точности													
		3	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8		
		$T_{D_2}$ наружной резьбы							$T_{D_2}$ внутренней резьбы						
Св. 2,8 до 5,6	0,25	28	36	45	56	71	—	—	48	60	75	—	—		
	0,35	34	42	53	67	85	106	—	56	71	90	—	—		
	0,5	38	48	60	75	95	118	—	63	80	100	125	—		
	0,6	42	53	67	85	106	132	—	71	90	112	140	—		
	0,7	45	56	71	90	112	140	—	75	95	118	150	—		
	0,75	45	56	71	90	112	140	—	75	95	118	150	—		
	0,8	48	60	75	95	118	150	190	80	100	125	160	200		
Св. 5,6 до 11,2	0,25	32	40	50	63	80	—	—	53	67	85	—	—		
	0,35	36	45	56	71	90	—	—	60	75	95	—	—		
	0,5	42	53	67	85	106	132	—	71	90	112	140	—		
	0,75	50	63	80	100	125	160	—	85	106	132	170	—		
	1	56	71	90	112	140	180	224	95	118	150	190	236		
	1,25	60	75	95	118	150	190	236	100	125	160	200	250		
	1,5	67	85	106	132	170	212	265	112	140	180	224	280		
Св. 11,2 до 22,4	0,35	38	48	60	75	95	—	—	63	80	100	—	—		
	0,5	45	56	71	90	112	140	—	75	95	118	150	—		
	0,75	53	67	85	106	132	170	—	90	112	140	180	—		
	1	60	75	95	118	150	190	236	100	125	160	200	250		
	1,25	67	85	106	132	170	212	265	112	140	180	224	280		
	1,5	71	90	112	140	180	224	280	118	150	190	236	300		
	1,75	75	95	118	150	190	236	300	125	160	200	250	315		
	2	80	100	125	160	200	250	315	132	170	212	265	335		
	2,5	85	106	132	170	212	265	335	140	180	224	280	355		
Св. 22,4 до 45	0,5	48	60	75	95	118	—	—	80	100	125	—	—		
	0,75	56	71	90	112	140	180	—	95	118	150	190	—		
	1	63	80	100	125	160	200	250	106	132	170	212	265		
	1,5	75	95	118	150	190	236	300	125	160	200	250	315		
	2	85	106	132	170	212	265	335	140	180	224	280	355		
	3	100	125	160	200	250	315	400	170	212	265	335	425		
	3,5	106	132	170	212	265	335	425	180	224	280	355	450		
	4	112	140	180	224	280	355	450	190	236	300	375	475		
3,5	118	150	190	236	300	375	475	200	250	315	400	500			
Св. 45 до 90	0,5	50	63	80	100	125	—	—	85	106	132	—	—		
	0,75	60	75	95	118	150	—	—	100	125	160	—	—		
	1	71	90	112	140	180	224	280	118	150	190	236	300		
	1,5	80	100	125	160	200	250	315	132	170	212	265	335		
	2	90	112	140	180	224	280	355	150	190	236	300	375		
	3	106	132	170	212	265	335	425	180	224	280	355	450		
	4	118	150	190	236	300	375	475	200	250	315	400	500		
	5	125	160	200	250	315	400	500	212	265	335	425	530		
	5,5	132	170	212	265	335	425	530	224	280	355	450	560		
6	140	180	224	280	355	450	560	236	300	375	475	600			

10. Допуск (в мкм) наружного диаметра наружной резьбы  
и внутреннего диаметра внутренней резьбы по  
ГОСТ 16093—81

Шаг $P$ , мм	Степень точности							
	4	6	8	4	5	6	7	8
	$T_d$ наружной резьбы			$T_{D_1}$ внутренней резьбы				
0,2	36	56	—	38	48	60	—	—
0,25	42	67	—	45	56	71	—	—
0,3	48	75	—	53	67	85	—	—
0,35	53	85	—	63	80	100	—	—
0,4	60	95	—	71	90	112	—	—
0,45	63	100	—	80	100	125	—	—
0,5	67	106	—	90	112	140	180	—
0,6	80	125	—	100	125	160	200	—
0,7	90	140	—	112	140	180	224	—
0,75	90	140	—	118	150	190	236	—
0,8	95	150	236	125	160	200	250	315
1	112	180	280	150	190	236	300	375
1,25	132	212	335	170	212	265	335	425
1,5	150	236	375	190	236	300	375	475
1,75	170	265	425	212	265	335	425	530
2	180	280	450	236	300	375	475	600
2,5	212	335	530	280	355	450	560	710
3	236	375	600	315	400	500	630	800
3,5	265	425	670	355	450	560	710	900
4	300	475	750	375	475	600	750	950
4,5	315	500	800	425	530	670	850	1060
5	335	530	850	450	560	710	900	1120
5,5	355	560	900	475	600	750	950	1180
6	375	600	950	500	630	800	1000	1250

в табл. 9 допуски  $T_{d_2}$  и  $T_{D_2}$ , а в табл. 10 — допуски  $T_d$  и  $T_{D_2}$ . Нижнее отклонение ( $ei$ ) наружной резьбы для диаметров  $d_2$ ,  $d$  и верхнее отклонение ( $ES$ ) внутренней резьбы для диаметров  $D_2$ ,  $D_1$  подсчитывают по формулам:

$$ei_{d_2(d)} = es_{d_2(d)} - T_{d_2(d)};$$

$$ES_{D_2(D_1)} = EI_{D_2(D_1)} + T_{D_2(D_1)}.$$

Допуски шпоночных соединений. В конструкциях машин наибольшее распространение имеют призматические

шпонки, допуски и посадки которых стандартизованы ГОСТ 23360—78 и ГОСТ 10748—79. Стандарты регламентируют поля допусков на ширину  $b$  шпонок, пазов валов и пазов втулок. Посадку шпонки осуществляют по ширине  $b$  в системе вала. Характер посадки обеспечивают изменением предельных отклонений пазов.

Поля допусков ширин шпонки и паза приведены в табл. 11. По другим размерам шпонки и пазов предусмотрены поля допусков по более грубым качествам: 1) высота шпонки по  $h11$ ; 2) длина шпонки по  $h14$ ; 3) глубина паза вала и втулки по  $H15$ ; 4) длина шпоночного паза по  $H15$ .

### ОТКЛОНЕНИЯ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

*Под отклонением формы* по ГОСТ 24642—81 понимается отклонение формы реальной поверхности или реального профиля от формы номинальной поверхности или номинального профиля.

Отклонения формы отсчитывают от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей поверхности (профиля) по нормали к прилегающей поверхности (профилю). Основные виды прилегающих поверхностей и профилей приведены в табл. 12; основные виды отклонений формы приведены в табл. 13. Количественно отклонение формы оценивается наибольшим расстоянием от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей поверхности (профиля) по нормали к прилегающей поверхности (профилю).

*Допуск формы* — наибольшее допускаемое значение отклонения формы.

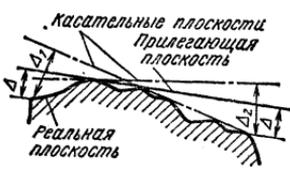
*Поле допуска формы* — область в пространстве или на плоскости, внутри которой должны находиться все точки реального рассматриваемого элемента в пределах нормируемого участка. Ширина или диаметр поля допуска определяются значением допуска, а расположение относительно реальной поверхности определяется прилегающим элементом.

*Под отклонением расположения* понимается отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения. При оценке отклонений расположения отклонения формы рассматриваемых и базовых элементов исключаются. При этом реальные

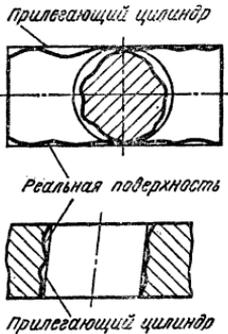
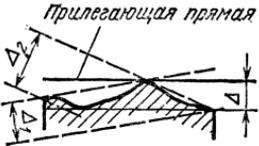
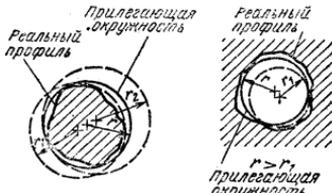
11. Поля допусков ширины  $b$  шпонки и паза

Соединение	Поле допуска		
	шпонки	паза вала	паза втулки
Свободное	h9	H9	D10
Нормальное		N9	J <sub>s</sub> 9
Плотное		P9	P9

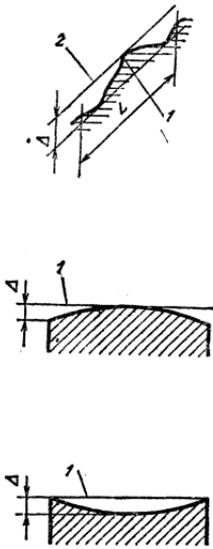
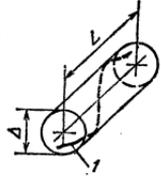
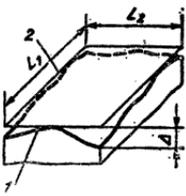
## 12. Основные виды прилегающих поверхностей и профилей

Эскиз	Определение
—	<i>Прилегающая поверхность</i> — поверхность, имеющая форму номинальной поверхности, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение
 <p style="text-align: center;"><math>\Delta &lt; \Delta_1; \Delta &lt; \Delta_2</math></p>	<i>Прилегающая плоскость</i> — плоскость, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение

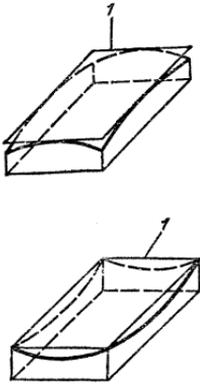
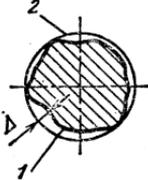
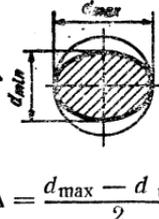
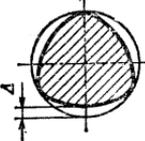
Продолжение табл. 12

Эскиз	Определение
 <p>Прилегающий цилиндр</p> <p>Реальная поверхность</p> <p>Прилегающий цилиндр</p>	<p>Прилегающий цилиндр — цилиндр минимального диаметра, описанный вокруг реальной наружной поверхности, или максимального диаметра, вписанный в реальную внутреннюю поверхность</p>
<p>—</p>	<p>Прилегающий профиль — профиль, имеющий форму номинального профиля, соприкасающийся с реальным профилем и расположенный вне материала детали так, чтобы отклонение от него наиболее удаленной точки реального профиля в пределах нормируемого участка имело минимальное значение</p>
 <p>Прилегающая прямая</p> <p><math>\Delta \leq \Delta_1</math>; <math>\Delta \leq \Delta_2</math></p>	<p>Прилегающая прямая — прямая, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от ее наиболее удаленной точки реального профиля в пределах нормируемого участка имело минимальное значение</p>
 <p>Прилегающая окружность</p> <p>Реальный профиль</p> <p>Реальный профиль</p> <p>Прилегающая окружность</p> <p><math>r &gt; r_1</math></p>	<p>Прилегающая окружность — окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля наружной поверхности вращения, или максимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения</p>

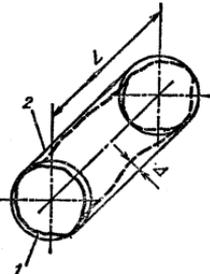
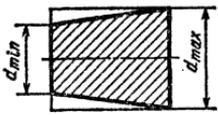
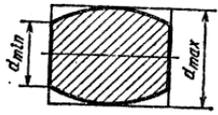
## 13. Основные виды отклонений формы

Эскиз	Наименование	Определение
	<p>Отклонение от прямолинейности в плоскости</p> <p>Выпуклость</p> <p>Вогнутость</p>	<p>Наибольшее расстояние <math>\Delta</math> от точек реального профиля 1 до прилегающей прямой 2 в пределах нормируемого участка</p> <p>Частными видами отклонения от прямолинейности являются выпуклость и вогнутость</p> <p>Отклонение от прямолинейности, при котором удаление точек реального профиля от прилегающей прямой 1 уменьшается от краев к середине</p> <p>Отклонение от прямолинейности, при котором удаление точек реального профиля от прилегающей прямой 1 увеличивается от краев к середине</p>
	<p>Отклонение от прямолинейности (или линии) в пространстве</p>	<p>Наименьшее значение диаметра <math>\Delta</math> цилиндра, внутри которого располагается реальная ось 1 поверхности вращения (линии) в пределах нормируемого участка</p>
	<p>Отклонение от плоскостности</p>	<p>Наибольшее расстояние <math>\Delta</math> от точек реальной поверхности 1 до прилегающей плоскости 2 в пределах нормируемого участка</p> <p>Частными видами отклонения от плоскостности являются выпуклость и вогнутость</p>

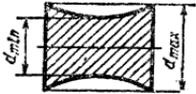
Продолжение табл. 13

Эскиз	Наименование	Определение
	<p>Выпуклость</p> <p>Вогнутость</p>	<p>Отклонение от плоскостности, при котором удаление точек реальной поверхности от прилегающей плоскости 1 уменьшается от краев к середине</p> <p>Отклонение от плоскостности, при котором удаление точек реальной поверхности от прилегающей плоскости 1 увеличивается от краев к середине</p>
	Отклонение от круглости	<p>Наибольшее расстояние <math>\Delta</math> от точек реального профиля 1 до прилегающей окружности 2</p> <p>Частными видами отклонения от круглости являются овальность и огранка</p>
 $\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$	Овальность	<p>Отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой овальнообразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которого находятся во взаимноперпендикулярных направлениях</p>
	Огранка	<p>Отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру. Количественно овальность и огранка оцениваются так же, как отклонение от круглости</p>

Продолжение табл. 13

Эскиз	Наименование	Определение
	Отклонение от цилиндричности	Наибольшее расстояние $\Delta$ от точек реальной поверхности 1 до прилегающего цилиндра 2 в пределах нормируемого участка
	Отклонение профиля продольного сечения	Наибольшее расстояние $\Delta$ от точек образующих реальной поверхности, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка Частными видами отклонения профиля продольного сечения являются конусообразность и седлообразность
 $\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$	Конусообразность	Отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны
 $\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$	Бочкообразность	Отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения

Продолжение табл. 13

Эскиз	Наименование	Определение
 $\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$	Седлообразность	Отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры уменьшаются от краев к середине сечения

поверхности (профили) заменяются прилегающими, а за оси, плоскости симметрии и центры реальных поверхностей или профилей принимают оси, плоскости симметрии и центры прилегающих элементов. Основные виды отклонений расположения приведены в табл. 14.

*Допуск расположения* — предел, ограничивающий допускаемое значение отклонения расположения.

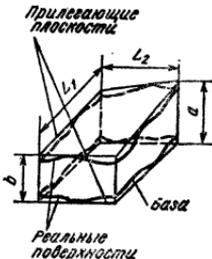
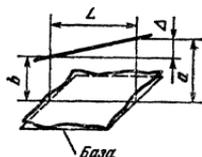
*Поле допуска расположения* — область в пространстве или заданной плоскости, внутри которой должны находиться прилегающий элемент или ось, плоскость симметрии в пределах нормируемого участка. Ширина или диаметр поля допуска определяются значением допуска, а расположение относительно баз определяется номинальным расположением рассматриваемого элемента.

Допуск расположения или формы может быть зависимым и независимым. *Зависимый допуск* — переменный допуск расположения или формы, минимальное значение которого указывают на чертеже или в технических требованиях и которое допускается превышать на величину, соответствующую отклонению действительного размера рассматриваемого и (или) базового элемента данной детали от проходного предела (наибольшего предельного размера вала или наименьшего предельного размера отверстия):  $T_{\text{зав}} = T_{\text{мин}} + T_{\text{доп}}$ , где  $T_{\text{мин}}$  — минимальная часть допуска;  $T_{\text{доп}}$  — дополнительная часть допуска, зависящая от действительных размеров рассматриваемых поверхностей.

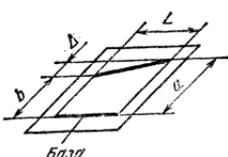
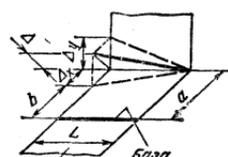
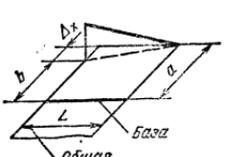
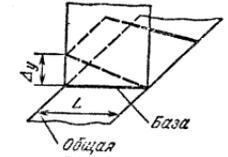
*Независимый допуск расположения или формы* — допуск, числовое значение которого постоянно для всей совокупности деталей, изготавливаемых по данному чертежу, и не зависит от действительного размера рассматриваемого или базового элемента.

Под *суммарным отклонением формы и расположения* понимается отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонения формы и отклонения расположения рассматриваемой поверхности или рассматриваемого профиля относительно заданных баз. Основные виды суммарных отклонений формы и расположения приведены в табл. 15.

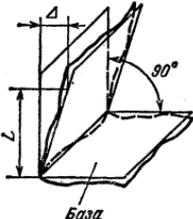
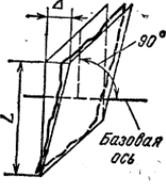
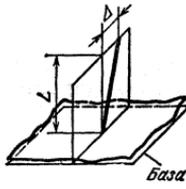
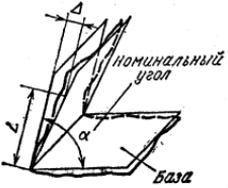
14. Основные виды отклонений расположения

Эскиз	Наименование	Определение
 <p style="text-align: center;"><math>\Delta = a - b</math></p>	<p>Отклонение от параллельности плоскостей</p>	<p>Разность <math>\Delta</math> наибольшего и наименьшего расстояний между плоскостями в пределах нормируемого участка</p>
 <p style="text-align: center;"><math>\Delta = a - b</math></p>	<p>Отклонение от параллельности оси (или прямой) и плоскости</p>	<p>Разность <math>\Delta</math> наибольшего и наименьшего расстояний между осью (прямой) и плоскостью на длине нормируемого участка</p>

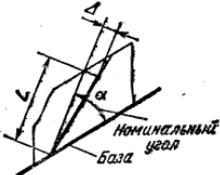
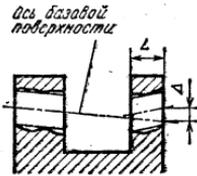
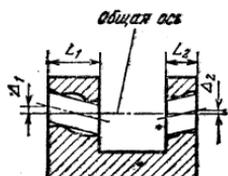
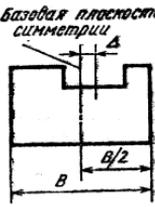
Продолжение табл. 14

Эскиз	Наименование	Определение
 <p style="text-align: center;">База</p> $\Delta = a - b$ $\Delta = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2}$	Отклонение от параллельности прямых в плоскости	Разность $\Delta$ наибольшего и наименьшего расстояний между прямыми на длине нормируемого участка
 <p style="text-align: center;">База Общая плоскость</p> $\Delta_x = a - b;$ $\Delta = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2}$	Отклонение от параллельности осей (или прямых) в пространстве	Геометрическая сумма $\Delta$ отклонений от параллельности проекций осей (прямых) в двух взаимно перпендикулярных плоскостях; одна из этих плоскостей является общей плоскостью осей
 <p style="text-align: center;">База Общая плоскость</p> $\Delta_x = a - b$	Отклонение от параллельности осей (или прямых) в общей плоскости	Отклонение от параллельности $\Delta_x$ проекций осей (прямых) на их общую плоскость
 <p style="text-align: center;">База Общая плоскость</p> $\Delta_y$	Перекос осей (или прямых)	Отклонение от прямолинейности $\Delta_y$ проекций осей (прямых) на плоскость, перпендикулярную к общей плоскости осей и проходящую через одну из осей (базовую)

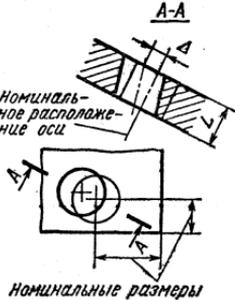
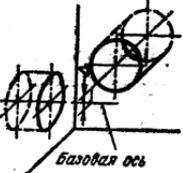
Продолжение табл. 14

Эскиз	Наименование	Определение
	Отклонение от перпендикулярности плоскостей	Отклонение угла между плоскостями от прямого угла ( $90^\circ$ ), выраженное в линейных единицах $\Delta$ на длине нормируемого участка
	Отклонение от перпендикулярности плоскости или оси (или прямой) относительно оси (прямой)	Отклонение угла между плоскостью или осью (прямой) и базовой осью от прямого угла ( $90^\circ$ ), выраженное в линейных единицах $\Delta$ на длине нормируемого участка
	Отклонение от перпендикулярности оси (или прямой) относительно плоскости	Отклонение угла между осью поверхности вращения (прямой) и базовой плоскостью от прямого угла ( $90^\circ$ ), выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка
	Отклонение наклона плоскости относительно плоскости или оси (или прямой)	Отклонение угла между плоскостью и базовой плоскостью или базовой осью (прямой) от номинального угла, выраженное в линейных единицах $\Delta$ на длине нормируемого участка

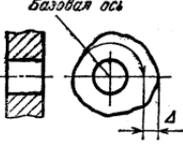
Продолжение табл. 14

Эскиз	Наименование	Определение
 <p>Номинальный угол База</p>	<p>Отклонение наклона оси (или прямой) относительно оси (прямой) или плоскости</p>	<p>Отклонение угла между осью поверхности вращения (прямой) и базовой осью или базовой плоскостью от номинального угла, выраженное в линейных единицах <math>\Delta</math> на длине нормируемого участка</p>
 <p>ось базовой поверхности</p>	<p>Отклонение от соосности относительно оси базовой поверхности</p>	<p>Наибольшее расстояние <math>\Delta</math> между осью рассматриваемой поверхности вращения и осью базовой поверхности на длине нормируемого участка</p>
 <p>общая ось</p>	<p>Отклонение от соосности относительно общей оси</p>	<p>Наибольшее расстояние (<math>\Delta_1, \Delta_2 \dots</math>) между осью рассматриваемой поверхности вращения и общей осью двух или нескольких поверхностей вращения на длине нормируемого участка</p>
 <p>базовая плоскость симметрии</p>	<p>Отклонение от симметричности относительно базового элемента</p>	<p>Наибольшее расстояние <math>\Delta</math> между плоскостью симметрии (осью) рассматриваемого элемента (или элементов) и плоскостью симметрии базового элемента в пределах нормируемого участка</p>

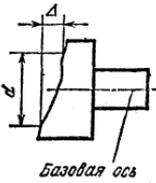
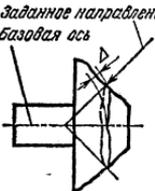
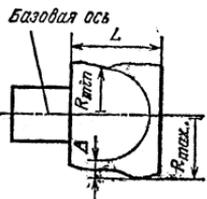
Продолжение табл. 14

Эскиз	Наименование	Определение
 <p data-bbox="256 384 401 419"><i>общая плоскость симметрии</i></p>	Отклонение от симметричности относительно общей плоскости симметрии	Наибольшее расстояние $\Delta$ между плоскостью симметрии (осью) рассматриваемого элемента (элементов) и общей плоскостью симметрии двух или нескольких элементов в пределах нормируемого участка
 <p data-bbox="366 531 401 552"><i>A-A</i></p> <p data-bbox="215 619 339 667"><i>Номинальное расположение оси</i></p> <p data-bbox="222 810 419 831"><i>Номинальные размеры</i></p>	Позиционное отклонение	Наибольшее расстояние $\Delta$ между реальным расположением элемента (его центра, оси или плоскости симметрии) и его номинальным расположением в пределах нормируемого участка
 <p data-bbox="291 1018 381 1038"><i>Базовая ось</i></p>	Отклонение от пересечения осей	Наименьшее расстояние $\Delta$ между осями, пересекающимися номинально

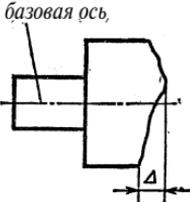
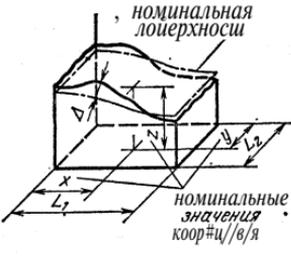
## 15. Основные виды суммарных отклонений формы и расположения

Эскиз	Наименование	Определение
 <p data-bbox="263 1219 360 1240"><i>Базовая ось</i></p>	Радиальное биение	Разность $\Delta$ наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной базовой оси

Продолжение табл. 15

Эскиз	Наименование	Определение
 <p data-bbox="259 446 357 470"><i>Базовая ось</i></p>	Торцовое биение	Разность $\Delta$ наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси. Торцовое биение определяется в сечении торцевой поверхности цилиндром заданного диаметра, соосным с базовой осью, а если диаметр не задан, то в сечении любого (в том числе и наибольшего) диаметра торцевой поверхности
 <p data-bbox="212 774 388 821"><i>Заданное направление</i> <i>Базовая ось</i></p>	Биение в заданном направлении	Разность $\Delta$ наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения в сечении рассматриваемой поверхности конусом, ось которого совпадает с базовой осью, а образующая имеет заданное направление, до вершины этого конуса
 <p data-bbox="233 1149 315 1173"><i>Базовая ось</i></p> <p data-bbox="233 1348 378 1380"><math>\Delta = R_{max} - R_{min}</math></p>	Полное радиальное биение	Разность $\Delta$ наибольшего и наименьшего расстояний от всех точек реальной поверхности в пределах нормируемого участка до базовой оси

Продолжение табл. 15

Эскиз	Наименование	Определение
	Полное торцовое биение	Разность $A$ наибольшего и наименьшего расстояний от точек всей торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси
 <p>Номинальный профиль номинальные значения координат <math>x</math> и <math>L</math></p>	Отклонение формы заданного профиля	Наибольшее отклонение $A$ точек реального профиля от номинального профиля, определяемое по нормали к номинальному профилю в пределах нормируемого участка
 <p>номинальная поверхность номинальные значения координат <math>x</math>, <math>L_x</math> и <math>L_y</math></p>	Отклонение формы заданной поверхности	Наибольшее отклонение $A$ точек реальной поверхности от номинальной поверхности, определяемое по нормали к номинальной поверхности в пределах нормируемого участка

**Примечание.** Кроме указанных видов суммарных отклонений, в обоснованных случаях могут нормироваться и другие суммарные отклонения формы и расположения поверхностей (профилей), например: 1) суммарное отклонение от параллельности и плоскостности; 2) суммарное отклонение от перпендикулярности и плоскостности; 3) суммарное отклонение от номинального наклона и плоскостности.

## 16. Знаки условного обозначения допусков

Допуск	Знак	Допуск	Знак
Прямолинейности	—	Профиля продольного сечения	==
Плоскостности		Параллельности	///
Круглости	○	Перпендикулярности	⊥
Цилиндричности		Наклона	∠
Соосности	◎	Бienia радиального, торцового или в заданном направлении	
Симметричности	≡	Бienia полного радиального или торцового	
Позиционный	⊕	Формы заданного профиля	
Пересечения осей	×	Формы заданной поверхности	

**Примечание.** Суммарные допуски формы и расположения, для которых не установлены отдельные графические знаки, обозначают знаками составных допусков и располагают на первой части рамки в такой последовательности: знак допуска расположения; знак допуска формы.

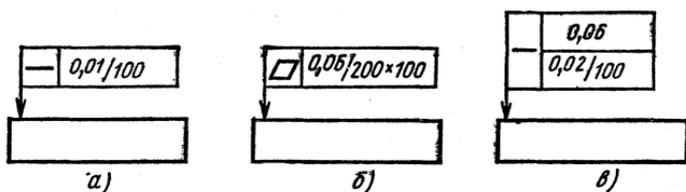


Рис. 10. Примеры указания допусков формы

Суммарный допуск формы и расположения — предел, ограничивающий допускаемое значение суммарного отклонения формы и расположения.

Поле суммарного допуска формы и расположения — область в пространстве или на заданной поверхности, внутри которой должны находиться все точки реальной поверхности (профиля) в пределах нормируемого участка.

Правила указания допусков формы и расположения геометрических элементов на чертежах устанавливает ГОСТ 2.308—79. Условные обозначения допусков формы и расположения геометрических элементов приведены в табл. 16. Соответствующий знак и величину допуска вписывают в рамку допуска, разделенную на две или три части. В первой части рамки (слева) приводят знак допуска согласно табл. 16, во второй — числовое значение допуска в миллиметрах, в третьей и последующих — буквенное обозначение базы (баз), если это необходимо.

Перед числовым значением допуска вписывают: а) символ  $\varnothing$ , если круговое или цилиндрическое поле допуска указывают в диаметральном выражении, например  $\varnothing 0,2$ ; б) символ R, если круговое или цилиндрическое поле допуска указывают в радиусном выражении, например R 0,1; в) символ T, если допуски симметричности, пересечения осей, формы заданного профиля и заданной поверхности, а также позиционный допуск указывают в диаметральном выражении, например T 0,2; г) символ T/2 для тех же видов допусков, как и для T, если их указывают в радиусном выражении, например, T/2 0,1; д) слово «сфера», если поле допуска сферическое, например сфера  $\varnothing 0,1$ .

Числовое значение допуска формы и расположения, указанное в рамке, относится ко всей длине поверхности.

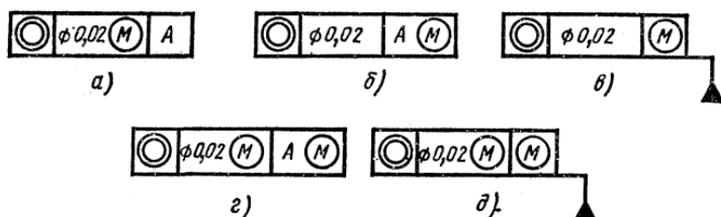


Рис. 11. Примеры указания зависимых допусков:

*a* — зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого элемента; *б*, *в* — зависимый допуск связан с действительными размерами базового элемента; *г*, *д* — зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого и базового элементов

Если допуск относится к ограниченному участку длины или поверхности в любом месте, то размеры нормируемого участка в миллиметрах указывают после числового значения допуска через разделительную наклонную линию (рис. 10, *a*, *б*). Допуск по всему элементу и одновременно допуск на определенном нормируемом участке указывают в объединенной рамке допуска (рис. 10, *в*).

Зависимые допуски расположения в формы указывают условным знаком (рис. 11). Когда допуск расположения или формы не указан как зависимый, его считают независимым.

Линейные и угловые размеры, которые определяют номинальное расположение или номинальную форму элементов, ограничиваемых допуском, назначая позиционный допуск, допуск наклона, допуск формы заданной поверхности или заданного профиля, указывают на чертежах без предельных отклонений и заключают в прямоугольные рамки.

## ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

*Шероховатость поверхности* — это совокупность неровностей с относительно малыми шагами, образующих рельеф поверхности детали и рассматриваемых в пределах базовой длины *l*. *Базовая длина* — длина базовой линии, используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности и для количественного определения ее параметров. Числовые значения шероховатости отсчитывают от базовой линии, за которую при



17. Значения  $R_a$ , мкм

100	80	63	50	40	32	25	20	16	12,5
10,0	8,00	6,3	5,0	4,0	3,2	2,5	2,0	1,6	1,25
1,0	0,80	0,63	0,5	0,40	0,32	0,25	0,20	0,160	0,125
0,100	0,080	0,063	0,050	0,040	0,032	0,025	0,020	0,016	0,012
0,010	0,008	—	—	—	—	—	—	—	—
Примечание. В рамках указаны значения предпочтительного применения.									

ших впадин профиля в пределах базовой длины (рис. 12)

$$Rz = \frac{1}{5} \left( \sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}| \right),$$

где  $y_{pi}$  — высота  $i$ -го наибольшего выступа профиля, определяемая расстоянием от средней линии профиля ( $m$ ) до высшей точки выступа профиля;  $y_{vi}$  — глубина  $i$ -й наибольшей впадины профиля, определяемая расстоянием от средней линии профиля до низшей точки впадины профиля.

Числовые значения  $Rz$  приведены в табл. 18.

3. Наибольшая высота неровностей профиля ( $R_{\max}$ ) — расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины. Числовые значения  $R_{\max}$  приведены в табл. 18.

4. Средний шаг неровностей профиля ( $Sm$ ) — среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины

$$Sm = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Sm_i,$$

где  $Sm_i$  —  $i$ -й шаг неровностей профиля — отрезок средней линии профиля, содержащий неровность профиля (рис. 12);  $n$  — число шагов неровностей профиля.

5. Средний шаг местных выступов профиля ( $S$ ) — среднее значение шагов местных выступов профиля, находящихся в пределах базовой длины,

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i,$$

где  $S_i$  —  $i$ -й шаг местных выступов профиля — отрезок средней линии между проекциями на нее наивысших точек соседних местных выступов профиля (рис. 12);  $n$  — число шагов местных выступов.

Числовые значения параметров  $Sm$  и  $S$  приведены в табл. 19.

6. Относительная опорная длина профиля ( $t_p$ ) — отношение опорной длины профиля к базовой длине

$$t_p = \frac{\eta_p}{l} = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i,$$

18. Значения  $Rz$  и  $R_{\max}$ , мкм

—	—	—	—	—	—	—	—	1600	1250
1000	800	630	500	400	320	250	200	160	125
100	80	63	50	40	32	25,00	20,00	16,0	12,5
10	8,00	6,3	5,0	4,00	3,2	2,5	2,00	1,60	1,25
1,00	0,80	0,63	0,50	0,40	0,32	0,25	0,20	0,160	0,125
0,100	0,080	0,063	0,050	0,040	0,032	0,025	—	—	—
Примечание. В рамках указаны значения предпочтительного применения.									

Рис. 13. Структура обозначения шероховатости поверхности на чертежах

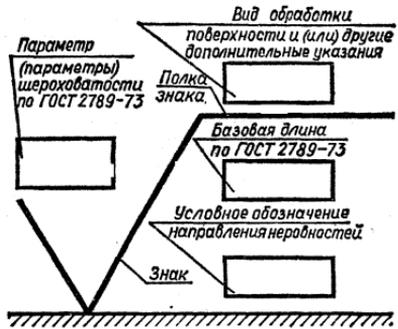
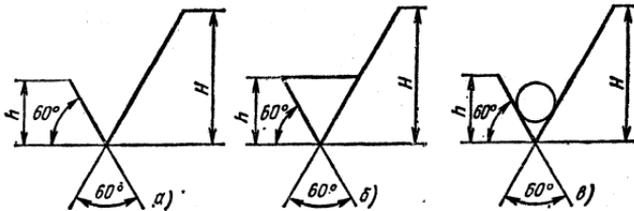


Рис. 14. Типы знаков для обозначения шероховатости поверхности:

а — вид обработки не устанавливается; б — поверхность образована удалением слоя материала (точением, фрезерованием и т. п.); в — поверхность образована без удаления слоя материала (литьем, ковкой, штамповкой и т. п.);  $h$  — приблизительно равна высоте цифр размерных чисел:  $H = (1,5 \div 3) h$



где  $\eta_p$  — опорная длина профиля, равна сумме длин отрезков ( $b_i$ ), отсекаемых на заданном уровне ( $p$ ) в материале профиля линией, эквидистантной средней линии в пределах базовой длины (рис. 12);  $p$  — уровень сечения профиля — расстояние между линией выступов профиля и линией, пересекающей профиль эквидистантно линии выступов профиля, выраженное в процентах от  $R$  max.

Требования к шероховатости поверхности устанавливаются одним или несколькими параметрами, когда это необходимо для обеспечения эксплуатационных свойств поверхности. Параметр  $R_a$  является предпочтительным. Базовую длину выбирают на основе табл. 20.

Структура обозначения шероховатости поверхности по ГОСТ 2.309—73 приведена на рис. 13. При наличии в обозначении только значения параметра (параметров) применяют знак без полки. Типы знаков показаны на рис. 14. Значения параметров шероховатости в обозначении шероховатости указывают по определенным правилам.

1. Значение параметра  $R_a$  указывают без символа, а остальных параметров — после соответствующего символа.

19. Значения  $S_m$  и  $S$ , мкм

—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,5
10,0	8,00	6,3	5,0	4,0	3,2	2,5	2,0	1,60	1,25
1,00	0,80	0,63	0,50	0,40	0,32	0,25	0,20	0,16	0,125
0,100	0,080	0,063	0,050	0,040	0,032	0,025	0,020	0,016	0,0125
0,010	0,008	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002	—	—	—

20. Соотношение значений  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{\max}$  и базовой длины

$R_a$ , мкм	$R_z$ и $R_{\max}$ , мкм	Базовая длина $l$ , мм
До 0,025	До 0,10	0,08
Ср. 0,025 до 0,4	Св. 0,10 до 1,6	0,25
» 0,4 » 3,2	» 1,6 » 12,5	0,80
» 3,2 » 12,5	» 12,5 » 50	2,50
» 12,5 » 100	» 50 » 400	8,00

## 21. Условное обозначение направления неровностей

Направление неровностей	Схематическое изображение неровностей	Условное обозначение на чертеже
Параллельное		
Перпендикулярное		
Перекрещивающееся		
Произвольное		
Кругообразное		
Радиальное		

2. При указании диапазона значений параметра шероховатости поверхности приводят пределы значений параметра, размещая их в две строки, например:

0,80	$R_z$ 0,10	$R_{\max}$ 0,40	$t_{50}$ 50
0,40	0,05	0,20	70

3. При указании номинального значения параметра шероховатости поверхности приводят его значения с предельными отклонениями по ГОСТ 2789—73, например  $3,2 \pm 20\%$ ;  $R_z = 50_{-10\%}$ ;  $t_{50} 70 \pm 40\%$ ;  $Sm 5,0^{+20\%}$  и т. д.

4. При указании более одного параметра шероховатости их значения записывают сверху вниз в следующем порядке, параметр высоты неровностей профиля, параметр шага неровностей, профиля и относительная опорная длина профиля. Когда шероховатость поверхности нормируют параметром  $R_a$  или  $R_z$ , определенными при значениях базовой длины, указанных в табл. 20, базовую длину в обозначении шероховатости не указывают. Вид обработки поверхности указывают только в тех случаях, когда он является единственным, применяемым для получения требуемого качества поверхности. Условные обозначения направления неровностей приведены в табл. 21. Их приводят на чертеже только при необходимости.

### УНИВЕРСАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

**Плоскопараллельные концевые меры длины.** С помощью концевых мер длины воспроизводят единицы длины, проверяют и градуируют измерительные инструменты и приборы, проверяют калибры и контркалибры, настраивают оборудование, а также выполняют точные измерения, разметочные работы и т. д.

Концевые меры длины комплектуют в наборы различных номеров. В зависимости от точности изготовления меры выпускают 0, 1, 2 и 3-го классов точности. Наивысшая точность по 0-му классу. С помощью притирки из одного набора мер составляют блоки с различными комбинациями размеров (в одном блоке не следует применять более четырех-пяти мер). Для этого меры подбирают та-

ким образом: первая мера блока должна содержать последний или два последних знака размера блока, вторая мера — последние знаки остатка и т. д. С обеих сторон блока рекомендуется притирать защитные меры. Перед притиркой меры промывают чистым бензином и вытирают насухо салфеткой. Для закрепления блоков мер и удобного пользования выпускают наборы принадлежностей.

**Штриховые меры длины.** К штриховым мерам длины относятся брусковые (ГОСТ 12069—78), измерительные линейки (ГОСТ 427—75) и рулетки (ГОСТ 7502—80).

Брусковые меры применяют в качестве образцовых мер длины, а также шкал приборов и станков для непосредственных измерений.

Измерительные линейки изготовляют с одной или двумя шкалами с верхними пределами измерений 150, 300, 500 и 1000 мм ценой деления 0,5 или 1 мм. Измерительные металлические рулетки (ГОСТ 7502—80) изготовляют 2- и 3-го классов точности в закрытых и открытых корпусах с лентой длиной 1, 2,3, 5, 10, 20, 30, 50, 75 и 100 м.

**Штангенинструменты.** К штангенинструментам относят измерительные инструменты с линейным нониусом. Изготовляют следующие штангенинструменты: штангенциркули, штангенрейсмасы (штангенвысотомеры) и штангенглубиномеры.

Штангенциркули (ГОСТ 166—80) со значением отсчета по нониусу 0,05 и 0,1 мм предназначены для измерения наружных и внутренних размеров до 2000 мм. Их выпускают нескольких типов: ШЦ-1 (двусторонние с глубиномером) с диапазоном измерения 0—125 и значением отсчета по нониусу 0,1 мм; ШЦТ-1 (односторонние с покрытием из твердого сплава с глубиномером) с диапазоном измерения 0—125 и значением отсчета по нониусу 0,1 мм; ШЦ-11 (двусторонние) с диапазоном измерений 0—160; 0—200; 0—250 и значением отсчета по нониусу 0,05 и 0,1 мм; ШЦ-111 (односторонние) с диапазоном измерений 0—160; 0—200; 0—250 и значением отсчета по нониусу 0,05 и 0,1 мм, а также с диапазоном измерений 0—315; 0—400; 0—500; 250—630; 250—800; 320—1000; 500—1250; 500—1600; 800—2000 и значением отсчета по нониусу 0,1 мм.

Штангенрейсмасы (ГОСТ 164—80) предназначены для измерения высот и разметочных работ. Их изготавливают со значением отсчета по нониусу 0,05 и 0,10 мм и пределами измерений 0—250; 40—400; 60—630; 100—1000; 600—1600; 1500—2500 мм.

Штангенглубиномеры (ГОСТ 162—80) предназначены для измерения выступов, глубин отверстий и пазов. Их выпускают со значением отсчета по нониусу 0,05 мм и диапазонами измерений до 160, 250 и 400 мм.

Погрешность показаний штангенинструментов нормируют в пределах величины отсчета. Для инструментов с большим диапазоном измерений погрешность измерения превышает величину отсчета по нониусу.

**Микрометрические приборы.** К приборам данной группы относятся микрометры с ценой деления 0,01 мм, рычажные микрометры, настольные микрометры, глубиномеры микрометрические и нутромеры микрометрические.

Микрометры с ценой деления 0,01 мм по ГОСТ 6507—78 изготавливают следующих типов: 1) МК — гладкие для измерения наружных размеров изделий с диапазоном измерений 0—25; 25—50; 50—75; 75—100; 100—125; 125—150; 150—175; 170—200; 200—225; 225—250; 250—275; 275—300; 300—400; 400—500; 500—600 мм; 2) МЛ — листовые с циферблатом для измерения толщины листов и лент; диапазон измерений 0—5; 0—10; 0—25 мм; 3) МТ — трубные для измерения толщины стенок труб с диапазоном измерения 0—25 мм; 4) МЗ — зубомерные для контроля длины общей нормали зубчатых колес с модулем от 1 мм; диапазон измерений 0—25; 25—50; 50—75; 75—100 мм; 5) МП — для проволоки с диапазоном измерения 0—10 мм; 6) МГ — микрометрические головки с диапазоном измерения 0—25 мм.

Рычажные микрометры (ГОСТ 4381—87) изготавливают трех типов: 1) МР — со встроенным в корпус отсчетным устройством; диапазон измерений 0—25; 25—50; 50—75 и 75—100 мм; цена деления отсчетного устройства не более 0,002 мм; применяют для измерения наружных размеров; 2) МРИ — оснащенные отсчетным устройством; применяют для измерения наружных размеров от 100 до 2000 мм; цена деления отсчетного устройства 0,002 и 0,01 мм.

Микрометрические глубиномеры (ГОСТ 7470—78) с диапазоном измерений 0—100 и 0—150 мм; цена деления отсчетного устройства 0,01 мм.

Микрометрические нутромеры (ГОСТ 10—75) предназначены для измерения внутренних размеров 50—6000 мм; диапазон измерений 50—75; 75—175; 175—600; 150—1250; 600—2500; 1250—4000; 2500—6000 мм. Нутромеры с верхним пределом измерения свыше 2500 мм поставляют с микрометрической головкой, оснащенной индикатором часового типа 0-го класса и ценой делений 0,01 мм.

**Рычажно-зубчатые приборы.** К приборам данной группы относят: головки измерительные, скобы с отсчетным устройством, глубиномеры, нутромеры, толщиномеры, стенкомеры индикаторные. Стандартные рычажно-зубчатые измерительные головки приведены в табл. 22.

Скобы с отсчетным устройством (ГОСТ 11098—75\*) предназначены для измерения наружных размеров. Их изготавливают двух типов: СР — рычажные, со встроенным в корпусе отсчетным устройством с ценой деления 0,002 мм и СИ — индикаторные, оснащенные измерительными головками с ценой деления 0,01 мм. СР — с диапазоном измерений 0—25; 25—50; 50—75; 75—100; 100—125; 125—150 мм; погрешность измерения в пределах цены деления на всей шкале и половины длины на участке  $\pm 10$  делений; СИ — с диапазоном измерений 0—50; 50—100; 100—200; 200—300; 300—400; 400—500; 500—600; 600—700; 700—850; 850—1000 мм; погрешность измерения в пределах цены деления.

Индикаторные нутромеры с ценой деления 0,01 мм (ГОСТ 868—82) применяют для измерения внутренних размеров 6—100 мм. По ГОСТ 9244—75 выпускают нутромеры с измерительными головками, имеющими цену деления 0,001 мм, для измерения внутренних размеров 2—10 мм и цену деления 0,002 мм — для размеров 10—260 мм.

Индикаторные глубиномеры (ГОСТ 7661—67) применяют для измерения глубины пазов, отверстий, высоты уступов и т. п. Диапазон измерения 0—100 мм обеспечивается набором сменных измерительных стержней; цена деления отсчетного устройства 0,01 мм.

## 22. Рычажно-зубчатые измерительные головки

Головки	Тип	Цена деления, мм	Диапазон измерения, мм
Индикаторы часовые, ГОСТ 577—68	ИЧ-2 ИЧ-5 ИЧ-10 ИТ-2	0,01,	0—2 0—5 0—10 0—2
Индикаторы рычажно-зубчатые, ГОСТ 5584—75	ИРБ (боковые) ИРТ (торцовые)	0,01	0—0,8
Рычажно-зубчатые измерительные, ГОСТ 18833—73	ИИГ ЗИГ	0,001 0,002	$\pm 0,05$ $\pm 0,10$
Индикаторы многооборотные, ГОСТ 9696—82	1МИГ 2МИГ 1МИГП 2МИГП	0,001 0,002 0,001 0,002	0—1 0—2 0—1 0—2

## 23. Пружинные измерительные приборы

Приборы	Тип	Цена деления, мм	Диапазон измерения, мкм
Измерительные головки пружинные (микрокаторы), ГОСТ 6933—81	0ИИГП *1	0,1	$\pm 4,0$
	02ИИГП *1	0,2	$\pm 6,0$
	05ИИГП *1	0,5	$\pm 15,0$
	1ИИГП *1	1	$\pm 30$
	2ИИГП *2	2	$\pm 60$
	5ИИГП *2	5	$\pm 150$
Измерительные головки рычажно-пружинные (мини-каторы), ГОСТ 14711—69	ИРП: с коротким наконечником	1	$\pm 40$
	с длинным наконечником	2	$\pm 80$
Измерительные головки пружинно-оптические (оптикаторы), ГОСТ 10593—74	0П *3	0,1	$\pm 12$
	02П *3	0,2	$\pm 25$
	05П *3	0,5	$\pm 50$
	1П *3	1,0	$\pm 125$

\*1 Изготавливаются с уменьшенным измерительным усилием (ИГПУ), с регулируемым измерительным усилием (ИГПР), герметизированные (ИГПГ) и виброустойчивые (ИГПВ).

\*2 Изготавливаются герметизированные и виброустойчивые.

\*3 Изготавливаются с регулируемым измерительным усилием.

Индикаторные стенкомеры с ценой деления 0,01 и 0,1 мм (ГОСТ 11951—82) выпускаются следующих типов: С-2, С-10А, С-10Б, С-25 и С-50. Диапазон измерений 0—2, 0—10, 0—25 и 25—50 мм. Стенкомеры С-2 и С-10А имеют отсчетное устройство с ценой деления 0,01 мм.

**Пружинные измерительные приборы.** К приборам данной группы относятся микрокаторы, микаторы, миникаторы, оптикаторы (табл. 23).

**Пневматические измерительные приборы** бывают двух типов: манометрические и ротометрические. Манометрические приборы подразделяют на дифференциальные и недифференциальные. Пневматические приборы содержат: 1) устройства подготовки воздуха; 2) входные сопла; 3) манометрические и ротометрические устройства; 4) измерительную оснастку; 5) воздухопроводы с арматурой; 6) вспомогательные устройства.

Наибольшее распространение имеют пневматические длиномеры высокого давления и пневматические длиномеры низкого давления. В качестве измерительной оснастки используют пневматические приборы (ГОСТ 14864—78) и установочные кольца (ГОСТ 14865—78).

**Оптико-механические и оптические приборы** бывают контактные и бесконтактные, проекционные и интерференционные.

**Электронные измерительные приборы и системы** обеспечивают высокую точность измерения и позволяют получить сигналы измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и использования в автоматических системах управления. Выпускаются следующие электронные измерительные приборы: 1) показывающие с индуктивными преобразователями (мод. 212, 213, 214, 217, 276, 287); 2) электронное устройство для амплитудных измерений мод. 281; применяется совместно с электронными измерительными приборами для определения минимального и максимального размера; 3) устройство мод. 282 для автоматической настройки нуля в индуктивных измерительных приборах; 4) отсчетно-измерительная система с механотронным преобразователем (мод. БВ 3040.VI); 5) измерительная электронная система (мод. 76500—76503).

**Координатно-измерительные приборы и машины** получают все большее распространение в промышленности для измерения изделий сложной формы при измерении большого числа различных параметров. С помощью координатно-измерительных приборов типа УИМ-29, ДИП-1, ДИП-3 и ДИП-4, созданных на базе универсальных измерительных микроскопов, выполняют измерения по двум координатам. Для измерения по трем координатным осям предназначены трехкоординатные измерительные приборы мод. ТИП-1, ТИП-2.

В координатно-измерительных машинах (КИМ) измерительный шпиндель может перемещаться по осям X, Y и Z. В комплект координатно-измерительных машин входят различные приспособления и приборы для различных измерений, разметки, гравирования, центровки и других работ, а также ЭВМ настольного типа, цифропечатающее устройство, дисплей, самопишущие и программируемые устройства с математическим обеспечением и т. п. Вильнюсским филиалом ЭНИМС разработаны КИМ мод. ВЕ (ВЕ-111, ВЕ-111А, ВЕ-140К, ВЕ-141, ВЕ-155, ВЕ-200К). Каунасское станкостроительное производственное объединение им. Ф. Дзержинского выпускает КИМ мод. НММ-965.

## ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Средства измерений выбирают с учетом метрологических, эксплуатационных и экономических показателей. К основным метрологическим показателям относятся: цена деления шкалы, диапазон показаний, диапазон измерений, предел измерений, допускаемая погрешность средства измерения и измерительное усилие.

*Цена деления шкалы* — разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы.

*Диапазон показаний* — область значений шкалы, ограниченная ее начальным и конечным значениями.

*Диапазон измерений* — область значений измеряемой величины, в пределах которой нормированы допустимые погрешности средства измерений.

*Предел измерений* — наименьшее или наибольшее значение диапазона измерений.

## 24. Значения допускаемых погрешностей измерений (в мкм)

Квалитет	Номинальные					
	До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50
2	$\frac{1,2}{0,4}$	$\frac{1,5}{0,6}$	$\frac{1,5}{0,6}$	$\frac{2}{0,8}$	$\frac{2,5}{1,0}$	$\frac{2,5}{1,0}$
3	$\frac{2}{0,8}$	$\frac{2,5}{1,0}$	$\frac{2,5}{1,0}$	$\frac{3}{1,2}$	$\frac{4}{1,4}$	$\frac{4}{1,4}$
4	$\frac{3}{1,0}$	$\frac{4}{1,4}$	$\frac{4}{1,4}$	$\frac{5}{1,6}$	$\frac{6}{2}$	$\frac{7}{2,4}$
5	$\frac{4}{1,4}$	$\frac{5}{1,6}$	$\frac{6}{2}$	$\frac{8}{2,8}$	$\frac{9}{3}$	$\frac{11}{4}$
6	$\frac{6}{1,8}$	$\frac{8}{2}$	$\frac{9}{2}$	$\frac{11}{3}$	$\frac{13}{4}$	$\frac{16}{5}$
7	$\frac{10}{3}$	$\frac{12}{3}$	$\frac{15}{4}$	$\frac{18}{5}$	$\frac{21}{6}$	$\frac{25}{7}$
8	$\frac{14}{3}$	$\frac{18}{4}$	$\frac{22}{5}$	$\frac{27}{7}$	$\frac{33}{8}$	$\frac{39}{10}$
9	$\frac{25}{6}$	$\frac{30}{8}$	$\frac{36}{9}$	$\frac{43}{10}$	$\frac{52}{12}$	$\frac{62}{16}$
10	$\frac{40}{8}$	$\frac{48}{10}$	$\frac{58}{12}$	$\frac{70}{14}$	$\frac{84}{18}$	$\frac{100}{20}$
11	$\frac{60}{12}$	$\frac{75}{16}$	$\frac{90}{18}$	$\frac{110}{30}$	$\frac{130}{30}$	$\frac{160}{40}$
12	$\frac{100}{20}$	$\frac{120}{30}$	$\frac{150}{30}$	$\frac{180}{40}$	$\frac{210}{50}$	$\frac{250}{50}$
13	$\frac{140}{30}$	$\frac{180}{40}$	$\frac{220}{50}$	$\frac{270}{60}$	$\frac{330}{70}$	$\frac{390}{80}$

по ГОСТ 8.051—81 (в числителе значения Т, в знаменателе δ)

размеры, мм

Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
$\frac{3}{1,2}$	$\frac{4}{1,6}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{7}{2,8}$	$\frac{8}{3}$	$\frac{9}{3}$	$\frac{1}{4}$
$\frac{5}{1,8}$	$\frac{6}{2}$	$\frac{8}{2,8}$	$\frac{10}{4}$	$\frac{12}{4}$	$\frac{13}{5}$	$\frac{15}{5}$
$\frac{8}{2,8}$	$\frac{10}{3}$	$\frac{12}{4}$	$\frac{14}{5}$	$\frac{16}{5}$	$\frac{18}{6}$	$\frac{20}{6}$
$\frac{13}{4}$	$\frac{15}{5}$	$\frac{18}{6}$	$\frac{20}{7}$	$\frac{23}{8}$	$\frac{25}{9}$	$\frac{27}{9}$
$\frac{19}{5}$	$\frac{22}{6}$	$\frac{25}{7}$	$\frac{29}{8}$	$\frac{32}{10}$	$\frac{36}{10}$	$\frac{40}{12}$
$\frac{30}{9}$	$\frac{35}{10}$	$\frac{40}{12}$	$\frac{46}{12}$	$\frac{52}{14}$	$\frac{57}{16}$	$\frac{63}{18}$
$\frac{46}{12}$	$\frac{54}{12}$	$\frac{63}{16}$	$\frac{72}{18}$	$\frac{81}{20}$	$\frac{89}{24}$	$\frac{97}{26}$
$\frac{74}{18}$	$\frac{87}{20}$	$\frac{100}{30}$	$\frac{115}{30}$	$\frac{130}{30}$	$\frac{140}{40}$	$\frac{155}{40}$
$\frac{120}{30}$	$\frac{140}{30}$	$\frac{160}{40}$	$\frac{185}{40}$	$\frac{210}{50}$	$\frac{230}{50}$	$\frac{250}{50}$
$\frac{190}{40}$	$\frac{220}{50}$	$\frac{250}{50}$	$\frac{290}{60}$	$\frac{320}{70}$	$\frac{360}{80}$	$\frac{400}{80}$
$\frac{300}{60}$	$\frac{350}{70}$	$\frac{400}{80}$	$\frac{460}{100}$	$\frac{520}{120}$	$\frac{570}{120}$	$\frac{630}{140}$
$\frac{460}{100}$	$\frac{540}{120}$	$\frac{630}{140}$	$\frac{720}{160}$	$\frac{810}{180}$	$\frac{890}{180}$	$\frac{970}{200}$

Квалитет	Номинальные					
	До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50
14	$\frac{250}{50}$	$\frac{300}{60}$	$\frac{360}{80}$	$\frac{430}{90}$	$\frac{520}{120}$	$\frac{620}{140}$
15	$\frac{400}{80}$	$\frac{480}{100}$	$\frac{580}{120}$	$\frac{700}{140}$	$\frac{840}{180}$	$\frac{1000}{200}$
16	$\frac{600}{120}$	$\frac{750}{160}$	$\frac{900}{200}$	$\frac{1100}{240}$	$\frac{1300}{280}$	$\frac{1600}{320}$
17	$\frac{1000}{200}$	$\frac{1200}{340}$	$\frac{1500}{300}$	$\frac{1800}{380}$	$\frac{2100}{440}$	$\frac{2500}{500}$

*Допустимая погрешность средства измерения* — наибольшая погрешность, при которой измерительное устройство может быть допущено к применению. При выборе средств измерений нужно стремиться, чтобы погрешность измерения была незначительной по сравнению с допуском измеряемого параметра изделия.

*Погрешность измерений* — отклонение результата измерения от действительного значения. В табл. 24 приведены допускаемые погрешности измерений  $\delta$  в зависимости от допусков  $T$ . Приведенные погрешности измерений включают в себя все составляющие, зависящие от измерительных средств, установочных мер, температурных деформаций, базирования и т. д.

#### МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

Различают прямые и косвенные измерения. При *прямых измерениях* искомое значение измеряемой величины находят непосредственно из опытных данных. При *косвенных измерениях* искомое значение величины находят вычислением по известной зависимости между этой вели-

Продолжение табл. 24

размеры, мм						
Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
$\frac{740}{160}$	$\frac{870}{180}$	$\frac{1000}{200}$	$\frac{1150}{240}$	$\frac{1300}{260}$	$\frac{1400}{280}$	$\frac{1550}{320}$
$\frac{1200}{240}$	$\frac{1400}{280}$	$\frac{1600}{320}$	$\frac{1850}{380}$	$\frac{2100}{440}$	$\frac{2300}{460}$	$\frac{2500}{500}$
$\frac{1900}{400}$	$\frac{2200}{440}$	$\frac{2500}{500}$	$\frac{2900}{600}$	$\frac{3200}{700}$	$\frac{3600}{800}$	$\frac{4000}{800}$
$\frac{3000}{600}$	$\frac{3500}{700}$	$\frac{4000}{800}$	$\frac{4600}{1000}$	$\frac{5200}{1100}$	$\frac{5700}{1200}$	$\frac{6300}{1400}$

чиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям. Измерения могут быть осуществлены методами непосредственной оценки и сравнения.

*Метод непосредственной оценки* — метод измерений, при котором значение измеряемой величины определяют непосредственно прямым измерением, т. е. по шкале прибора.

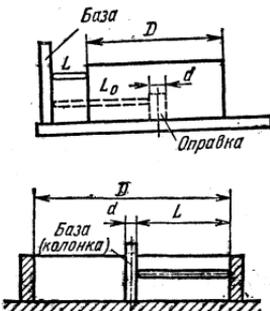
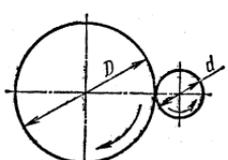
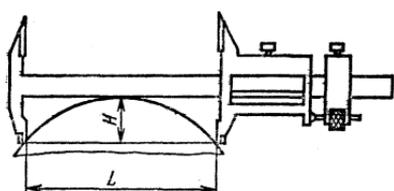
*Метод сравнения* — метод, при котором определяют отклонение измеряемой величины от известного размера установочной меры или образца.

Метод измерения может быть контактным и бесконтактным. При *контактном* методе измерения измерительные наконечники прибора соприкасаются с поверхностью измеряемого объекта, а при *бесконтактном* — указанный контакт отсутствует.

**Измерение больших длин и диаметров.** Прямые измерения больших длин и диаметров осуществляют с помощью микрометров, скоб, штангенциркулей, масштабных линеек, рулеток, нутромеров различных типов и конструкций. Косвенные методы измерения приведены в табл. 25.

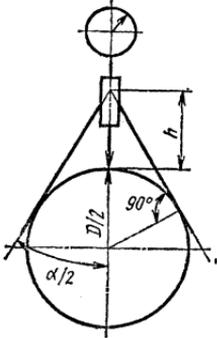
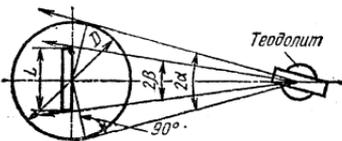
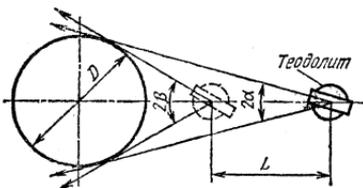
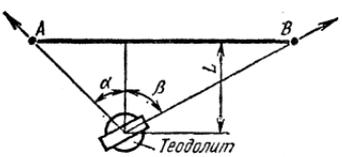
**Измерение цилиндрических деталей малых размеров.** Для измерения малых наружных размеров цилиндриче-

## 25. Методы измерения больших диаметров и длин

Схема измерения	Краткое описание
<b>Метод опоясывания</b>	
	<p>Диаметр детали определяют по результатам измерения длины окружности с помощью рулетки или металлической ленты. Диаметр <math>D = \frac{L}{\pi}</math>, где <math>L</math> — длина окружности</p>
<b>Метод измерения от дополнительных баз</b>	
	<p>Измерения осуществляют с помощью специальных упоров, колонок, частей станков, поверхностей измеряемой детали</p> <p>Наружный диаметр</p> $D = 2 \left( L_0 - L + \frac{d}{2} \right)$ <p>Внутренний диаметр</p> $D = 2L + d$
<b>Метод измерения с помощью вращающегося ролика</b>	
	<p>Диаметр <math>D = \frac{m}{n} d</math>,</p> <p>где <math>m</math> и <math>n</math> — частота вращения ролика и детали</p>
<b>Метод измерения диаметра по хорде и высоте сегмента</b>	
	<p>При измерении с помощью штангенциркуля диаметр</p> $D = \frac{L^2}{4H} + H$

Продолжение табл. 25

Схема измерения	Краткое описание
	<p>При измерении наружных и внутренних диаметров седлообразным прибором с роликами отклонение от номинала</p> $\Delta D = - \left( \frac{l^2}{H^2} - 1 \right) \Delta H$ <p>Знак минус показывает, что при увеличении высоты сегмента диаметр уменьшается. Установку прибора на нуль осуществляют на плите с помощью плоскопараллельных мер длины.</p> <p>Цена деления прибора</p> $a = \left( \frac{l^2}{H^2} - 1 \right) a'$ <p>где <math>a'</math> — цена деления измерительной головки.</p> <p>Размер блока концевых мер длины определяют по формулам:</p> <p>для наружных диаметров</p> $H = \frac{D + d}{2} - \sqrt{\left( \frac{D + d}{2} \right)^2 - l^2}$ <p>для внутренних диаметров</p> $H = \frac{D - d}{2} - \sqrt{\left( \frac{D - d}{2} \right)^2 - l^2}$ <p>где <math>d</math> — диаметр ролика</p>

Схема измерения	Краткое описание
	<p>При измерении седлообразным прибором с клиновыми вставками отклонение от номинала</p> $\Delta D = \frac{2 \sin \alpha/2}{1 - \sin \alpha/2} \Delta h,$ <p>где <math>\Delta h</math> — измеряемое приращение размера <math>h</math>  Установку на нуль проводят по шаблонам, аттестованной детали или на специальном приспособлении</p>
<b>Геодезические методы измерения</b>	
	<p>Теодолитом, установленным в фиксированной точке, измеряют углы <math>2\alpha</math> и <math>2\beta</math>  Диаметр детали</p> $D = \frac{L \sin \alpha}{\operatorname{tg} \beta},$
	<p>где <math>L</math> — размер образца</p> <p>Теодолит устанавливают сначала в одной точке, а затем в другой на расстоянии <math>L</math> и измеряют углы <math>2\alpha</math> и <math>2\beta</math>.  Диаметр детали</p> $D = 2L \frac{\sin \alpha \sin \beta}{\sin \beta - \sin \alpha}$
	<p>Длина измеряемой детали</p> $AB = L (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta)$

ских деталей применяют калибры и универсальные средства: механические, оптические, пневматические и др. Для деталей малой жесткости используют контактные измерительные средства с малыми усилиями измерения (до  $1 \pm 0,25$  Н), а также бесконтактные измерительные средства.

Для измерения диаметров отверстий малых размеров (до 3 мм) применяют аттестованные проволочки диаметром 0,5—3 мм; пневматические приборы, оптические нутромеры для диаметров отверстий от 2 мм, нутромеры с конической иглой, контактно-оптический микроскоп для отверстий диаметром 0,05—2 мм. Для отверстий диаметром до 1 мм в основном используют измерительные микроскопы, перфолектомеры и проекторы.

**Измерение отклонений формы и расположения поверхностей.** Для измерения отклонений от прямолинейности и плоскостности применяют следующие методы: 1) механические (измерение с помощью поверочных линеек, плит, натянутой струны, карусельного плоскомера); 2) гидростатические (измерение методом свободно налитой жидкости, сообщающихся сосудов и с помощью уровня); 3) оптико-механические (автоколлимационные и коллимационные методы, метод визирования); 4) оптические (измерение плоскими стеклянными пластинами и интерферометрами).

Измерения отклонений от прямолинейности поверочными линейками (ГОСТ 8026—75) типов ЛД, ЛТ и ЛЧ осуществляют «на просвет», а линейками типов ШП, ШД и ШМ — методом линейных отклонений. При проверке «на просвет» лекальную линейку рабочим ребром помещают на проверяемую поверхность и на глаз оценивают просвет между ними. Для более точной оценки используют «образец просвета» (рис. 15). Погрешность сличения «на просвет» 1—2 мкм при просветах до 5 мкм и 2—3 мкм при просветах до 10 мкм. Для зазоров более 10 мкм этот метод не рекомендуется.

При проверке методом линейных отклонений линейку устанавливают на две одинаковые опоры, расположенные на проверяемой поверхности, и определяют расстояние между рабочей поверхностью поверочной линейки и контролируемой поверхностью с помощью щупов, концевых

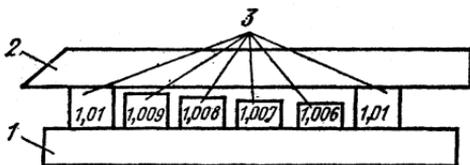


Рис. 15. «Образец про-света»:

1 — стеклянная плоская пластинка; 2 — лекальная линейка; 3 — концевые меры длины

мер длины или специального прибора с измерительной головкой.

На рис. 16 приведена схема измерения отклонения от прямолинейности с помощью поверочной плиты (ГОСТ 10905—86) и измерительной головки. Проверяемую деталь 2 устанавливают так, чтобы две точки проверяемого отрезка находились на одинаковом расстоянии от плоской поверхности поверочной плиты 1. Отклонение от прямолинейности определяют как разность между наибольшим и наименьшим показанием измерительной головки 3. Если нужно определить отклонение от прямолинейности линии пересечения двух плоскостей, то плоскость измерения должна проходить через биссектрису угла между обеими плоскостями (рис. 17).

На рис. 18 приведена схема измерения отклонения от плоскостности. Отклонение от плоскостности определяют как разность между наибольшим и наименьшим показанием измерительной головки при перемещении последней над всеми точками проверяемой поверхности. При измерении плоскостности с помощью поверочной линейки определяют отклонения от прямолинейности в отдельных сечениях поверхности.

Измерение отклонения от плоскостности методом «на краску» осуществляют поверочными линейками типов ШП, ШД, ШМ и УТ с широкой рабочей поверхностью и плитами. При этом линейку или плиту, покрытую тонким слоем краски (смесь берлинской лазури), перемещают

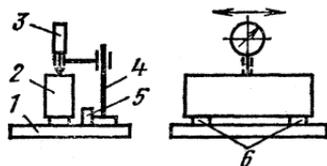


Рис. 16. Схема измерения отклонения от прямолинейности:

1 — поверочная плита; 2 — деталь; 3 — измерительная головка; 4 — штатив; 5 — направляющий упор; 6 — подкладки

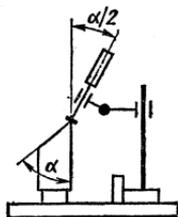
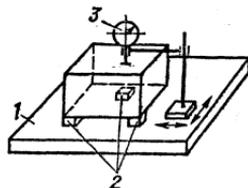


Рис. 17. Схема измерения отклонения от прямолинейности линии пересечения двух плоскостей

Рис. 18. Схема измерения отклонения от плоскостности:

1 — поверочная плита; 2 — подкладки; 3 — измерительная головка



без нажима по проверяемой поверхности, а качество поверхности оценивают равномерностью и числом пятен на площади размером  $25 \times 25$  мм в нескольких местах; погрешность измерения примерно 3—5 мкм. Непосредственное измерение отклонения от плоскостности возможно с помощью карусельного плоскомера.

Уровень применяют для измерения отклонений от прямолинейности и плоскостности поверхностей больших деталей шаговым методом. Сущность метода заключается в последовательном измерении смещения отдельных точек проверяемой поверхности относительно предыдущей точки. Уровень 2 (рис. 19), установленный на мостике 1, перемещают по проверяемой поверхности, так, чтобы задняя опора мостика каждый раз устанавливалась на место передней, и отсчитывают показания уровня. По показаниям уровня строят график отклонений точек проверяемой поверхности относительно горизонтальной плоскости, проходящей через нулевую точку, и определяют отклонения от прямой, соединяющей концы кривой профиля. Отклонение от плоскостности с помощью уровня измеряют путем определения отклонений от прямолинейности в отдельных сечениях с определенным шагом.

Для измерения отклонения от прямолинейности образующих длиной до 150 мм, наружных и внутренних поверхностей различных деталей массой до 8 кг может быть использован прибор мод. БВ-6065. В качестве образцовой прямой в приборе используют траекторию перемещения каретки аэростатического столика, движущейся относительно опоры на воздушной подушке.

Для измерения отклонения от прямолинейности вертикальных поверхностей может быть использован прибор мод. БВ-6129.

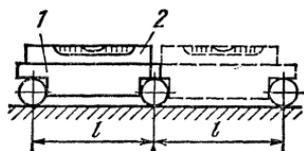


Рис. 19. Схема измерения отклонения от прямолинейности с помощью уровня:

1 — мостики; 2 — уровень;  
l — шаг измерения

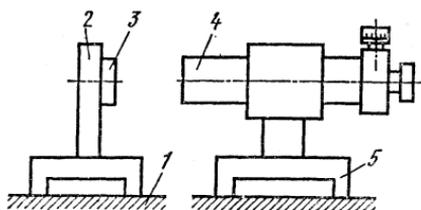


Рис. 20. Схема автоколлимационного метода измерения

Измерения автоколлимационным и коллимационным методами относят к шаговым методам измерения. При измерении автоколлимационным методом на проверяемую поверхность 1 (рис. 20) устанавливают плоское зеркало 3, закрепленное на подставке 2, с двумя опорами, расстояние между которыми соответствует выбранному шагу измерения. Автоколлиматор 4, закрепленный на подставке 5, помещают на массивную опору рядом с проверяемой поверхностью. Зеркало должно быть расположено так, чтобы оптическая ось автоколлиматора была перпендикулярна зеркалу изображения марки автоколлиматора и занимало осевое положение в поле зрения окуляра. При последовательном перемещении подставки с зеркалом на шаг измерения по исследуемой поверхности отклонения от прямолинейности (плоскостности) вызывают наклоны зеркала относительно оптической оси автоколлиматора. Отсчет

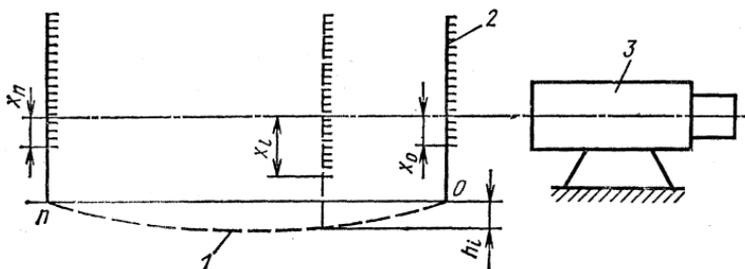
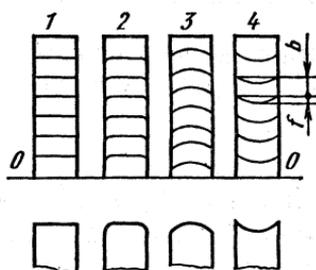


Рис. 21. Схема измерения методом визирования:

$$x_n = x_0; h_z = x_i - x_0$$

**Рис. 22. Интерференционные картины:**

1 — правильная поверхность; 2 — по краям имеются завалы; 3 — выпуклая поверхность; 4 — вогнутая поверхность



углов наклонов осуществляют с помощью окулярного микроскопа или окулярной сетки автоколлиматора.

При измерении коллимационным методом применяют зрительную трубу и коллиматор, перемещаемый по исследуемой поверхности. В этом случае измеряют углы наклона, образованные оптическими осями коллиматора и зрительной трубы.

При измерении методом визирования (рис. 21) оптическую ось зрительной трубы 3 устанавливают параллельно прямой, проходящей через крайние точки контролируемой поверхности 1. Визирную марку 2 помещают последовательно во все проверяемые точки и отсчитывают  $x_i$  по оптическому микрометру зрительной трубы. Для этого применяют визирные зрительные трубы ППС-11, ППС-12, оптическую струну мод. ДП-477, оптические линейки ИС-36, ИС-43, ИС-60 (бесконтактная).

Использование автоколлиматоров и зрительных труб для измерения отклонений от плоскостности поверхностей требует больших затрат времени. Поэтому более эффективным является использование оптических плоскомеров (ИС-41М), которые позволяют непосредственно определить отклонение от плоскостности.

Измерение отклонения от плоскостности с помощью плоских стеклянных пластин ПИ-60, ПИ-80, ПИ-100, ПИ-120 (ГОСТ 2923—75) осуществляют для точного контроля малых доведенных поверхностей (до 120 мм), отклонение от плоскостности которых не превышает 1,5 мкм. При наложении пластинки с небольшим наклоном на проверяемую поверхность появляются интерференционные полосы, по характеру и величине искривления которых судят об отклонении от плоскостности (рис. 22).

Величина отклонения от плоскостности  $H = \frac{f \cdot \lambda}{b \cdot 2}$ , где  $f$  —

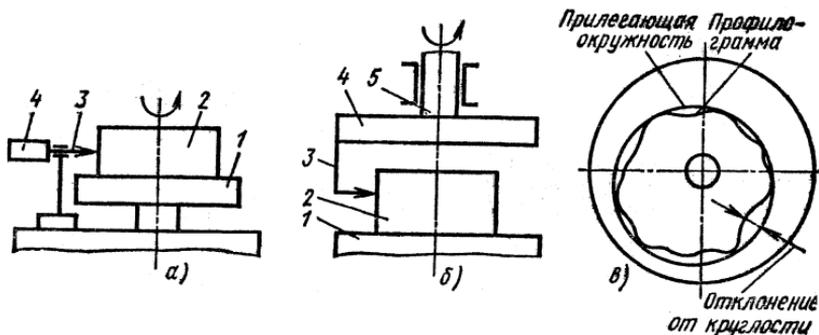


Рис. 23. Схема измерения отклонения от круглости на кругломерах; а — с вращающимся столиком; б — с вращающимся шпинделем; в — профилограмма; 1 — стол; 2 — проверяемая деталь; 3 — наконечник преобразователя; 4 — преобразователь; 5 — шпиндель

стрела прогиба полосы;  $b$  — ширина полосы;  $\lambda$  — длина волны; при измерении в белом свете  $\frac{\lambda}{2} = 0,3$  мкм.

При отсутствии огранки с нечетным числом граней и изогнутости отклонение от цилиндричности приближенно может быть определено как полуразность между наибольшим и наименьшим диаметром поверхности, измеренным двухконтактными приборами в различных сечениях и направлениях. Когда деталь имеет огранку с нечетным числом граней или изогнутость, то для косвенного определения отклонения от цилиндричности эти диаметры измеряются отдельно и суммируются с полуразностью наибольшего и наименьшего диаметров.

Наиболее полно отклонение от круглости может быть измерено путем сличения профиля контролируемой детали в поперечном сечении с эталонной окружностью, воспроизводимой вращением прецизионного шпинделя или стола прибора с проверяемой деталью вокруг базовой оси (рис. 23). Для этого используют специальные приборы — кругломеры мод. 256, 258, 289, 290. При измерении деталь предварительно центрируют относительно оси вращения, а увеличенные перемещения наконечника преобразователя записывают в полярной системе координат на бумажном диске (кругло-

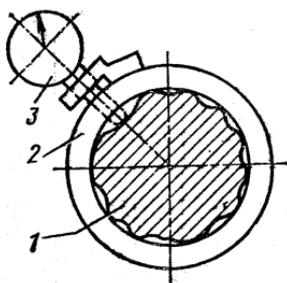


Рис. 24. Схема измерения отклонения от круглости в кольце

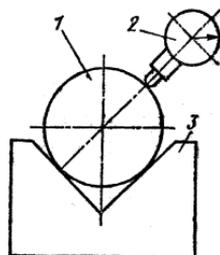


Рис. 25. Схема измерения овальности;

1 — проверяемая деталь; 2 — измерительная головка; 3 — призма

грамме). Для оценки отклонения от круглости используют прозрачный шаблон с концентричными окружностями, укладываемый на круглограмму.

На рис. 24 показана схема измерения отклонения от круглости в кольце. При этом внутренний диаметр кольца 2 должен быть равен диаметру прилегающей окружности. При измерении вращают кольцо или деталь 1 и определяют наибольшее отклонение стрелкой измерительной головки 3. При этом овальность и огранку с четным числом граней определяют как полуразность между наибольшим и наименьшим диаметрами сечения, измеренными в трех направлениях через  $60^\circ$ .

На рис. 25 показана схема измерения овальности на призме с помощью измерительной головки в направлении, перпендикулярном одной из граней призмы. Овальность равна полуразности между наибольшим и наименьшим показаниями прибора.

Огранку с нечетным числом граней часто определяют трехконтактным методом. Для этого используют устройство, состоящее из V-образной призмы и измерительной головки (рис. 26). Величина огранки  $\Delta = sk^{-1}$ , где  $s$  — наибольшая разность в показаниях измерительной головки;  $k$  — коэффициент воспроизведения огранки, который зависит от числа граней в сечении и углов ( $\alpha$  и  $\beta$ ), характеризующих взаимное расположение наконечников трехконтактного устройства (табл. 26). Из несимметричных трехконтактных устройств наибольшей универсальностью обладают схемы со следующими параметрами:

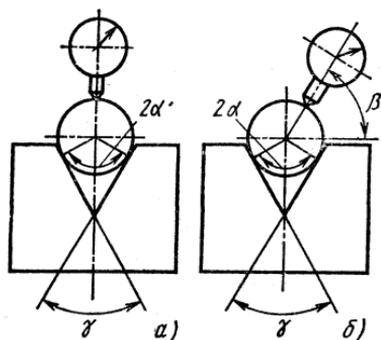


Рис. 26. Схема измерения оградки с нечетным числом граней:  
 а — симметричное устройство; б — несимметричное устройство

26. Значения коэффициента  $k$  для симметричных трехконтактных устройств (рис. 26, а)

Число граней $n$	Угол призмы $\gamma^\circ$	Коэффициент $k$
2; 5; 9	130	$\approx 1,7$
5; 7	120	2
3; 9	120	1
3; 5	90	2
3; 9	60	3
7; 9	45	2

$\gamma = 120^\circ$  и  $\beta = 30^\circ$ ;  $\gamma = 60^\circ$  и  $\beta = 60^\circ$ . Такие схемы для  $n$ , равного 3, 5, 7, 9, 15, 17, 19, 21, 27, 29, 31, 33 и т. д., имеют одинаковый  $k = 2$ . Огранку с числом граней по длине окружности более восьми — девяти относят к волнистости поверхности цилиндрических деталей.

Отклонения профиля определяют путем измерения отклонения от прямолинейности контролируемой детали. Для этого при одной установке детали записывают профилограммы обеих образующих, принадлежащих одному продольному сечению. На записанных профилограммах проводят прилегающий профиль (пару параллельных прямых) и от сторон последнего в перпендикулярном направлении определяют наибольшее отклонение точек профилограмм. Полученная величина с учетом масштаба увеличения

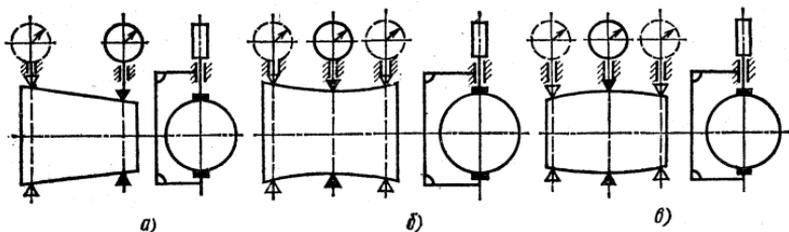
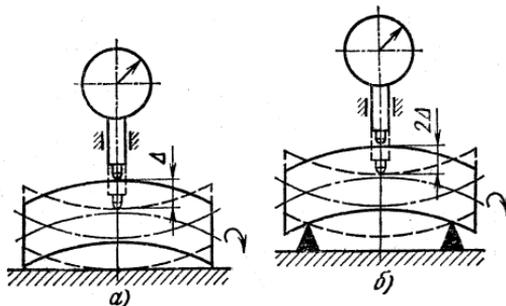


Рис. 27. Схемы измерения конусообразности (а), седлообразности (б) и бочкообразности (в)

Рис. 28. Схемы измерения изогнутости:  
 а — на плите; б — на  
 ножевых опорах



характеризует отклонение профиля продольного сечения.

При отсутствии изогнутости отклонение профиля продольного сечения определяют как полуразность наибольшего и наименьшего диаметров сечений, измеренных двухконтактным прибором.

Конусообразность, бочкообразность и седлообразность измеряют двухконтактными приборами (рис. 27).

Измерение изогнутости показано на рис. 28. При измерении по первой схеме (рис. 28, а) изогнутость равна размаху показаний измерительной головки, а при измерении по второй схеме (рис. 28, б) — половине размаха показаний.

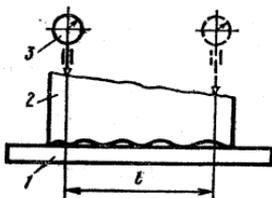
Расположение поверхностей измеряют с помощью методов, приведенных в табл. 27.

Параметры шероховатости поверхности измеряют бесконтактными методами с помощью приборов светового сечения (ПСС), теневого сечения (ПТС), растровых микроскопов (ОРИМ) и микроинтерферометров (МИИ), а также контактными методами с помощью щуповых приборов. Наибольшее распространение получили электромеханические щуповые приборы (профилографы и профилометры). Профилометры предназначены для непосредственного определения среднего арифметического отклонения профиля поверхности  $R_a$ , а профилографы — для записи профиля поверхности в виде профилограммы. На производстве применяют профилографы—профилометры мод. 201, 252 и профилометры мод. 253, 283, 296. Параметры шероховатости в труднодоступных местах изделия, а также без снятия изделий со станка измеряют иммерсионно-репликовым интерферо-

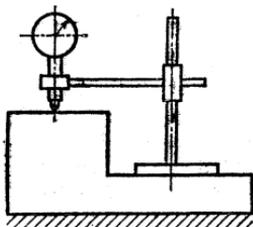
## 27. Методы измерения расположения поверхностей

Схема измерения и краткое описание

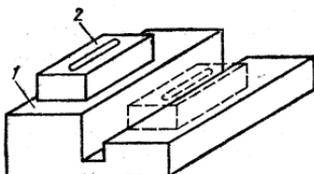
**Измерение отклонения от параллельности плоскостей**



Детали 2 устанавливают базовой плоской поверхностью на поверочную плиту 1 и, перемещая измерительную головку 3 параллельно плоской поверхности поверочной плиты, определяют разность показаний измерительной головки в различных точках проверяемой поверхности на заданной площади или длине. Отклонение от плоскостности проверяемой поверхности в этом случае войдет в результат измерения как погрешность измерения

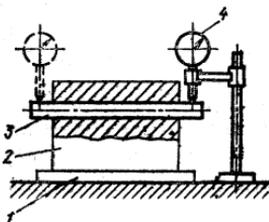


Перемещая штатив по одной из контролируемых плоскостей, а наконечник измерительной головки по другой, определяют разность отсчетов по прибору на заданной длине



Уровень 2 последовательно укладывают на контролируемые поверхности детали 1 и определяют разность показаний. При этом способе измерения контролируемые поверхности должны занимать примерно горизонтальное положение

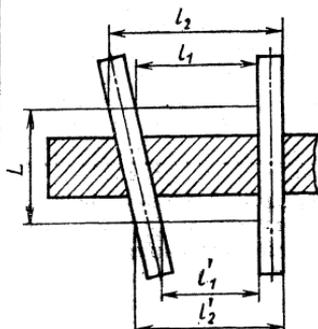
**Измерение отклонения от параллельности оси (отверстия, вала) и плоскости**



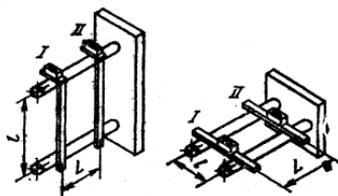
Деталь 2 устанавливают на поверочную плиту 1 так, чтобы проверяемая плоская поверхность была параллельна плоской поверхности плиты. Положение оси отверстия при измерении определяют по образующей оправки 3. Непараллельность равна разности показаний измерительной головки 4 в двух положениях

Продолжение табл. 27

Схема измерения и краткое описание

**Измерение отклонения от параллельности осей отверстий и валов**

Отклонение от параллельности осей определяют по результатам измерения размеров  $l_1$  и  $l'_1$  или  $l_2$  и  $l'_2$  на заданной длине  $L$  с помощью концевых мер длины, микрометра, штангенциркуля или другого прибора

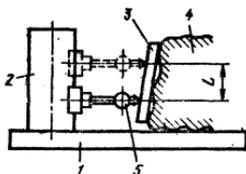
**Измерение перекоса осей**

Наиболее универсальным методом является измерение с помощью уровня. Величина перекоса по длине

$$\Delta_y = \frac{nc}{1000} l,$$

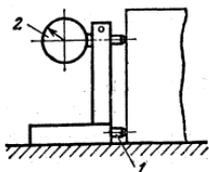
где  $n$  — разность показаний уровня в числах делений шкалы в положениях  $I$  и  $II$ ;  $c$  — цена деления уровня, мм/м;  $l$  — расстояние между осями, мм

При расположении осей в вертикальной плоскости с помощью уровня можно измерить и их отклонение от параллельности

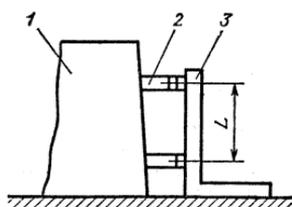
**Измерение отклонения от перпендикулярности плоскостей**

Деталь 4 устанавливают базой на поверочную плиту 1 и определяют на заданной длине разность показаний измерительной головки 5, перемещающейся по колонке 2 перпендикулярно к плоскости плиты. С помощью плоскопараллельной пластины 3, накладываемой на поверочную поверхность, исключают влияние погрешностей формы этой поверхности

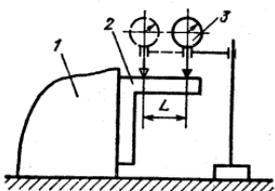
## Схема измерения и краткое описание



При измерении используют неподвижный упор 1 и производят один отсчет. Измерительную головку 2 настраивают на нуль по угольнику

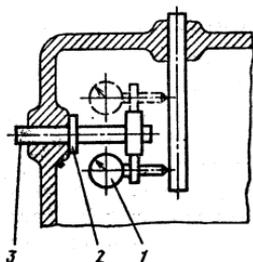


При измерении с помощью концевых мер длины или щупов 2 определяют в двух точках расстояние от грани угольника 3 до проверяемой поверхности детали 1. Разность расстояний и есть отклонение от перпендикулярности на заданной длине  $L$



Отклонение от перпендикулярности на заданной длине определяют по параллельности свободной грани угольника 2, приложенного к проверяемой поверхности детали 1. Отклонение от перпендикулярности проверяемой поверхности детали на заданной длине  $L$  равно разности показаний измерительной головки 3

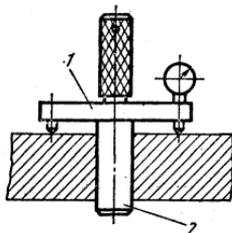
## Измерение отклонения от перпендикулярности осей



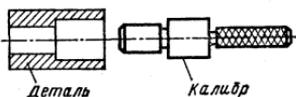
Оправку 3 с измерительной головкой 1 поворачивают на  $180^\circ$ . Ее положение в осевом направлении фиксируют упором 2. Отклонение от перпендикулярности на длине, равной двум вылетам измерительной головки, равно разности показаний

Продолжение табл. 27

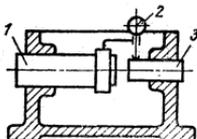
Схема измерения и краткое описание

**Измерение отклонения от перпендикулярности оси к плоскости**

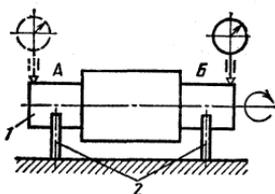
Если направление не указано, то измерительное устройство 1 поворачивают вокруг оси оправки 2 и при этом фиксируют наибольшее показание измерительной головки

**Измерение отклонения от соосности**

При зависимых допусках отклонения от соосности целесообразно контролировать комплексными калибрами. Действительное отклонение от соосности определяют путем измерения радиального биения

**Измерение отклонения от соосности относительно оси базы**

Измерение проводят с помощью двух точных оправок 1, 3 и измерительной головки 2. Отклонение от соосности равно половине разности отсчетов по шкале измерительной головки за один оборот измерительного устройства

**Измерение отклонения от соосности относительно общей оси двух поверхностей**

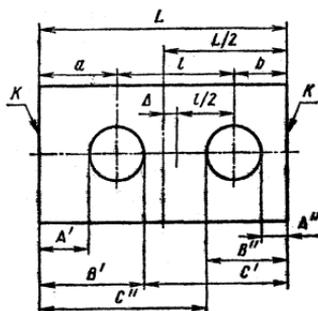
Отклонение от соосности поверхностей А и В относительно их общей оси определяют при вращении детали 1 на двух ножевых опорах 2, находящихся в средних сечениях поверхностей А и В. Отклонение от соосности для каждой проверяемой поверхности равно половине радиального биения в крайних сечениях

Продолжение табл. 27

Схема измерения и краткое описание

**Измерение отклонения от симметричности**

При зависимых допусках симметричность целесообразно контролировать комплексными калибрами, аналогичными калибрам для контроля отклонения от соосности. Действительное отклонение от симметричности определяют с помощью универсальных средств измерения и специальных измерительных приспособлений



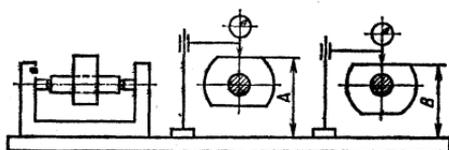
Отклонение от симметричности двух отверстий относительно плоскостей

$$\Delta = \frac{a-b}{2} = \frac{(A' + B') - (A'' + B'')}{4}$$

или

$$\Delta = \frac{a-b}{2} = \frac{(A' + C'') - (A'' + C')}{4}$$

Величины  $a$ ,  $b$ ,  $A'$ ,  $B'$ ,  $B''$ ,  $C'$  и  $C''$  измеряют универсальными средствами измерения



Деталь поворачивают на  $180^\circ$  и с помощью измерительной головки определяют полуразность расстояний  $A$  и  $B$ . Отклонение от симметричности

$$\Delta = \frac{C_A - C_B}{2}$$

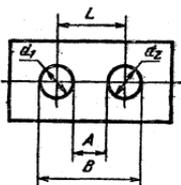
где  $C_A$  и  $C_B$  — показания измерительной головки в положениях детали  $A$  и  $B$

**Измерение расстояний между осями отверстий**

При зависимых допусках на межосевое расстояние контроль целесообразно проводить комплексными калибрами. Для небольших деталей могут быть использованы проекторы

Продолжение табл. 27

Схема измерения и краткое описание

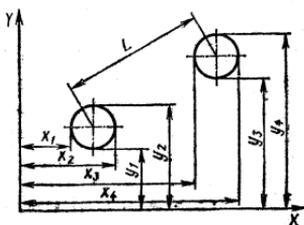


При определении межосевого расстояния универсальными средствами измерения необходимо измерить:

$$A, d_1 \text{ и } d_2, \text{ тогда } L = A + \frac{d_1 + d_2}{2};$$

$$B, d_1 \text{ и } d_2, \text{ тогда } L = B - \frac{d_1 + d_2}{2};$$

$$A \text{ и } B, \text{ тогда } L = \frac{A + B}{2}$$



При измерении межосевого расстояния:

а) координаты отсчитывают по краям контура отверстий; в этом случае

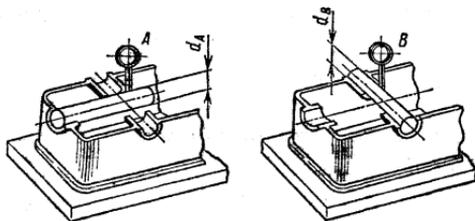
$$L = \frac{1}{2} \sqrt{(x_3 + x_4 - x_1 - x_2)^2 + \dots + (y_3 + y_4 - y_1 - y_2)^2}$$

б) координаты отсчитывают по центрам отверстий; в этом случае

$$L = \sqrt{(x_2' - x_1')^2 + (y_2' - y_1')^2},$$

где  $x_1'$  и  $y_1'$  — координаты первого отверстия;  $x_2'$  и  $y_2'$  — координаты второго отверстия.

Измерение отклонения от пересечения осей



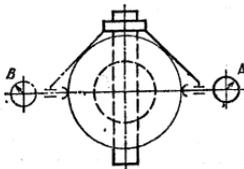
В сечении, соответствующем точке пересечения осей, измеряют высоту положения двух оправок, пригнанных к проверяемым отверстиям. Отклонение от пересечения осей

равно разности высот  $A$  и  $B$  с учетом диаметров оправок  $d_A$  и  $d_B$ :

$$\Delta = (A - B) - \frac{d_A - d_B}{2}$$

Продолжение табл. 27

## Схема измерения и краткое описание

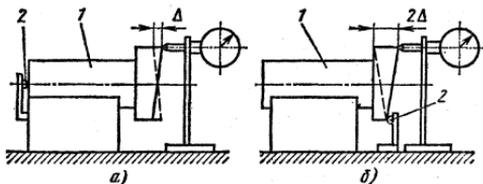


Отклонение от пересечения осей наружной и внутренней поверхности

$$\Delta = \frac{C_A - C_B}{2},$$

где  $C_A$  и  $C_B$  — показания головки в положениях  $A$  и  $B$

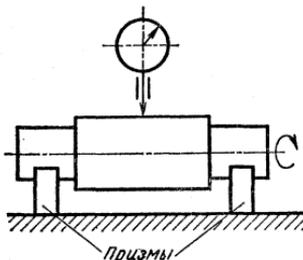
## Измерение торцового биения



Измеряемые детали 1 (схема а) устанавливают базами и фиксируют в осевом направлении упором 2 (схемы а, б). При расположении упора 2 по схеме б торцовое биение  $\Delta$  равно половине разности между наибольшим и наименьшим показателем измерительной головки за один оборот детали

вое биение  $\Delta$  равно половине разности между наибольшим и наименьшим показателем измерительной головки за один оборот детали

## Измерение радиального биения



Измеряемые детали устанавливают базами на призмы (в центрах, насаживают на коническую, цилиндрическую, ступенчатую или разжимную оправки). Измерение осуществляют с помощью измерительной головки, закрепляемой в стойке, универсальном штативе или специальном измерительном приспособлении. Радиальное биение определяют как разность между наибольшим и наименьшим показателями измерительной головки за один оборот детали

ду наибольшим и наименьшим показателями измерительной головки за один оборот детали

метром МИИ-10. В качестве материала для реплик применяют основу киноплёнки с известным показателем преломления. В аналогичных условиях для измерения параметров шероховатости может быть использован метод слепков. В качестве материалов для изготовления слепков применяют целлулоид, легкоплавкие сплавы, воск, гипс — хромпик, лак — цапон, парафин, масляную гуттаперчу, эпоксидные смолы и др.

На рабочих местах в цехах широко используют метод контроля шероховатости сравнением изделия со стандартным рабочим образцом шероховатости (ГОСТ 9378—75) или с аттестованной деталью. При этом шероховатость поверхности оценивают визуально-осязательным методом, с помощью лупы или специального микроскопа сравнения, позволяющих одновременно наблюдать поверхности образца и детали с увеличением приблизительно 80×.

**Измерение углов и конусов.** Для измерения углов и конусов применяют методы: сравнения; тригонометрические; гониометрические.

Измерение углов методами сравнения осуществляют сравнением их с угловыми мерами (призматическими угловыми мерами, угловыми шаблонами, угольниками и конусными калибрами).

Призматические угловые меры (ГОСТ 2875—88) бывают следующих типов: 1 — с одним рабочим углом со срезанной вершиной; 2 — с одним рабочим углом с острой вершиной; 3 — с четырьмя рабочими углами; 4 — правильная многогранная ( $n$ -гранная) призма.

На рис. 29, а показана схема контактного метода сравнения измеряемого угла изделия 1 с углом образцовой жесткой меры 2. Если угол изделия отличается от угла меры, то отсчет индикатора отличается от отсчета при установке меры на величину  $p$ . Отклонение угла  $\Delta\alpha = p/L$ . Так как размер  $L$  постоянен, то шкала индикатора может быть отградуирована в угловых величинах. Величина измеряемого угла равна алгебраической сумме измеряемой величины отклонения и действительного значения угла меры.

На рис. 29, б приведена схема измерения угла изделия 1 методом сравнения с углом угольника 2. При этом отклонение угла изделия  $\Delta\alpha = p/H$ . Поскольку размер  $H$  неизменен, то величина просвета может служить мерой

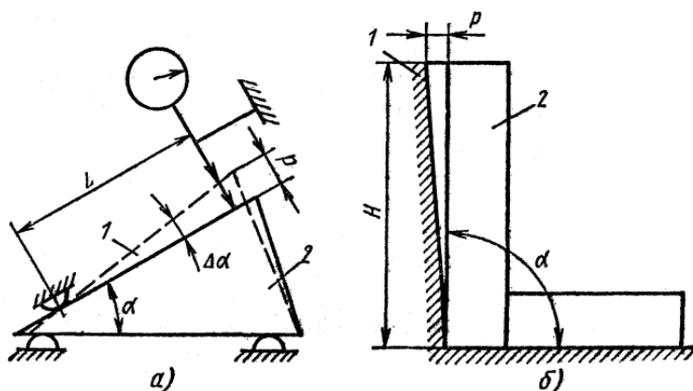


Рис. 29. Схемы измерения угла изделия методом сравнения: а — с углом образцовой жесткой меры; б — с углом угольника

отклонений в угловых величинах. Просвет может наблюдаться: 1) у конца стороны угольника — угол изделия больше угла угольника; 2) у вершины угла — угол изделия меньше угла угольника.

По ГОСТ 3749—77 поверочные угольники  $90^\circ$  размером до 1600 мм изготовляют следующих типов: УЛ — лекальные; УЛП — лекальные плоские; УЛЦ — лекальные цилиндрические; УП — слесарные плоские и УШ — слесарные с широким основанием. Лекальные угольники (УЛ, УЛП, УЛЦ) имеют точность 0 и 1-го классов, а слесарные — 0, 1 и 2-го классов.

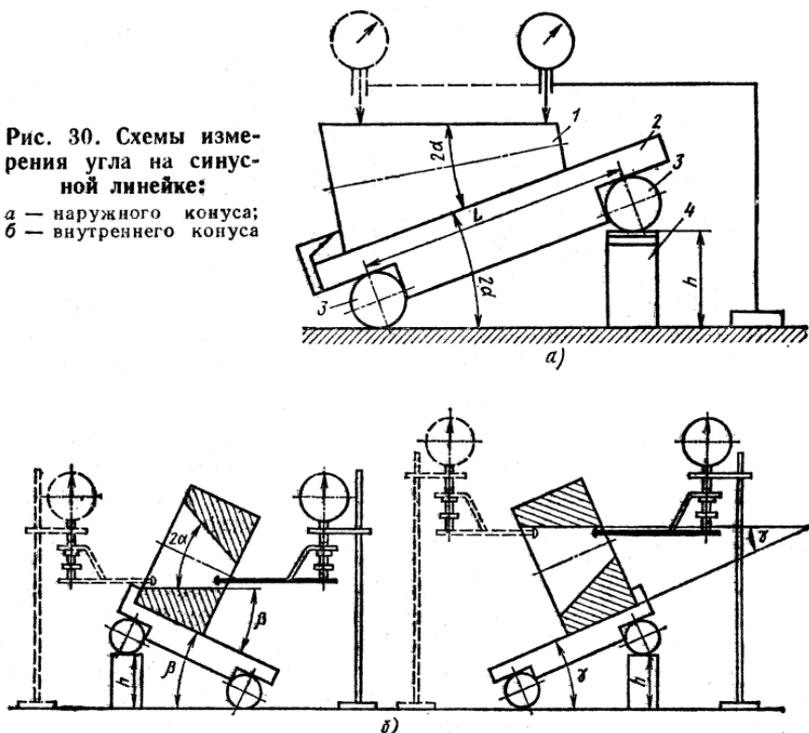
С помощью калибров углы измеряют по прилеганию к поверхности калибра (по краске) и по базорасстоянию (по глубине погружения калибра-пробки в изготавливаемую втулку либо изготавливаемого хвостовика в калибровую втулку).

Измерение внутренних конусов путем сравнения с калибрами-втулками выполняют с помощью специальных приспособлений — индикаторных нутромеров, а также используя стандартные глубиномеры с двумя сменными специальными наконечниками, выполненными в форме дисков со сферической или торической боковой поверхностью.

При тригонометрических (косвенных) методах измерения углов образцами служат углы прямоугольных тре-

Рис. 30. Схемы измерения угла на синусной линейке:

*a* — наружного конуса;  
*б* — внутреннего конуса



угольников, две стороны которых измеряют или воспроизводят с помощью средств и методов линейных измерений. Стандартными средствами измерения углов этим методом являются синусные линейки (ГОСТ 4046—80), которые выпускают типов: ЛС — без опорной плиты с одним наклоном; ЛСО — с опорной плитой с одним наклоном; ЛСД — с опорной плитой с двумя наклонами. Угол на синусной линейке

$$\sin \alpha = \frac{h}{L}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  — угол поворота линейки;  $h$  — размер установленного блока концевых мер, мм;  $L$  — расстояние между осями роликов линейки, мм.

При измерении угла наружного конуса 1 на синусной линейке 2 (рис. 30, *a*) под одним из роликов 3 подкладывают концевые меры 4, добиваясь того, чтобы показания

точной измерительной головки по всей длине образующей конуса были одинаковы. Угол конуса

$$\sin 2\alpha = \frac{h}{L}.$$

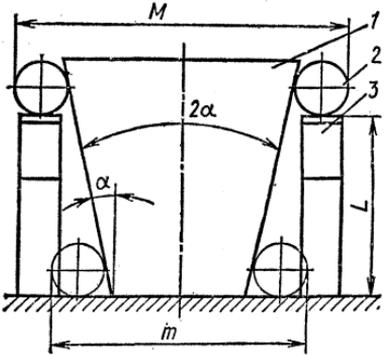
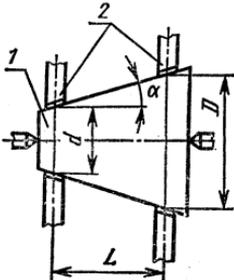
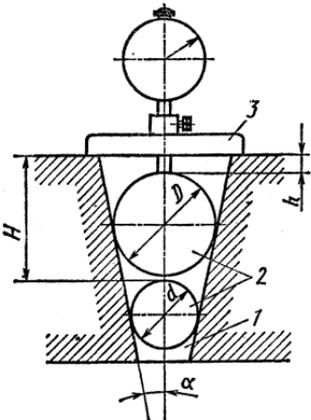
На рис. 30, б приведена схема измерения угла внутреннего конуса втулки на синусной линейке. При этом угол конуса  $2\alpha = \gamma + \beta$ . Углы  $\gamma$  и  $\beta$  определяют по формуле (1). Базой для установки служит наружная поверхность втулки.

В табл. 28 приведены способы измерения углов конусов с помощью универсальных средств измерений.

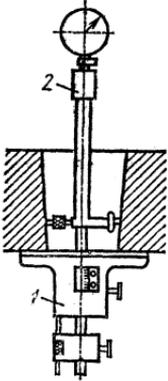
При измерении углов гониометрическим методом сравнивают измеряемый угол со шкалой лимба, встроенного в прибор. Характеристики некоторых приборов этой группы приведены в табл. 29. Применяют также рамные и брусковые уровни (ГОСТ 9392—75), контрольные уровни (ГОСТ 3059—75), уровни с микрометрической подачей ампулы (ГОСТ 11196—74), индуктивные уровни, измерительные микроскопы, оснащенные угломерными штриховыми головками, делительные столы, гониометры (ГОСТ 10021—84), теодолиты (ГОСТ 10529—85), интерференционные автоколлимационные приборы и др. Создана углоизмерительная система (ГОИЛ) с управлением от ЭВМ. Абсолютная систематическая погрешность 0,5".

**Измерение резьб.** Резьбы измеряют комплексным и дифференцированным (поэлементным) методами. Комплексный метод измерения применяют для резьб, допуск среднего диаметра которых является суммарным. Он основан на одновременном контроле среднего диаметра, шага, половины угла профиля, внутреннего и наружного диаметров резьбы путем сравнения действительного контура резьбы с предельным по всей длине свинчивания. Для этого применяют резьбовые калибры, проекторы, а также специальные приборы, в которых измерительные поверхности, контактирующие с резьбой, имеют форму резьбовых гребенок или роликов. Наиболее широкое распространение из комплексных методов измерений имеют измерения с помощью резьбовых калибров. Конструкции, исполнительные размеры и допуски калибров для метрической резьбы регламентируют ГОСТ 17756—72—ГОСТ 17767—72, ГОСТ 24997—81. Калибры для метри-

28. Способы измерения углов конусов

<p>Схема измерения</p>	<p>Краткое описание</p>
	<p>Углы конусов и клиньев 1 измеряют с помощью калиброванных шариков 2 (или цилиндрических роликов) и плоскопараллельных концевых мер длины 3</p> $\operatorname{tg} \alpha = \frac{M - m}{2L}$
	<p>При измерении угла конуса 1 на универсальном измерительном микроскопе с помощью ножей 2</p> $\operatorname{tg} \alpha = \frac{D - d}{2L}$
	<p>Измерение внутренних конусов и глубоких угловых пазов 1 осуществляют с помощью двух шариков или роликов 2. Искомый угол</p> $\sin \alpha = \frac{0,5(D - d)}{H - h - 0,5(D - d)},$ <p>где <math>D</math> и <math>d</math> — диаметры аттестованных шариков или роликов; размеры <math>H</math> и <math>h</math> определяют с помощью глубиномера 3</p>

Продолжение табл. 28

Схема измерения	Краткое описание
	<p>Измерение внутренних конусов осуществляют с помощью нутромера 2 и штангенглубиномера 1. Штангенглубиномер используют в качестве упора. Искомый угол</p> $\operatorname{tg} \alpha = \frac{D_1 - D_2}{2(h_2 - h_1)},$ <p>где <math>D_1 - D_2</math> — разность показаний нутромера на разных высотах; <math>h_2 - h_1</math> — разность показаний штангенглубиномера</p>

### 29. Характеристики приборов для измерения углов гонометрическим методом

Наименование	Пределы измерений, °	Цена деления отсчетной шкалы	Измерение
Угломеры с нониусом (ГОСТ 5378—88) типа: 1 2 2 3 4	0—180 0—360 40—180 0—360 0—180	2' и 5' 2' 2' 5' и 10' 10'	Наружных углов Наружных углов Внутренних углов Наружных углов Наружных углов
Оптические квадранты (ГОСТ 14967—80) типа: КО-60 КО-10	±120 0—360	1' 10"	Угловых отклонений объектов от горизонтального положения

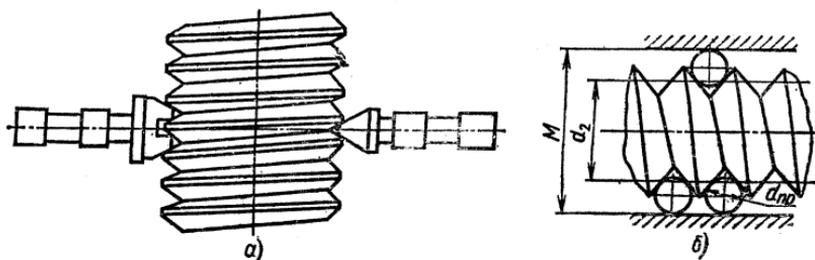


Рис. 31. Схемы измерения среднего диаметра резьбы:

*a* — микрометром с помощью резьбовых вставок; *б* — методом трех проволок

ческой резьбы диаметром менее 1 мм должны соответствовать ГОСТ 3199—84. Комплексный метод широко применяют для измерения внутренней резьбы.

Поэлементный метод измерения применяют в тех случаях, когда допуски установлены отдельно на каждый параметр резьбы. Основными измерительными элементами резьбы являются: наружный диаметр, средний диаметр, внутренний диаметр, шаг резьбы и половина угла профиля. Заключение о годности дают по каждому параметру отдельно. В связи с тем, что данный метод является сложным и трудоемким, его используют главным образом для точных резьб. Этот метод может быть использован и тогда, когда допуск среднего диаметра является суммарным. В таком случае по результатам измерения отдельных параметров резьбы подсчитывают значение приведенного среднего диаметра и судят о годности резьбового изделия.

Методы измерения отдельных элементов резьбы выбирают в зависимости от назначений резьбы и требования к точности.

Измерения наружной резьбы. На рис. 31, *a* показана схема измерения среднего диаметра резьбы резьбовым микрометром с помощью вставок. Погрешность измерения при этом 0,025—0,2 мм. При использовании резьбовых образцов для установки микрометров погрешность уменьшается до 0,01—0,1 мм.

Более точно можно измерить средний диаметр резьбы методом трех проволок (рис. 31, *б*). При этом измеряют размер  $M$  контактным прибором (микрометром, оптиметром, вертикальным длиномером и др.), а средний диаметр резьбы определяют по формулам, приведенным

## 30. Формулы для определения среднего диаметра резьбы

Резьба	$d_2$
Метрическая ( $\alpha = 60^\circ$ )	$M - 3d_D + 0,866P$
Трубная ( $\alpha = 55^\circ$ )	$M - 3,1657d_D + 0,9605P$
Трапецеидальная ( $\alpha = 30^\circ$ )	$M - 4,8637d_D + 1,866P$
Упорная ( $\beta = 30^\circ; \gamma = 3^\circ$ )	$M - 4,4236d_D + 1,5879P$

$d_D$  — номинальное значение диаметра проволоочки; мм;  $P$  — номинальное значение шага резьбы, мм;  $\alpha$  — номинальное значение угла профиля резьбы;  $\beta$  и  $\gamma$  — номинальное значение углов наклона сторон профиля

в табл. 30. При небольшом числе витков используют метод двух проволочек, а для измерения крупных резьб — метод одной проволочки. Диаметр проволочек выбирают в зависимости от шага проверяемой резьбы. Минимальная погрешность измерения получается при использовании проволочек с предпочтительным номинальным диаметром  $d_{D_0}$ :

а) для резьб с симметричным профилем

$$d_{D_0} = \frac{P}{2\cos \alpha/2};$$

б) для упорной резьбы ( $\beta = 30^\circ; \gamma = 3^\circ$ )

$$d_{D_0} = 0,5431P.$$

Типы и размеры измерительных проволочек регламентирует ГОСТ 2475—62. Проволочки изготовляют нулевого и первого класса точности трех типов: 1) проволочки гладкие; 2) проволочки ступенчатые; 3) ролики.

Средний диаметр наружной резьбы можно измерять также бесконтактным проекционным методом на инструментальном или универсальном микроскопе с помощью измерительных ножей.

Рис. 32. Схема измерения половины угла профиля резьбы

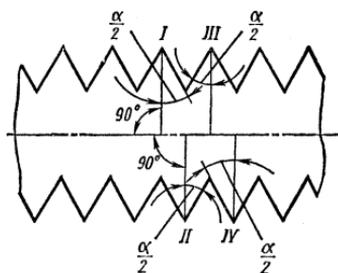
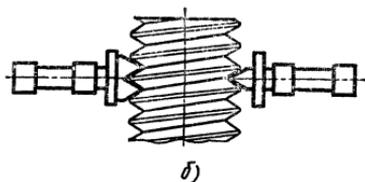
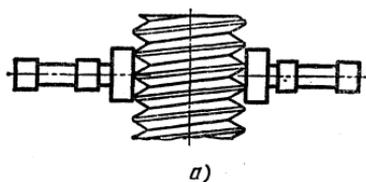


Рис. 33. Схемы измерения резьбы микрометром:

*a* — наружного диаметра; *б* — внутреннего диаметра



Шаг резьбы измеряют с помощью инструментального или универсального микроскопа (с пожами или без ножей), проекторов, а также стационарных или накладных шагомеров. Номинальный шаг резьбы можно определить с помощью резьбовых шаблонов (ГОСТ 519—77).

Значения половины угла профиля резьбы определяют с помощью микроскопов (с помощью ножей и теневым способом) или проекторов.

Схема измерения приведена на рис. 32, а действительные значения половин угла профиля

$$\frac{\alpha_{\text{II}}}{2} = \frac{\frac{\alpha}{2} (\text{III}) + \frac{\alpha}{2} (\text{IV})}{2};$$

$$\frac{\alpha_{\text{I}}}{2} = \frac{\frac{\alpha}{2} (\text{I}) + \frac{\alpha}{2} (\text{II})}{2},$$

где I, II, III и IV — номера сечений.

Наружный диаметр резьбы измеряют гладкими предельными калибрами и универсальными измерительными средствами. При измерении контактным способом используют плоские наконечники и вставки (рис. 33, *a*).

Внутренний диаметр резьбы измеряют с помощью резьбового микрометра со специальными вставками (рис. 33, *б*), а также с помощью измерительных микроскопов и проекторов.

**Измерение внутренней резьбы.** Средний диаметр внутренней резьбы можно измерять шаровыми наконечниками в сочетании с микрометрическими штихмасами, индикаторными приборами и горизонтальными оптимерами со специальным приспособлением. Предпочтительный диаметр шаровой поверхности наконечника определяют таким же образом, как и диаметр проволок.

Средний диаметр, шаг и угол профиля с номинальным диаметром 18 мм и выше могут быть измерены резьбовым микроскопом ИЗК-59, являющимся специальным приспособлением к универсальным измерительным микроскопам.

Для измерения параметров внутренней резьбы могут быть использованы отливки и слепки. Для отливок используют серу (93 части серы и 7 частей графита); легкоплавкие сплавы. Слепки выполняют из гипса и хромпика (60 частей чистого гипса, 40 частей 40%-ного раствора хромпика в воде; температура смеси 40—50 °С). Отливку или слепок вывинчивают из детали и определяют параметры резьбы методами, используемыми для измерения параметров наружной резьбы.

Номинальный шаг внутренней резьбы можно определить резьбовыми шаблонами путем подбора пластинки, обеспечивающей минимальный зазор по профилю резьбы.

## ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

**Измерение освещенности.** Плоскостную освещенность измеряют люксметром типа Ю-16 (пределы измерения 25—100—500 лк, с насадкой 2500—10000—50000 лк) и типа Ю-17 (пределы измерений 1—10—100 лк).

**Измерение шума.** Диапазон измеряемых суммарных уровней звука обычно составляет 30—130 дБ при частотных границах 20—16 000 Гц. Уровень звука измеряют с помощью шумомеров и акустических комплектов (табл. 31).

**Измерение влажности.** Для измерения влажности воздуха используют психрометры, гигрометры и гигрографы. При использовании психрометров абсолютную и относительную влажность вычисляют по показаниям сухого и влажного термометров. Гигрометры и гигрографы слу-

жат для прямого определения относительной влажности.

**Измерение температуры.** Приборы для измерения температуры делятся на следующие группы: 1) термометры расширения; 2) манометрические термометры; 3) термоэлектрические термометры; 4) термометры сопротивления; 5) пирометры.

Термометры расширения (диапазон измерений от  $-200$  до  $+650$  °С) бывают жидкостные стеклянные и дилатометрические. В жидкостных термометрах в качестве рабочей жидкости используют ртуть и органические жидкости (этиловый спирт, толуол и др.). Ртутные термометры (ГОСТ 2823—73) применяют для измерения температур от  $-35$  до  $+650$  °С.

Дилатометрические термометры бывают стержневые и пластинчатые (биметаллические). Их используют в качестве чувствительных элементов в сигнализаторах температуры и т. п.

Манометрические термометры (область измерений от  $-200$  до  $+600$  °С) разделяются на газовые, жидкостные и конденсационные (ГОСТ 8624—80). Конечное значение шкалы газовых термометров от  $-200$  до  $+600$  °С, жидкостных от  $-150$  до  $+300$  °С. Выпускаются показывающие и самопишущие газовые и жидкостные манометрические термометры. Конденсационные манометрические термометры предназначены для измерения и сигнализации температуры от  $-50$  до  $+300$  °С. Изготавливаются показывающие и сигнализирующие конденсационные термометры.

Термоэлектрические термометры (диапазон измерения от  $-200$  до  $+2500$  °С) изготавливают из благородных и неблагородных металлов и сплавов.

Пирометры используют для измерения температуры бесконтактным методом в диапазоне температур  $300$ — $6000$  °С. Выпускаются пирометры частичного излучения.

### 31. Шумомеры и акустические комплекты

Тип	Диапазон измерений, дБ
Измеритель шума и вибраций ИШВ-1	30—130
Шумомер ШУМ-1М	30—120
Акустические комплекты фирмы: ROBOTRON (ГДР)	20—140
Брюль и Кьер (Дания)	20—140

оптические (ГОСТ 8335—81) и суммарного излучения — радиационные (ГОСТ 6923—84).

**Измерение давления.** При измерении давления различают атмосферное, избыточное, вакуумметрическое и абсолютное давление. Давление измеряют по результатам его механического воздействия на чувствительный элемент, который это давление преобразует в силу упругости, деформацию, изменение электропроводимости и т. д.

Приборы для измерения давления подразделяют на манометры избыточного давления (для измерения давления выше атмосферного), вакуумметры (для измерения вакуумметрического давления), мановакуумметры (для измерения избыточного и вакуумметрического давления), манометры абсолютного давления (для измерения давления, отсчитываемого от абсолютного нуля), барометры (для измерения атмосферного давления), микроманометры (для измерения малых избыточных давлений и разрежений), дифференциальные манометры-дифманометры (для измерения разности двух давлений). По принципу действия различают манометры жидкостные, деформационные, поршневые, комбинированные, электрические.

Для измерения небольших избыточных и вакуумметрических давлений используют жидкостные манометры и мановакуумметры (ГОСТ 9933—75), а для точных измерений очень малых избыточных давлений применяют жидкостные микроманометры (ГОСТ 11161—84).

**Измерение расхода жидкостей и газов.** Под расходом вещества понимают количество вещества, проходящего по трубопроводу в единицу времени. Различают объемный и массовый расход. Единица объемного расхода — метр кубический в час ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) или литр в секунду ( $\text{л}/\text{с}$ ), а массового расхода — килограмм в час ( $\text{кг}/\text{ч}$ ) или тонна в час ( $\text{т}/\text{ч}$ ). Прибор, измеряющий расход, называется расходомером.

Применяют следующие основные методы измерения расхода: объемный, скоростной, переменного перепада давления, постоянного перепада давления и индукционный.

Объемный метод основан на суммировании отмеренных объемов жидкости в единицу времени. Объемные рас-

ходомеры, как правило, используют для измерения расхода вязких жидкостей. Измеряющим органом прибора является калиброванная камера.

Скоростной метод заключается в измерении средней скорости потока, которая эквивалентна расходу. Скоростные расходомеры используют для измерения расхода воды, масел и т. п. Чувствительным элементом такого расходомера является вертушка с лопастями, приводимая во вращение потоком жидкости.

Метод переменного перепада давления состоит в измерении разности давлений протекающей среды до и после сужающего (дроссельного) устройства в трубопроводе. Такой расходомер состоит из дросселя, устанавливаемого в трубопроводе, дифманометра и двух соединительных линий (трубок) для передачи импульсов от дросселя к дифманометру.

Метод постоянного перепада давления заключается в измерении вертикального перемещения поплавка в зависимости от расхода вещества, обтекающего поплавок в камере прибора. Расходомеры постоянного перепада — ротаметры (ГОСТ 13045—81) — используют для измерения небольших расходов жидкостей и газов.

Индукционный метод заключается в измерении ЭДС, которая индуцируется в токопроводящей жидкости при движении ее в трубопроводе поперек силовых линий магнитного поля. Величина ЭДС пропорциональна средней скорости движения жидкости — ее расходу. Индукционные расходомеры (ГОСТ 11988—81) применяют для измерения расхода электропроводящих, агрессивных и других сред.

**Измерение количества жидкостей и газов.** Количество жидкостей и газа выражают в единицах объема, а иногда в единицах массы. Для измерения количества вещества, протекающего через данное сечение трубопровода за некоторый промежуток времени (смену, сутки и т. д.), применяют счетчики количества жидкостей и газов. Счетчики жидкостей бывают объемные и скоростные (турбинные); кроме того, применяют расходомеры переменного перепада давления, оснащенные интеграторами. Для измерения количества газа используют объемные газосчетчики, которые бывают барабанные, мембранные и ротационные.

## СВЕДЕНИЯ ИЗ ЕСТПП И ЕСТД

**Общие положения.** Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП) — установленная государственными стандартами система организации и управления процессом технологической подготовки производства, предусматривающая широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартной технологической оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ (ГОСТ 14.001—73).

Основное назначение ЕСТПП заключается в установлении системы организации и управления процессом технологической подготовки производства, обеспечивающей:

единый для всех предприятий и организаций системный подход к выбору и применению методов и средств технологической подготовки производства (ТПП), соответствующих достижениям науки, техники и производства;

освоение производства и выпуска изделий высшей категории качества в минимальные сроки при минимальных трудовых и материальных затратах на ТПП на всех стадиях создания изделий, включая опытные образцы (партии), а также изделия единичного производства;

организацию производства высокой степени гибкости, допускающей возможность его непрерывного совершенствования и быструю переналадку на выпуск новых изделий;

рациональную организацию механизированного и автоматизированного выполнения комплекса инженерно-технических и управленческих работ;

взаимосвязи ТПП и управления ею с другими системами и подсистемами управления.

Функционирование ЕСТПП в соответствии с ее назначением обеспечивается комплексным применением стан-

дартов ЕСТПП, отраслевых стандартов и стандартов предприятий, конкретизирующих и развивающих отдельные правила и положения ЕСТПП применительно к специфике отрасли или предприятия, а также нормативно-технической и методической документации на методы и средства технологической подготовки производства (ТПП), в том числе:

Единой системы конструкторской документации (ЕСКД);

Единой системы технологической документации (ЕСТД);

Единой системы классификации и кодирования технико-экономической информации;

Единой системы государственного управления качеством продукции (ЕСГ УКП);

Системы разработки и постановки продукции на производство (СПП);

Государственной системы обеспечения единства измерений;

плановой и организационно-распорядительной документации, регламентирующей и регулирующей ТПП;

нормативно-технической документации на типовые и другие прогрессивные технологические процессы и методы их унификации, агрегатирования и стандартизации; средства механизации и автоматизации инженерно-технических работ; методы проведения расчетных и экспериментальных работ в области ТПП; методы нормирования и нормативно-справочные данные; методы организации и управления процессом ТПП применительно к конкретным видам изделий и типам производства; документации по механизации и автоматизации обработки информации, используемой при ТПП и управлении ею.

**Термины и определения основных понятий ТПП и ЕСТД.** ГОСТ 14.004—83 устанавливает термины и определения основных понятий технологической подготовки производства (табл. 1); ГОСТ 3.1109—82 устанавливает термины и определения в области технологических процессов (табл. 2).

**Основные требования к ТПП** устанавливаются по функциям, задачам и взаимосвязанному формированию и применению документации, необходимой при ТПП изделий машиностроения и приборостроения (табл. 3).

### 1. Термины и определения основных понятий технологической подготовки производства

Термин	Определение
<b>Общие понятия</b>	
Технологическая подготовка производства (ТПП)	Совокупность мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность производства
Технологическая готовность производства	Наличие на предприятии полных комплектов конструкторской и технологической документации и средств технологического оснащения, необходимых для осуществления заданного объема выпуска продукции с установленными технико-экономическими показателями
Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП)	Система организации и управления технологической подготовкой производства, регламентированная государственными стандартами
Отраслевая система технологической подготовки производства (ОСТПП)	Система организации и управления технологической подготовкой, установленная отраслевыми стандартами, разработанными в соответствии с государственными стандартами ЕСТПП
Система технологической подготовки производства предприятия	Система организации и управления технологической подготовкой производства, установленная нормативно-технической документацией предприятия в соответствии с государственными стандартами ЕСТПП и отраслевыми стандартами
<b>Составные части, свойства и характеристики технологической подготовки производства</b>	
Функция технологической подготовки производства (функция ТПП)	Комплекс задач по технологической подготовке производства, объединенных общей целью их решения
Задача технологической подготовки производства (задача ТПП)	Законченная часть работ в составе определенной функции технологической подготовки производства
Организация технологической подготовки производства (организация ТПП)	Формирование структуры технологической подготовки производства и подготовка информационного, математического и технического обеспечения, необходимого для выполнения функций технологической подготовки производства

Продолжение табл. 1

Термин	Определение
<p>Управление технологической подготовкой производства (Управление ТПП)</p> <p>Срок технологической подготовки производства (срок ТПП)</p>	<p>Совокупность действий по обеспечению функционирования технологической подготовки производства</p> <p>Интервал времени от начала до окончания технологической подготовки производства изделия</p>
<b>Машиностроительное производство и его характеристики</b>	
<p>Машиностроительное производство</p> <p>Производственная структура</p> <p>Производственный участок</p>	<p>Производство с преимущественным применением методов технологии машиностроения при выпуске изделий</p> <p>Состав цехов и служб предприятия с указанием связей между ними</p> <p>Группа рабочих мест, организованных по принципам: предметному, технологическому или предметно-технологическому</p> <p>Совокупность производственных участков</p>
<p>Цех</p> <p>Рабочее место</p>	<p>Элементарная единица структуры предприятия, где размещены исполнители работы, обслуживаемое технологическое оборудование, часть конвейера, на ограниченное время оснастка и предметы труда</p>
<p><b>Примечание.</b> Определение рабочего места приведено применительно к машиностроительному производству. Определение рабочего места, применяемое в других отраслях народного хозяйства, установлено ГОСТ 19605—74</p>	
<p>Коэффициент закрепления операций</p>	<p>Отношение числа всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест</p>
<p>Коэффициент использования материала</p>	<p>Отношение номинального значения массы материала в изделии к соответствующей норме расхода материала определенной марки и сортамента</p>
<p>Тип производства</p>	<p>Классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска продукции</p>
<p><b>Примечание.</b> Различают типы производства: единичное, серийное, массовое</p>	

Продолжение табл. 1

Термин	Определение
Вид производства	<p>Классификационная категория производства, выделяемая по признаку применяемого метода изготовления изделия</p> <p><b>Примечание.</b> Примерами видов производства являются литейное, сварочное и т. д.</p>
Единичное производство (Ндп. Индивидуальное производство)	Производство, характеризующееся малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление и ремонт которых, как правило, не предусматриваются
Серийное производство	Производство, характеризующееся изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями
Массовое производство	Производство, характеризующееся большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция
Основное производство	Производство товарной продукции
Вспомогательное производство	Производство средств, необходимых для обеспечения функционирования основного производства
Опытное производство	Производство образцов, партий или серий изделий для проведения исследовательских работ или разработки конструкторской и технологической документации для установившегося производства
Инструментальное производство	Производство технологической оснастки
Установившееся производство	Производство изделий по окончательно отработанной конструкторской и технологической документации
Групповое производство	Производство, характеризующееся совместным изготовлением или ремонтом групп изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками
Поточное производство	Производство, характеризующееся расположением средств технологического оснащения в последовательности выполнения операций технологического процесса и определенным интервалом выпуска изделий

Продолжение табл. 1

Термин	Определение
Объем выпуска продукции (Объем выпуска. Ндп. Масштаб производства)	Количество изделий определенных наименований, типоразмеров и исполнений, изготавливаемых или ремонтируемых предприятием или его подразделением в течение планируемого периода времени
Программа выпуска продукции (Программа выпуска)	Установленный для данного предприятия перечень изготавливаемых или ремонтируемых изделий с указанием объема выпуска по каждому наименованию на планируемый период времени
Производственная партия	Предметы труда одного наименования и типоразмера, запускаемые в обработку в течение определенного интервала времени при одном и том же подготовительно-заключительном времени на операцию
Производственный цикл	Интервал времени от начала до окончания производственного процесса изготовления или ремонта изделия
Производственная мощность	Расчетный максимально возможный в определенных условиях объем выпуска изделий в единицу времени
<b>Свойства и характеристики предметов труда</b>	
Серия изделия	Все изделия, изготовленные по конструкторской и технологической документации без изменения ее обозначения
Конструктивная преемственность изделия (Конструктивная преемственность)	Совокупность свойств изделия, характеризующих единством повторяемости в нем составных частей, относящихся к изделиям данной классификационной группы, и применимости новых составных частей, обусловленной его функциональным назначением
Технологическая преемственность изделия (Технологическая преемственность)	Совокупность свойств изделия, характеризующих единство применимости и повторяемости технологических методов выполнения составных частей и их конструктивных элементов, относящихся к изделиям данной классификационной группы

Продолжение табл. 1

Термин	Определение
<b>Процессы и операции</b>	
Производственный процесс	Совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления и ремонта продукции
Технологический процесс	По ГОСТ 3.1109—82 (см. табл. 2)
Технологическая операция	По ГОСТ 3.1109—82 (см. табл. 2)
Технологический маршрут	Последовательность прохождения заготовки детали или сборочной единицы по цехам и производственным участкам предприятия при выполнении технологического процесса изготовления или ремонта
Расцеховка	<p>П р и м е ч а н и е. Различают межцеховой и внутрицеховой технологические маршруты</p> <p>Разработка межцеховых технологических маршрутов для всех составных частей изделия</p>
Механизация технологического процесса	По ГОСТ 23004—78
Автоматизация технологического процесса	По ГОСТ 23004—78
Технологическая дисциплина	Соблюдение точного соответствия технологического процесса изготовления или ремонта изделия требованиям технологической и конструкторской документации

## 2. Термины и определения основных понятий в области технологических процессов

Термины	Определения
Технологический процесс	Часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета производства
Единичный технологический процесс	Технологический процесс изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства

Продолжение табл. 2

Термины	Определения
Типовой технологический процесс	Технологический процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками
Групповой технологический процесс	Технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками
Маршрутное описание технологического процесса	Сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов
Машрутно-операционное описание технологического процесса	Сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения с полным описанием отдельных операций в других технологических документах
Технологическая операция	Законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте
Материал	Исходный предмет труда, потребляемый для изготовления изделия
Полуфабрикат	Предмет труда, подлежащий дальнейшей обработке на предприятии-потребителе
Заготовка	Предмет труда, из которого путем изменения формы, размеров, свойств поверхности и (или) материала изготавливают деталь
Исходная заготовка	Заготовка перед первой технологической операцией
Основной материал	Материал исходной заготовки
Вспомогательный материал	Материал, расходуемый при выполнении технологического процесса дополнительно к основному материалу
Комплектующее изделие	Изделие предприятия-поставщика, применяемое как составная часть изделия, выпускаемого предприятием-изготовителем
Установ	Часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы
Технологический переход	Законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке

Продолжение табл. 2

Термины	Определения
Вспомогательный переход	Законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предметов труда, но необходимы для выполнения технологического перехода
Рабочий ход	Законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности и свойств заготовки
Вспомогательный ход	Законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, необходимого для подготовки рабочего хода
Позиция	Фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении определенной части операции
Цикл технологической операции	Интервал календарного времени от начала до конца периодически повторяющейся технологической операции независимо от числа одновременно изготавливаемых или ремонтируемых изделий
Такт выпуска	Интервал времени, через который периодически производится выпуск изделий или заготовок определенного наименования, типоразмера и исполнения
Ритм выпуска	Число изделий или заготовок определенных наименований, типоразмеров и исполнений, выпускаемых в единицу времени
Формообразование	Изготовление заготовки или изделия из жидких порошкообразных или волокнистых материалов
Литье	Изготовление заготовки или изделия из жидкого материала заполнением им полости заданной формы и размеров с последующим затвердеванием
Формирование	Формообразование из порошкообразного или волокнообразного материала с помощью заполнения им полости заданной формы и размеров с последующим сжатием

Продолжение табл. 2

Термины	Определения
Гальванопластика	Формообразование из жидкого материала путем осаждения металла из раствора под действием электрического тока
Обработка	Действие, направленное на изменение свойств предмета труда при выполнении технологического процесса
Механическая обработка	Обработка давлением или резанием
Обработка резанием	Обработка, заключающаяся в образовании новых поверхностей отделением поверхностных слоев материала с образованием стружки
Обработка давлением	Обработка, заключающаяся в пластическом деформировании или разделении материала (без образования стружки)
Термическая обработка	Обработка, заключающаяся в изменении структуры и свойств заготовки вследствие тепловых воздействий
Электрофизическая обработка	Обработка, заключающаяся в изменении формы, размеров и (или) шероховатости поверхности заготовки с применением электрических разрядов, магнитострикционного эффекта, электронного или оптического излучения, плазменной струи
Электрохимическая обработка	Обработка, заключающаяся в изменении формы, размеров и (или) шероховатости поверхности заготовки вследствие растворения ее материала в электролите под действием электрического тока
Нанесение покрытия	Обработка, заключающаяся в образовании на заготовке поверхностного слоя из инородного материала

## 3. Задачи и основные документы, обеспечивающие решение задач ТПП

Основная функция технологической подготовки производства	Общие задачи	Основные документы, обеспечивающие решение общих задач
Обеспечение технологичности конструкции изделия	Установление типовых методов средств обработки конструкции изделия на технологичность	Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила обеспечения технологичности конструкции изделия Методические материалы по обеспечению и оценке технологичности конструкции изделия

Продолжение табл. 3

Основная функция технологической подготовки производства	Общие задачи	Основные документы, обеспечивающие решение общих задач
<p>Обеспечение технологичности конструкции изделия</p>	<p>Разработка типовых методов и средств обработки конструкции изделия на технологичность</p> <p>Установление базовых показателей технологичности конструкции изделия отрасли</p> <p>Проведение технологического контроля конструкторской документации</p> <p>Оценка уровня технологичности конструкции изделия</p> <p>Внесение необходимых изменений в конструкцию изделия и в документацию</p> <p>Сокращение объемов работ по ТПП в результате обеспечения высокого уровня технологичности конструкции изделия и применения совершенных методов и средств выполнения соответствующих инженерно-технических работ</p>	<p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила обеспечения технологичности конструкции изделия</p> <p>Отраслевые стандарты, устанавливающие специфические для отрасли правила обеспечения технологичности конструкции изделия, разработанные на основе стандартов ЕСТПП</p> <p>Методические материалы по обеспечению и оценке технологичности конструкции изделия</p> <p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила обеспечения технологичности конструкции изделия</p> <p>Отраслевые стандарты, устанавливающие специфические для отрасли правила обеспечения технологичности изделия, разработанные на основе стандартов ЕСТПП</p> <p>Методические материалы по обеспечению и оценке технологичности конструкции изделия</p>

Продолжение табл. 3

Основная функция технологической подготовки производства	Общие задачи	Основные документы, обеспечивающие решение общих задач
<p>Разработка технологических процессов</p>	<p>Разработка и стандартизация типовых технологических процессов на детали и сборочные единицы обшемашиностроительного применения          Организация общесоюзного фонда документации на типовые технологические процессы и централизованное обеспечение этой документацией отраслей промышленности          Разработка и стандартизация типовых технологических процессов на детали и сборочные единицы отраслевого применения          Организация отраслевых фондов документации на типовые технологические процессы и централизованное обеспечение этой документацией предприятий отрасли          Разработка, стандартизация и применение типовых технологических процессов с применением методов групповой обработки и технологических операций на детали и сборочные-единицы</p>	<p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила разработки и применения технологических процессов</p> <p>Методические материалы по разработке и применению технологических процессов и операций</p> <p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила разработки и применения технологических процессов</p> <p>Отраслевые стандарты, устанавливающие специфические для отрасли правила разработки и применения технологических процессов, разработанные на основе стандартов ЕСТПП</p> <p>Методические материалы по разработке и применению технологических процессов</p> <p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила разработки и применения технологических процессов</p> <p>Отраслевые стандарты, устанавливающие специфические для отрасли правила разработки и применения технологических процессов, разработанные на основе стандартов ЕСТПП</p>

Продолжение табл. 3

Основная функция технологической подготовки производства	Общие задачи	Основные документы, обеспечивающие решение общих задач
<p>Разработка технологических процессов</p> <p>Проектирование и изготовление средств технологического оснащения</p>	<p>Разработка и применение рабочих технологических процессов на детали и сборочные единицы</p> <p>Организация заводских фондов документации на типовые технологические процессы, технологические процессы с применением методов групповой обработки и технологические операции</p> <p>Комплексная стандартизация средств технологического оснащения общемашиностроительного применения</p> <p>Проведение работ по специализации проектирования и производства средств технологического оснащения предприятий отраслей промышленности и созданию общесоюзных баз проката этих средств</p> <p>Разработка и изготовление типовых средств технологического оснащения</p> <p>Проведение работ по специализации проектирования и производства средств технологического оснащения предприятий отрасли и созданию отраслевых баз проката этих средств, комплексная стандартизация средств технологического оснащения отраслевого применения</p>	<p>Методические материалы по разработке и применению технологических, в том числе типовых, процессов и операций</p> <p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила разработки и применения средств технологического оснащения</p> <p>Методические материалы по унификации, агрегатированию и стандартизации средств технологического оснащения и созданию баз проката этих средств</p> <p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила разработки и применения средств технологического оснащения</p> <p>Отраслевые стандарты, устанавливающие специфические для отрасли правила разработки и применения средств технологического оснащения, разработанные на основе стандартов ЕСТПП</p>

Продолжение табл. 3

Основная функция технологической подготовки производства	Общие задачи	Основные документы, обеспечивающие решение общих задач
Проектирование и изготовление средств технологического оснащения	<p>То же</p> <p>Проведение унификации и стандартизации средств технологического оснащения</p> <p>Организация применения средств технологического оснащения, в том числе унифицированных и стандартных средств, использования общесоюзных и отраслевых баз проката этих средств</p> <p>Проектирование и изготовление специальных средств технологического оснащения</p>	<p>Методические материалы по унификации, агрегатированию и стандартизации средств технологического оснащения и созданию баз проката этих средств</p> <p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила разработки и применения средств технологического оснащения</p> <p>Отраслевые стандарты, устанавливающие специфические для отрасли правила разработки и применения средств технологического оснащения, разработанные на основе стандартов ЕСТПП</p> <p>Методические материалы по унификации, агрегатированию и стандартизации средств технологического оснащения и созданию баз проката этих средств</p>
Организация и управление процессом ТПП	<p>Перспективное и годовое планирование развития и совершенствования ТПП по отраслям промышленности</p> <p>Установление типовых методов и технических средств организации и управления процессом ТПП</p> <p>Разработка и утверждение методических и нормативных материалов для разработки типовых структур и определения численности служб ТПП</p>	<p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила организации и управления процессом ТПП</p> <p>Методические материалы по организации и управлению процессом ТПП</p> <p>Документация на общесоюзную автоматизированную систему управления</p> <p>Стандарты на управленческую документацию</p>

Продолжение табл. 3

Основная функция технологической подготовки производства	Общие задачи	Основные документы, обеспечивающие решение общих задач
<p>Организация и управление процессом ТПП</p>	<p>Перспективное и годовое планирование развития и совершенствования ТПП по предприятиям отрасли</p> <p>Установление типовых структур служб ТПП</p> <p>Разработка отраслевых методических материалов по организации и управлению процессом ТПП с учетом видов изделий и типов производства</p> <p>Разработка отраслевых методических материалов по механизации и автоматизации инженерно-технических и управленческих работ по ТПП</p> <p>Перспективное, годовое и текущее планирование развития и совершенствования ТПП на предприятии</p> <p>Использование современных методов решения задач ТПП с применением средств механизации и автоматизации инженерно-технических и управленческих работ</p> <p>Организация и совершенствование структуры служб ТПП</p>	<p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила организации и управления процессом ТПП</p> <p>Отраслевые стандарты, устанавливающие специфические для отрасли правила организации и управления процессом ТПП, разработанные на основе стандартов ЕСТПП</p> <p>Методические материалы по организации и управлению процессом ТПП</p> <p>Документация на общесоюзную автоматизированную систему управления</p> <p>Стандарты на управленческую документацию</p> <p>Стандарты ЕСТПП, устанавливающие правила организации и управления процессом ТПП</p> <p>Отраслевые стандарты, устанавливающие специфические для отрасли правила организации и управления процессом ТПП, разработанные на основе стандартов ЕСТПП</p> <p>Методические материалы по организации и управлению процессом ТПП</p> <p>Документация на общесоюзную автоматизированную систему управления</p>

Продолжение табл. 3

Основная функция технологической подготовки производства	Общие задачи	Основные документы, обеспечивающие решение общих задач
Организация и управление процессом ТПП	Организация и совершенствование структуры служб ТПП	Документация на отраслевую автоматизированную систему управления Документация на автоматизированную систему управления предприятием Стандарты на управленческую документацию
<p><b>Примечание.</b> В дополнение к перечисленным основным документам применяются:</p> <p>государственные стандарты на порядок разработки и постановки продукции на производство, системы управления качеством продукции; классификации и кодирования технико-экономической информации, конструкторской, технологической и других видов документации, обеспечения единства измерения и т. п.;</p> <p>государственные общетехнические стандарты на параметрические ряды, ряды предпочтительных чисел, допуски, посадки и т. п.;</p> <p>отраслевые стандарты, дополняющие и уточняющие государственные стандарты, и стандарты предприятий, дополняющие и уточняющие государственные и отраслевые стандарты.</p>		

#### 4. Основное содержание работ по обеспечению технологичности конструкции изделия

Стадии разработки конструкторской документации и основное содержание работ по обеспечению технологичности конструкции изделия

##### Техническое предложение

Выявление вариантов конструктивных решений, имеющих лучшие предпосылки для рационального членения и компоновки изделия

Выявление возможности заимствования составных частей изделия

Выявление новых материалов, технологических процессов и средств технологического оснащения

Расчет показателей технологичности вариантов конструкции изделия

Выбор окончательного варианта конструктивного решения и (или) компоновки основных составных частей изделия

Технологический контроль конструкторской документации

Стадии разработки конструкторской документации и основное содержание работ по обеспечению технологичности конструкции изделия

### Эскизный проект

Анализ соответствия компоновок и членения вариантов конструкции изделия условиям производства

Анализ соответствия компоновок и членения вариантов конструкции изделия условиям технического обслуживания и ремонта

Сопоставление вариантов конструкции изделия по унификации, стандартизации, по точности расположения и способам соединения составных частей изделия

Расчет показателей технологичности вариантов конструкции изделия

Выбор вариантов конструкции изделия для дальнейшей разработки

Технологический контроль конструкторской документации

### Технический проект

Определение возможности параллельной и независимой сборки и контроля специфицированных составных частей изделия

Анализ соответствия конструкции и компоновки сменных и требующих технического обслуживания составных частей изделия требованиям технического обслуживания и ремонта

Выявление возможности применения покупных, стандартных, унифицированных или освоенных производством составных частей изделия

Анализ возможности применения новых, в том числе типовых и групповых высокопроизводительных технологических процессов

Расчет показателей технологичности конструкции изделия

Принятие основных принципиальных решений по технологичности конструкции изделий и совершенствованию условий выполнения работ при производстве, эксплуатации и ремонте

Технологический контроль конструкторской документации

### Рабочая конструкторская документация:

*а) опытного образца (опытной партии) или изделия единичного производства (кроме разового изготовления)*

При разработке рабочей конструкторской документации для изготовления опытного образца (партии) или изделия единичного производства (кроме разового изготовления) проводятся:

анализ возможности сборки изделия и его составных частей без промежуточных разборок;

выбор рациональных способов фиксирования, центрирования и регулирования составных частей изделия;

Продолжение табл. 4

Стадии разработки конструкторской документации и основное содержание работ по обеспечению технологичности конструкции изделия

определение доступности и легкосъемности сменных и требующих технического обслуживания и ремонта составных частей изделия;

выявление возможности унификации сборочных единиц и их конструктивных решений;

выявление возможности унификации деталей (включая детали крепежа) и их конструктивных элементов;

установление экономически целесообразных методов получения заготовок;

поэлементная отработка конструкции деталей и сборочных единиц на технологичность;

расчет показателей технологичности конструкции изделия; технологический контроль конструкторской документации

При изготовлении и испытании опытного образца (партии) или изделия единичного производства (кроме разового изготовления) проводятся:

проверка:

соответствия членения конструкции организационной структуре предприятия-изготовителя; соответствия конструкции деталей рациональным способам получения заготовок и их обработки;

соответствия заданной точности изготовления изделия техническим данным средств технологического оснащения;

применяемости нормальных рядов размеров, стандартного режущего и измерительного инструмента;

возможности использования конструкторских баз в качестве технологических и их увязка;

возможности сокращения обрабатываемых поверхностей, совмещения (расчленения) деталей;

удобства и быстроты регулировки расположения составных частей изделия;

возможности технического контроля, в том числе контроля технического состояния, технического диагностирования, доступа к составным частям при изготовлении, техническом обслуживании и ремонте;

возможности замены составных частей изделия другими такими же частями при сохранении установленного качества изделия в целом;

Стадии разработки конструкторской документации и основное содержание работ по обеспечению технологичности конструкции изделия

возможности и удобства установки и съема составных частей изделия при его изготовлении, техническом обслуживании и ремонте, а также монтажа и демонтажа составных частей изделия;

возможности восстановления геометрических характеристик и качества поверхностей деталей;

соответствия технологичности конструкции требованиям ремонтпригодности и транспортабельности;

анализ технологичности опытного образца;

расчет показателей технологичности после отработки конструкции при изготовлении и испытании опытного образца;

корректировка и технологический контроль конструкторской документации с учетом предложений об изменениях, выявленных при анализе технологичности опытного образца

*б) серийного (массового) производства*

Окончательное принятие решений по совершенствованию условий выполнения работ при производстве, эксплуатации и ремонте и фиксация этих решений в технологической документации

Окончательная отработка конструкции изделия в период изготовления, испытания и оснащения технологического процесса изготовления установочной серии

Доведение конструкции изделия до соответствия требованиям серийного (массового) производства с учетом применения наиболее производительных технологических процессов и средств технологического оснащения при изготовлении изделия и его основных составных частей

Доведение конструкции изделия до соответствия требованиям существующей и создаваемой системы технического обслуживания, диагностирования, ремонта, монтажа вне предприятия-изготовителя, транспортирования и хранения с учетом применения прогрессивных технологических процессов и средств технологического оснащения при подготовке изделия к применению по назначению, техническом обслуживании, диагностировании, транспортировании и хранении

Оценка соответствия достигнутого уровня технологичности требованиям технического задания

Корректировка конструкторской документации

Оценка эксплуатационной и ремонтной технологичности путем проведения исследовательских (определяющих) испытаний или организации сбора данных о технологичности изделия в процессе эксплуатации и ремонта

## 5. Основные виды технологических документов

Вид документа	Условное обозначение документа	Назначение документа
<b>Документы общего назначения</b>		
Титульный лист	ТЛ	Документ предназначен для оформления: комплекта (комплектов) технологической документации на изготовление или ремонт изделия; комплекта (комплектов) технологических документов на технологические процессы изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия); отдельных видов технологических документов
Карта эскизов	КЭ	Является первым листом комплекта (комплектов) технологических документов. Графический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы и предназначенный для пояснения выполнения технологического процесса, операции или перехода изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия), включая контроль и перемещения
Технологическая инструкция	ТИ	Документ предназначен для описания технологических процессов, методов и приемов, повторяющихся при изготовлении или ремонте изделий (составных частей изделий), правил эксплуатации средств технологического оснащения. Применяется в целях сокращения объема разрабатываемой технологической документации
<b>Документы специального назначения</b>		
Маршрутная карта	МК	Документ предназначен для маршрутного или маршрутно-операционного описания технологического процесса или указания полного состава технологических операций при операционном описании изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия), включая контроль и перемещение по всем операциям различных технологических методов в технологической последовательности, с указанием данных об оборудовании, технологической оснастке, материальных нормах и трудовых затратах

Продолжение табл. 5

Вид документа	Условное обозначение документа	Назначение документа
Маршрутная карта	МК	<p>Примечания:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. МК является обязательным документом.</li> <li>2. Допускается разрабатывать МК на отдельные виды работ.</li> <li>3. Допускается применять МК совместно с соответствующей картой технологической информации взамен карты технологического процесса, с операционным описанием в МК всех операций и полным указанием необходимых технологических режимов в графе «Наименование и содержание операции».</li> <li>4. Допускается взамен МК использовать соответствующую карту технологического процесса</li> </ol>
Карта технологического процесса	КТП	<p>Документ предназначен для операционного описания технологического процесса изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия) в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта, с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах</p>
Карта типового (группового) технологического процесса	КТТП	<p>Документ предназначен для описания типового (группового) технологического процесса изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий) в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта, с указанием переходов и общих данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах.</p>
Операционная карта	ОК	<p>Документ предназначен для описания технологической операции с указанием последовательного выполнения переходов, данных о средствах технологического оснащения, режимах и трудовых затратах. Применяется при разработке единичных технологических процессов</p>

Продолжение табл. 5

Вид документа	Условное обозначение документа	Назначение документа
Карта типовой (групповой) операции	КТО	Документ предназначен для описания типовой (групповой) технологической операции с указанием последовательности выполнения переходов и общих данных о средствах технологического оснащения и режимах. Применяется совместно с ВТО
Карта технологической информации	КТИ	Документ предназначен для указания дополнительной информации, необходимой при выполнении отдельных операций (технологических процессов) и связанной с применением уникальных средств технологического оснащения, прогрессивных методов изготовления или ремонта изделия
Комплектовочная карта	КК	Документ предназначен для указания данных о деталях, сборочных единицах и материалах, входящих в комплект собираемого изделия, и применяется при разработке технологических процессов сборки Допускается применять КК для указания данных о вспомогательных материалах в других технологических процессах
Технико-нормировочная карта	ТНК	Документ предназначен для разработки расчетных данных к технологической операции по нормам времени (выработки), описания выполняемых приемов и применяется при решении задач нормирования трудозатрат
Карта расчета и кодирования информации	КРИ	Документ предназначен для расчета и кодирования информации, используемой при разработке управляющей программы к станкам с программным управлением (ПУ)
Карта наладки	КН	Документ предназначен для дополнительной информации к технологическим процессам (операциям) по наладке средств технологического оснащения. Применяется при многопозиционной обработке для станков с ПУ, при групповых методах обработки и т. п.

Продолжение табл. 5

Вид документа	Условное обозначение документа	Назначение документа
Ведомость технологических маршрутов	ВТМ	Документ предназначен для указания технологического маршрута изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия) по подразделениям предприятия и применяется для решения технологических и производственных задач
Ведомость оснастки	ВО	Документ предназначен для указания применяемой технологической оснастки при выполнении технологического процесса изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия)
Ведомость оборудования	ВОб	Документ предназначен для указания применяемого оборудования, необходимого для изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия)
Ведомость материалов	ВМ	Документ предназначен для указания данных о подетальных нормах расхода материалов, о заготовках, технологическом маршруте прохождения изготавливаемого или ремонтируемого изделия (составных частей изделия). Применяется для решения задач по нормированию материалов
Ведомость специфицированных норм расхода материалов	ВСН	Документ предназначен для указания данных о нормах расхода материалов для изготовления или ремонта изделия и применяется для решения задач по нормированию расхода материалов на изделие
Ведомость удельных норм расхода материалов	ВУН	Документ предназначен для указания данных об удельных нормах расхода материалов, используемых при выполнении технологических процессов и операций изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия), и применяется для решения задач по нормированию расхода материалов
Технологическая ведомость	ТВ	Документ предназначен для комплексного указания технологической и организационной информации, используемой перед разработкой комплекта (комплектов) документов на технологические процессы (операции), и применяется на одном из первых этапов технологической подготовки производства (ТПП)

Продолжение табл. 5

Вид документа	Условное обозначение документа	Назначение документа
Ведомость применяемости	ВП	Документ предназначен для указания применяемости полного состава деталей, сборочных единиц, средств технологического оснащения и др. Применяется для решения задач ТПП
Ведомость сборки изделия	ВСИ	Документ предназначен для указания состава деталей и сборочных единиц, необходимых для сборки изделия в порядке ступени входимости, их применяемости и количественного состава
Ведомость операций	ВО	Документ предназначен для операционного описания технологических операций одного вида формообразования, обработки, сборки и ремонта изделия в технологической последовательности, с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения и норм времени. Применяется совместно с МК или КТП
Ведомость деталей (сборочных единиц) к типовому (групповому) технологическому процессу (операции)	ВТП (ВТО)	Документ предназначен для указания состава деталей (сборочных единиц, изделий), изготавливаемых или ремонтируемых по типовому (групповому) технологическому процессу (операции), и переменных данных о материале, средствах технологического оснащения, режимах обработки и трудозатратах
Ведомость деталей, изготовленных из отходов		ВДО
Ведомость дефектации	ВД	Документ предназначен для указания изделий (составных частей изделий), подлежащих ремонту, с определением вида ремонта, дефектов и для указания дополнительной технологической информации. Применяется при ремонте изделий (составных частей изделий)
Ведомость стержней	ВСТ	Документ предназначен для указания информации, необходимой при изготовлении стержней для отливок

Продолжение табл. 5

Вид документа	Условное обозначение документа	Назначение документа
Ведомость технологических документов	ВТД	Документ предназначен для указания полного состава документов, необходимых для изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий), и применяется при передаче комплекта документов с одного предприятия на другое
Ведомость держателей подлинников	ВДП	Документ предназначен для указания полного состава документов, необходимых при передаче комплекта документов на микрофильмирование
<p><b>Примечания:</b> 1. Допускается указывать виды вспомогательных документов на отраслевом уровне.</p> <p>2. Допускается вводить через дробь в условные обозначения дополнительные признаки, раскрывающие специальное назначение документа, в виде букв русского алфавита, например, для ведомости применяемости (ВП), предназначенной:  для указания данных о технологической оснастке — ВП/О;  для указания данных о применяемости стандартных деталей (сборочных единиц) — ВП/СД;  для указания данных о применяемости оригинальных деталей (сборочных единиц) — ВП/ОД и т. д.</p>		

**Обеспечение технологичности конструкции изделий** — функция подготовки производства, предусматривающая взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач, направленных на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат и сокращение времени на производство (ГОСТ 14.201—83). В табл. 4 приведено основное содержание работ по обеспечению технологичности конструкции изделия на различных стадиях разработки конструкторской документации.

**Стадии разработки и виды документов, применяемых для технологических процессов изготовления или ремонта изделий, определяются ГОСТ 3.1102—81 (табл. 5).**

## СВЕДЕНИЯ О ПРОГРАММИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ И ГПС

**Устройства ЧПУ станками.** ГОСТ 20523—80 устанавливает термины и определения основных понятий устройств числового программного управления (ЧПУ) станками.

*Управляющая программа (УП)* — совокупность команд на языке программирования, соответствующая заданному алгоритму функционирования станка по обработке конкретной заготовки.

*Числовое программное управление станком* — управление обработки заготовки на станке по управляющей программе, в которой данные заданы в цифровой форме.

*Позиционное числовое программное управление станком* — числовое программное управление станком, при котором перемещение его рабочих органов происходит в заданные точки, причем траектории перемещения не задаются.

*Контурное числовое программное управление станком* — числовое программное управление станком, при котором перемещение его рабочих органов происходит по заданной траектории с заданной скоростью для получения необходимого контура обработки.

*Адаптивное числовое программное управление станком* — числовое программное управление станком, при котором обеспечивается автоматическое приспособление процесса обработки заготовки к изменяющимся условиям обработки по определенным критериям.

*Групповое числовое программное управление станками* — числовое программное управление группой станков от ЭВМ, имеющей общую память для хранения управляющих программ, распределяемых по запросам от станков.

*Ручная подготовка управляющей программы* — подготовка и контроль УП, в основном без применения ЭВМ.

*Автоматизированная подготовка управляющей программы* — подготовка и контроль УП с применением ЭВМ. В табл. 1 приведены уровни автоматизации подготовки УП.

*Программоноситель* — носитель данных, на котором записана УП. В качестве носителя данных могут применяться перфолента, магнитная лента, магнитный диск и запоминающие устройства различного типа.

*Программное обеспечение системы УЧП* — совокупность программ и документов на них для реализации целей и задач системы ЧПУ станком.

*Устройство числового программного управления (УЧПУ)* — устройство, выдающее управляющие воздействия на исполнительные органы станка в соответствии с управляющей программой и информацией о состоянии управляемого объекта.

*Аппаратное устройство ЧПУ* — устройство ЧПУ, алгоритмы работы которого реализуются схемным путем и не могут быть изменены после изготовления устройства.

*Программируемое УЧПУ* — УЧПУ, алгоритмы работы которого реализуются с помощью программ, вводимых в его память, и могут быть изменены после изготовления устройств.

*Система числового программного управления (СЧПУ)* — совокупность функционально взаимосвязанных и взаимодействующих технических и программных средств, обеспечивающих числовое программное управление станком.

*Кадр управляющей программы* — составляющая часть УП, вводимая и обрабатываемая как единое целое и поддерживающая не менее одной команды.

*Слово управляющей программы* — составляющая часть кадра УП, содержащая данные о параметре процесса обработки заготовки и (или) другие данные по выполнению управления.

*Адрес в ЧПУ* — часть слова УП, определяющая назначение следующих за ним данных, содержащихся в этом слове.

*Номер кадра управляющей программы* — слово в начале кадра, определяющее последовательность кадров в УП.

*Формат кадра УП* — условная запись структуры и расположения слов в кадре УП с максимальным числом слов.

### 1. Уровни автоматизации подготовки управляющих программ

Этапы подготовки УП	Задачи подготовки УП	Уровни автоматизации			
		1-й	2-й	3-й	4-й
I	Разделение операции на установки и позиции	—	—	—	+
	Выбор метода крепления заготовки	—	—	—	+
	Подготовка операционной карты	—	—	—	+
II	Определение последовательности переходов	—	—	—	+
	Выбор инструмента	—	—	—	+
	Разделение переходов на ходы	—	—	+	+
	Подготовка карт наладки станка и инструмента	—	—	+	+
III	Определение наладочных размеров инструмента и оборудования	—	—	+	+
	Пересчет размеров и координат опорных точек	—	—	+	+
	Расчет координат опорных точек	—	+	+	+
	Преобразование систем координат	—	—	+	+
IV	Формирование элементарных перемещений	—	+	+	+
	Определение технологических команд	—	+	+	+
	Кодирование УП	+	+	+	+
	Запись УП на программноноситель	+	+	+	+
V	Контроль программноносителя	+	+	+	+
	Контроль траектории инструмента	+	+	+	+
	Редактирование УП	+	+	+	+

Примечание. Знаком «+» отмечены задачи, решаемые на соответствующем уровне автоматизации средствами вычислительной техники.

*Главный кадр* — кадр УП, содержащий все данные, необходимые для возобновления процесса обработки заготовки после его перерыва.

*Абсолютный размер* — линейный или угловой размер, задаваемый в УП и указывающий положение точки относительно принятого нуля отсчета.

*Размер в приращении* — линейный и угловой размер, задаваемый в УП и указывающий положение точки относительно координат точки предыдущего положения рабочего органа станка.

*Автоматическая работа СЧПУ* — функционирование СЧПУ (УЧПУ), при котором обработка УП происходит с автоматической сменой кадров управляющей программы.

*Работа СЧПУ с пропуском кадров* — автоматическая работа СЧПУ (УЧПУ), при которой не обрабатываются кадры УП, обозначенные символом «Пропуск кадра».

*Покадровая работа* — функционирование СЧПУ (УЧПУ), при котором обработка каждого кадра УП происходит только после воздействия оператора.

*Работа СЧПУ с ручным вводом данных (РВД)* — функционирование СЧПУ (УЧПУ), при котором набор данных, ограниченный форматом кадра, производится вручную оператором на пульте.

*Работа СЧПУ с ручным управлением* — функционирование СЧПУ (УЧПУ), при котором оператор управляет станком с пульта без использования числовых данных.

*Зеркальная обработка* — функционирование СЧПУ (УЧПУ), при котором рабочие органы станка перемещаются по траектории, представляющей зеркальное отображение траектории, записанной в управляющей программе.

*Ввод УП* — функционирование УЧПУ, при котором ввод данных в память УЧПУ с программноносителя происходит от ЭВМ верхнего ранга или с пульта оператора.

*Вывод УП* — функционирование УЧПУ, при котором происходит вывод хранимой в памяти УЧПУ управляющей программы на носитель данных. При выводе УП могут выводиться дополнительные данные, используемые при обработке управляющей программы и хранящиеся в памяти УЧПУ, например, константы и т. п.

*Поиск кадра в УП* — функционирование УЧПУ, при котором на программоносителе или в запоминающем устройстве УЧПУ обнаруживается заданный кадр УП по его номеру или специальному признаку.

*Редактирование УП* — функционирование УЧПУ, при котором управляющую программу изменяет оператор непосредственно у станка.

*Контурная скорость* — результирующая скорость подачи рабочего органа станка, вектор которой равен геометрической сумме векторов перемещения этого органа вдоль осей координат станка.

*Нулевая точка станка* — точка, принятая за начало системы координат станка.

*Исходная точка станка* — точка, определенная относительно нулевой точки станка и используемая для начала работы по управляющей программе.

*Фиксированная точка станка* — точка, определенная относительно нулевой точки станка и используемая для определения положения рабочего органа станка.

*Точка начала обработки* — точка, определяющая начало обработки конкретной заготовки.

*Нулевая точка детали* — точка на детали, относительно которой заданы ее размеры.

*Плавающий ноль* — свойство СЧПУ (УЧПУ) помещать начало отсчета перемещения рабочего органа в любое положение относительно нулевой точки станка.

*Дискретность задания перемещения* — минимальное перемещение или угол поворота рабочего органа станка, которые могут быть заданы в УП.

*Максимальное программируемое перемещение* — наибольшее перемещение рабочего органа, которое может быть задано в одном кадре УП.

*Коррекция инструмента* — изменение с пульта управления запрограммированных координат (координаты) рабочего органа станка.

*Коррекция скорости подачи* — изменение с пульта оператора запрограммированного значения скорости подачи.

*Коррекция скорости главного движения* — изменение запрограммированного значения скорости главного движения станка с пульта оператора.

*Значение коррекции положения инструмента* — расстояние по оси координат, на которое следует дополнительно сместить инструмент.

*Значение коррекции на длину инструмента* — расстояние вдоль оси вращающегося инструмента, на которое следует дополнительно сместить инструмент.

*Значение коррекции на фрезу* — расстояние по нормали к заданному контуру перемещения фрезы, на которое следует дополнительно переместить центр фрезы.

*Задающая информация (программа управления)* — информация, известная до начала технологического процесса, зафиксированная тем или иным способом на материальном носителе, называемом программносителем, и содержащая сведения о характере движения рабочих органов, их синхронизации, режимах обработки, а также различные технологические и другие команды.

*Информация обратной связи (обратная связь)* — информация, источником которой является технологический процесс (данные о положении и скорости движения рабочего органа, размерах обрабатываемой поверхности, температурных и силовых деформациях в системах СПИД, температуре в зоне резания, уровне информации и др.).

*Датчики обратной связи (ДОС)* — устройства, с помощью которых собирается информация обратной связи.

*Информация возмущения* — информация, источником которой служит окружающая среда (температура, влажность, колебания припуска заготовки, твердость, уровень вибрации и др.).

*Системы управления разомкнутые* (без обратной связи, с разомкнутой связью, циклические, жесткие, программные) — системы управления, использующие только один поток заданной информации (информация возмущения и информация обратной связи не используются); контроль за выполнением заданной программы и обратная связь не предусмотрены; задающая программа перерабатывается в удобную форму для управления приводом, выполняющим тот или иной элементарный цикл технологического процесса.

*Системы управления замкнутые* (с замкнутой цепью, с обратной связью, рефлекторные, ациклические) — системы управления, работающие на основе совместного использования задающей информации и информации об-

ратной связи, содержащей данные о фактической скорости перемещения рабочего органа, его положения, об окончании цикла или отдельных его эквивалентов и другие о протекании технологического процесса.

*Геометрическая информация* — информация о форме, размерах элементов заготовки и инструмента и их взаимном положении в пространстве.

*Технологическая информация* — информация о технологических характеристиках заготовки и условиях ее изготовления.

*Интерполяция* — получение (расчет) координат промежуточных точек движения центра инструмента в плоскости или в пространстве.

*Аппроксимация* — процесс замены одной функциональной зависимости другой с определенной степенью точности.

*Алгоритм* — свод формальных правил и указаний, определяющих процесс выполнения заданной работы.

*Бит* — одноразрядная единица двоичной информации.

*Байт* — единица количества двоичной информации, равная восьми битам.

*Микропроцессор* — универсальный цифровой электронный блок, реализованный с большой степенью интеграции, выполняемая функция которого определяется после его изготовления путем программирования.

*Код* — ряд правил, посредством которых данные одного вида преобразуются в другой вид; применение кода (кодирование) сводится к записи информации в виде комбинации символов.

*Геометрический элемент* — непрерывный участок расчетной траектории или контура заготовки, задаваемой одним и тем же законом в одной и той же системе координат.

*Опорная точка* — точка расчетной траектории, в которой изменяется закон, описывающий траекторию, или условия протекания технологического процесса.

*Опорная геометрическая точка* — точка расчетной траектории, в которой изменяются условия протекания технологического процесса.

*Пост-процессор* — согласующая программа системы автоматизированного программирования (САП), учитывающая особенности станка и формирующая кадры УП.

*Процессор* — программа первичной переработки информации в САП, формирующая данные об обработке заготовки независимо от типа станка.

*Расчетная траектория* — теоретическая аппроксимированная траектория центра инструмента.

*Точность позиционирования* — величина поля рассеивания отклонений положений центра инструмента от заданных при обработке геометрического перехода (положения рабочих органов станка относительно оси вращения или базовой торцевой поверхности шпинделя), рассчитанная для всего диапазона задаваемых размеров.

*Управляемая координата* — ось системы координат, относительное перемещение центра инструмента вдоль которой осуществляется с помощью одного исполнительного органа системы управления.

*Центр инструмента* — неподвижная относительно державки точка инструмента, по которой ведется расчет траектории.

*Чувствительность* — минимальная величина рассогласования, на которую может реагировать система.

*Эквидистанта* — линия, равноотстоящая от линии контура заготовки.

*Интерполятор СЧПУ* — вычислительный блок, задающий последовательность управляющих воздействий для перемещения рабочих органов станка по осям координат в соответствии с функциональной связью между координатами опорных точек, заданных программой управления.

*Ось координат станка* — направление, совпадающее с перемещением рабочего органа станка.

*Файл* — совокупность данных, объединенных по некоторому общему смысловому признаку или нескольким признакам. Файлы хранятся в запоминающем устройстве ЭВМ. Начало и конец файла отмечают специальными метками, что позволяет найти нужную информацию.

*Дисплей* — устройство визуального отображения алфавитно-цифровой и графической информации.

*Интерфейс* — совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих совместимость (взаимодействие) различных функциональных блоков (устройств), образующих систему в соответствии с заданными условиями, например, видом кода, моментом приема

(выдачи) информационных и управляющих сигналов, формой представления информации (аналоговая или цифровая).

На рисунке представлены этапы подготовки управляющей программы для станков с ЧПУ.

**Индексация станков с ЧПУ.** В принятой системе обозначения станков с ЧПУ к основному обозначению модели станка, состоящему из трех или четырех цифр, добавляются следующие индексы:

Ф1 — станки с цифровой индикацией положения рабочих органов и ручным вводом данных;

Ф2 — станки с позиционными системами ЧПУ;

Ф3 — станки с контурными системами ЧПУ;

Ф4 — станки со смешанными системами ЧПУ;

Ц — станки с цикловым управлением;

Т — станки с оперативными системами ЧПУ.

Кроме того, введены индексы, отражающие конструктивные особенности станков, связанные с автоматической сменой инструмента:

Р — смена инструмента поворотом револьверной головки;

М — смена инструмента из магазина.

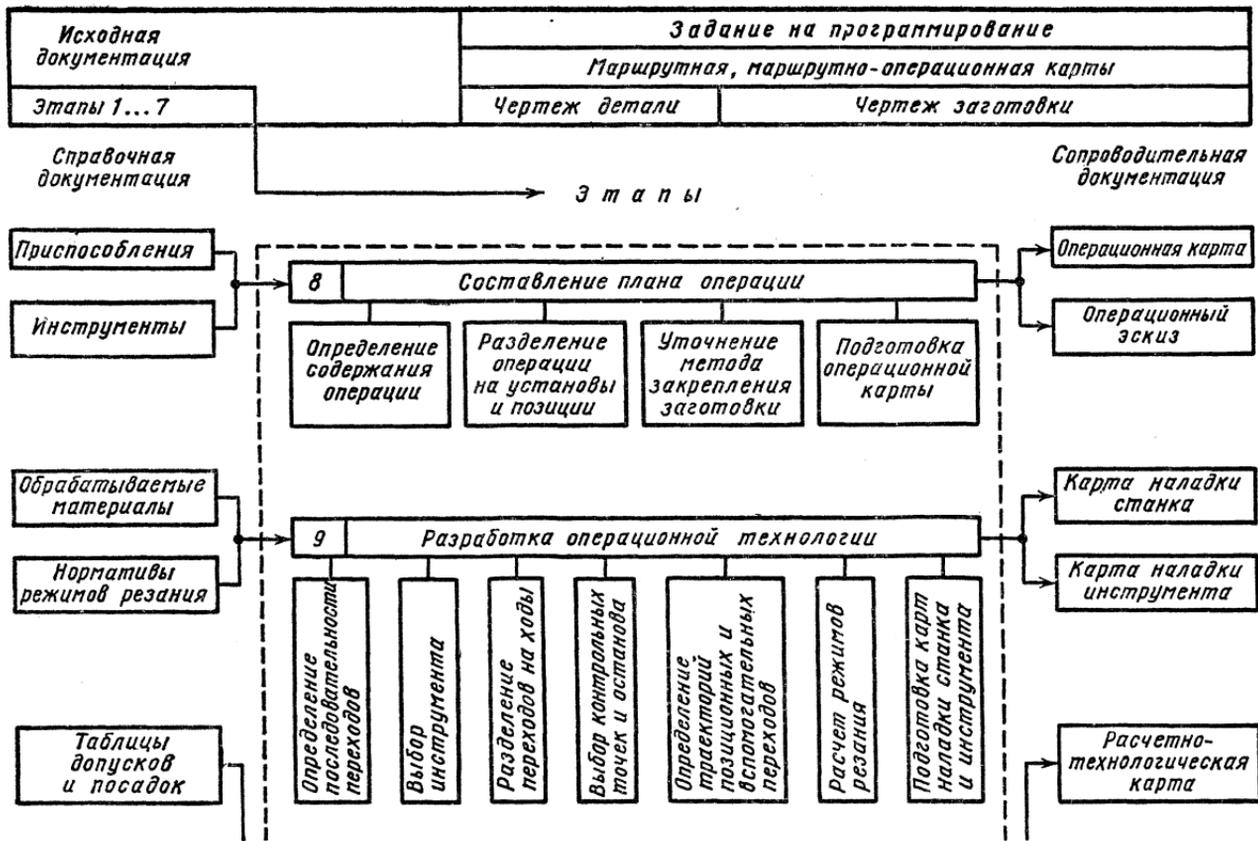
**Манипуляторы, автооператоры и промышленные роботы.** ГОСТ 25686—85 определяет термины основных понятий в области манипуляторов, автооператоров и промышленных роботов.

*Манипулятор* — управляемое устройство или машина для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям руки человека при перемещении объектов в пространстве, оснащенное рабочим органом. Манипулятор с ручным управлением — манипулятор, управление которым осуществляет оператор.

*Сбалансированный манипулятор* — манипулятор с ручным управлением, содержащий системы уравнивания устройства рабочего органа.

*Автооператор* — автоматическая машина, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора или совокупности манипулятора и устройства передвижения и неперепрограммируемого устройства управления.

*Промышленный робот* — автоматическая машина, стационарная или передвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого



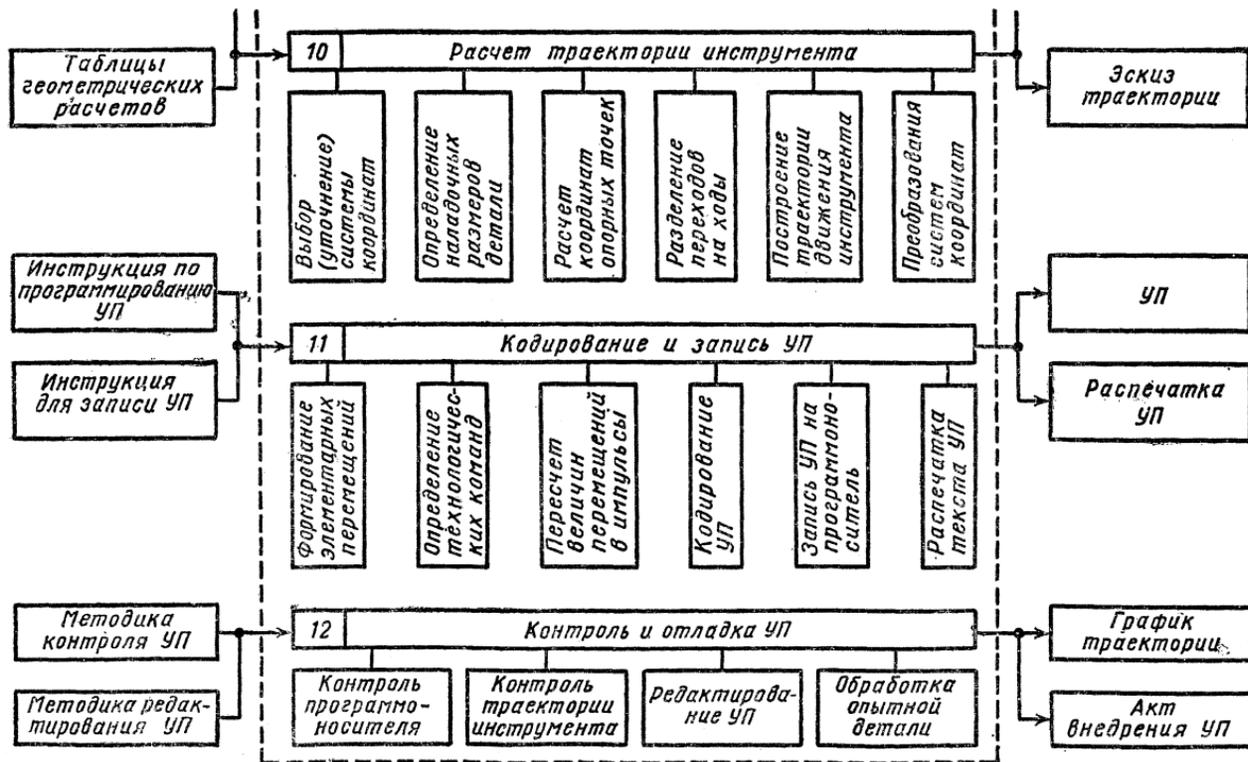


Рис. Этапы подготовки управляющей программы для станков с ЧПУ

устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций. Перепрограммируемость — свойство промышленного робота заменять управляющую программу автоматически или при помощи человека — оператора.

К перепрограммированию относится изменение последовательности и (или) значений перемещений по степеням подвижности и управляющих функций с помощью средств управления на пульте устройства управления.

*Промышленный робот с числовым программным управлением (ПРЧПУ)* — промышленный робот, управляемый устройством ЧПУ с позиционным и (или) контурным программным управлением.

*Адаптивный промышленный робот* — промышленный робот, управляемый устройством адаптивного управления.

*Цикловое управление промышленным роботом* — управление исполнительным устройством промышленного робота, при котором осуществляется программирование последовательности выполнения его движения.

*Позиционное управление промышленным роботом* — управление исполнительным устройством промышленного робота, при котором движение его рабочего органа происходит по заданным точкам позиционирования контроля траектории движения между ними.

*Контурное управление промышленным роботом* — управление исполнительным устройством промышленного робота, при котором движение его рабочего органа происходит по заданной траектории с установленным распределением во времени значений скорости.

*Адаптивное управление промышленным роботом* — управление исполнительным устройством промышленного робота с автоматическим изменением управляющей программы в функции от контролируемых параметров состояния внешней среды.

*Программирование промышленного робота* — составление, ввод и отладка управляющей программы промышленного робота.

*Аналитическое программирование промышленного робота* — программирование промышленного робота, при котором управляющую программу составляют на основе расчета и затем заносят в устройство управления.

*Обучение промышленного робота* — программирование промышленного робота, при котором составление и ввод управляющей программы осуществляет человек — оператор — при помощи предварительного движения рабочего органа с занесением в устройство управления значений параметров этого движения в виде управляющей программы.

*Исполнение управляющей программы промышленного робота* — функционирование исполнительного устройства промышленного робота в соответствии с заданной управляющей программой.

*Исполнительное устройство промышленного робота (автооператора)* — устройство промышленного робота (автооператора), выполняющее все его двигательные функции.

*Рабочий орган промышленного робота (автооператора)* — составная часть исполнительного устройства промышленного робота (автооператора) для непосредственного выполнения технологических операций и (или) вспомогательных переходов. Примерами рабочего органа служат сварочные клещи, окрасочный пистолет, сборочный инструмент, захватное устройство.

*Устройство управления промышленного робота (автооператора)* — устройство промышленного робота (автооператора) для формирования и выдачи управляющих воздействий исполнительному устройству в соответствии с управляющей программой.

*Номинальная грузоподъемность манипулятора (автооператора, промышленного робота)* — наибольшее значение массы предметов производства или технологической оснастки, при которой гарантируется их удержание и обеспечение установленных значений эксплуатационных характеристик.

*Рабочее пространство манипулятора (автооператора, промышленного робота)* — пространство, в котором может находиться исполнительное устройство при функционировании манипулятора (автооператора, промышленного робота).

*Рабочая зона манипулятора (автооператора, промышленного робота)* — пространство, в котором может находиться рабочий орган при функционировании манипулятора (автооператора, промышленного робота).

*Зона обслуживания манипулятора* (автооператора, промышленного робота) — пространство, в котором рабочий орган выполняет свои функции в соответствии с назначением манипулятора (автооператора, промышленного робота) и установленными значениями их характеристик.

*Погрешность позиционирования рабочего органа манипулятора* (автооператора, промышленного робота) — отклонение положения рабочего органа манипулятора (автооператора, промышленного робота) от заданного управляющей программой.

*Погрешность обработки траектории рабочего органа промышленного робота* — отклонение траектории рабочего органа промышленного робота от заданной управляющей программой.

**Системы производственные гибкие.** ГОСТ 26228—85 определяет основные понятия в области гибких производственных систем.

*Гибкая производственная система (ГПС)* — совокупность в разных сочетаниях оборудования с ЧПУ, роботизированных технологических комплексов, гибких производственных модулей, отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени, обладающая свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик.

Виды ГПС по организационным признакам:

*Гибкая автоматизированная линия (ГАЛ)* — гибкая производственная система, в которой технологическое оборудование расположено в принятой последовательности технологических операций.

*Гибкий автоматизированный участок (ГАУ)* — гибкая производственная система, функционирующая по технологическому маршруту, в котором предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

*Гибкий автоматизированный цех (ГАЦ)* — гибкая производственная система, представляющая собой в различных сочетаниях совокупность гибких автоматизированных линий, роботизированных технологических линий, гибких автоматизированных участков, роботизирован-

ных технологических участков для изготовления изделий заданной номенклатуры:

Составные части ГПС:

*Гибкий производственный модуль (ГПМ)* — единица технологического оборудования для производства изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик с программным управлением, автономно функционирующая, автоматически осуществляющая все функции, связанные с их изготовлением, имеющая возможность встраивания в гибкую производственную систему.

*Роботизированный технологический комплекс (РТК)* — совокупность единицы технологического оборудования, промышленного робота и средств оснащения, автономно функционирующая и осуществляющая многократные циклы. РТК, предназначенные для работы в ГПС, должны иметь автоматизированную переналадку и возможность встраивания в систему. В качестве технологического оборудования может быть использован промышленный робот. Средствами оснащения РТК могут быть устройства накопления, ориентации, поштучной выдачи объектов производства и другие устройства, обеспечивающие функционирование РТК.

*Система обеспечения функционирования ГПС* — совокупность в общем случае взаимосвязанных автоматизированных систем, обеспечивающих проектирование изделий, технологическую подготовку их производства, управление гибкой производственной системой с помощью ЭВМ и автоматическое перемещение предметов производства и технологической оснастки. В общем случае в систему обеспечения функционирования ГПС входят: автоматизированная транспортно-складская система (АТСС); автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО); система автоматизированного контроля (САК); автоматизированная система удаления отходов (АСУО); автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП); автоматизированная система научных исследований (АСНИ); система автоматизированного проектирования (САПР); автоматизированная система технологической подготовки производства (АСТПП); автоматизированная система управления (АСУ) и т. д.

*Автоматизированная транспортно-складская система (АТСС)* — система взаимосвязанных автоматизированных транспортных и складских устройств для укладки, хранения, временного накопления, разгрузки и доставки предметов труда, технологической оснастки.

*Автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО)* — система взаимосвязанных элементов, включающая участки подготовки инструмента, его транспортирования, накопления, устройства смены и контроля качества инструмента, обеспечивающие подготовку, хранение, автоматическую установку и замену инструмента.

*Роботизированная технологическая линия* — совокупность роботизированных технологических комплексов, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, или нескольких единиц технологического оборудования, обслуживаемых одним или несколькими промышленными роботами для выполнения операций в принятой технологической последовательности.

*Роботизированный технологический участок* — совокупность роботизированных технологических комплексов, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, или нескольких единиц технологического оборудования, обслуживаемых одним или несколькими промышленными роботами, в которой предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

**Кодирование информации управляющих программ.** ГОСТ 20999—83 устанавливает правила кодирования информации управляющих программ, записываемых на носителе данных (перфоленду, магнитную ленту, магнитный диск) или вводимых с дистанционного источника информации (например, ЭВМ высшего ранга). В табл. 2 приведены значения символов адресов, в табл. 3 — значения управляющих символов и знаков, в табл. 4 — значения цифровых символов.

Управляющую программу следует записывать на носитель данных в виде последовательности кадров.

Управляющую программу рекомендуется составлять таким образом, чтобы в кадре записывалась только та геометрическая технологическая и вспомогательная ин-

## 2. Значения символов адресов

Символ	Кодовая позиция символа	Значение
A	4/1	Угол поворота вокруг оси X
B	4/2	Угол поворота вокруг оси Y
C	4/3	Угол поворота вокруг оси Z
D	4/4	Вторая функция инструмента
E	4/5	Вторая функция подачи
F	4/6	Первая функция подачи
G	4/7	Подготовительная функция
H	4/8	Не определен
I	4/9	Параметр интерполяции или шаг резьбы параллельно оси X
J	4/10	Параметр интерполяции или шаг резьбы параллельно оси Y
K	4/11	Параметр интерполяции или шаг резьбы параллельно оси Z
L	4/12	Не определен
M	4/13	Вспомогательная функция
N	4/14	Номер кадра
O	4/15	Не определен
P	5/0	Третичная длина перемещения, параллельного оси X
Q	5/1	Третичная длина перемещения, параллельного оси Y
R	5/2	Перемещение на быстром ходу по оси или третичная длина перемещения, параллельного оси Z
S	5/3	Функция главного движения
T	5/4	Первая функция инструмента
U	5/5	Вторичная длина перемещения, параллельного оси X
V	5/6	Вторичная длина перемещения, параллельного оси Y
W	5/7	Вторичная длина перемещения, параллельного оси Z
X	5/8	Первичная длина перемещения, параллельного оси X
Y	5/9	Первичная длина перемещения, параллельного оси Y
Z	5/10	Первичная длина перемещения, параллельного оси Z

Примечание. Если символы A, B, C, D, E, P, Q, R, U, V, W не используются в значениях, указанных в табл. 2, они становятся неопределенными и могут быть использованы для специальных значений.

## 3. Значения управляющих символов и знаков

Символ; наименование	Значение	Кодовая композиция символа
ГТ; табуляция	Символ, управляющий перемещением действующей позиции печати в следующую, заранее определенную знаковую позицию на той же строке. Предназначен для управления устройствами печати при распечатке управляющей программы. УЧПУ не воспринимается	0/9
ПС; конец кадра	Символ, обозначающий конец кадра управляющей программы	0/10
%; начало программы	Знак, обозначающий начало управляющей программы (используется также для остановки носителя данных при обратной перемотке)	2/5
(; круглая скобка левая	Знак, обозначающий, что следующая за ним информация не должна обрабатываться на станке	2/8
); круглая скобка правая	Знак, обозначающий, что следующая за ним информация должна обрабатываться на станке	2/9
+; плюс	Математический знак	2/11
-; минус	То же	2/13
:: точка	Десятичный знак	2/14
/; пропуск	Знак, обозначающий, что следующая за ним информация до первого символа «Конец кадра» может обрабатываться или не обрабатываться на станке (в зависимости от положения органа управления на пульте управления УЧПУ). Когда этот знак стоит перед символами «Номер кадра» и «Главный кадр», он действует на целый кадр управляющей программы	2/15
:: двоеточие; главный кадр	Знак, обозначающий главный кадр управляющей программы	3/10

Примечания: 1. В табл. 3 не включены управляющие символы ВК, ПР, ЗБ, ПУС, не воспринимаемые УЧПУ. Наименование и значение этих символов — по ГОСТ 27465—87.

2. При печатании машинописного бланка управляющей программы (распечатка программы) символы «Табуляция» и «Конец кадра» не печатаются.

формация, которая изменяется по сравнению с предыдущим кадром.

Каждая управляющая программа должна начинаться символом «Начало программы», после которого должен стоять символ «Конец кадра», а затем кадр с соответствующим номером.

Любая группа символов, не подлежащая отработке на станке, должна быть заключена в круглые скобки. Внутри скобок не должны применяться символы «Начало программы» и «Главный кадр». Например, группа символов, заключенная в скобки, может быть выведена на дисплей и служить в качестве указаний оператору.

Если необходимо обозначать управляющую программу, это обозначение (номер) должно находиться непосредственно за символом «Начало программы» перед символом «Конец кадра».

Местоположение информации, заключенной в скобки, в кадре управляющей программы, а также необходимость записи этой информации в памяти УЧПУ должны быть указаны в технических условиях на УЧПУ конкретного типа.

Для обозначения физического начала носителя данных перед символом «Начало программы» (при размещении на носителе данных нескольких управляющих программ перед символом «Начало программы» первой программы) допускается записывать еще один символ «Начало программы», например, %% ПС или %% 001 ПС.

Перед символом «Начало программы» может быть записана любая информация, не содержащая символа «Начало программы» (примечания по наладке станка, различные идентификаторы программы и т. п.).

Управляющая программа должна заканчиваться символом «Конец программы» или «Конец информации». Информация, помещенная после символа «Конец информации», не должна восприниматься УЧПУ.

#### 4. Значения цифровых символов

Символ	Кодовая позиция символа	Значение
0	3/0	0
1	3/1	1
2	3/2	2
3	3/3	3
4	3/4	4
5	3/5	5
6	3/6	6
7	3/7	7
8	3/8	8
9	3/9	9

Цифры

Перед символом «Начало программы» и после символов «Конец программы» и «Конец информации» на перфоленте рекомендуется оставлять участки с символом ПУС («Пусто»).

Каждый кадр управляющей программы должен содержать:

слово «Номер кадра» (допускается не использовать);  
информационные слова или слово (допускается не использовать);

символ «Конец кадра»;

символы табуляции (допускается не использовать);  
при использовании символа табуляции они проставляются перед каждым словом в кадре управляющей программы, кроме слова «Номер кадра».

Информационные слова в кадре рекомендуется записывать в такой последовательности:

слово (или слова) «Подготовительная функция»;

слова «Размерные перемещения», которые рекомендуется записывать в последовательности символов:

X, Y, Z, U, V, W, P, Q, R, A, B, C;

слова «Параметр интерполяции или шаг резьбы» I, J, K;

слово (или слова) «Функция подачи», которое относится только к определенной оси и должно следовать непосредственно за словом «Размерное перемещение» по этой оси. Слово «Функция подачи», относящееся к двум и более осям, должно следовать за последним словом «Размерное перемещение», к которому оно относится;

слово «Функция главного движения»;

слово (или слова) «Функция инструмента»;

слово (или слова) «Вспомогательная функция».

Порядок записи слов с адресами U, V, W, P, R, используемых в значениях, отличных от значений, указанных в табл. 2, и слов с адресами D, E, H должен быть указан в формате конкретного УЧПУ.

В пределах одного кадра управляющей программы не должны повторяться слова «Размерные перемещения» и «Параметр интерполяции или шаг резьбы».

При использовании слов с адресами U, V, W, P, Q, R в значениях, отличных от значений, указанных в табл. 2, кратность использования их в кадре должна быть указана в технических условиях на УЧПУ конкретного типа.

В пределах одного кадра управляющей программы

не должны использоваться слова «Подготовительная функция», входящие в одну группу.

После символа «Главный кадр» в кадре управляющей программы должна быть записана вся информация, необходимая для начала или возобновления обработки. В этом случае символ «Главный кадр» должен записываться вместо символа N в качестве адреса в слове «Номер кадра». Символ «Главный кадр» может быть использован для останова в нужном месте обратной перемотки носителя данных.

При необходимости осуществления режима «Пропуск кадра» (например, для осуществления наладочных переходов при наладке станка и исключения этих переходов после окончания наладки) перед символами «Номер кадра» и «Главный кадр» должен записываться символ «Пропуск кадра». Каждое слово в кадре управляющей программы должно содержать: символ адреса (латинская прописная буква по табл. 2); математический знак «Плюс» или «Минус» (при необходимости); последовательность цифр.

Слова в управляющей программе должны быть записаны одним из двух способов:

без использования десятичного знака (подразумеваемое положение десятичной запятой);

с использованием десятичного знака (явное положение десятичной запятой).

Подразумеваемое положение десятичной запятой должно быть определено в характеристиках формата конкретного УЧПУ. При записи слов с использованием десятичного знака слова, в которых десятичный знак отсутствует, должны обрабатываться УЧПУ как целые числа.

При записи слов с использованием десятичного знака могут быть опущены незначащие нули, стоящие до и (или) после знака, например,

X.03 — означает размер 0,03 мм по оси X;

X.1030 — означает размер 1030,0 мм по оси X.

Размер, представленный одними нулями, должен быть выражен, по крайней мере, одним нулем.

**Размерные слова.** Все размерные перемещения должны задаваться в абсолютных значениях или приращениях. Способ управления должен выбираться одним из следующих слов «Подготовительная функция»:

G90 — «Абсолютный размер»;

G91 — «Размер в приращениях».

Все линейные перемещения должны быть выражены в миллиметрах и их десятичных долях.

Допускается линейные перемещения выражать в дюймах. В этом случае в управляющей программе должна быть записана подготовительная функция, указывающая единицу измерения.

Все угловые размеры должны быть выражены в радианах (или в градусах). Допускается угловые размеры выражать в десятичных долях оборота.

Если УЧПУ допускает задание размеров в абсолютных значениях, положительных или отрицательных, в зависимости от начала системы координат, то математический знак («Плюс» или «Минус») является составной частью слова «Размерное перемещение» и должен предшествовать первой цифре каждого размера, указывая направление перемещения.

При задании размеров как в абсолютных значениях, так и в приращениях математический знак «Плюс» в словах «Размерные перемещения» допускается опускать.

**Безразмерные слова.** Слово «Номер кадра» должно состоять из цифр, количество которых должно быть указано в формате конкретного УЧПУ.

Слово (или слова) «Подготовительная функция» должно быть выражено кодовым числом.

**Функция подачи.** Скорость подачи (далее — подача) должна кодироваться числом, количество разрядов которого должно быть указано в формате конкретного УЧПУ.

Выбор типа подачи должен осуществляться одной из следующих подготовительных функций:

G93 — «Подача в функции обратной времени»;

G94 — «Подача в минуту»;

G95 — «Подача на оборот».

В качестве основного метода кодирования подачи рекомендуется метод прямого обозначения, при котором должны применяться следующие единицы измерения: миллиметры в минуту — подача не зависит от скорости главного движения; миллиметр на оборот — подача зависит от скорости главного движения; радиан в секунду (градусы в минуту) — подача относится только к круговому перемещению.

Для быстрого перемещения рекомендуется использовать подготовительную функцию G00.

Подачу допускается задавать кодовым числом, причем большей подаче должно соответствовать большее кодовое число. Для скорости векторного перемещения, не зависящей от скорости главного движения, подача может быть выражена величиной, обратно пропорциональной времени в минутах, необходимого для обработки соответствующего кадра. В этом случае подача равна отношению векторной скорости (выраженной в миллиметрах в минуту) к вектору перемещения по траектории обработки (выраженному в миллиметрах).

**Функция главного движения.** Скорость главного движения должна кодироваться числом, количество разрядов которого должно быть указано в формате конкретного УЧПУ.

Выбор вида функционирования главного движения (там, где это необходимо) должен осуществляться одной из следующих подготовительных функций:

G96 — «Постоянная скорость резания»;

G97 — «Обороты в минуту».

В качестве основного метода кодирования скорости главного движения рекомендуется метод прямого обозначения, при котором число обозначает угловую скорость шпинделя в радианах в секунду (оборотах в минуту).

Если число обозначает скорость резания, единицей измерения является метр в минуту.

Допускается скорость главного движения задавать кодовым числом, причем большей скорости главного движения должно соответствовать большее кодовое число.

Слово «Функция инструмента» используется для выбора инструмента. Допускается использовать это слово для коррекции (или компенсации) инструмента. В этом случае слово «Функция инструмента» будет состоять из двух групп цифр. Первая группа цифр используется для выбора инструмента, вторая — для коррекции инструмента. Если для записи коррекции (компенсации) инструмента используется другой адрес, рекомендуется использовать символ D или H.

Количество цифр, следующих за адресами T, D и H, должно быть указано в формате конкретного УЧПУ.

Слово (или слова) «Вспомогательная функция» должно быть выражено кодовым числом. В безразмерных словах допускается опускать ведущие нули.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В трех томах. М.: Машиностроение, 1982, Т. 1. 729 с. Т. 2. 584 с. Т. 3. 576 с.
2. Мерзон Э. Д., Мерзон И. Э., Медведовская Н. В. Машиностроительное черчение. М.: Высшая школа, 1987. 335 с.
3. Средства измерения линейных и угловых размеров в машиностроении: Каталог. М.: НИИМаш, 1980. 359 с.
4. Точность и производственный контроль в машиностроении; Справочник/Под ред. А. К. Кутая, Б. М. Сорочкина. Л.: Машиностроение, 1983. 368 с.
5. Гжиров Р. И., Обольский Я. З., Серебrenицкий П. П. Автоматизированное программирование обработки на станках с ЧПУ. Л.: Лениздат, 1986. 176 с.

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Автооператор 475**  
**Алфавит греческий 5**  
— латинский 5  
**Алюминий и его сплавы 159—162**  
**Антилогарифмы 25—27**  
**Антифрикционные сплавы 172, 175**  
Баббиты 172, 177, 178  
Балки двутавровые из горячекатаной стали 187  
— с различным нагружением — Расчет 67—70  
**Болты 284, 295—299**  
**Бумажные материалы 248**  
Взаимозаменяемость 352 — Основные определения 352—358  
Винты 284, 295—297  
Войлок технический 248, 249  
Выход резьбы 283—289  
Гайки 284, 297, 301, 302  
Грунтовки 232—234, 240  
Детали крепежные — Места под ключ и под головки 300, 304—311  
— Стопорение 297  
Длины окружностей 17  
Документы конструкторские — Виды 81, 82 — Стадии разработки 82  
— технологические — Виды 461—466  
Допуски и отклонения размеров гладких элементов деталей 358—365  
— посадки крепежных метрических резьб 366, 369—375  
Допуски на угловые размеры 360, 365—368  
— шпоночных соединений 375—377  
Древесина 242, 247, 248  
Единая система конструкторской документации 80  
— технологической подготовки производства — Общие положения 442, 443, 451—457  
Изделия — Виды 80 — Содержание работ по обеспечению технологичности конструкции 457—460, 466 — Схема деления на составные части 122, 123  
— из стали — Номинальные размеры 186, 187  
Измерение больших длин и диаметров 409—412  
— влажности 438  
— давления 440  
— качества жидкостей и газов 441  
— освещенности 438  
— отклонений формы и расположения поверхностей 413—429  
— расхода жидкости и газа 440, 441  
— температуры 439, 440  
— углов и конусов 429—438  
— цилиндрических деталей малых размеров 409, 413  
— шума 438  
**Изображения изделий 87, 90, 94—98**  
**Изоляционные конструкционные материалы 200, 216**  
Кадмий 176  
Канавки 257, 261, 266  
Квадраты 17—19  
Керамика 216—219  
**Клеи 242—246**  
Конусы 257, 260—264  
Корни из чисел, меньших единицы 20  
— квадратные 17—19  
— кубические 17—19  
Круг — Площадь 17  
Кубы 17—19  
**Лакокрасочные материалы 220, 231, 236—239**  
**Ланоткани электронизоляционные 251**  
Лента липкая изоляционная 250, 251  
— стальная горячекатаная 189  
Линии на чертежах 83—85  
Листы латунные 197  
**Логарифмы десятичные 15—17, 21—24**  
— натуральные 18, 19  
**Магний 176**  
**Магнитные материалы 167, 172**  
**Манипуляторы 475, 479, 480**  
**Масштабы 86, 87**  
Материалы — Графическое изображение 99, 100 — Свойства 124—129 — Условные обозначения марок 129—132 — Цвета краски 133, 134 — конструкционные композиционные 216  
— тепло- и звукоизоляционные 250  
Медь и ее сплавы 163—172  
Меры длины плоскопараллельные концевые 399, 400  
— штриховые 400, 401  
**Механизмы простейшие — Расчет 65, 66**  
Микалента 251  
**Микрокалькуляторы — Выполнение расчетов 74—79**  
**Моменты наиболее распространенных профилей 72—74**  
**Никель 176**  
Отверстия сквозные под крепежные детали 283, 284, 290—292  
— центровые 293, 294  
**Отклонения, формы и расположения поверхностей — Термины и определения 376—392**  
Перевод градусной меры в радианную 20  
Передачи зубчатые 335—344  
— механические вращательного движения — зубчато—ременные 330 — клино-ременные 329—331 — Общие сведения 321, 322 — плоско-ременные 322—329 — ременные 322  
— цепные 330, 332—335  
Пластические массы 200—215  
Платина 172, 176, 178  
Плиты алюминиевые 192

- из магниевых сплавов 198
- Подшипники качения 345—351
  - скольжения 344, 345
- Покрyтия 220—230, 242
- Полосы горячекатаные из высококачественной стали 189
  - латунные 197
- Построение типовых кривых 43—55
- Построения простейшей геометрические 38—42
- Приборы координатно-измерительные 405
  - микрометрические 401, 402
  - оптико-механические и оптические 404
  - пневматические измерительные 404
    - пружинные измерительные 403, 404
    - рычажно-зубчатые 402—404
    - электронные измерительные 404
- Привоп 180, 182—185
- Проволока для холодной высадки 192
  - из свинцовой латуни 198
  - круглая холоднотянутая 189—191
  - латунная 198
  - низкоуглеродистая качественная 189
  - стальная для пружинных шайб 189
  - стальная пружинная термически обработанная 189
  - стальная пружинная углеродистой 189
    - электротехническая 192
- Программы управляющие — Кодирование информации 482—487
- Прогрессии 29—31
- Проекции аксонометрические 99, 101—107
- Производство — Технологическая подготовка 443—448
- Прокат листовой горячекатаный и холоднокатаный 187, 188
- Промышленный робот 475, 478—480
- Пропорции 24, 27
- Профили стальные гнутые С-образные 186
  - чугунные зетовые 187
- Профили фасонные прессованные алюминиевые 192, 197
- Проценты 28
- Процессы технологические 443, 448—451
- Прутки из алюминия и алюминиевых сплавов 197, 198
  - латунные 197
- Радиусы закругления 257, 261, 264, 265
- Размерные слова 487—489
- Размеры линейные 257—260
- Резина 251—253
- Резьбы конические 283, 284
  - цилиндрические 268—283 — метрические 271, 273—279 — трапециевидные 277, 281—283 — трубные 272, 280 — упорные 283
- Сведения из технической механики 63—74
- Серебро 172, 176, 179
- Системы измерения — Множители и приставки 6 — Основные и дополнительные единицы 6—16
  - производственные гибкие 480—482
- Ситаллы 218—220
- Слюда 251
- Смазочные материалы 254—256
- Соединения резьбовые 268—271
  - шлицевые 318—321
  - штифтовые 311—314
- Сплавы твердые спеченные 180—182
- Средства измерений 405—409
- Сталь — Механические свойства 139 — Определение марки по искре 134, 135
  - быстрорежущая 157
  - горячекатаная листовая двухслойная 187, 189
  - легированная 155—157
  - повышенной и высокой обрабатываемости резанием 158
  - рессорно-пружинная 150, 151, 154, 155
  - специального назначения 188, 189
  - толстолистовая коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная 187, 188
  - углеродистая 136, 139—141, 148
  - электротехническая 158
- Станки с ЧПУ — Индексация 475
- Стеклоткани электроизоляционные 251
- Стержни постоянного сечения — Расчет на устойчивость 71, 72
- Схемы гидравлические 108, 121, 122
  - кинематические 107—121
  - пневматические 108, 121, 122
- Тела — Объемы 59—62
  - Параметры движения 63, 64
  - Поверхности 59—62
- Термическая обработка — Условные обозначения видов 132, 133
- Титановые сплавы 172, 176, 177
- Трубы из алюминия и его сплавов 192, 194, 195
  - из цветных металлов и сплавов 192, 196
  - латунные тонкостенные 198, — стальные 192—196
- Углы 257, 260
- Уголки стальные гнутые неравнополочные 186
  - горячекатаные 185
  - холодногнутые 186
- Устройства ЧПУ станками 467—475
- Фарфор 220
- Фигуры плоские — Периметры 57, 58 — Площади 57, 58
- Форматы чертежей 85, 86
- Функции двойных, тройных и поло-

- винных углов 36  
 — одного угла 32, 36  
 — суммы и разности двух углов 37  
 — тригонометрические 31—34
- Цифры римские 5, 6
- Чертежи — Оформление 82—107  
 Чугун ковкий 137  
 — легированный 138, 139  
 — серый литейный 137
- Шайбы 284
- Швеллеры стальные гнутые равнополочные 186  
 — горячекатаные 186
- холодногнутые неравнополочные 186
- Шероховатость поверхности 392—399
- Шпатлевки 232, 234, 235
- Шпильки 284, 295—297
- Шпонки клиновые 314, 315  
 — призматические 314—318  
 — сегментные 314, 315  
 — тангенциальные 315
- Шрифты чертежные 86, 88—93
- Элементы химические — Условные обозначения в марках металлов и сплавов 128

## СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**Скорыходов Евгений Александрович, Законников Владимир Павлович,  
 Пакнис Альгимантас Балевич и др.**

**ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК**

Редактор *И. И. Лесниченко*  
 Художественный редактор *С. Н. Голубев*  
 Технический редактор *Л. А. Макарова*  
 Корректоры *Т. В. Багдасарян, О. Е. Мишина*

ИБ № 5692

Сдано в набор 05.03.90. Подписано в печать 06.07.90. Т-07177.  
 Формат 84×108/32. Бумага типографская № 2. Гарнитура  
 литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 26,04. Усл. кр.-отт. 26,04  
 Уч.-изд. л. 27,42. Доп. тираж 200000 экз. Заказ 44. Цена 5 р.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение»,  
 107076, Москва, Стромывский пер., 4

Типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени  
 издательства «Машиностроение»  
 при Государственном комитете СССР по печати.  
 193144, Ленинград, ул. Моисеенко, 10.