

Кафедра "Тепловозы и
тепловые двигатели"
В.М. Баранов, В.В. Литвинчук

НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

Учебно-методическое пособие

Хабаровск
2000

Рецензенты: Кандидат технических наук, профессор ДВГУПС *И.В. Дмитренко* Начальник отдела управления ДВЖД *Ю.М. Лебедев*

Учебно-методическое пособие содержит краткую информацию, помогающую студентам освоить разделы курса "Дизели тепловозов", "Передачи мощности тепловозов", "Экипаж тепловозов" и "Эксплуатация локомотивов".

Пособие содержит задание на курсовую работу и методические указания на выполнение её разделов, предназначено для студентов колледжей во втором семестре обучения и студентов ИИФО специальности "Локомотивы" в третьем семестре обучения.

Издательство Дальневосточного государственного университета путей сообщения (ДВГУПС), 2000

Содержание

ВВЕДЕНИЕ

1. ДИЗЕЛИ ТЕПЛОВОЗОВ

1.1. Схема и рабочий процесс четырехтактного тепловозного дизеля с наддувом

1.2. Схема и рабочий процесс двухтактного тепловозного дизеля с прямоточно-клапанной продувкой цилиндров

1.3. Схема и рабочий процесс тепловозного двухтактного дизеля с прямоточно-щелевой продувкой цилиндров

1.4. Некоторые характеристики дизелей тепловозов

1.5. Сравнение четырехтактных и двухтактных дизелей

1.6. Схема и рабочий процесс регулятора частоты и вращения коленчатого вала дизеля

1.7. Вспомогательные агрегаты тепловоза

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА МОЩНОСТИ ТЕПЛОВОЗА

2.1. Схемы генераторов тока

2.2. Схема тягового двигателя

2.3. Противоздс ТЭД

2.4. Принципиальная схема электропередачи

2.5. Регулировочная характеристика электропередачи

2.6. Аппараты управления тепловозом

2.7. Пуск дизеля тепловоза

2.8. Гидродинамическая передача мощности тепловоза

3. ЭКИПАЖНАЯ ЧАСТЬ ТЕПЛОВОЗОВ

3.1. Рама и кузов тепловоза

3.2. Ударно – тяговые устройства

3.3. Тележки тепловозов

4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛОКОМОТИВОВ

4.1. Способы обслуживания поездов локомотивами

4.2. Рабочее время локомотивных бригад

4.3. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов

5. ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ “НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ”

5.1. Расчеты основных характеристик дизеля и электрической передачи мощности тепловоза

5.2. Расчет электрической передачи мощности тепловоза

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ НА ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ “ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ВПИСЫВАНИЕ ТЕПЛОВОЗА”

6.1. Исходные данные

6.2 Порядок выполнения геометрического вписывания

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАСЧЕТУ ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО ПАРКА ЛОКОМОТИВОВ

7.1. Расписание движения поездов

7.2 Типовой график движения локомотивов

7.3. Расчет эксплуатируемого парка локомотивов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ВВЕДЕНИЕ

Грузовые, пассажирские и маневровые тепловозы с электрической передачей мощности обозначают ТЭ, с гидравлической – ТГ. Тепловоз – это единственный автономный локомотив на железных дорогах. В одной секции тепловоза ТЭ10 размещается один дизель, мощность которого 2200 кВт (3000 л.с.). Общая мощность по дизелю двухсекционного тепловоза 2 ТЭ10 равна 4400 кВт, а трехсекционного тепловоза 3 ТЭ10 – 6600 кВт.

Для углубления знаний о локомотивах студент должен изучить основное оборудование тепловозов и основы их эксплуатации уже на младших курсах, с целью большего интереса к избранной специальности и подготовки к производственной практике.

В третьем семестре для студентов ИИФО и во втором семестре для студентов колледжей программой предусмотрено изучение устройства и принципа действия дизелей тепловозов, электрической и гидравлической передач мощности, экипажа, а также эксплуатации тепловозов.

Также программой предусмотрено выполнение курсовой работы. Она состоит из четырех разделов: расчета основных характеристик дизеля, расчета электрической передачи мощности, выполнения вписывания тепловоза в кривую и расчета эксплуатационных показателей работы тепловоза. Задания к указанным разделам курса приведены в пятом, шестом и седьмом разделах. Там же изложены методические указания для проведения расчетов.

Поскольку это первая курсовая работа в учебной программе, то два её первых раздела изложены подробно, а оформление выполнено в соответствии с требованиями оформления инженерной расчетной документации. Следует иметь в виду, что оформление рисунков и таблиц в пособии выполнено по требованиям для типографских изданий, а в курсовой работе их следует оформить по Межгосударственному стандарту ГОСТ 2.105-95 (единая система конструкторской документации – ЕСКД). При оформлении пояснительной записки помощь окажет преподаватель.

Законченная и оформленная курсовая работа передается преподавателю для проверки, затем защищается. Оценка заносится в зачетную книжку студента. После защиты курсовой работы, при собеседовании преподаватель проверяет знания студента по указанным разделам. При достаточном уровне знаний в зачетную книжку ставится зачет.

1. ДИЗЕЛИ ТЕПЛОВОЗОВ

Тепловыми двигателями называются машины, превращающие тепловую энергию топлива в механическую работу.

Наибольшее распространение получили двигатели, приведенные на схеме, представленной на рис. 1.1.

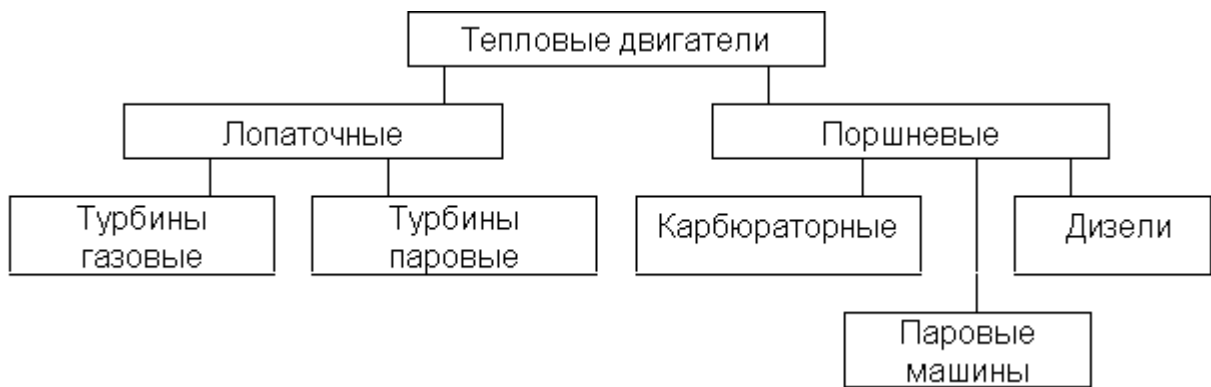


Рис. 1.1. Типы тепловых двигателей

Газовые турбины применяются в авиационных турбовинтовых и турбореактивных двигателях, на газотурбовозах.

Паровые турбины вращают роторы генераторов, вырабатывающих электрический ток, на тепловых электростанциях и океанских судах.

Карбюраторные двигатели устанавливаются на грузовых и легковых автомобилях, мотоциклах, мотороллерах, мопедах.

Дизели распространены на тепловозах, дизель-поездах, строительных и путевых машинах, речных и морских судах. Паровые поршневые машины устанавливались на паровозах и пароходах, но ввиду низкого коэффициента полезного действия (КПД) были вытеснены другими двигателями (табл. 1.1).

Таблица 1.1

КПД двигателей и локомотивов

Тип двигателя или локомотива	КПД, %
Карбюраторные двигатели	до 28
Дизели	до 45
Паровые турбины	до 45
Газовые турбины	до 37
Паровые машины	до 20
Паровозы	4 – 5
Тепловозы	28
Электрическая тяга	25

КПД двигателей показывает сколько процентов теплоты, выделенной сгоревшим в них топливом, превращается в эффективную работу. КПД паровых турбин и машин показывает сколько процентов теплоты, внесенной паром, превращается в механическую работу.

КПД локомотива показывает сколько процентов теплоты, сгоревшего топлива, локомотив превращает в работу по перемещению поезда.

В дизелях тепловозов сжигают три марки дизельного топлива: Л – летнее, З – зимнее и А – арктическое. От автотракторного дизельного топлива, которое также маркируется Л, З, А, тепловозное топливо отличается более тяжелым углеводородным составом.

1.1. Схема и рабочий процесс четырехтактного тепловозного дизеля с наддувом

На рис. 1.2 приведена схема дизеля, изображенного в горизонтальном положении, что удобно для пояснения его рабочего процесса по индикаторной диаграмме. Индикаторная диаграмма представлена в координатах: давление (p , Па) – объем цилиндра – (V , м³). Она показывает, как меняется давление в цилиндре в течение четырех ходов поршня (четырёх тактов).

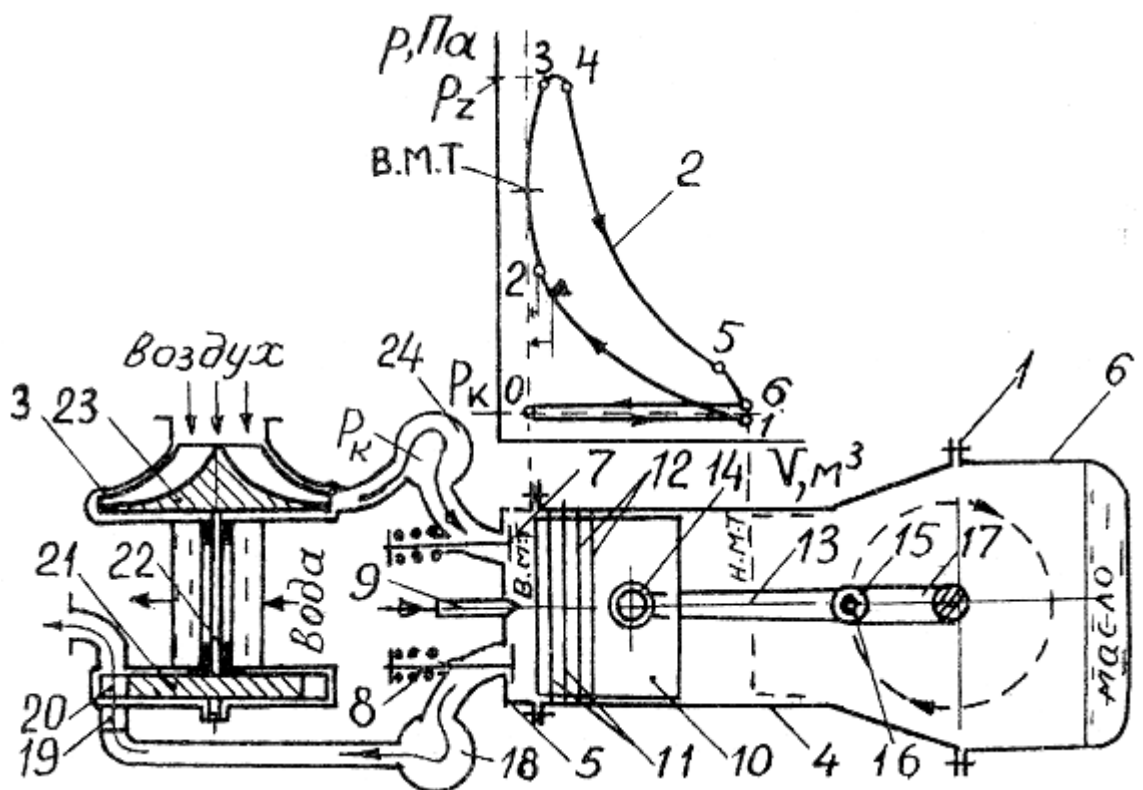


Рис. 1.2. Четырехтактный дизель: 1 – схема дизеля; 2 – индикаторная диаграмма; 3 – турбокомпрессор

Дизель состоит из блока цилиндров 4, крышек цилиндров 5, масляного поддона 6. В крышке цилиндра установлены впускной клапан 7, выпускной клапан 8 и форсунка 9. В цилиндре размещен поршень 10 с уплотнительными 11 и маслосъемными 12 чугунными кольцами. Шатун 13 с помощью пальца 14 соединен с поршнем и охватывает нижней головкой 15 шейку 16 кривошипа 17 (шейку колена коленчатого вала). Рабочий процесс дизеля складывается из следующего. При первом ходе поршня, из верхней мертвой точки (ВМТ) в нижнюю мертвую точку (НМТ), открыт впускной клапан и происходит наполнение цилиндра воздухом. На диаграмме этот процесс показан линией 0 – 1.

Обратный ход поршня из НМТ в ВМТ соответствует линии 1-N -2-ВМТ, где 1-2 – сжатие воздуха в цилиндре при закрытых клапанах; N – момент начала впрыска топлива форсункой (конец впрыска – в точке 4); 2 – момент самовоспламенения топлива при контакте с горячим от сжатия воздухом; 2 – ВМТ – сгорание части топлива.

Третий ход поршня (ВМТ → НМТ) соответствует линии диаграммы ВМТ – 3 – 4 – 5 – 6, где ВМТ – 3 – продолжение сгорания топлива; 3–4 – догорание топлива, продолжающего поступать из форсунки; 4–5 – расширение продуктов сгорания топлива; 5 – момент открытия выпускного клапана; 5–6 – выхлоп (газы вытекают из цилиндра в выпускной коллектор 18).

Четвертым ходом поршень вытесняет из цилиндра газы(процесс 6-0), оставшиеся после выхлопа. На этом один рабочий цикл в цилиндре дизеля заканчивается. Вал совершает два оборота.

Начало впрыска топлива (точка N) регулируется так, чтобы максимальное давление p_z застигало поршень вблизи ВМТ, но не раньше, а чуть позже ВМТ.

Турбокомпрессор обеспечивает цилиндры дизеля сжатым воздухом. Выхлопные газы с давлением выше атмосферного из коллектора 18 поступают в сопловый аппарат 19 газовой турбины. В соплах давление газов (потенциальная энергия) превращается в кинетическую и ускоренные струи газа падают на рабочие лопатки 20 колеса 21 газовой турбины. Вращение колеса турбины через вал 22 передается рабочему колесу 23 центробежного компрессора, который всасывает атмосферный воздух и нагнетает его во впускной коллектор 24 дизеля. Наполнение цилиндров сжатым воздухом позволяет увеличить количество кислорода, впрыскивать больше топлива, что повышает температуру в цилиндрах, давление на поршни и мощность дизеля. Дизель мог бы работать и без турбокомпрессора (без наддува), всасывая в цилиндры атмосферный воздух, но его мощность была бы процентов на тридцать меньше из-за меньшей подачи топлива, обусловленной меньшим количеством кислорода.

1.2. Схема и рабочий процесс двухтактного тепловозного дизеля с прямоточно-клапанной продувкой цилиндров

На рис. 1.3 приведена схема двухтактного V-образного дизеля. V-образная схема позволяет уменьшить длину дизеля в два раза.

В отличие от четырехтактного дизеля, этот дизель имеет в крышках по одному выпускному клапану 1 с пружиной 2. Взамен впускного клапана по всей окружности нижней части цилиндра выполнены продувочные окна 3, сообщающиеся с ресивером 4, в который турбокомпрессор (не показан на рис. 1.3) нагнетает сжатый воздух. Один рабочий цикл дизеля длится в течение двух ходов поршня (двух тактов).

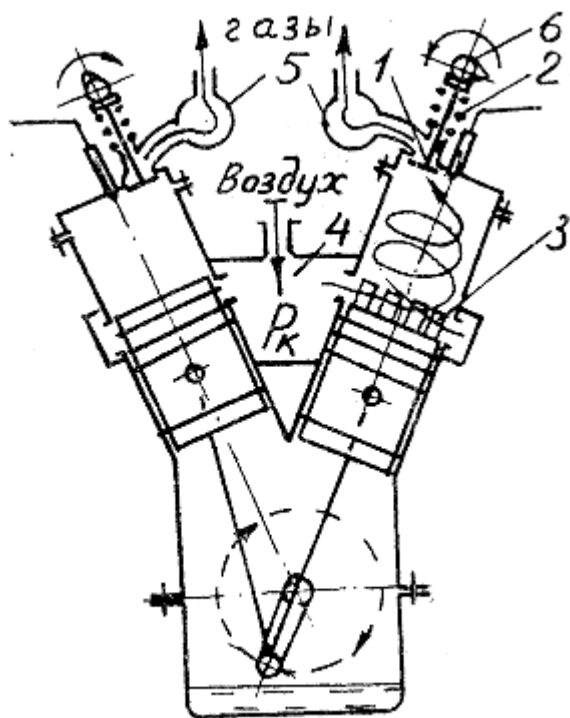


Рис. 1.3. Схема двухтактного дизеля *Ход поршня вверх*. При нижнем положении поршня окна и клапан открыты. Сжатый воздух из ресивера входит в цилиндр и вытесняет отработанные газы через открытый клапан 1 в выпускной коллектор 5. Когда поршень закроет около $\frac{2}{3}$ высоты окон 3, закрывается выпускной клапан и происходит дозарядка цилиндра сжатым в ресивере воздухом. После закрытия окон 3 происходит, как и у четырехтактного дизеля, сжатие воздуха, впрыск и сгорание части топлива.

Ход поршня вниз. При обратном движении поршня заканчивается впрыск и сгорание топлива, расширяются продукты сгорания и перед открытием окон происходит выпуск газов. Для этого кулачковый вал 6 нажимает на клапан и, сжав пружину, открывает его. Затем открываются продувочные окна и начинается продувка цилиндра от газов, оставшихся после выпуска. За два такта вал дизеля совершает один оборот. Из выпускных коллекторов 5 газы направляются в турбокомпрессор.

1.3. Схема и рабочий процесс тепловозного двухтактного дизеля с прямоточно-щелевой продувкой цилиндров

Схема дизеля приведена на рис. 1.4.

Дизель имеет десять цилиндров 1 (на рисунке показан один). В каждом цилиндре установлено два поршня: верхний 2 и нижний 3, которые связаны шатунами с верхним коленчатым валом 4 и нижним коленчатым валом 5. Крутящий момент верхнего вала передается на нижний вал через вертикальный вал 6 с упругой муфтой 7. Нижний вал дизеля вращает ротор электрического генератора 8, который вырабатывает постоянный или переменный ток.

В цилиндре выполнено два ряда окон: продувочные 9 и выпускные 10. Выпускные коллекторы 11 установлены вдоль дизеля с обеих сторон и ведут

газы к двум турбокомпрессорам 12 (показаны условно). Воздух, сжатый турбокомпрессорами, подается в центробежный нагнетатель 13, получающий вращение от верхнего коленчатого вала через редуктор 14. При сжатии в турбокомпрессорах и нагнетателе воздух сильно нагревается, поэтому его охлаждают водой в охладителе 15.

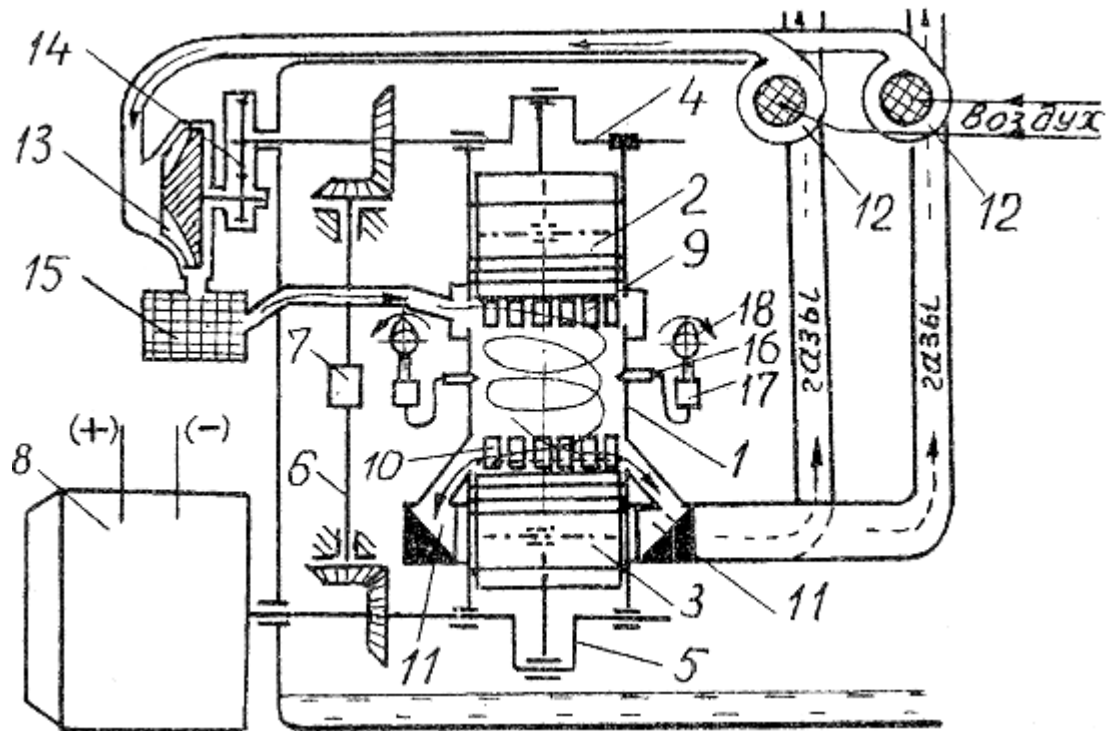


Рис. 1.4. Схема двухтактного дизеля 10Д100

Охлажденный сжатый воздух подается в ресивер к продувочным окнам всех десяти цилиндров. Чем ниже температура воздуха, тем больший его заряд умещается в объеме цилиндра.

В каждом цилиндре установлено две форсунки 16, через которые два насоса высокого давления 17 впрыскивают топливо. Давление топлива в плунжерных парах насосов создается кулачковыми валами 18.

Принцип действия дизеля заключается в следующем. Нижний коленчатый вал установлен так, что при полностью открытых продувочных окнах, выпускные окна уже частично прикрыты поршнем, что и показано на схеме штрих-пунктиром.

Первый ход – поршни сходятся. При этом происходит продувка цилиндра, а когда закроются нижние окна, через верхние – произойдет дозарядка цилиндра сжатым воздухом. После закрытия продувочных окон происходит сжатие воздуха поршнями, впрыск и сгорание части топлива.

Второй ход – поршни расходятся. При этом заканчивается сгорание топлива. Затем следует расширение газов, выхлоп через выпускные окна и следом – продувка цилиндра сжатым воздухом через продувочные окна, которые

открываются чуть позже выпускных. За два хода поршня коленчатый вал совершает один оборот.

Вспомогательными системами дизелей являются система водяного охлаждения цилиндров и система смазки. С устройством этих систем можно познакомиться в рекомендованной литературе.

1.4. Некоторые характеристики дизелей тепловозов

В табл. 1.2 приведены характеристики дизелей шести тепловозов.

Таблица 1.2

Характеристики дизелей

Серия тепловоза	ТЭ10	ТЭП60	М62	ТЭ116	ТЭМ2	ТГ16
Тип дизеля	10Д100	11Д45	14Д45	2Д70	ПДГ-1М	М756
Тактность	Двухтактный			Четырехтактный		
Расположение цилиндров	Рядное		V-образное		Рядное	V-образн.
Мощность, кВт	2200	2200	1450	2200	880	2x600
Количество цилиндров	10	16	12	16	6	12
Диаметр цилиндра, мм	207	230	230	240	318	180
Степень сжатия	15	14	14,5	12,8	12,5	13,5
Максимальное давление P_z , МПа	10	11,2	11	11,5	7,0	8,5
Угол опережения впрыска, градусов	10	20	20	21	29	27
КПД тепловоза, %	29	28	27	28	28	27
Удельный эффективный расход топлива, b_e , кг \ кВт-ч	0,218	0,230	0,218	0,204	0,224	0,214

Все указанные дизели оснащены турбокомпрессорами.

Мощность – это показатель интенсивности работы дизеля. Если в 1с совершается дизелем работа, равная 1 кДж, то его мощность равна 1 кВт. Следовательно, при мощности дизеля 2200 кВт, он в секунду совершает 2200 кДж работы. Часть этой работы расходуется на привод вспомогательных агрегатов тепловоза, а основная доля – на вращение ротора генератора.

Степень сжатия показывает во сколько раз уменьшается объем воздуха в цилиндре при такте сжатия.

Угол опережения подачи топлива показывает на сколько градусов кривошип (колено) коленчатого вала не доходит на такте сжатия до верхнего положения, когда форсунка начинает подачу топлива в цилиндр. Удельный эффективный расход топлива – это часовой расход топлива на 1 кВт мощности дизеля. Общий расход топлива, например, у дизеля 10Д100 составит $0,218 \times 2200 = 479,6$ кг/час.

1.5. Сравнение четырехтактных и двухтактных дизелей

Двухтактные дизели почти в два раза мощнее четырехтактных при одинаковом литраже (объеме цилиндров) и одинаковой частоте вращения коленчатого вала. Объясняется это тем, что у двухтактного дизеля на каждый оборот вала приходится одна вспышка топлива в цилиндре, а у четырехтактного – одна вспышка – на два оборота вала.

У четырехтактных дизелей после выхлопа остатки газов вытесняются из цилиндра поршнем полностью. Не остаются они и в объеме между поршнем и крышкой цилиндра. Поэтому воздух, вновь поступающий в цилиндр, свободен от остатков газов. Топливо в нем сгорает своевременно, при этом на поршень оказывается высокое давление.

У двухтактных дизелей остатки газов после выхлопа вытесняются продувкой цилиндров воздухом. При этом часть газов смешивается с воздухом или не успевает уйти в атмосферу из-за малого количества времени продувки. В воздухе, разбавленном продуктами сгорания, топливо горит медленнее, температура и давление на поршень из-за этого понижаются. По этой причине двухтактный дизель сжигает больше топлива. Четырехтактные дизели экономичнее.

1.6. Схема и рабочий процесс регулятора частоты вращения коленчатого вала дизеля

Рассмотрим упрощенную схему регулятора на рис. 1.5. При неподвижном тепловозе серии ТЭ10 дизель работает в холостом режиме с частотой вращения вала 400 оборотов в минуту. Максимальные обороты вала при полной нагрузке равны 850 оборотам в минуту. С помощью контроллера машиниста, имеющего пятнадцать фиксированных позиций, можно задать четырнадцать значений оборотов вала. Добавление одной позиции контроллера прибавляет обороты валу приблизительно на 30 единиц в минуту. При этом заданные обороты поддерживаются постоянными регулятором.

В корпусе 1 регулятора установлена цилиндрическая втулка 2, получающая вращение от вала дизеля через шестерню 3 и опирающаяся на подшипник 4. К ней шарнирно прикреплены два груза 5, упирающиеся рычагами 6 в плечи

верхней головки 7 не вращающегося золотника 8. На золотник давит пружина 9, а на нее – рычаг 10, связанный с электромагнитными элементами управления МР1 – МР4. Ток на МР подается через контроллер 11. Имеется масляная ванна 12, шестеренный масляный насос 13, компенсатор 14, поддерживающий постоянное давление масла, сервомотор 15 с поршнем 16 и пружиной 17.

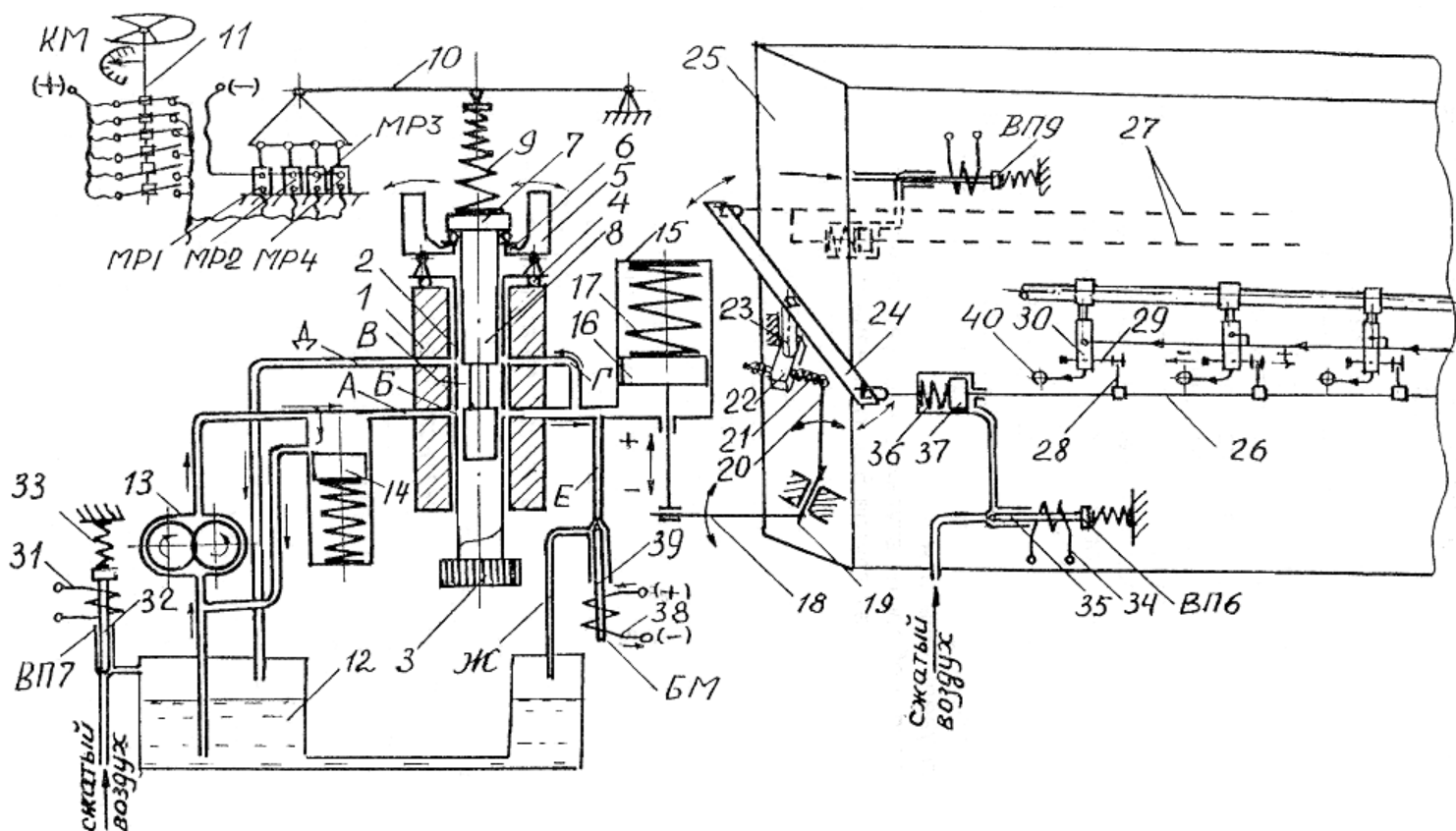


Рис. 1.5. Схема регулятора

Регулятор показан в состоянии, когда дизель работает при постоянных оборотах и грузы 5 расположены в среднем положении (вертикально).

Добавим одну позицию контроллера машиниста (KM). Элементы МР1, МР2, МР3, МР4; включатся в комбинации, при которой рычаг 10 чуть опустится и сожмет сильнее пружину 9. Она увеличит нажатие на золотник 8 и он немного опустится, а грузы от этого сойдутся (сблизятся). Масло от насоса по каналу А, отверстиям Б во втулке и выемке В в золотнике потечет под поршень 16, и он начнет движение вверх. Рычаг 18 валика 19 пойдет тоже вверх, а рычаг 20 – вправо, потянув через подпружиненный поводок 21 рычаг 22. Валик 23 при этом повернет коромысло 24 дизеля 25 против часовой стрелки. Коромысло переместит тягу 26 вправо, а тяги 27 – влево. Вместе с тягой 26 переместятся поводки 28 и рейки 29 топливных насосов 30. Рейки повернут плунжеры насосов на увеличение подачи топлива, после этого давление в цилиндрах и обороты вала дизеля начнут увеличиваться.

Увеличатся и обороты втулки 2, что увеличит центробежную силу вращающихся с ней грузов 5, и они начнут расходиться, сжимая пружину 9 и поднимая золотник 8. Золотник нижней частью перекроет подачу масла под поршень сервомотора и он остановится. Грузы 5 при этом окажутся в вертикальном положении. Масло от насоса отожмет поршень компенсатора и из канала нагнетания (А) будет перетекать на всасывание насоса.

Допустим, что при данной позиции КМ поезд с ускорением покатился под уклон и нагрузка на дизель уменьшилась. При данной подаче топлива, обороты валов дизеля начнут увеличиваться и возрастут обороты грузов 5 – они начнут расходиться и приподнимут золотник. Он сообщит своей выемкой канал Г с каналом Д, и масло из сервомотора начнет поступать в ванну 12, поршень сервомотора пойдет вниз, перемещая рейки насосов 30 на уменьшение подачи топлива. Обороты начнут снижаться, а грузы 5 – сходить, они перекроют золотником каналы Г и Д. Сервомотор остановится, грузы 5 окажутся в среднем положении. Мощность дизеля снизится, а обороты вала будут прежними.

Если поезд пойдет на подъем, то обороты вала дизеля начнут снижаться, при этом подача топлива увеличится, и обороты вала восстановятся, станут прежними, мощность дизеля возрастет.

Аппарат ВП7 называется ускорителем пуска дизеля. Если подать питание на электрическую катушку 31, то игла 32 поднимется, преодолев пружину 33, сжатый воздух пойдет в масляную ванну, вытесняя через насос масло под поршень 16 сервомотора, и поставит рейки насосов на повышенную подачу топлива. Насос 13 не смог бы этого сделать так быстро, поскольку при пуске вал дизеля и шестерни насоса вращаются медленно. Ускоритель экономит электрический заряд пусковых аккумуляторов дизеля.

Аппарат ВП6 позволяет выключить десять топливных насосов 30. Для этого следует дать питание на его катушку 34 с целью открыть иглу 35 и пустить сжатый воздух в цилиндр 36. Поршень 37 вместе с тягой 26 переместится влево, а рейки поставят плунжеры топливных насосов на нуль подачи топлива.

Аппарат ВП9 аналогичным способом отключает пять топливных насосов на другой стороне дизеля.

Аппарат БМ называется блок-магнитом или ЭТ – электротяговым магнитом и служит для остановки дизеля. Если лишить питания электрическую катушку 38, она отпустит иглу 39, и масло из сервомотора по каналам Е и Ж уйдет в масляную ванну. Поршень 16 опустится на дно цилиндра под давлением пружины 17, при этом подача топлива во все цилиндры прекратится – дизель остановится. Устройство форсунки 40 и топливного насоса 30 дизеля следует изучить самостоятельно по учебнику.

Усваивая принцип действия регулятора по рис. 1.5, следует иметь в виду, что регуляторы дизелей современных тепловозов более совершенны и сложны.

Для подтверждения этого рассмотрим механизм затяжки пружины регулятора дизеля 10Д100 тепловоза ТЭ10 (рис. 1.6). Здесь электромагнитные элементы МР1, МР2, МР3 также как на рис. 1.5 действуют на треугольник 1. Треугольник перемещает рычаг 2 и через шток 3 – золотник 4. При добавлении позиции КМ золотник чуть опускается вниз, открывая окно А, через которое масло от шестеренного насоса по каналу 5 потечет в канал 6 и в полость над поршнем 7. Поршень начнет опускаться вниз, сжимая пружину 8. Чуть опустившись, поршень остановится, так как за ним опускается шток 9, рычаг 10 и левая сторона рычага 2. Правая сторона рычага 2 при этом переместится вверх и приподнимает золотник 4, который перекроет приток масла из канала 5.

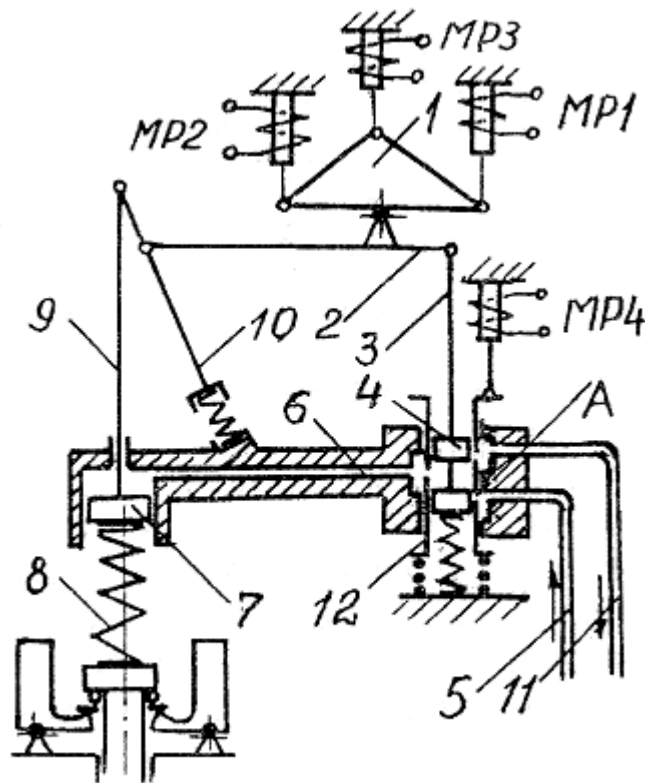


Рис. 1.6. Гидравлическая затяжка пружины

При сбросе позиции КМ треугольник 1, рычаг 2, шток 3 и золотник 4 чуть приподнимутся и канал 6 сообщится со сливом масла в ванну по каналу 11. Поршень 7 чуть приподнимется, а золотник 4 закроет канал 11. Пружина 8 чуть ослабится, обороты вала дизеля понизятся. Элементы МР1, МР2, МР3 задают семь значений оборотов вала дизеля. Элемент МР4 после этого опустит втулку 12 и МР1, МР2, МР3 зададут еще семь уровней оборотов вала.

1.7. Вспомогательные агрегаты тепловоза

Вспомогательные агрегаты тепловоза, получающие вращение от вала дизеля, приведены на рис. 1.7.

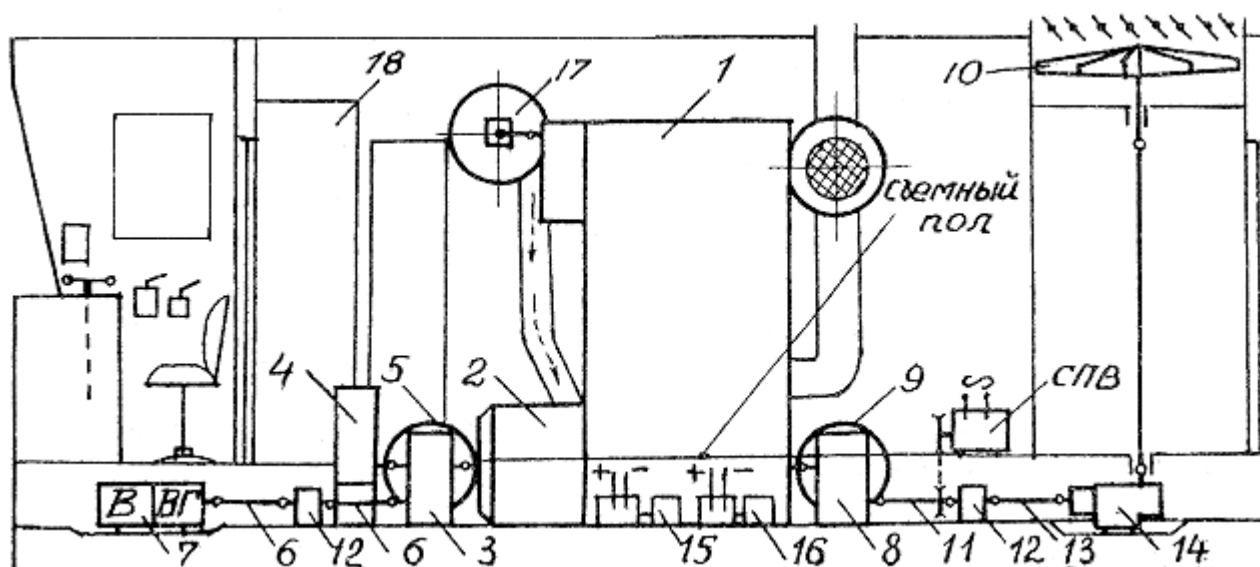


Рис. 1.7. Вспомогательные агрегаты тепловоза

Дизель 1 и статор генератора 2 установлены на одной раме, укрепленной на раме кузова тепловоза. Дизель вращает ротор генератора, а ротор передает вращение шестерням и валам переднего редуктора 3. От этого редуктора получают вращение компрессор 4, вентилятор 5 и через валы 6 – двухмашинный агрегат 7. Компрессор обеспечивает сжатым воздухом тормозную систему поезда. Вентилятор продувает воздухом три тяговые двигателя передней тележки тепловоза с целью их охлаждения. Двухмашинный агрегат имеет на валу два ротора. Один ротор относится к возбuditелю В генератора, а другой – к вспомогательному генератору ВГ. Он заряжает аккумуляторную батарею, питает систему освещения и цепи управления тепловозом током напряжением 75 В. С другой стороны дизеля вал вращает шестерни и валы заднего редуктора 8, который вращает вентилятор 9 охлаждения трех тяговых двигателей задней тележки тепловоза, а также вентилятор 10 охлаждения воды дизеля, через вал 11, промежуточную опору 12, вал 13 и гидромуфту 14. Вентилятор просасывает воздух через секции холодильников для охлаждения в их трубках воды дизеля. От промежуточной опоры 12 при помощи клиновых ремней вращается ротор синхронного подвозбудителя СПВ, вырабатывающего однофазный переменный ток. Кроме указанного выше, на полу кузова установлен топливный насос 15 с электродвигателем. Он подает топливо из топливного бака, расположенного под кузовом, к топливным насосам дизеля. Там же установлен маслопрокачивающий насос 16 с электродвигателем для прокачки масла в системе смазки дизеля перед его запуском. Генератор может иметь самовентиляцию, для чего на его роторе укрепляется вентиляторное колесо, или иметь принудительную вентиляцию. В этом случае воздух подается в генератор для его охлаждения вентилятором 17, вращающимся от верхнего вала дизеля. В высоковольтной камере 18 размещены аппараты управления тепловозом.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА МОЩНОСТИ ТЕПЛОВОЗА

Упрощенные схемы передач мощности приведены на рис. 2.1.

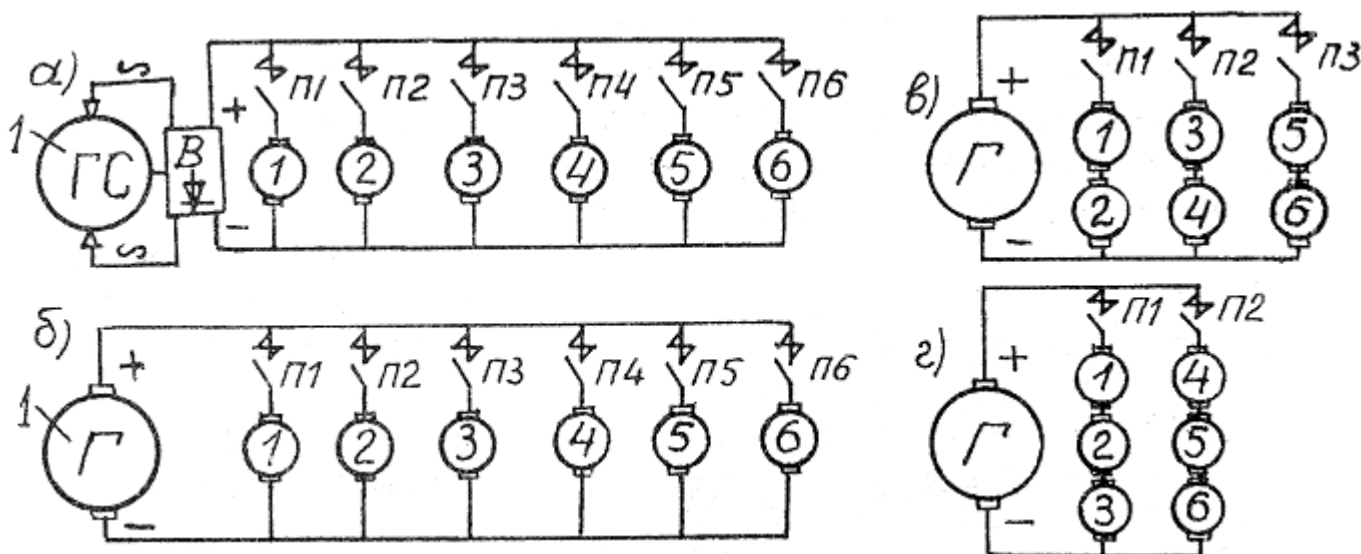


Рис. 2.1. Схемы электрических передач

На рис. 2.1,а приведена схема передачи переменного тока с параллельным соединением тяговых электродвигателей (ТЭД). Её применяют на тепловозах с большой мощностью дизеля потому, что генератор переменного тока проще и меньше по размерам. Здесь генератор 1 трехфазного переменного тока питает ТЭД 1–6 постоянного тока. Ток выпрямляется выпрямителем В и через замкнутые поездные контакторы П1–П6 проходит по обмоткам ТЭД 1–6 и возвращается на выпрямитель. Якоря ТЭД при этом вращаются, через осевые шестеренчатые редукторы вращая колесные пары тепловоза.

На рис. 2.1,б приведена схема передачи постоянного тока. Здесь ток генератора 1 проходит поездные контакторы, тяговые двигатели, соединенные параллельно, и возвращается на (-) генератора. Эта схема применяется при умеренной мощности дизеля.

На рис. 2.1,в приведена схема передачи постоянного тока с параллельно-последовательным соединением ТЭД. Здесь три параллельные цепи, в каждой – по два последовательно включенных ТЭД. Эта схема применяется для дизелей небольшой мощности.

На рис 2.1,г приведена схема передачи постоянного тока, где две параллельных цепи – по три последовательно включенных ТЭД. Схемы 2.1,а и 2.1,б применяются на современных грузовых и пассажирских тепловозах. Схема 2.1,в применялась на грузовых тепловозах малой мощности. Схема 2.1,г применяется на маневровых тепловозах, где мощность дизеля и ток генератора небольшие. Однако тяговые свойства тепловоза оказываются достаточными, так как по ТЭД проходит половина тока генератора.

2.1. Схемы генераторов тока

При наличии магнитного поля в замкнутом проводнике можно индуцировать электрический ток. Для этого есть два варианта: необходимо двигать проводник поперек магнитных силовых линий неподвижного магнитного поля

или перемещать магнитное поле силовыми линиями поперек неподвижного проводника. По первому принципу организована работа генератора постоянного тока, по второму – генератора переменного тока.

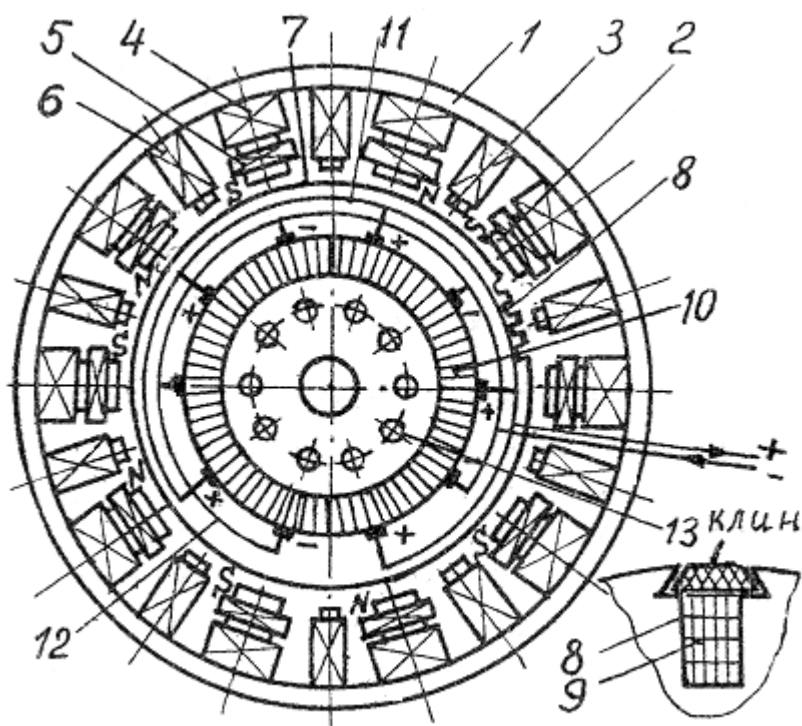


Рис. 2.2 Схема генератора постоянного тока

Схема генератора постоянного тока приведена на рис. 2.2. Он состоит из статора 1 шириной 400 мм и диаметром 1600 мм. На статоре укреплены болтами, завинченными с его внешней стороны, десять главных 2 и десять дополнительных 3 полюсов. На главном полюсе укреплены две обмотки из медных прямоугольных проводников: обмотка возбуждения 4 и пусковая обмотка 5. На дополнительных полюсах укреплено по одной катушке проводников 6. Внутри статора установлен ротор 7. Его вал одним концом соединен с валом дизеля, а вторым – опирается на подшипник качения. На поверхности ротора выполнены пазы 8, в которые заложены медные проводники обмотки ротора 9. Со стороны подшипника ротор имеет коллектор 10, составленный из изолированных друг от друга медных пластин, к которым припаяны концы элементов обмотки ротора. К поверхности коллектора прижаты графитовые щетки, которые снимают ток обмоток якоря. Эти щетки находятся под северными главными полюсами, обозначенными буквой N. Щетки объединены положительной шиной 11, от которой ток поступает на ТЭД. Под южными главными полюсами ТЭД установлены щетки (-), через которые ток возвращается в обмотку якоря. Эти щетки объединены отрицательной шиной 12. Отверстия 13 служат для охлаждения ротора воздухом, который проходит также между полюсами, между якорем и торцами полюсов.

Масса генератора 9000 кг, из них 1100 кг медь. Когда ток возбuditеля проходит по обмоткам главных полюсов, в железе полюсов возбуждается магнитный поток. Он выходит из северных полюсов N, входит в железо якоря,

проходит под пазами с обмоткой якоря, выходит из якоря в два рядом лежащих южных полюса S, поступает по ним в сталь статора, по которому возвращается опять в северные полюса. При вращении ротора его обмотки пересекают магнитные потоки под северными и южными полюсами и в обмотках возникает электродвижущая сила (ЭДС).

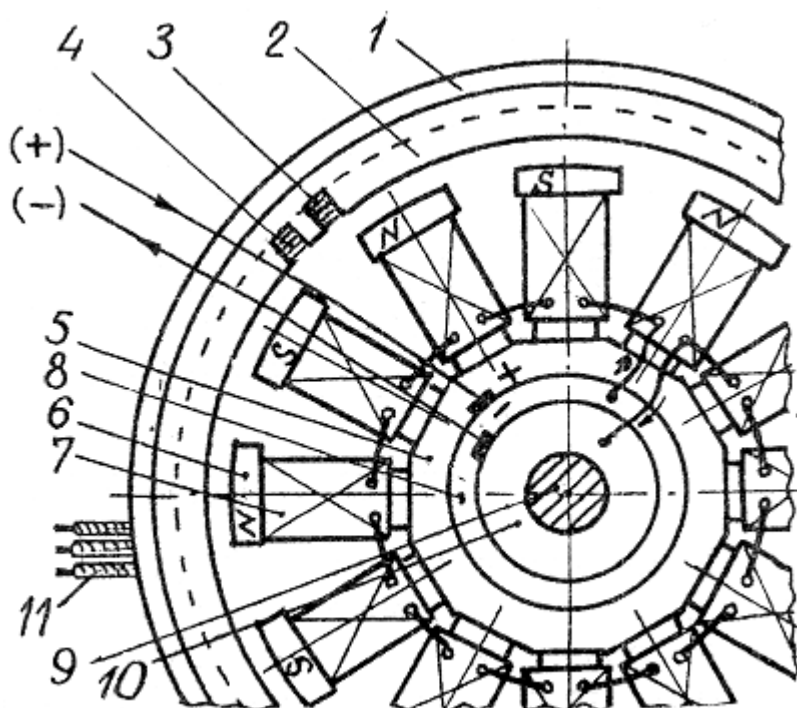


Рис. 2.3. Схема генератора переменного тока

Схема генератора переменного тока приведена на рис. 2.3. Он имеет статор 1, на котором установлено железо статора 2 с пазами 3, в которых уложена обмотка 4 статора. В ней будет индуцироваться ток. Слово “железо” указывает на то, что эта часть генератора собрана из отдельных листов электротехнической стали с хорошей магнитной проницаемостью. Главные полюса выполняют из этих же стальных листов. Вал 9 ротора 5 установлен в подшипниках качения и соединен с валом дизеля. На роторе укреплено двенадцать полюсов 6 с обмотками 7.

Ток возбуждателя подводится к щеткам (+), переходит на кольцо 8, изолированное от вала 9 ротора. От кольца ток возбуждения идет в обмотки 7, возбуждая в полюсах магнитный поток. После прохождения обмоток 7 ток через кольцо 10 выходит на щетки (-) и возвращается в обмотку якоря возбуждателя. При вращении ротора магнитный поток полюсов пересекает неподвижные обмотки статора, создавая в них ЭДС. Трехфазный переменный ток по кабелям 11 направляется в выпрямитель.

2.2. Схема тягового двигателя

ТЭД состоит из статора 1 (рис. 2.4), с главными 2 и дополнительными 3 полюсами, которые имеют обмотки возбуждения 4. Якорь 5 имеет, как и якорь генератора, пазы 6, в которых уложена медная обмотка ротора 7. Концы её элементов припаяны к пластинам коллектора 8. Между каблучками 9

установлен пружинный комплект 18, через который ТЭД опирается на раму тележки 19 тепловоза.

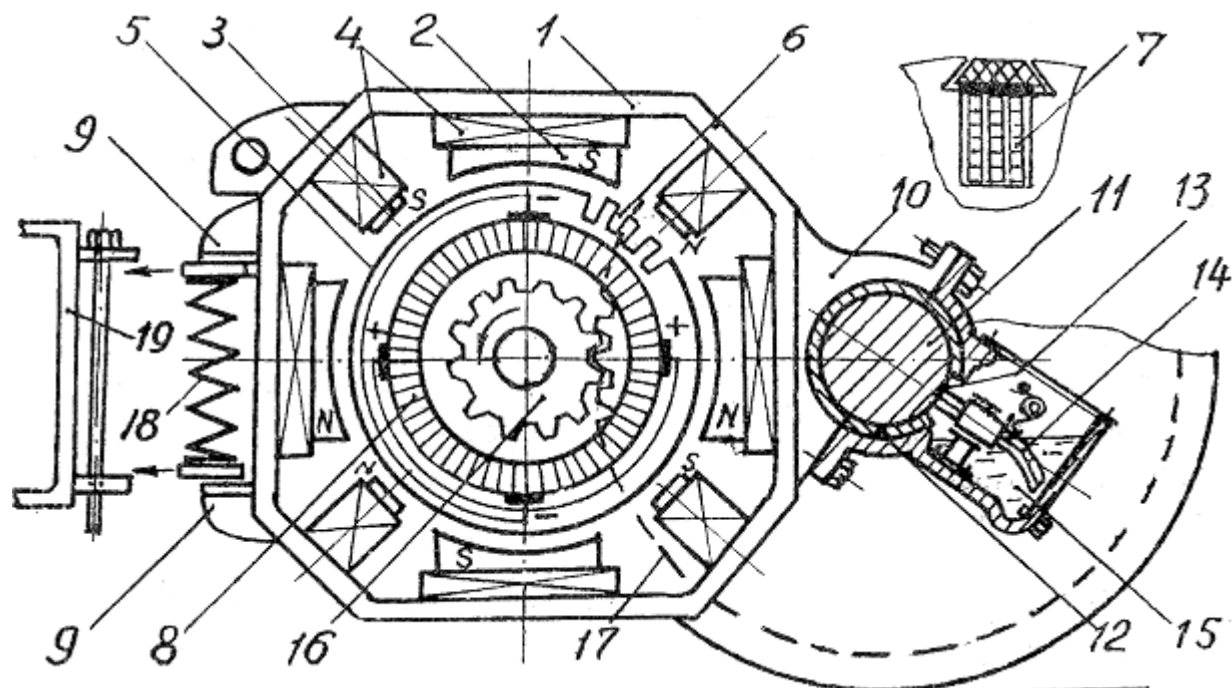


Рис. 2.4. Схема тягового двигателя

Двумя кронштейнами 10 ТЭД опирается на ось 11 колесной пары. Бронзовый моторно-осевой подшипник 12 охватывает ось и имеет справа окно 13, через которое к поверхности оси прижат войлочный фитиль 14. Другой конец фитиля опущен в осевое масло 15, которое поднимается по фитилю и наносится на поверхность оси для смазки подшипника. Применяют осевые масла марок Л – летнее, З – зимнее и С – северное. На оси якоря ТЭД укреплена малая шестерня 16, зацепленная за большую шестерню 17 колесной пары. Эта пара шестерен называется осевым редуктором.

Когда по обмоткам ротора проходит ток генератора, то магнитные потоки выталкивают их из под главных полюсов, и якорь вращается.

2.3. Противоздс ТЭД

Тяговый двигатель устроен в принципе также, как и генератор постоянного тока. Якорь ТЭД вращают электромагнитные силы. При этом обмотка ротора пересекает магнитные силовые линии магнитного поля главных полюсов и в ней возникает ЭДС. Эта ЭДС направлена навстречу ЭДС генератора, против неё, поэтому она называется противоздс ТЭД. С увеличением оборотов якоря, противоздс ТЭД увеличивается и уменьшается при их снижении. Зависит противоздс ТЭД и от плотности магнитного потока полюсов. Это необходимо знать для объяснения работы реле боксования, причины изменения тока генератора при разгоне тепловоза на постоянной позиции КМ, влияния реле переходов на силу тока генератора.

2.4. Принципиальная схема электропередачи

Схема электропередачи приведена на рис. 2.5. К генератору относятся якорь Г с обмотками в пазах и щетками, обмотка возбуждения (обмотка главных полюсов) ОВГ, обмотка дополнительных полюсов ДП и пусковая обмотка П. Якорь В возбuditеля питает током обмотку ОВГ через контактор возбуждения генератора КВ, который замыкается при начале движения тепловоза. Возбудитель имеет на полюсах две обмотки возбуждения А и Д. Обмотка Д питается от вспомогательного генератора, а А от синхронного подвозбудителя однофазного переменного тока СПВ, через выпрямитель и магнитный усилитель МУ. Последний следит за тем, чтобы произведение тока генератора на его напряжение, т.е. мощность генератора, была равна свободной мощности дизеля. Иными словами, чтобы уменьшение тока генератора сопровождалось пропорциональным повышением напряжения, а при увеличении тока – снижением напряжения. Контактор КВВ включает возбуждение возбудителя. Якори тяговых двигателей обозначены цифрами 1, 2, обмотки дополнительных полюсов ДП, обмотки главных полюсов ОВТЭД. Контакты Н и В, соответственно – “назад” и “вперед”, установлены в реверсоре, которым машинист задает направление движения тепловоза.

Элементы Ш1, Ш2 называются шунтами ослабления магнитного поля ТЭД и имеют контакты ВШ1, ВШ2, управляемые реле перехода. Катушки U и J_r принадлежат этому реле. Между каждой парой ТЭД включены катушки реле боксования РБ1 (РБ2, РБ3).

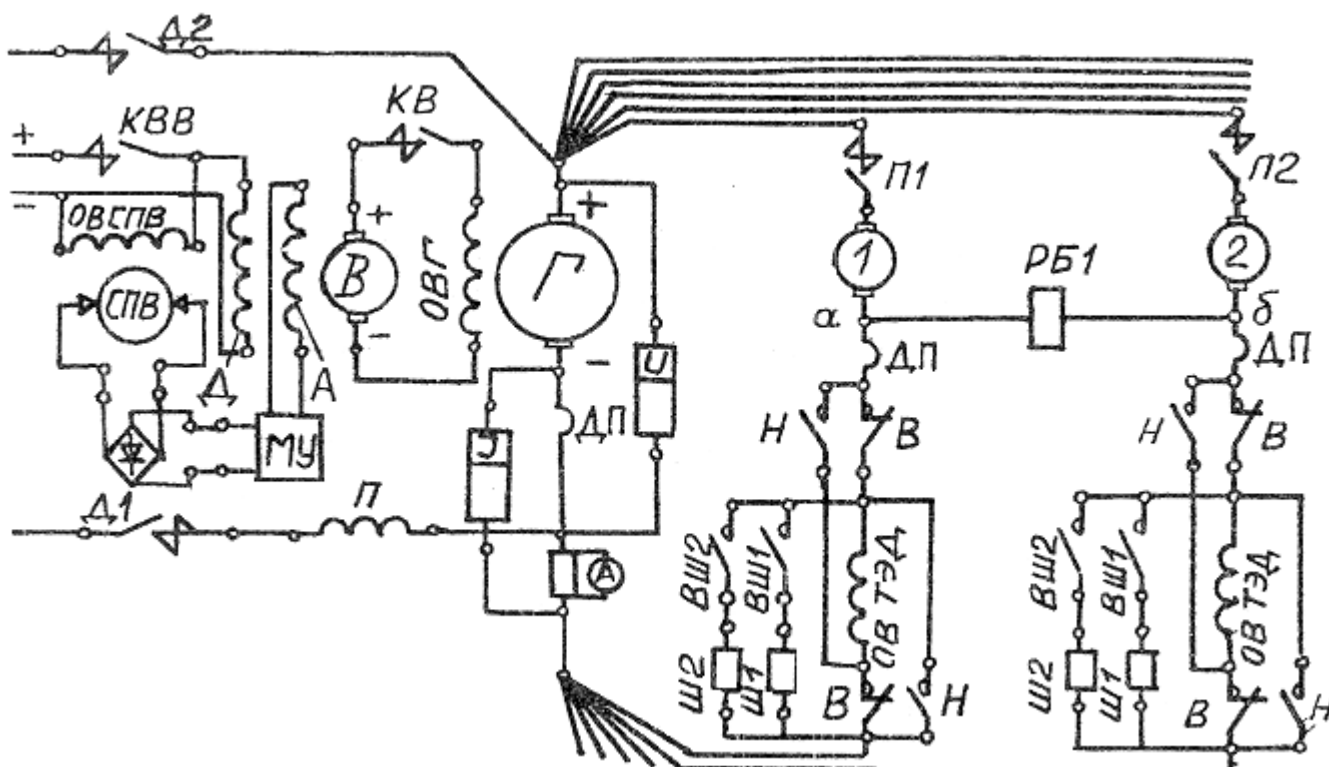


Рис. 2.5. Принципиальная схема передачи мощности постоянного тока

Работа схемы заключается в следующем. Если замкнуть контакты реверсора В (вперед), контакторы КВВ, КВ и П1–П6, то генератор начинает давать ток, якоря ТЭД начнут вращаться и тепловоз будет двигаться вперед. Если

контакты В реверсора разомкнуть, а контакты Н замкнуть, направление тока в обмотках ОВ ТЭД изменится, главные полюса ТЭД изменят полярность и якоря начнут вращаться в обратную сторону. Реверсор переключается при неподвижном тепловозе.

Если двигатели 1 и 2 не боксуют, то по ним идет одинаковый ток. При этом потенциалы в точках "а" и "б" одинаковы и по катушке РБ 1 ток не идет. Если произойдет боксование, то якорь этого ТЭД вращается быстрее, его противоэдс возрастает, а ток генератора в его цепи уменьшается. Потенциал в цепи за якорем падает и по катушке РБ 1 начинает протекать ток от цепи небоксующего ТЭД. Если начнет боксовать ТЭД 2, тогда ток через катушку РБ пойдет от точки "а" к точке "б". Последствия этого поясняются позже (см. Реле боксования).

2.5. Регулировочная характеристика электропередачи

Эта характеристика приведена на рис. 2.6.

Она показывает, как меняются ток генератора J_r и его напряжение U_r при увеличении скорости движения V тепловоза с поездом. Для достижения скорости $V_{ок}$ тепловоз разгоняется постепенным набором позиций контроллера машиниста КМ, при скорости $V_{ок}$ машинист включает последнюю позицию КМ. При этом обороты вала дизеля, мощность дизеля и генератора достигают максимального значения. Ток генератора J_r достигает максимального значения J_{rmax} , а напряжение генератора при этом равно минимальному – U_{rmin} . При дальнейшем росте скорости ток генератора падает, а напряжение увеличивается. Ток падает, так как якоря ТЭД увеличивают обороты и их противоэдс возрастает. Она компенсирует часть ЭДС генератора и его ток уменьшается.

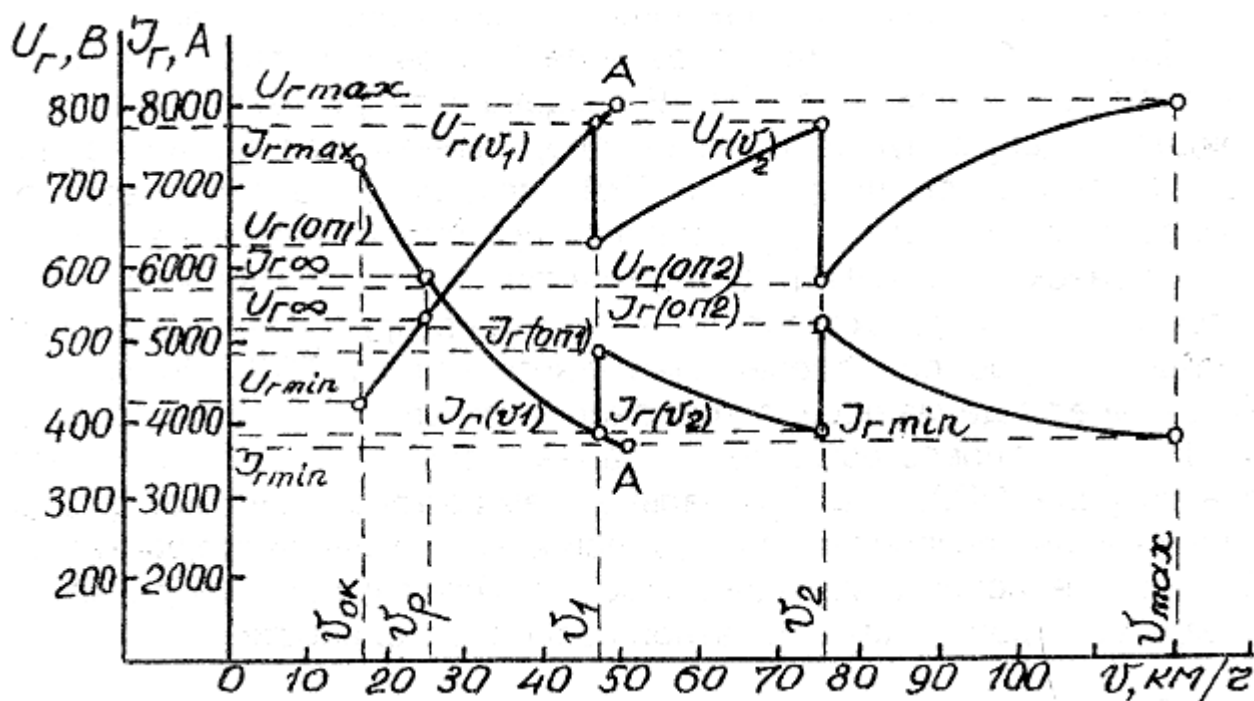


Рис. 2.6. Регулировочная характеристика электропередачи

При расчетной скорости V_p параметры генератора получают длительное значение – $U_{г2}$ и $J_{г2}$. Расчетная скорость появляется на расчетном подъеме с расчетной массой поезда. Расчетным называют самый трудный подъем на данном направлении. Он или самый крутой, или менее крутой, но более продолжительный. Перед таким подъемом поезд развивает разрешенную скорость движения, но при входе на подъем она начинает падать и, достигнув величины V_p , остается постоянной до конца подъема. Ток, равный $J_{г2}$, тоже остается постоянным. Его величина такова, что не происходит сильного нагрева проводников, при котором электроизоляция теряет свои свойства и возможно короткое замыкание между проводами, или между проводом и корпусом ТЭД, или генератора, что приводит их к порче.

Если к расчетной массе поезда добавить еще несколько вагонов, то тепловоз проедет по расчетному подъему такой поезд, но со скоростью, меньшей расчетной скорости V_p . Как видно на рис. 2.6, длительный ток станет больше и электроизоляция может потерять свои свойства, а когда напряжение генератора возрастет, то появится возможность короткого замыкания.

Если масса поезда будет меньше расчетной, то постоянная скорость на расчетном подъеме будет больше V_p , ток при этом будет меньше $J_{г\infty}$, обмотки не нагреются до опасной температуры, но производительность локомотива будет снижена, что недопустимо.

В точках А ток падает до $J_{г\min}$, а напряжение повышается до $U_{г\max}$ и остаются неизменными. Неизменными будут и обороты якорей ТЭД, а тепловоз быстрее не поедет. Чтобы избежать этого при скорости V_1 включаются шунты Ш1 (см. рис. 2.5). До этого весь ток ТЭД шел по обмоткам ОВТЭД и магнитное поле ТЭД было полным. Тепловоз работал на полном поле (ПП). В создавшихся условиях часть тока пойдет по цепям шунтов и ток в ОВТЭД уменьшится. Магнитное поле ТЭД ослабится, противоэдс ТЭД уменьшится, а ток генератора возрастет от $J_{г(v1)}$ до $J_{г(оп1)}$. Тепловоз продолжит разгон на первом ослабленном поле (ОП1) ТЭД. Когда ток генератора вновь приблизится к $J_{г\min}$, то при скорости V_2 включатся вторые шунты Ш2 и произойдет второе ослабление магнитного потока ТЭД. Противоэдс ТЭД станет еще меньше, а ток генератора опять возрастет от $J_{г(v2)}$ до $J_{г(оп2)}$. Тепловоз разгоняется далее, работая на втором ослабленном поле (ОП2) ТЭД. При дальнейшем разгоне ток упадет до $J_{г\min}$, а напряжение возрастет до $U_{г\max}$ при конструктивной скорости V_{\max} . Быстрее тепловоз двигаться не может. При замедлении движения поезда все происходит в обратной последовательности.

2.6. Аппараты управления тепловозом

Аппараты управления бывают контактными и бесконтактными. В контактных аппаратах цепь замыкается или размыкается механическими контактами. В бесконтактных – цепь отпирается или запирается аппаратами на базе электронных схем.

Реле боксования

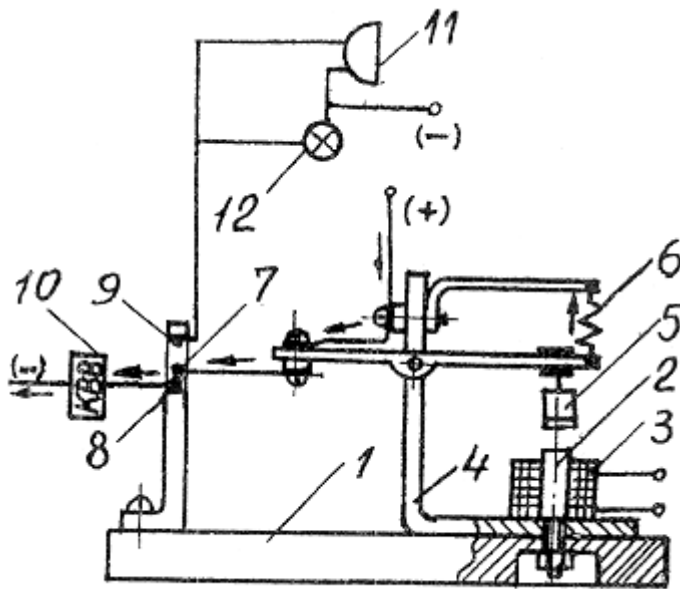


Рис. 2.7. Схема реле боксования

Его схема представлена на рис. 2.7. На токонепроводящей панели 1, установлен сердечник 2 с электрической катушкой РБ 3, стойка 4, якорь 5, пружина 6, подвижный 7 и неподвижные 8 и 9 контакты. Когда происходит боксование колесной пары, катушка РБ 3 получает ток. Её сердечник 2 притягивает якорь 5, преодолев пружину 6, и размыкает контакты 7 и 8. При этом катушка 10 обесточивается и контактор КВВ (рис. 2.5) размыкается, прекратив возбуждение генератора. Ток генератора уменьшается и боксование прекращается. Одновременно замыкаются контакты 7 и 9, и ток направляется в зуммер 11 и лампу 12, размещенные в кабине машиниста. Если выключение КВВ не вызвало быстрого прекращения боксования, машинист может включить подачу песка под колеса тепловоза или установить меньшую позицию контроллера.

Реле перехода

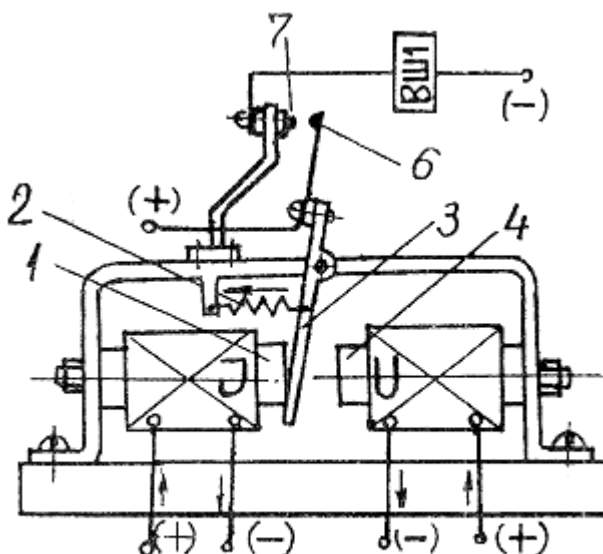


Рис. 2.8. Схема реле перехода

Схема реле показана на рис. 2.8. Реле перехода (РП1) переключает электропередачу с полного поля на первое ослабленное поле ТЭД. При малой скорости тепловоза ток J_r и ток

катушки J большие. Сердечник 1 помогает пружине 2 удерживать якорь 3. Напряжение U_r при этом мало и сердечник катушки U намагничен слабо. Включение в цепь токовой катушки и катушки напряжения показано на рис. 2.5. При скорости V_1 (рис. 2.6) ток J_r меньше чем напряжение U_r и ток катушки U, больше, поэтому сердечник 4 перетягивает якорь 3, растянув пружину 2. Контакты 6 и 7 при этом замкнутся и ток от ВГ потечет по катушкам ВШ1 одноименных контакторов, которые замкнут контакты в цепях шунтов Ш1. Произойдет первое ослабление поля (ОП1). При скорости V_2 дополнительно сработает РП2 и замкнутся контакты ВШ2 в цепи шунтов Ш2 – произойдет второе ослабление поля (ОП2) ТЭД.

Реле управления

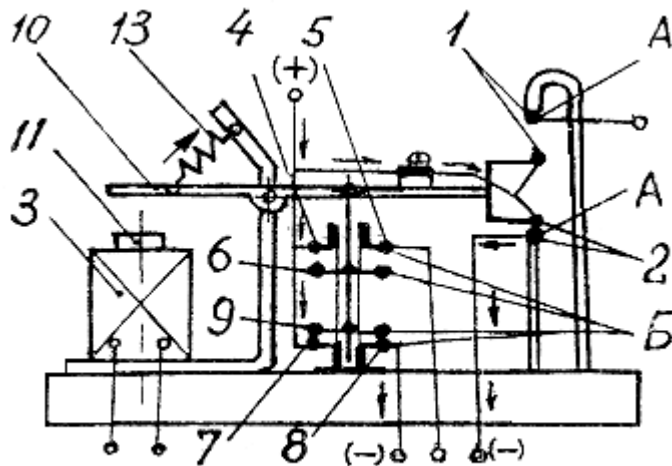


Рис. 2.9. Схема реле управления

Схема реле приведена на рисунке 2.9. Реле управления (РУ) имеет несколько контактов. Контакты А называются пальцевыми, при этом контакты 1 – замыкающие, а контакты 2 – размыкающие. Схема РУ показана при обесточенной катушке 3. Контакты Б называют мостиковыми. Здесь неподвижные контакты 4 и 5 замыкаются пластинкой 6 (замыкающий контакт), контакты 7 и 8 размыкаются при подъеме пластинки 9 (размыкающий контакт). Когда катушка 3 реле получит питание, то якорь 10 притянется к сердечнику 11, растянув пружину 13. Одни контакты замкнутся, другие разомкнутся и в цепи управления тепловозом произойдут соответствующие переключения.

Реле заземления

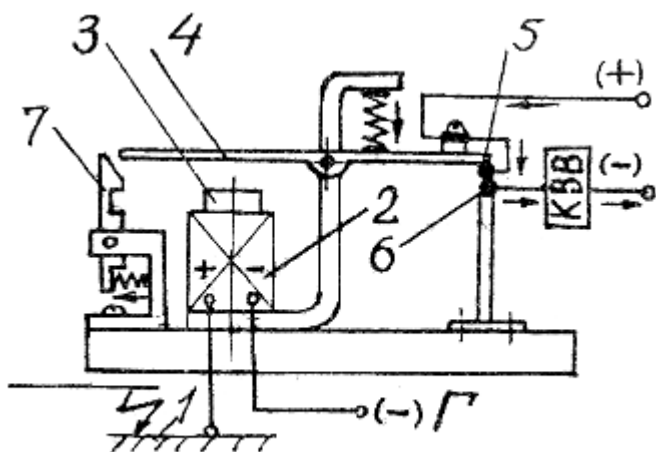


Рис. 2.10. Схема реле заземления

Схема реле приведена на рис.

2.10. Ток генератора идет от шины (+) через ТЭД на свою шину (-). Если произойдет замыкание обмотки якорей или токоведущих кабелей на массу тепловоза, то ток короткого замыкания с корпуса 1 тепловоза по цепи (+) катушки 2 реле заземления (РЗ) по цепи (-) катушки пойдет на шину (-) генератора. Сердечник 3 притянет якорь 4 и контакты 5 и 6 разомкнутся, лишив катушку КВВ тока. Контакт КВВ разомкнется, лишив генератор возбуждения и ток генератора прекратится. Якорь РБ попадает в фиксатор 7, откуда его можно освободить только вручную.

Электромагнитный контактор с дугогашением

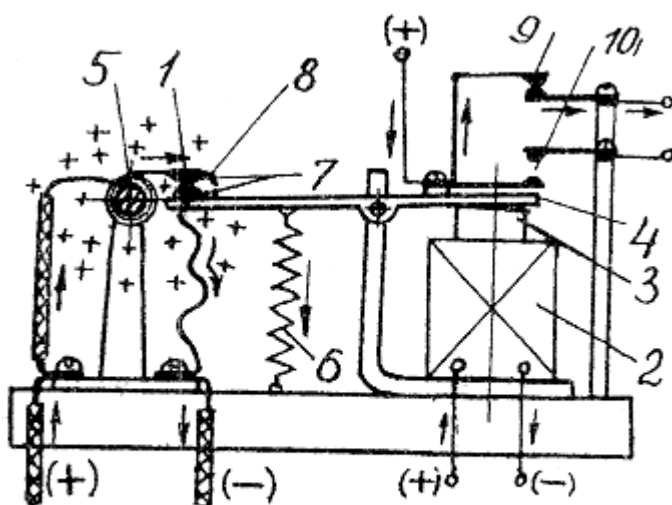


Рис. 2.11. Схема электромагнитного контактора с дугогашением

Через контакты




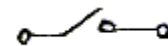

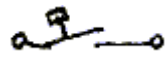

рассмотренных реле проходят малые токи от ВГ или БА (батареи аккумуляторов). А через контакты контакторов (рис. 2.11), от этих же источников проходят большие токи, поэтому их контакты называются силовыми. Для замыкания силовых контактов 1 необходимо подать питание на катушку 2. Сердечник 3 притянет якорь 4 и сожмет силовые контакты 1. Силовой ток по проводнику увеличенного сечения пойдет от (+) на контакты 1 и по проводнику (-) уйдет по назначению. При этом сердечник 5, установленный внутри катушки из провода (+), образует в воздухе магнитное поле, силовые линии которого показаны крестиками. Когда катушка 2 лишится тока, пружина 6 разомкнет под током контакты 1 и между ними

возникнет электрическая дуга. Магнитное поле выталкивает эту дугу на нерабочую поверхность 7 контактов, а затем – на рога 8. Для быстрого гашения дуги силовые контакты накрыты дугогасительной камерой (не показана), касаясь которой дуга остывает и быстро гаснет.

Контакты имеют блок-контакты, подобные контактам реле. Блок контакт 9 – замыкающий, блок контакт 10 – размыкающий. С другими контактными аппаратами рекомендуется познакомиться самостоятельно.

2.7. Пуск дизеля тепловоза

Понятие об управлении тепловозом с рабочего места машиниста можно получить, рассмотрев процесс пуска дизеля тепловоза. При этом следует иметь ввиду следующие условные обозначения:

-  – замыкающий контакт реле или замыкающий блок-контакт;
-  – размыкающий контакт реле или размыкающий блок-контакт;
-  – силовые контакты контактора с дугогашением;
-  – замыкающий силовой контакт без дугогашения;
-  – размыкающий силовой контакт без дугогашения;
-  – замыкающий контакт реле давления масла;
-  – контакт реле времени с выдержкой на размыкание.

Упрощенная электрическая схема пуска дизеля приведена на рис. 2.12.

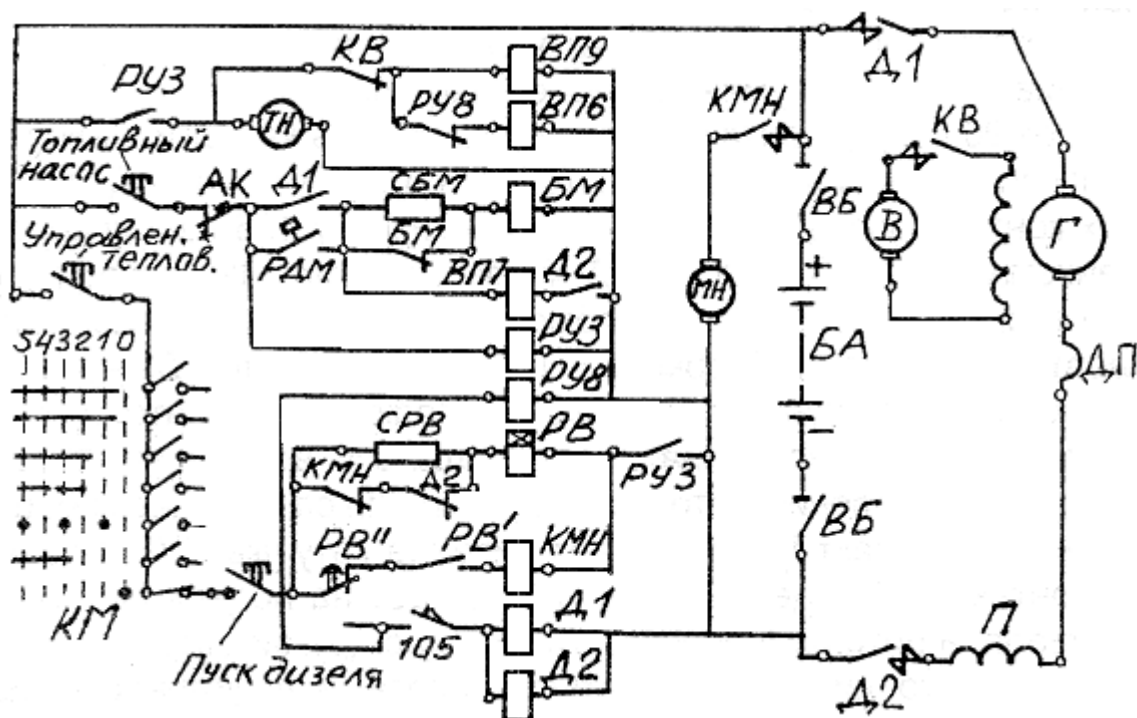


Рис. 2.12. Схема пуска дизеля

Порядок действий при пуске дизеля следующий.

1. Включают рубильник ВБ батареи аккумуляторов БА. При этом подается (+) на кнопки “Топливный насос” и “Управление тепловозом”.

2. Включают тумблер “Топливный насос”. При этом через кнопку АК получает питание катушка РУЗ и включаются его контакты. Насос ТН начинает прокачивать топливо из бака под тепловозом через фильтры к топливным насосам дизеля. Излишки топлива сливаются обратно в бак.

Через замкнутый блок-контакт КВ получают питание катушки ВП6 и ВП 9. Первая выключает все десять насосов одной стороны дизеля, а вторая – пять насосов другой стороны.

3. Включают тумблер “Управление тепловозом”, для подачи питания на подвижные контакты контроллера машиниста КМ. Контроллер изображается в виде вертикальных штрих-пунктирных линий, над которыми написан номер позиции КМ. Горизонтальные длинные и короткие полосы указывают, на каких позициях подвижные контакты КМ замкнуты. На позиции 0 замкнут самый нижний контакт. Он подает питание на кнопку “Пуск дизеля”.

4. Нажимают кнопку “Пуск дизеля”. Ток идет через блок-контакты КМН и Д2 на катушку реле времени РВ и через замкнутый контакт РУЗ на (-) БА. РВ имеет два контакта. Один РВ¹ замыкается мгновенно и ток через замкнутый другой контакт РВ² запитывает катушку КМН и контактор КМН замыкается. При этом ток от (+) БА проходит по электродвигателю МН масляного насоса и уходит на (-) БА. Масляный насос забирает масло из картера дизеля и прокачивает его через систему смазки дизеля, с целью заполнить маслом зазоры в узлах трения. Включение контактора КМН вызывает размыкание блок-контакта КМН, и питание катушки РВ происходит через сопротивление СРВ – для уменьшения её нагрева.

Через 90 секунд контакт РВ² размыкает цепь катушки КМН (масляный насос останавливается) и включает питание катушек Д1 и Д2 пусковых контакторов Д1 и Д2 – через блокировку 105 валоповоротного механизма дизеля. Ток от (+) БА через контактор Д1 проходит по обмотке якоря Г генератора, по обмотке ДП дополнительных полюсов генератора, по пусковой обмотке П и через контактор Д2 – на (-) БА. Обмотка П, размещенная на главных полюсах генератора, создает магнитный поток и якорь Г начинает вращаться, вращая вал дизеля.

В схеме управления в это время произошли следующие изменения.

1. Через контакт РВ² получает питание катушка РУ8 и размыкается контакт РУ8 в цепи ВП6. Он включает на подачу десять насосов дизеля, а пять их (насосов) включено с другой стороны. Начинается впрыск топлива пятнадцатью насосами в цилиндры дизеля, его вспышки и пуск дизеля.

2. Через замкнувшийся блок контакт Д1 от кнопки “топливный насос” ток пойдет на катушку БМ и далее на (-) БА. БМ закроет выход масла из под поршня сервомотора регулятора дизеля. Контакт БМ размыкается и катушка БМ питается через сопротивление СБМ, которое применено с целью предотвращения перегрева. Катушка БМ работает, пока работает дизель. Кроме того, получит питание катушка ускорителя пуска ВП7, что установит рейки насосов на повышенный впрыск топлива в цилиндры, и через замкнувшийся блок-контакт Д2 ток уйдет на (-) БА.

3. Когда насос дизеля поднимет давление масла в системе смазки, включится контакт РДМ и будет питать катушку БМ. С этого момента кнопка “Пуск дизеля” автоматически отключится. ВП6 отключит свои десять насосов и дизель будет работать на пяти насосах –со стороны ВП9.

4. Для остановки дизеля на пульте машиниста нажимается кнопка АК и цепь на БМ разрывается, дизель останавливается. Дизель остановится и в случае, если упадет давление масла и разомкнется контакт РДМ, обесточив катушку БМ.

Приведенная на рис. 2.12 схема дает общее представление о работе электрической схемы пуска дизеля. На каждом конкретном тепловозе она имеет значительные отличия. Например, при холостом ходе дизель тепловоза 2ТЭ10В работает на пяти топливных насосах, как на схеме, представленной на рис. 2.12, а при форсунках с двухступенчатым впрыском топлива – на всех двадцати насосах. На тепловозе 2ТЭ10У дизель работает на пониженных оборотах холостого хода и на десяти топливных насосах.

2.8. Гидродинамическая передача мощности тепловоза

Гидропередачи мощности делятся на гидростатические и гидродинамические. В гидростатической передаче насос подает масло по трубопроводу к гидротурбине, где оно давит на лопатки колеса турбины или на поршеньки гидромотора, которые вращают вал, например, вентилятора охлаждения воды дизеля. Здесь потенциальная энергия давления масла на лопатках турбины превращается в механическую. В гидродинамической передаче насос и турбина совмещены в одном корпусе гидротрансформатора или гидромуфты – в этом случае насос ускоряет поток масла, а его кинетическая энергия превращается на лопатках турбины в механическую работу. Схема гидродинамической передачи приведена на рис. 2.13.

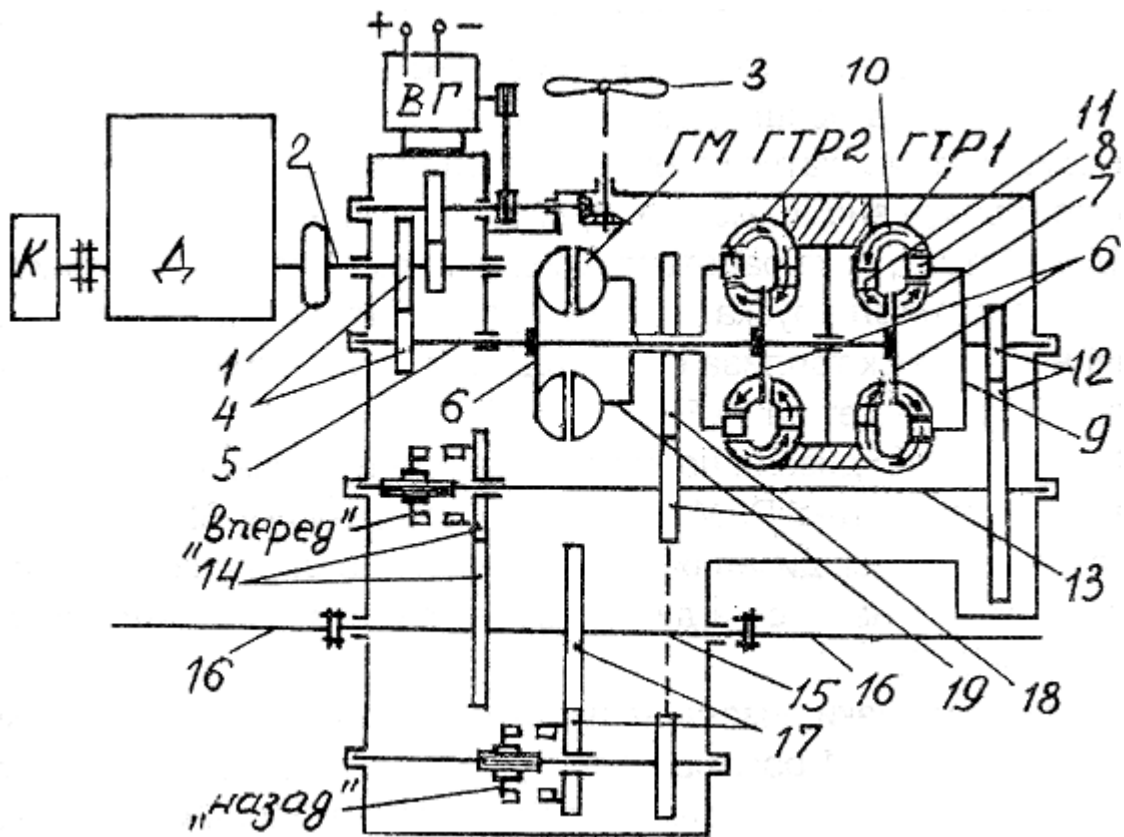


Рис. 2.13. Схема гидродинамической передачи мощности

Дизель Д вращает компрессор К и через упругую муфту 1 вращает входной вал 2. Часть мощности передается на вспомогательный генератор ВГ и на вентилятор охлаждения воды дизеля 3. Основная мощность через шестерни 4 передается на вал 5 насосных колес 6. При трогании тепловоза специальный насос наполняет маслом первый гидротрансформатор ГТР1, при этом ГТР2 и гидромуфта ГМ – порожние. Лопатки 7 насосного колеса ГТР1 ускоряют подачу масла. Оно падает на лопатки 8 турбинного колеса 9, заставляя его вращаться. После прохождения лопаток 8, масло проходит по неподвижному каналу 10 и через направляющие лопатки 11 вновь поступает на насосные лопатки 7. Шестерни 12 передают вращение валу 13. Если включена подвижная муфта “вперед”, то через шестерни 14 вращается вал 15, от которого через карданные валы 16 вращение передается на осевые редукторы, и тепловоз движется. При включении муфты “назад”, вал 15 вращается в обратную сторону через шестерни 17. Масло в ГТР1 сильно нагревается, поэтому из неподвижного канала 10 оно отводится в охладитель.

При скорости V_1 тепловоза автоматика опорожняет ГТР1 и наполняет ГТР2. Через пару шестерен 18 тепловоз ускоряется эффективнее. Когда скорость достигает V_2 , автоматика опорожняет ГТР2 и наполняет гидромуфту ГМ. Тепловоз ускоряется еще эффективнее через ту же пару шестерен 18. Гидромуфта почти не имеет скольжения. Это значит, что обороты её турбинного колеса 19 почти равны оборотам насосного колеса 6. Гидротрансформаторы имеют широкий интервал скольжения. Например, при трогании с места малая шестерня 12 и её турбинное колесо 9 неподвижны, а

насосное колесо 6 быстро вращается. По мере ускорения тепловоза, колесо 9 увеличивает обороты и они приближаются к оборотам насосного колеса 6. При замедлении тепловоза гидроаппараты ГМ, ГТР2, ГТР1 переключаются в обратном порядке.

3. ЭКИПАЖНАЯ ЧАСТЬ ТЕПЛОВЗОВ

Экипажная часть – это узлы и конструкции, служащие для размещения силовой установки, передачи мощности и вспомогательного оборудования тепловоза. Кроме этого, экипажная часть предназначена для создания во взаимодействии с рельсами силы тяги, передачи горизонтальных сил (тяговых и тормозных) к составу и передачи вертикальных сил на верхнее строение пути.

К экипажной части тепловозов относятся: главная рама с кузовом, ударно-тяговые устройства и ходовые части. Ходовые части – это тележки с опорно-возвращающими устройствами, шкворневыми узлами, колесными парами, буксовыми узлами, рессорным подвешиванием и тяговым приводом колесных пар. Иногда к экипажной части относят и рычажную передачу тормоза.

В зависимости от типа и серии тепловоза одноименные узлы и детали экипажной части имеют различное конструктивное исполнение. В данном пособии приводятся наиболее характерные типы конструкций и узлов экипажной части тепловозов с электрической передачей мощности.

3.1. Рама и кузов тепловоза

Кузова тепловозов выполняют двух типов – с несущей рамой и цельнонесущие. Первый тип имеет у основания мощную раму, которая воспринимает все статические и динамические нагрузки в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Такой тип кузова наиболее распространен, он нашел применение у тепловозов ТЭЗ, М62, 2ТЭ10Л(М,В), 2ТЭ116, ТЭМ2, ТЭМ7, ЧМЭЗ и др.

Несущая рама (рис.3.1) является цельносварной конструкцией. Её основу составляют две продольные (хребтовые) балки 1 из двутаврового проката. Хребтовые балки по концам соединены литыми стяжными ящиками 2, а в средней части – вертикальными поперечными перегородками 3, сделанными из листовой стали. В двух местах на продольной оси рамы на расстоянии $L_{ш}$ друг от друга через усиливающие листы снизу приварены шкворни 4, служащие для соединения рамы с тележками. Вокруг каждого шкворня на раме установлены четыре опоры 5, которыми рама опирается на тележки. В зонах крайних опор кузова приварены четыре литые опоры 6 под домкраты. Спереди и сзади рама закрыта лобовыми листами 7.

Верхние и нижние полки двутавров усилены продольными полосами 8. Для увеличения ширины рамы к наружным сторонам хребтовых балок приварены штампованные кронштейны 9. По периметру раму окаймляет обносной пояс

10, выполненный из швеллера. Сверху и снизу рама обшита листами настила 11. В средней части рамы между хребтовыми и обносными балками с обеих сторон сверху сварены отсеки (ящики) 12, в которых размещается аккумуляторная батарея. В пространстве между хребтовыми балками укреплены кондуиты (трубы) 13, в которых протянуты электрические кабели.

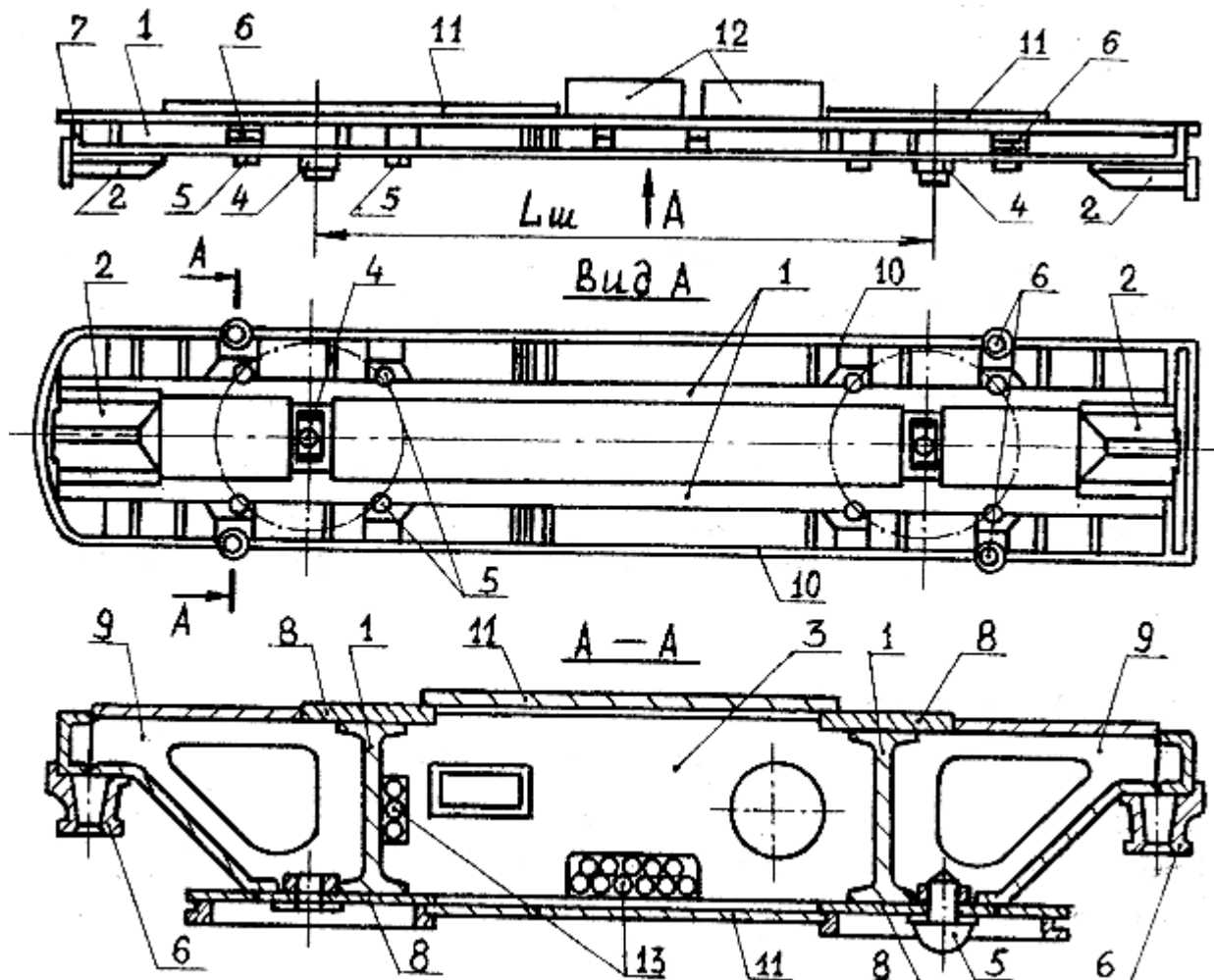


Рис. 3.1. Несущая рама тепловоза.

Кузова с несущей рамой подразделяют на кузова вагонного типа и капотные. Последние применяют на маневровых тепловозах. Кузов с несущей рамой вагонного типа – составной. Его основными частями являются: кабина машиниста, проставка, кузов над дизель-генератором и кузов шахты холодильника. Кузов представляет собой каркас в виде прямоугольной решетки из стального проката, обшитый с двух сторон стальными листами.

Кузов капотного типа также составной. Он состоит из камеры холодильника, кабины машиниста и съемных капотов над дизель-генератором, высоковольтной камерой и аккумуляторной батареей. Для обслуживания оборудования боковые стенки кузова выполнены в виде ряда дверей, подход к которым осуществляется по боковым открытым площадкам. Такой тип кузова применен на тепловозах ТЭМ2, ТЭМ7, ЧМЭЗ и др.

Несущий кузов представляет собой единую несущую конструкцию, в которой рама, боковые стенки, верхний пояс, кабины машиниста, а иногда и топливный бак, воспринимают статические и динамические нагрузки. Такой тип кузова применен на тепловозах ТЭП10, ТЭП60, ТЭП70 и др.

Основу кузова тепловоза ТЭП60 (рис. 3.2) составляет каркас в виде несущей фермы, состоящей из вертикальных 1 и наклонных 2 стоек (раскосов). Снизу стойки приварены к нижнему обносному поясу 3, а сверху – к верхнему обносному поясу 4. Нижний пояс – это продольные балки коробчатого сечения, а верхний пояс выполнен из швеллера. Обшивка кузова выполнена из алюминиевых листов. Топливный бак 5, находящийся в средней части рамы, также включен в схему передачи нагрузки.

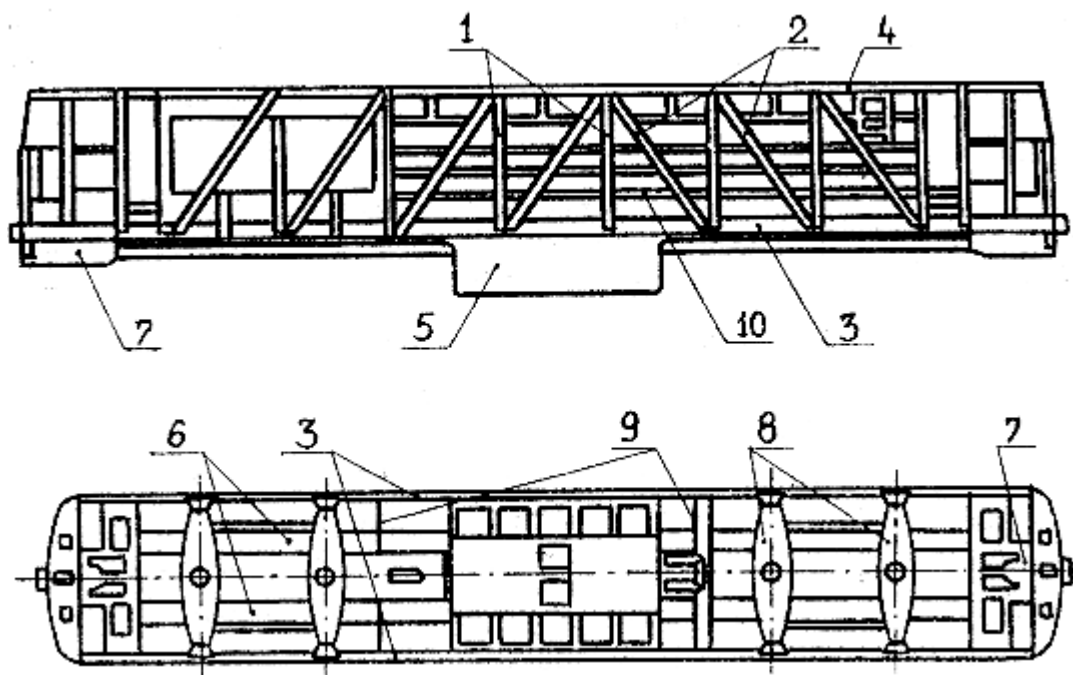


Рис. 3.2. Цельнонесущий кузов тепловоза

В таком кузове используется рама облегченного типа, состоящая из двух продольных хребтовых балок 6, в качестве которых использованы трубы, а также из двух боковых балок коробчатого сечения 3 (нижний пояс). Концы балок соединены сварными стяжными ящиками 7. Балки нижнего пояса соединены четырьмя поперечными балками 8 для центральных опор и тонкостенными поперечными креплениями 9. Для крепления обшивки применяются планки 10.

Кузов тепловоза ТЭП10 характеризуется одной центральной хребтовой балкой вместо труб, а тепловоза ТЭП70 – отсутствием хребтовых балок, в этом случае продольные нагрузки воспринимают балки нижнего пояса. Применение несущего кузова позволяет уменьшить общую массу кузова и рамы на 25–30% по сравнению с применением кузова с несущей рамой.

Кабина машиниста – пространственная конструкция из штампованных профилей и панелей. Внутренняя обшивка кабины машиниста выполняется из перфорированного алюминиевого листа. Между внутренней и наружной

обшивками размещают тепло- и звукоизолирующие материалы, в качестве которых используются: стеклоплита, капроновое волокно, минеральная вата, пенопласт, линолеум, фанера и др. В современных тепловозах для уменьшения вибрации кабина машиниста устанавливается на раму с помощью резиновых амортизаторов.

3.2. Ударно – тяговые устройства

Ударно-тяговые устройства предназначены для автоматического сцепления тепловоза с другими единицами подвижного состава, передачи и смягчения продольных (растягивающих и сжимающих) усилий, возникающих при движении и сцеплении. Ударно-тяговые устройства размещаются в стяжных ящиках рамы. Ударно-тяговое устройство состоит из автосцепки, расцепного привода, ударно-центрирующего прибора, тягового хомута и поглощающего аппарата.

Автосцепка (рис 3.3) состоит из корпуса и механизма сцепления. Корпус 1 автосцепки представляет собой стальную полуотливку и имеет головную часть и хвостовик. Головная часть образована малым **б** и большим **в** зубом, пространство между которыми называется зевом. Головная часть также имеет упор **а**, ограничивающий продольное перемещение автосцепки при чрезмерно больших сжимающих усилиях. В корпусе автосцепки размещается механизм сцепления, состоящий из замкодержателя 2, замка 3, а также (на рисунке не показаны) подъемника, предохранителя замка и валика подъемника.

Расцепной привод (рис. 3.3) состоит из двуплечего рычага 6 и цепи 5, соединяющей рычаг с балансиром 4 валика подъемника. Двуплечий рычаг удерживается в фиксированном положении специальным кронштейном. На маневровых тепловозах расцепной привод оборудуется пневмоцилиндром с дистанционным управлением из кабины машиниста.

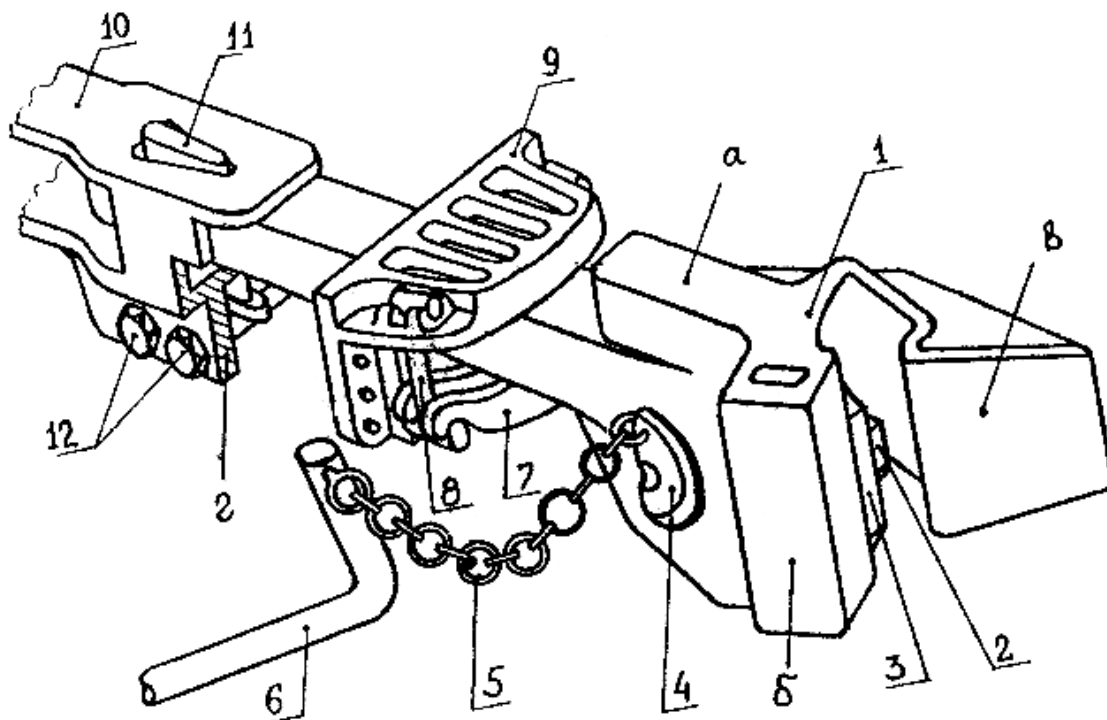


Рис. 3.3. Автосцепное устройство

Ударно-центрирующий прибор состоит из ударной розетки 9, двух маятниковых подвесок 8 и балочки 7. Балочка поддерживает автосцепку на определенной высоте от головок рельсов. Подвески, балочка и ударная розетка автоматически центрируют автосцепку относительно продольной оси тепловоза.

Тяговый хомут 10 представляет собой скобу, которая с помощью клина 11 соединяется с хвостовиком автосцепки. От выпадания клин закреплен болтами 12 к ушкам *а* хомута. Тяговый хомут воспринимает растягивающие усилия и передает их от автосцепки на поглощающий аппарат. Поглощающий аппарат предназначен для рассеивания энергии ударов, передаваемых автосцепкой. На тепловозах применяется поглощающий аппарат пружинно-фрикционного типа.

Поглощающий аппарат (рис. 3.4) состоит из корпуса 1, нажимного конуса 2, трех клиньев 3, нажимной шайбы 4 и двух пружин 5. Все части поглощающего аппарата стянуты болтом 6. Корпус аппарата и клинья выполнены из чугуна. При сжатии аппарата нажимной конус, перемещаясь внутрь корпуса, перемещает и разжимает клинья и через нажимную шайбу передает усилие на пружины. Большая часть энергии рассеивается за счет работы сил трения между клиньями и корпусом, а меньшая часть переходит в потенциальную энергию сжатия пружин.

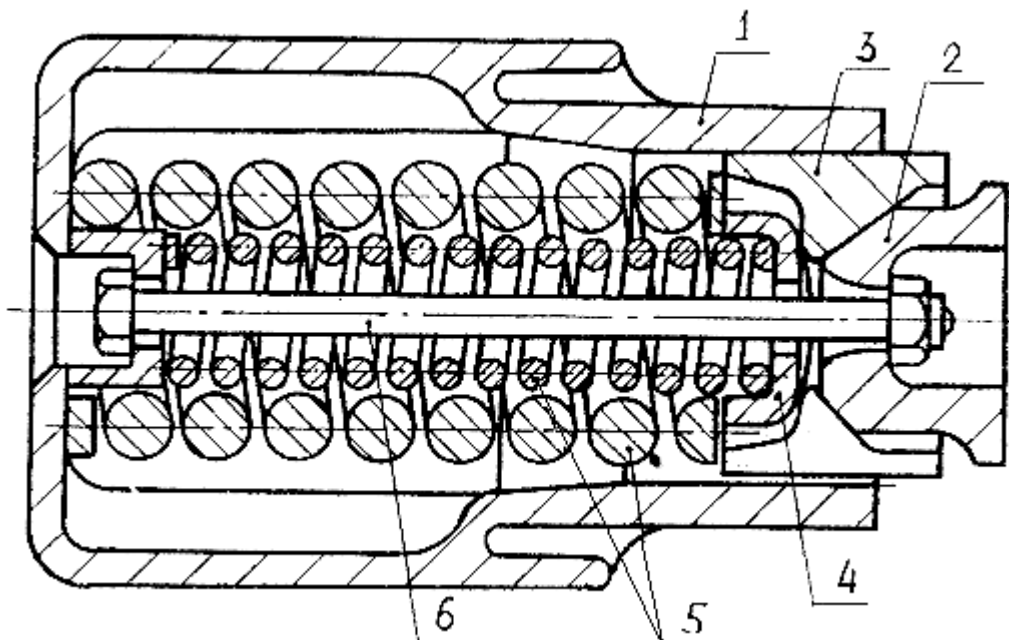


Рис. 3.4. Поглощающий аппарат

3.3. Тележки тепловозов

Современные тепловозы большой мощности имеют тележечные экипажи, при которых кузов опирается на две тележки, которые могут поворачиваться относительно оси рамы тепловоза на некоторый угол (для магистральных тепловозов – до 4° , маневровых – до 7° , при минимальном радиусе кривых, соответственно, – 125 и 80 метров). Применение тележечного экипажа значительно улучшает прохождение тепловозом кривых участков пути. Тележки непосредственно взаимодействуют с рельсовым путем и воспринимают все виды нагрузок. Конструкция тележек определяется типом рамы, количеством осей, конструкцией опорно-возвращающих устройств, конструкцией рессорного подвешивания, конструкцией связи колесных пар с рамой, способом подвешивания тяговых двигателей, типом тормоза и др.

На тепловозах с электрической передачей мощности нашли применение следующие типы тележек:

- трехосная челюстная со сбалансированным рессорным подвешиванием и опорно-осевым тяговым приводом (ТЭЗ, М62, 2ТЭ10Л, ТЭМ2 и др);
- трехосная бесчелюстная с индивидуальным рессорным подвешиванием и опорно-осевым тяговым приводом (2ТЭ10В, 2ТЭ10М, 2ТЭ116, ЧМЭЗ и др.);
- трехосная бесчелюстная со сбалансированным рессорным подвешиванием и опорно-рамным тяговым приводом (ТЭП60 и др);
- четырехосная бесчелюстная с индивидуальным рессорным подвешиванием и опорно-осевым тяговым приводом (ТЭМ7);
- четырехосная бесчелюстная с индивидуальным рессорным подвешиванием и опорно-рамным тяговым приводом (2ТЭ136).

Опорно-возвращающие устройства

Опорно-возвращающие устройства служат для передачи вертикальной нагрузки (иногда и горизонтальных сил) от рамы тепловоза на тележки, для удержания тележек во время движения в положении, при котором их продольные оси совпадают с продольной осью тепловоза, а также возвращения тележек в это положение при их отклонении.

На рис. 3.5 приведены наиболее распространенные схемы опирания рамы (и всего надтележечного строения тепловоза) на тележки. Вертикальная нагрузка (рис. 3.5,а) от рамы тепловоза 1 передается на каждую тележку 2 через четыре боковые опоры 3, расположенные симметрично относительно шкворня 4 на радиусе $R = 1365$ мм. Шкворень, вокруг которого поворачивается тележка, не воспринимает вертикальной нагрузки и передает только горизонтальные силы. Такая схема связи рамы тепловоза с тележками применена у тепловозов ТЭЗ, М62, 2ТЭ10Л, ТЭМ2 и др.

В качестве боковых опор применяются роликовые опоры или опоры со скользящими. Отличительной особенностью роликовой опоры является её совмещение с возвращающим устройством.

Роликовая опора (рис.3.6) состоит из стального корпуса 1, в котором размещен подвижный роликовый механизм, состоящий из нижней 2 и верхней 3 опорных плит, двух роликов 4, объединенных обоймами 5, и сферического гнезда 6, воспринимающего нагрузку от шаровой (грибовидной) опоры рамы тепловоза. Нижняя опорная плита крепится болтами к боковине рамы тележки. Для уменьшения износа рабочие поверхности опорных плит, ролики и гнездо опоры цементированы и закалены, а внутренняя полость корпуса заполнена осевым маслом. Для предохранения от пыли и грязи корпус сверху закрыт крышкой 7, а вся опора – брезентовым чехлом.

Рабочие поверхности опорных плит выполнены под небольшим углом (2° у грузовых тепловозов и $3^{\circ}30'$ – у пассажирских). При входе тепловоза в кривую, опорные плиты смещаются относительно друг друга и ролики накатываются на наклонные поверхности плит, при этом возникает горизонтальная сила, которая стремится вернуть опорные плиты в первоначальное положение. Суммарный момент опор, создаваемый этими силами на плече, равном их радиусу расположения от центра поворота тележки, носит название возвращающего.

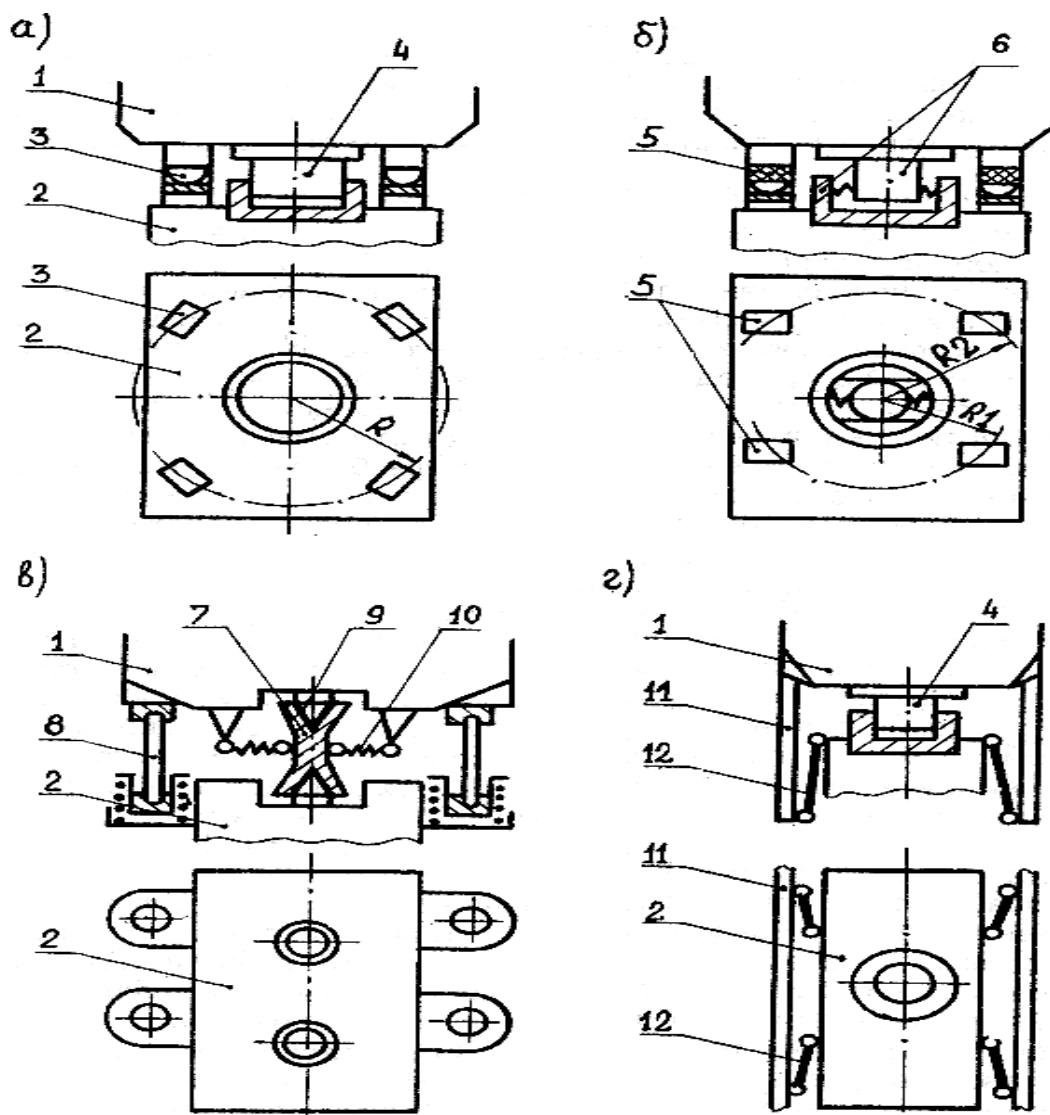


Рис. 3.5. Схемы связей рамы тепловоза с тележками

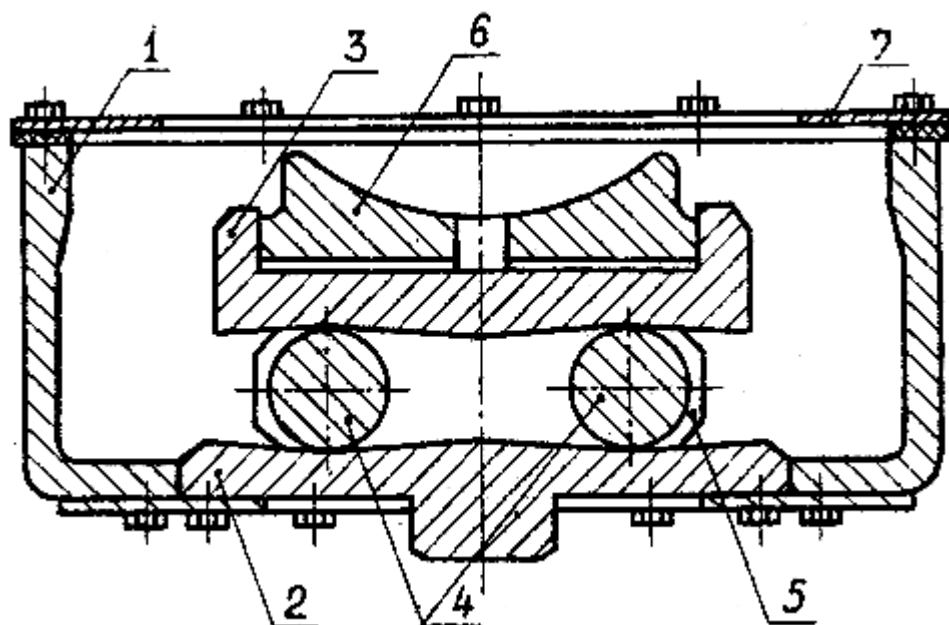


Рис. 3.6. Роликовая опора

Кроме перекачивания роликов по наклонным плоскостям, при поворотах тележки имеет место скольжение гнезда б по опоре рамы тепловоза и поворот гнезда относительно этой опоры. Таким образом, отклонению тележки препятствует не только возвращающий момент, но и момент трения между поверхностями гнезда и опорой рамы.

Недостаток рассмотренной конструкции – постоянство возвращающей силы. Так как угол наклона плоскостей опорных плит неизменен, то значение горизонтальной составляющей силы тяжести не зависит от угла поворота тележки.

На маневровых тепловозах (ТЭМ2 и др.) боковые опоры выполнены по типу скользунов с моментом трения скольжения. Такие опоры не имеют роликов, а опорная поверхность гнезда скользит по горизонтальной поверхности нижней опорной плиты.

Аналогичная схема связи рамы тепловоза с тележками (рис. 3.5,б) применена на тепловозах 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, 2ТЭ116 и др. Отличительной особенностью является расположение боковых (комбинированных резино-роликовых) опор 5 – попарно на различных радиусах относительно шкворня и применение упругого в поперечном направлении шкворневого узла б. Передние опоры расположены относительно шкворня на радиусе $R_1=1632$ мм, а задние – на радиусе $R_2= 1232$ мм. Упругий шкворневой узел позволяет перемещаться тележке перпендикулярно относительно продольной оси тепловоза на величину ± 40 мм. В продольном направлении шкворневой узел является жестким. Применение упругого шкворневого узла значительно снижает боковые усилия на рельсы.

Комбинированная резино-роликовая опора аналогична роликовой опоре, приведенной на рис. 3.6. Отличие заключается в форме рабочих поверхностей опорных плит 2 и 3, а также дополнительной установкой резиновой опоры, передающей нагрузку от рамы тепловоза на верхнюю опорную плиту 3 опоры. Резиновая опора состоит из резинометаллических элементов (резина привулканизирована к металлическим пластинам) и входит в углубления опорных стаканов кузова.

Рабочие поверхности опорных плит выполнены не наклонными, а цилиндрическими – по дуге большого радиуса. В результате угол наклона касательной становится переменным, и возвращающая сила увеличивается с увеличением угла поворота тележки.

Упругий шкворневой узел (рис.3.7) состоит из шкворня 1, прямоугольного ползуна 2, двух стаканов 3, в которых размещены возвращающие пружины 4 и подвижные упоры 5. Шкворень, приваренный снизу к раме тепловоза, представляет цилиндрическую отливку, к которой приварена термообработанная стальная втулка б. Такие же термообработанные пластины 7 и 8 приварены к рабочим поверхностям ползуна, смонтированного в направляющие шкворневой балки 9 рамы тележки. К боковым стенкам шкворневой балки болтами прикреплены стаканы с

пружинами. Между упорами 5 и ползуном 2 имеется зазор – по 20 мм на каждую сторону. Гнездо шкворневой балки заполняется осевым маслом и закрывается сверху неподвижной 10 и подвижной 11 крышками. Для пополнения масла в процессе эксплуатации к гнезду подведена трубка с масленкой.

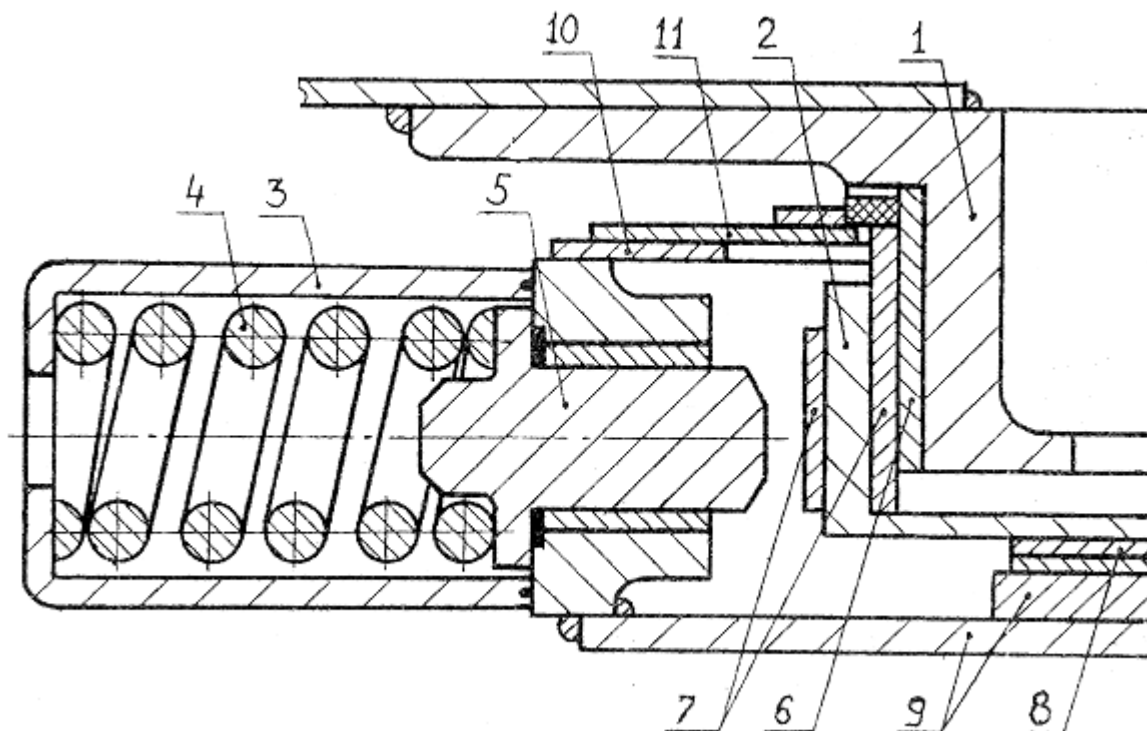


Рис. 3.7. Упругий шкворневой узел

Опорно-возвращающее устройство работает следующим образом. При входе в кривую тележка поворачивается вокруг шкворня, а ролики набегают на наклонные поверхности опорных плит. Угол поворота тележки ограничен величиной $3^{\circ}30'$. При наличии центробежной силы (она пропорциональна квадрату скорости движения), кузов под её действием смещается в поперечном направлении относительно тележек. Это смещение (относ) происходит за счет сдвига резинометаллических элементов резиновых опор. Перемещению кузова на 20 мм (за счет зазора между упором и ползуном) противодействует только сопротивление сдвигу резины. При дальнейшем увеличении центробежной силы на следующих 20 мм отнеса кузова к противодействию резины добавляется энергия сжатой пружины шкворневого устройства. Таким образом, зависимость силы противодействия отнесу кузова от величины перемещения шкворня имеет нелинейный характер.

На пассажирском тепловозе ТЭП60 (рис. 3.5 в) опорные устройства состоят из маятниковых 7 и боковых 8 опор. Рама тепловоза 1 опирается на раму тележки 2 – через две главные вертикальные маятниковые опоры 7 – качающиеся стойки, расположенные на продольной оси тележки. Каждая маятниковая опора соединена с рамой кузова и рамой тележки через конические резинометаллические втулки 9. Эти опоры передают и продольные горизонтальные силы, и половину вертикальной нагрузки. Вторая половина вертикальной нагрузки передается на тележку через четыре

боковые опоры 8 – пружинные стойки. Для возврата тележек в первоначальное положение при выходе тепловоза из кривой предусмотрены пружинные возвращающие устройства 10, которые с одной стороны связаны с главной опорой 7, а с другой стороны – с рамой тепловоза 1.

Такая схема связи рамы тепловоза с тележками характеризуется отсутствием шкворня, который имеет место в схемах, приведенных на рис. 3.5,а и 3.5,б. Преимущество данной схемы связи – упругая передача нагрузок, практическое отсутствие износа деталей опоры, наличие возвращающих сил – как при повороте тележки, так и при боковом оттоке кузова. Недостаток – сложность конструкции.

На рис. 3.5,г приведена схема связи кузова с тележками (люлечное подвешивание), примененная на маневровых тепловозах ЧМЭЗ. Рама тепловоза 1 при наличии шкворня 4, являющегося осью поворота тележки и передающего горизонтальные силы, своими кронштейнами 11 подвешивается к раме тележки 2 на четырех боковых маятниковых подвесках 12. Маятниковые подвески представляют собой мощные болты.

Аналогичная маятниковая подвеска применена на тепловозах ТЭМ7. Четырехосная тележка состоит из двух двухосных бесчелюстных тележек, объединенных промежуточной рамой, которая соединена с рамой каждой двухосной тележки двумя маятниковыми подвесками. На промежуточную раму установлены четыре пружинных комплекта с роликовыми опорами, через которые вертикальная нагрузка передается от рамы тепловоза. Продольные горизонтальные силы (силы тяги и торможения) от тележек передаются на промежуточную раму через шарнирно-рычажный механизм, а с промежуточной рамы на раму тепловоза – через шаровой шкворень.

Преимущество люлечного подвешивания – увеличение устойчивости надтележечного строения тепловоза из-за снижения высоты точки передачи вертикальной силы на раму тележки и уменьшения воздействия на путь.

Рама тележки

Рама тележки объединяет в одно целое колесные пары, буксовые узлы, тяговые двигатели и их редукторы, рессорное подвешивание, а также связывает их с рамой тепловоза. По конструктивно-технологическому признаку рамы тележек разделяют на брусковые, литые и сварные с использованием литых и штампованных элементов. На тепловозах чаще всего применяются сварно-литые рамы тележек.

На рис. 3.8 показана сварно-литая рама трехосной бесчелюстной тележки, применяемой на тепловозах 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, 2ТЭ116 и др. Рама образована двумя боковыми балками (боковинами) 1 и 2, жестко (сваркой) связанных поперечными – 3,4,5 и передней концевой 6 балками. Боковины, поперечные и концевая балки в поперечном сечении представляют собой замкнутый профиль коробчатого сечения, сваренный из стальных листов.

Концевая балка в средней части выгнута для возможности выемки поглощающего аппарата.

Сверху на боковины установлены пластики 7 опор кузова, а снизу приварены литые кронштейны 8 и сварно-литые 9 с трапецевидными пазами для крепления буксовых поводков и установки пружин рессорного подвешивания. С наружной стороны к боковинам через подкладки приварены корпуса 10 фрикционных гасителей колебаний и кронштейны 11 тормозных цилиндров. Соединения боковин и поперечных балок усилены приваренными листами 12. Снизу к поперечным балкам приварены литые кронштейны 13 – для подвешивания тяговых электродвигателей.

На средние поперечные балки сверху строго по продольной оси рамы установлена и закреплена с помощью электросварки продольная литая шкворневая балка 14. В средней части шкворневая балка имеет гнездо 15 для установки упругого шкворневого узла. Гнездо расположено со смещением к середине тепловоза на величину $l_{ш} = 185 \text{ мм}$ – по отношению к оси средней колесной пары в вертикальной плоскости. В боковинах около удлиненных кронштейнов буксовых поводков имеются отверстия 16 – для прохода горизонтальных рычагов передачи тормоза. Чтобы эти отверстия не уменьшали прочность рамы, в них вварены специальные литые вставки, соединяющие вертикальные листы боковин.

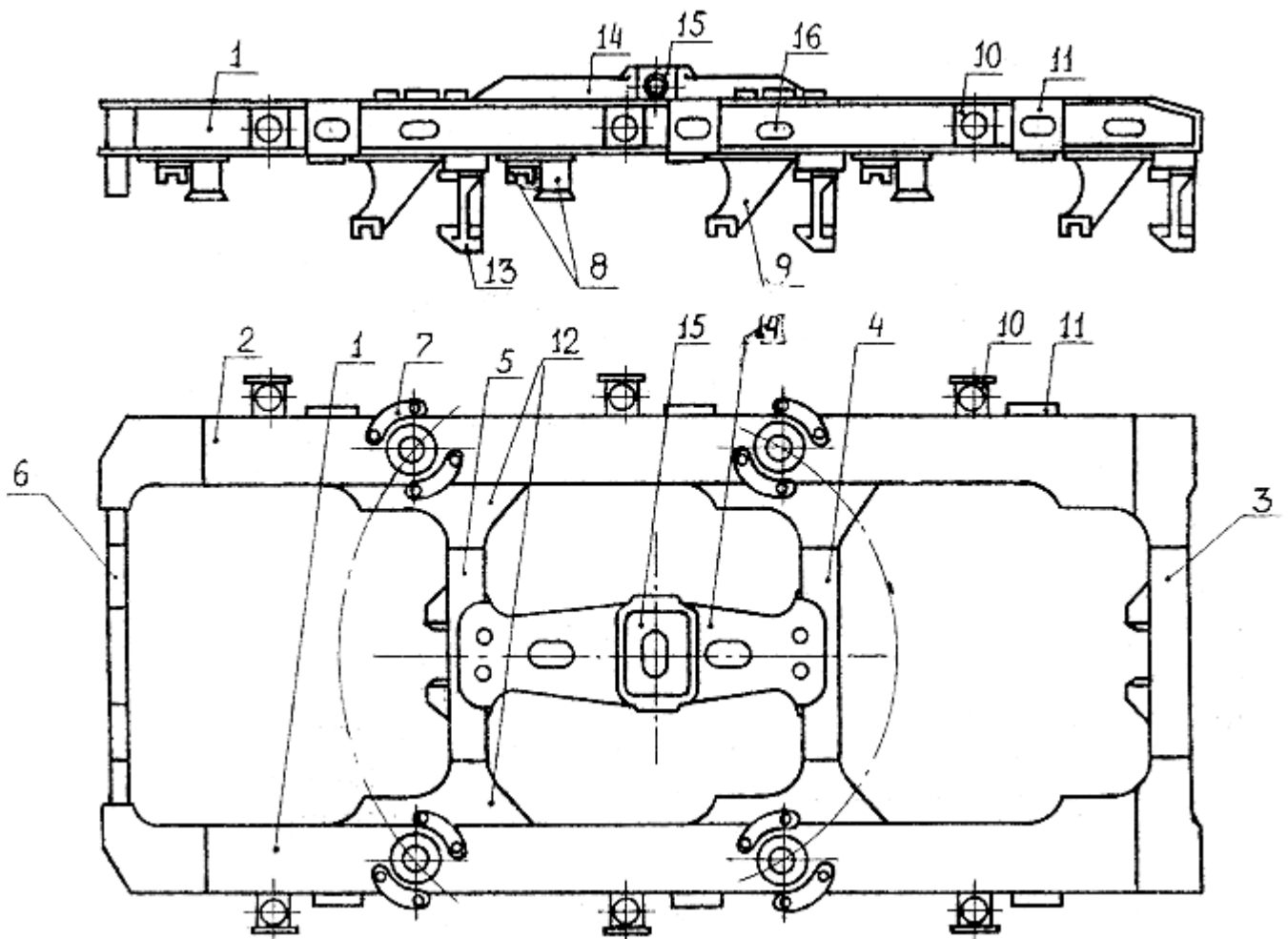


Рис. 3.8. Рама бесчелюстной тележки

Аналогичная по конструкции сварно-литая рама тележки применяется на тепловозах ТЭЗ, М62, 2ТЭ10Л, ТЭМ2 и др. Принципиальным отличием этой рамы является наличие вырезов, в которых размещаются буксы. Вырезы образованы ввареными в боковины снизу литыми кронштейнами, которые называются челюстями. Поэтому тележка называется челюстной. Для уменьшения износа поверхности трения челюстей к ней приварены сменные накладки (наличники) из износостойкой стали. Еще одной особенностью рамы челюстной тележки является то, что ось гнезда шкворневой балки совпадает в вертикальной плоскости с осью средней колесной пары. Рама челюстной тележки отличается местом расположения опор для пружин рессорного подвешивания и расположением кронштейнов подвешивания тяговых электродвигателей.

Рама тележки тепловоза ТЭП60 также сварная и выполнена из отдельных штампованных и литых элементов. Основу рамы составляют две боковины, две поперечные шкворневые и две поперечные концевые балки. Балки образованы сваркой из штампованных профилей. В средней части поперечных шкворневых балок строго по продольной оси рамы тележки вварены стальные литые стаканы, служащие для размещения нижних частей главных опор кузова. Шкворневые балки воспринимают основную нагрузку через главные опоры кузова, а также вес тяговых электродвигателей. Особенностью рамы тележки тепловоза ТЭП60 является отсутствие шкворневого узла.

На каждую окончательно готовую раму тележки составляют паспорт, где дается марка металла, качество сварных швов и их структура, монтажно-установочные размеры. Для снятия напряжений от сварки полностью готовую раму тележки со всеми приваренными к ней деталями термически обрабатывают. Основные сварные соединения подвергают ультразвуковой или рентгеновской дефектоскопии.

Колесные пары тепловозов

Колесные пары являются важнейшим элементом экипажной части, так как от их состояния прежде всего зависит безопасность движения.

Колесные пары тепловоза воспринимают и передают на рельсы массу кузова и тележек со всем оборудованием (подрессоренную массу), а также собственную массу с деталями, смонтированными непосредственно на колесных парах (неподрессоренную массу). Кроме этого, колесной парой передается вращающий момент тягового электродвигателя, а в месте контакта колес с рельсами реализуется сила тяги и торможения. При движении тепловоза каждая колесная пара воспринимает удары от неровностей пути и направляющих сил, и в свою очередь, сама жестко воздействует на верхнее строение пути.

На большинстве отечественных тепловозов с нагрузкой от оси на рельсы до 225 кН применяются колесные пары с колесами диаметром 1050 мм. На новых пассажирских тепловозах ТЭП70 и ТЭП75 колеса имеют диаметр 1220 мм. На грузовых тепловозах с нагрузкой от оси на рельсы до 245 кН диаметр колес принят 1250 мм.

Конструкция колесных пар тепловозов в основном определяется способом передачи вращающего момента от тягового электродвигателя, способом подвешивания тягового электродвигателя и типом колесных центров. При опорно-осевом подвешивании тяговых электродвигателей детали колесных пар в большинстве случаев унифицированы. На рис. 3.9 показана унифицированная колесная пара, применяемая на тепловозах ТЭМ2, М62, ТЭЗ, 2ТЭ10Л и других.

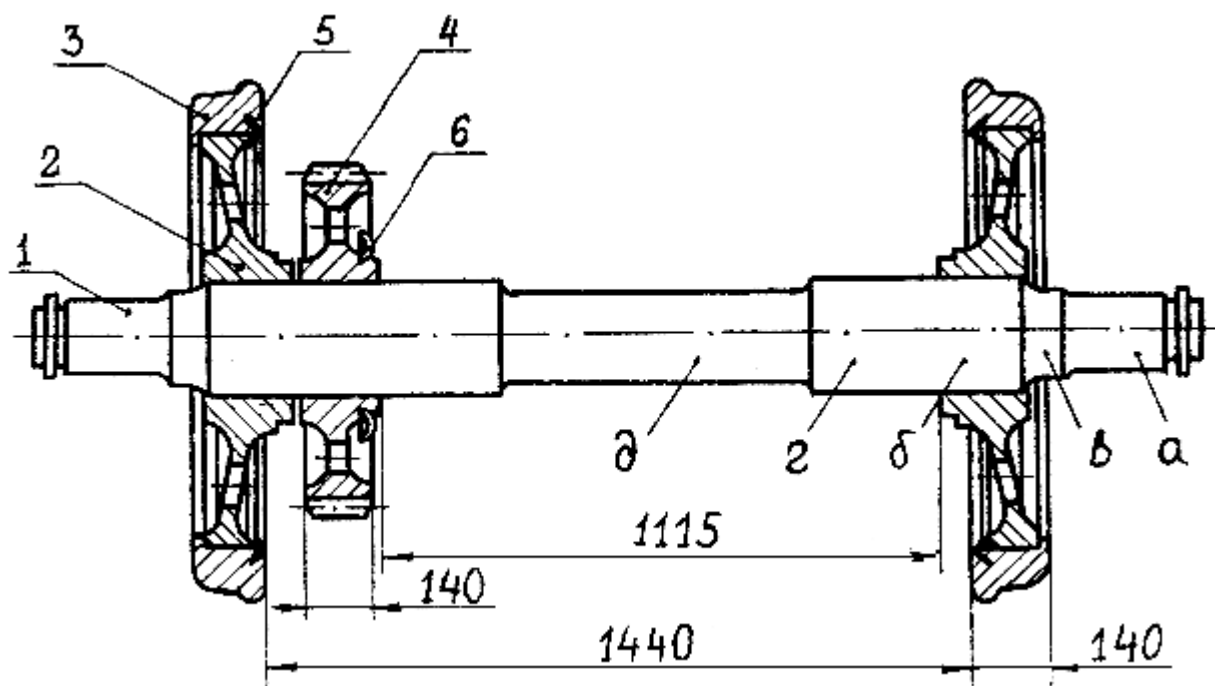


Рис. 3.9. Колесная пара тепловоза

Колесные пары вышеперечисленных тепловозов имеют составные (бандажные) колеса. В такой конструкции на ось 1 посажены с натягом два литых дисковых колесных центра 2, а на них насажены кольцевые бандажи 3. Между колесами ближе к одному из них на оси размещено ведомое зубчатое колесо 4. Для фиксации бандажа на ободу колесного центра используется пружинное кольцо 5, заведенное в паз бандажа.

Оси колесных пар изготавливают из специальной сортовой стали. После механической обработки ось подвергается соответствующей термообработке. Часть оси, на которую передается нагрузка через буксу, называется шейкой оси (а), а часть, где устанавливается колесный центр, подступичной частью – (б). Предподступичная часть (в) обеспечивает постепенный переход между различными диаметрами. Для снижения концентрации напряжений переход от одного диаметра к другому выполняется плавными выкружками, называемыми галтелями. Внутренние

шейки (г) служат опорой для моторно-осевых подшипников тягового электродвигателя. Цилиндрические поверхности оси (кроме средней части д) и их галтели упрочняют накаткой на специальном станке при нажатии на ролик 30–40 кН. Поверхности шеек после накатки шлифуют.

Колесные центры 2 (рис. 3.9) отливают из стали центробежным способом. Часть центра, на которой крепится бандаж, называется ободом, а та часть, где центр “надевается” на ось – ступицей. Обод и ступица могут соединяться с помощью спиц (спицевые колеса) или с помощью диска (дисковые колеса). Наиболее распространены дисковые колеса. Дисковые колесные центры разделяют на литые и катаные. Цельнокатанные колеса обеспечивают снижение массы колесной пары на 400–500 кг. Спицевые колесные центры используют для уменьшения массы колесной пары и применяются у грузовых тепловозов с диаметром колес 1250 мм. В средней части на внутренней поверхности ступицы колесного центра делается проточка, соединенная каналом с наружной поверхностью ступицы. Проточка служит для гидравлического ослабления натяга между колесом и осью при демонтаже колесной пары. Бандажи 3 прокатывают из специальной бандажной стали.

На рис. 3.10,а показано сечение стандартного бандажа тепловозной колесной пары. Внешняя поверхность (поверхность катания) имеет специальный профиль, состоящий из гребня (реборды), основной поверхности с коничностью 1:10 и боковой поверхности с коничностью 1:3,5, а также торцевой фаски под углом 45° . Гребень направляет движение колеса по рельсовой колее и предохраняет колесную пару от схода с рельсов. Основная коническая поверхность способствует центрированию колесной пары в рельсовой колее и облегчает прохождение кривых участков пути без проскальзывания и повышенного износа. Боковая коническая поверхность и фаска облегчают прохождение стрелочных переводов. Внутренняя поверхность бандажа – цилиндрическая с буртиком 1 и пазом 2, предназначенным для размещения пружинного кольца. Стандартная ширина тепловозных бандажей – 140 мм, толщина нового бандажа – 75 мм, толщина гребня нового бандажа – 33 мм, угол наклона боковой поверхности гребня – 70° .

Бандаж – наиболее изнашиваемая часть колесной пары. Износ по кругу катания называется прокатом, а износ боковой поверхности гребня – подрезом гребня. По мере износа колесные пары поступают на обточку бандажей, при которой восстанавливается их первоначальный профиль. Предельные нормы износа и толщина бандажа установлены ПТЭ. Достигшие предельной толщины бандажи заменяют новыми, это продляет срок службы всей колесной пары.

Всероссийским научно-исследовательским институтом железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ) разработан и внедряется новый унифицированный (объединенный), одинаковый для локомотивов и вагонов, профиль бандажа, сечение которого показано на рис. 3.10,б. Особенностью унифицированного профиля является то, что средняя часть (поверхность катания) профиля прикатана по форме поверхности головки рельса. Она состоит из

поверхностей с коничностью 1:50 (со стороны гребня) и 1:10. Зона набегания, прилегающая к выкружке, описана радиусом 70 мм, а угол наклона гребня составляет 65° . Благодаря такому профилю бандажа, при движении в кривой обеспечивается одноточечный его контакт с рельсом, что значительно уменьшает износ гребня. Применение бандажей с унифицированным профилем позволит снизить износ гребней на 35–50%, в сравнении с износом гребней бандажей со стандартным профилем.

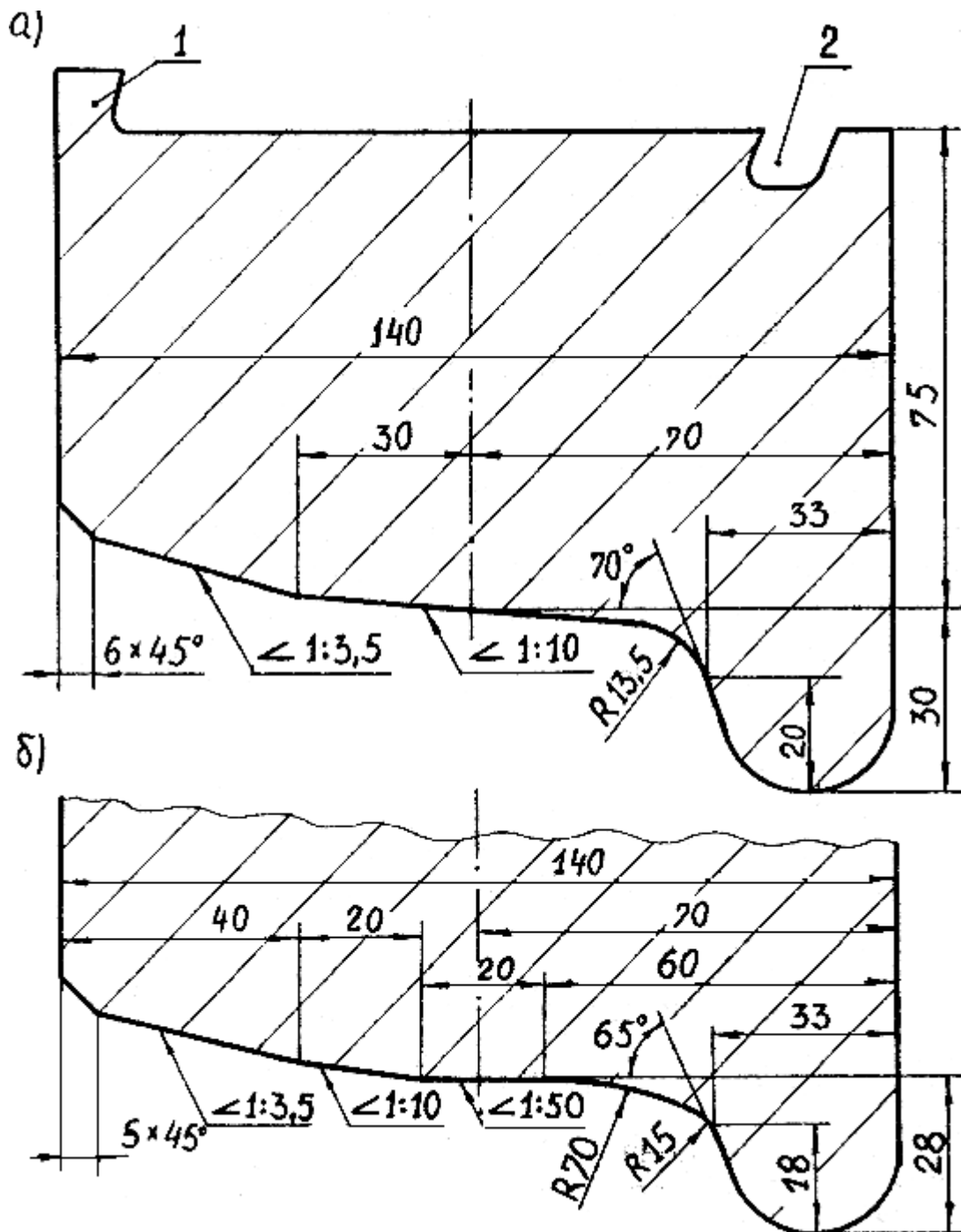


Рис. 3.10. Профили бандажа

Зубчатое колесо 4 (рис. 3.9) изготовлено из хромоникелевой стали. Оно состоит из ступицы, диска и обода, выполненного в виде зубчатого венца, состоящего из прямых зубьев с модулем $m = 10$ мм (модуль зацепления показывает: сколько миллиметров диаметра зубчатого колеса приходится на

один зуб). Применяемые ранее на тепловозах 2ТЭ10Л и ТЭМ2 зубчатые колеса с модулем $m = 11$ мм имели незначительный срок службы из-за повышенного износа зубьев. Рабочая поверхность зубьев колеса закаливается токами высокой частоты, а впадины зубьев упрочняются накаткой.

Со стороны средней части оси ступица зубчатого колеса имеет выточку, в которую запрессовано штампованное маслоотбойное кольцо б, предотвращающее попадание смазки из кожуха зубчатой передачи в моторно-осевые подшипники тягового электродвигателя. Для облегчения демонтажа зубчатого колеса в его ступице имеются проточка и канал для нагнетания масла под давлением.

Аналогичные по конструкции колесные пары применяются на тепловозах ТЭМ7, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, 2ТЭ116 и др. Отличительной особенностью колесных пар этих тепловозов является применение упругого самоустанавливающегося зубчатого колеса (УСЗК). В УСЗК зубчатый венец (обод) соединяется со ступицей при помощи упругих резинометаллических комплектов, равномерно расположенных по окружности.

Резинометаллический комплект представляет собой стальной палец с насаженными на него резиновыми втулками – амортизаторами, на которые, в свою очередь, напрессованы стальные втулки. Применение УСЗК дает возможность более равномерно распределить усилие, действующее на зуб, по всей его длине и снизить динамические нагрузки в тяговом приводе. Второй особенностью колесных пар тепловозов 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, 2ТЭ116 является расположение в средней части оси разъемного зубчатого венца для привода шестеренного масляного насоса. Последний служит для принудительной подачи масла к моторно-осевым подшипникам. На удлиненных подступичных частях колесного центра и зубчатого колеса в горячем состоянии насажены кольца лабиринтного уплотнения моторно-осевых подшипников.

Колесные пары тепловозов ТЭП60 с опорно-рамным подвешиванием тяговых электродвигателей отличаются от унифицированных колесных пар отсутствием зубчатого колеса, жестко посаженного на ось. Зубчатое колесо у этих колесных пар укреплено на полой валу, охватывающем ось колесной пары. С целью уменьшения массы ось колесной пары выполнена полой с диаметром отверстия 70 мм. В средней части полого вала расположена шестерня привода масляного насоса для пополнения смазочным маслом камер моторно-осевых подшипников, через которые тяговый электродвигатель опирается на полый вал. Колесные центры имеют приливы и отверстия для размещения пальцев и цапф эластичной муфты привода.

Процесс сборки элементов (ось, колесные центры, бандажи и зубчатое колесо) в единую колесную пару называется *формированием* колесной пары. При формировании колесных пар применяют холодный и горячий способы соединения элементов колесной пары. Холодный способ заключается в напрессовке детали при помощи гидравлического пресса с записью диаграммы усилия. Диаграмма считается удовлетворительной, если она

имеет вид плавно нарастающей кривой, несколько выпуклой по направлению кверху. Холодный способ применяют при напрессовке колесных центров на ось. Перед напрессовкой сопрягаемые поверхности деталей протирают насухо и смазывают натуральной олифой. Прочность посадки обеспечивается натягом, то есть превышением диаметра подступичной части оси над диаметром отверстия в ступице колесного центра, имеющим величину от 0,18 до 0,30 мм. Усилие в конце запрессовки колесного центра без бандажа составляет 950...1400 кН (с бандажом – 1100...1500 кН).

Тепловой способ применяют преимущественно для посадки зубчатого колеса (или его ступицы) на ось и бандажей на колесные центры. При тепловом способе для защиты от коррозии сопрягаемые поверхности покрывают клеем ВДУ-3 или эластомером ГЭН-150(В). Контроль температуры осуществляют термометрами.

Зубчатое колесо нагревается до температуры 170...200 °С, а УСЗК нагревают не выше 170 °С для предотвращения разрушения упругих резинометаллических элементов. Натяг в холодном состоянии должен составлять от 0,12 до 0,16 мм. Прочность посадки зубчатого колеса на ось проверяется после его остывания. При продольном усилии до 700 кН оно не должно сдвигаться.

Бандаж насаживают на обод колесного центра в нагретом состоянии до 250...320 °С с натягом в холодном состоянии 1,1...1,45 мм. При нагревании внутренний диаметр бандажа увеличивается, что позволяет свободно опустить колесный центр в бандаж до упора в буртик. При медленном остывании бандаж плотно сжимает центр. Пока температура не упала ниже 200 °С, в паз бандажа заводят фиксирующее кольцо, которое обжимают при помощи ролика на специальном станке. Таким образом, упорный буртик препятствует смещению бандажа в одну сторону, а фиксирующее кольцо – в другую. Посадка бандажей считается удовлетворительной, если после естественного остывания при обстукивании бандажа молотком по кругу катания будет издаваться “чистый металлический” звук.

Для последующего контроля неподвижности бандажа относительно колесного центра на боковой поверхности бандажа выбивают керном несколько лунок глубиной 1...1,5 мм, а на поверхности обода колесного центра против лунок наносится риска тупым зубилом глубиной 1 мм. Чтобы контрольные отметки легко было найти в условиях эксплуатации, на месте их расположения наносят полосу шириной 25 мм красной или белой краской.

На элементах колесных пар: осях, бандажах, колесных центрах и зубчатых колесах в процессе их изготовления, формирования и освидетельствования выбивают клейма, предусмотренные инструкцией ЦТ-2306.

Буксовые узлы тепловозов

Буксовый узел является связующим звеном между вращающейся колесной парой и рамой тележки. Он воспринимает и передает вертикальные и

горизонтальные (продольные и поперечные) нагрузки. Основными элементами буксового узла являются букса и элементы её связи с рамой тележки. Конструкция буксового узла определяется типом связи буксы с рамой тележки. По типу этой связи буксы делятся на челюстные и бесчелюстные.

Челюстная букса 1 (рис. 3.11.а) размещается в буксовом вырезе рамы тележки 2. На боковых поверхностях корпуса буксы имеются бурты, образующие челюсти буксы 3. На челюстях буксы и направляющих буксового выреза 5 крепятся сменные накладки 4. Накладки представляют собой пластины (наличники), выполненные из износостойкой стали. Букса устанавливается так, что направляющие буксового выреза 5 рамы тележки входят в челюсти буксы 3. Такая конструкция позволяет раме тележки совершать вертикальные колебания относительно буксы в пределах прогиба рессорного подвешивания. Снизу, к направляющим буксового выреза, при помощи шпилек крепится подбуксовая струнка 6. Подбуксовая струнка заставляет одновременно работать две направляющие буксового выреза и тем самым повышает жесткость буксового узла. Для уменьшения износа наличников к ним подводится масло из ванн, находящихся в верхней части корпуса буксы.

Основным недостатком челюстной буксы является повышенный износ наличников, что требует постоянного наблюдения и ухода в процессе эксплуатации, ремонта, периодической смены наличников. Челюстные буксы применяются на тепловозах ТЭМ2, ТЭЗ, М62, 2ТЭ10Л и др.

Среди бесчелюстных букс наибольшее распространение в отечественном тепловозостроении получили поводковые буксы. В этом случае букса 1 (рис. 3.11,б) соединена с рамой тележки 2 при помощи поводков 7. Поводок представляет собой стальную отливку, по концам которой в головках помещены упругие шарниры 8. Упругий шарнир состоит из валика и резинометаллических втулок, запрессованных в расточку головки поводка с натягом 0,06...0,16 мм. Валик имеет трапециевидные хвостовики, которыми он устанавливается в соответствующие пазы кронштейна рамы тележки и проушины корпуса буксы, крепится с помощью болтов. В такой конструкции вертикальные колебания рамы тележки относительно буксы в пределах прогиба рессорного подвешивания происходят за счет деформации (скручивания) резиновых втулок в шарнирах поводка. При этом букса может поворачиваться относительно горизонтальной оси на небольшой угол из-за неосевого расположения левого и правого поводков.

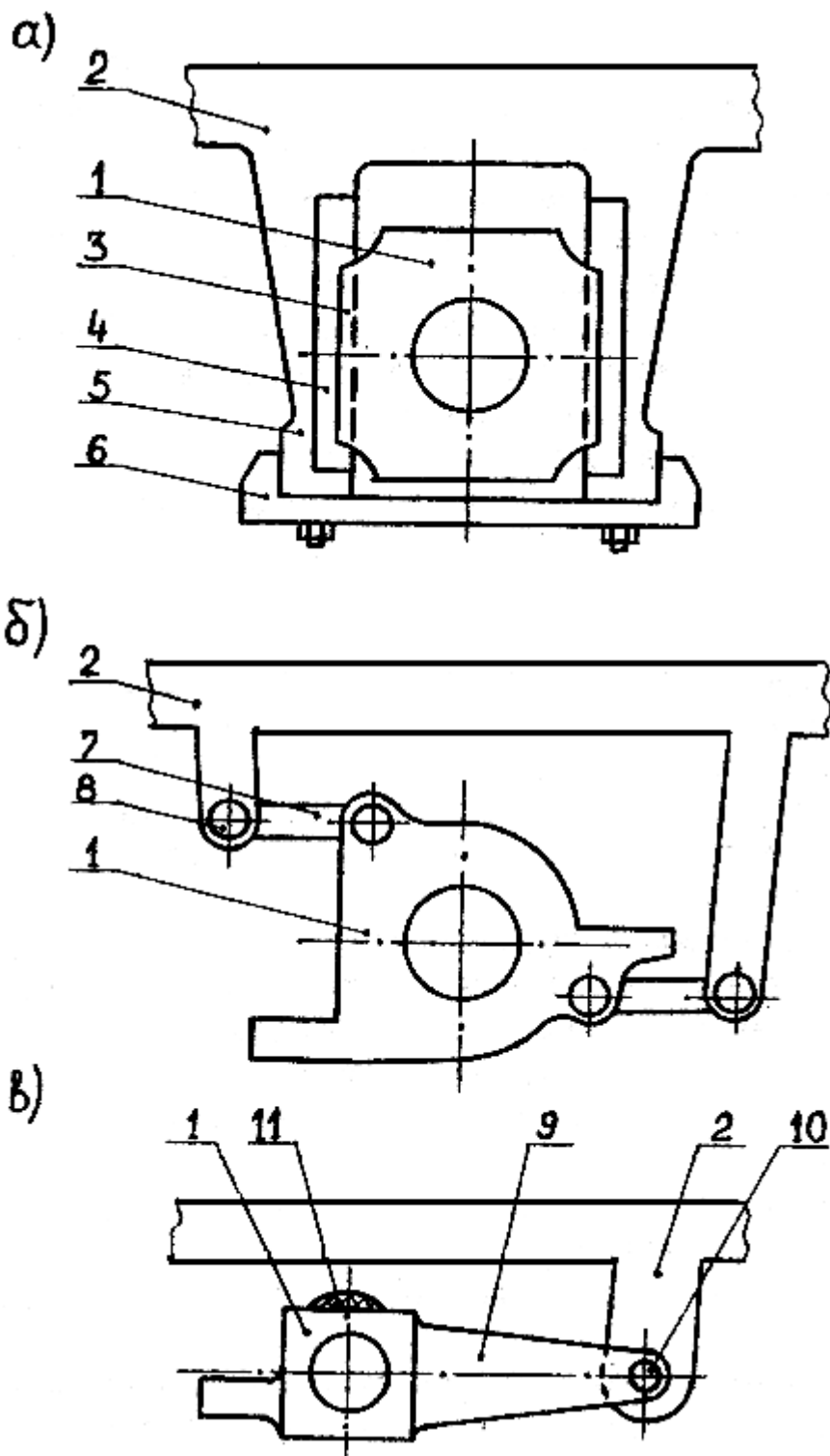


Рис. 3.11. Схемы буксовых узлов

Основным преимуществом поводковых букс является отсутствие узлов трения и, как следствие, уменьшенный износ в элементах соединения буксы с рамой тележки. Поводковые буксы по сравнению с челюстными имеют меньшую металлоемкость, практически не требуют ухода и ремонта в процессе эксплуатации, уменьшают ударные нагрузки за счет резинометаллических шарниров в поводках. Поэтому такие буксы нашли применение в современных тепловозах ТЭМ7, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, 2ТЭ116, ТЭП60.

На рис. 3.11, в показана схема буксового узла, применяемого на тепловозах ЧМЭЗ. Это одна из разновидностей поводковой буксы. В такой конструкции букса 1 имеет поводок-кронштейн 9, которым она шарнирно соединяется с кронштейном рамы тележки 2. Корпус буксы и поводок – кронштейн выполнены как единое целое. Вертикальные колебания рамы тележки относительно буксы в пределах прогиба рессорного подвешивания происходят за счет поворота на небольшой угол поводка-кронштейна в шарнире 10. Для ограничения вертикальных перемещений рамы тележки служит упругий упор 11, расположенный сверху на корпусе буксы.

В поводковых буксах поводки не воспринимают вертикальных нагрузок, а участвуют в передаче только горизонтальных (продольных и поперечных) сил.

Буксы тепловозов воспринимают и передают на колесные пары вертикальные нагрузки от массы оборудования тепловоза через рессорное подвешивание, продольные горизонтальные силы тяги и торможения и поперечные горизонтальные усилия, направляющие движение колесной пары в кривых участках пути. Кроме этого, буксы воспринимают ударные нагрузки, вызываемые неровностью пути. Основными элементами буксы являются корпус, подшипники, осевой упор и уплотняющие устройства.

По типу применяемых подшипников буксы разделяют на буксы с подшипниками трения скольжения и буксы с подшипниками трения качения. Все современные тепловозы имеют буксы с подшипниками качения, в качестве которых применяют только роликовые подшипники.

Подшипники качения по сравнению с подшипниками скольжения создают значительно меньшие сопротивления движению, особенно при трогании с места, требуют меньше ухода в процессе эксплуатации, меньших эксплуатационных расходов, меньшего расхода цветных металлов, хотя первоначальные затраты на их изготовление довольно значительны.

Буксы тепловозов также различают по способу восприятия роликами вертикальных нагрузок, т.е. по нагружению: верхнее центральное, верхнее арочное и нижнее нагружения. При верхнем центральном (точечном) нагружении нагрузка между роликами распределяется очень неравномерно и верхний ролик подшипника перегружен, что сокращает долговечность подшипника. Наиболее равномерное распределение нагрузки между роликами подшипника достигается при нижнем нагружении буксы из-за некоторой деформации корпуса буксы. Применение арочного и нижнего способов нагружения буксы дает возможность использования подшипников меньшего размера.

На рис. 3.12 показана бесчелюстная роликовая букса, применяемая на тепловозах ТЭМ7, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, 2ТЭ116 и др. Корпус 1 буксы представляет собой фасонную отливку, в расточку которой с небольшим натягом установлены два наружных кольца 2 подшипников с цилиндрическими роликами и сепараторами 3. Внутренние кольца

подшипников 4 тепловым способом устанавливаются на шейке оси 5 колесной пары. Внутренние кольца не имеют буртиков, а наружные – имеют. Между кольцами подшипников установлены дистанционные кольца 6. Для предотвращения сползания внутренних колец подшипников на шейке оси установлено стопорное кольцо 7. Цилиндрические роликовые подшипники передают радиальную (вертикальную и продольную горизонтальную) нагрузку и не воспринимают осевых (поперечных) усилий.

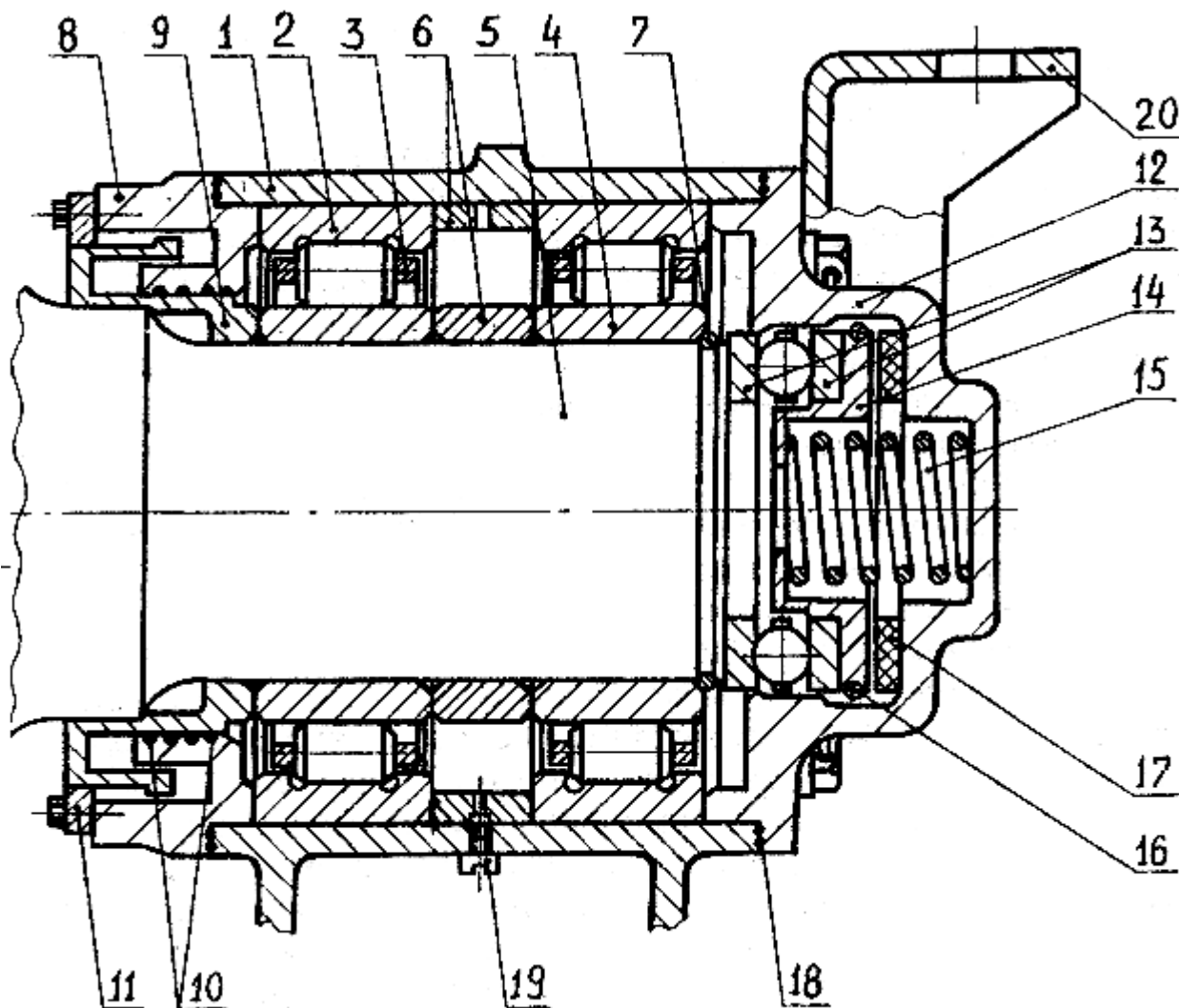


Рис.3.12. Бесчелюстная букса

Со стороны колеса колесной пары корпус буксы закрыт задней крышкой 8, которая вместе с кольцом 9 образует лабиринтное уплотнение 10. Кольцо 9 установлено тепловым способом на предподступичную часть оси. Лабиринтное уплотнение 10 препятствует проникновению пыли и грязи в полость подшипников. На задней крышке буксы двумя болтами укреплена стопорная планка 11, предохраняющая сползание буксы с шейки оси когда буксовые поводки, отсоединены от рамы тележки.

В передней крышке 12 буксы смонтирован осевой упор, состоящий из упорного шарикоподшипника 13, одно кольцо которого укреплено на корпусе упора 14, а второе – на проточке шейки оси с натягами 0,003...0,016 мм. Для

предотвращения раскрытия упорного шарикоподшипника, он постоянно через упор 14 прижимается пружиной 15 к торцу оси колесной пары с усилием около 2 кН. Осевой упор удерживается стопорным кольцом 16 в крышке 12 при её снятии. Между упором и крышкой, в её гнезде, установлен амортизатор 17, представляющий собой две металлические пластины толщиной 2 мм, с привулканизированным между ними резиновым элементом. Осевые упоры воспринимают поперечные усилия от торцов оси колесной пары.

При сборке между корпусом и крышками прокладывают уплотнение 18 в виде шелкового шнура. Крышки крепятся к корпусу буксы при помощи болтов. Для заполнения смазкой внутренней полости буксы в нижней части корпуса имеется отверстие, закрываемое пробкой 19. В качестве смазки используется консистентная смазка ЖРО. На передней крышке буксы приварен кронштейн 20 для укрепления гасителя колебаний.

Конструкция буксы, приведенная выше, позволяет колесной паре иметь разбег (перемещение колесной пары в перпендикулярном оси тележки направлении) $\pm 1,5 \dots 2$ мм от среднего положения за счет сжатия резиновых амортизаторов. Такие буксы применяют на крайних колесных парах тележки. У букс средней колесной пары тележки амортизатор не ставится, что обеспечивает разбег колесной пары ± 14 мм – от среднего положения.

На тепловозах ТЭМ2, М62, 2ТЭ10Л применяются челюстные буксы с роликовыми подшипниками. Отличительной особенностью челюстной буксы является отсутствие упорного шарикового подшипника. Поперечное перемещение колесной пары воспринимается осевым упором скольжения, армированным бронзой, в который упирается ось колесной пары своим торцом. Для смазывания трущихся поверхностей торца оси и упора предусмотрен войлочный фитиль, укрепленный на пластинчатой пружине упора. Один конец фитиля опущен в масляную ванну крышки, образованную её корпусом и вваренной в крышку разделительной перегородкой. Осевой упор через фитиль смазывается автотракторным маслом (более жидкой смазкой), а роликовые подшипники – консистентной смазкой ЖРО. Смешивание этих двух смазок не допускается. Для слива масла предусмотрена пробка. Буксы крайних колесных пар имеют пружину, расположенную между упором и его крышкой. Пружина предварительно сжата усилием до 16 кН (на тепловозах ТЭМ2 – меньше) и допускает упругое поперечное перемещение упора на 10...11 мм. Свободный разбег крайних колесных пар регулируется толщиной прокладок, устанавливаемых между корпусом передней крышки и корпусом осевого упора и выдерживается в пределах 3...4 мм на одну сторону. Буксы средней оси тележки имеют жесткие упоры (без пружин) и обеспечивают свободный разбег колесной пары ± 14 мм. В этих буксах применено арочное нагружение.

Аналогичные челюстные буксы применены на тепловозах ТЭЗ.

Отличительной особенностью является применение роликовых подшипников большего размера, вызванного центральным нагружением буксы (диаметром 320 мм – против 290 у букс с арочным нагружением). Второе отличие

заключается в том, что внутренние кольца подшипников закрепляются на шейке оси не стопорным кольцом, а гайкой, навертываемой по резьбе на концевой части оси. Гайка стопорится шайбой.

На тепловозах ТЭП60 применяются поводковые роликовые буксы. В буксах крайних колесных пар роль осевого упора выполняет однорядный сферический подшипник качения, устанавливаемый между роликовым буксовым подшипником и передней крышкой буксы. Сферический подшипник допускает поперечное перемещение колесной пары от 0,5 до 1 мм (в пределах рабочего зазора). Сферический подшипник закрепляется на шейке оси гайкой, которая стопорится шайбой. В буксах средней оси вместо сферического подшипника установлено проставочное кольцо, что обеспечивает свободный разбег колесной пары ± 14 мм от среднего положения. Таким образом, колесные пары не имеют упругого разбега в буксах. Незначительное упругое поперечное перемещение колесной пары вместе с буксами по отношению к раме тележки осуществляется за счет деформации резиновых втулок буксовых поводков. В этих буксах применено нижнее нагружение.

В передних крышках правых букс первых по ходу колесных пар устанавливается редуктор привода скоростемера тепловоза.

Рессорное подвешивание тепловозов

Рессорное подвешивание предназначено для передачи веса оборудования тепловоза на буксы, равномерного распределения этого веса между осями всех колесных пар и для смягчения ударных нагрузок, действующих на колесные пары со стороны верхнего строения пути при движении тепловоза. Рессорное подвешивание воспринимает только вертикальные нагрузки и не участвует в передаче горизонтальных сил (силы тяги и торможения).

Рессорное подвешивание – это совокупность упругих элементов, в качестве которых используются листовые рессоры, витые пружины и резиновые элементы. В опытном порядке на ряде тепловозов применяются пневматические рессоры.

Листовая рессора представляет собой набор стальных полос (листов), собранных в единый пакет и стянутых между собой в середине хомутом. Между листами закладывается твердая (графитовая) смазка. Трение между листами рессоры при её деформации (прогибе) поглощает энергию колебаний и приводит к их затуханию. Листовые рессоры из-за трения между листами практически нечувствительны к малым по величине и амплитуде колебаниям.

Витая пружина представляет собой цилиндрическую спиральную навивку из прутка. Пружина не имеет внутреннего трения. Вследствие этого колебания гасятся (затухают) очень медленно. Поэтому одновременно с пружинами применяют дополнительные устройства, ускоряющие затухание колебаний. Эти устройства называются гасителями колебаний (демпферами). Демпферы

создают силу трения, затормаживающую колебательный процесс. На тепловозах применяют фрикционные или гидравлические гасители колебаний.

Резиновые элементы чаще всего используют либо в виде резиновых шайб, прокладок, подушек, либо в виде резинометаллических блоков (амортизаторов). Кроме упругости, резина обладает способностью гасить высокочастотные колебания.

В зависимости от расположения упругих элементов различают одноступенчатое и двухступенчатое рессорное подвешивание. При одноступенчатом подвешивании упругие элементы размещаются между буксами и рамой тележки, а при двухступенчатом подвешивании упругие элементы размещены между буксами и рамой тележки (первая ступень) и между рамой тележки и рамой кузова (вторая ступень). Последние входят в состав опорных устройств кузова. Первую ступень подвешивания называют буксовой ступенью, а вторую – кузовной ступенью.

Различают также сбалансированное и индивидуальное рессорное подвешивание. На рис. 3.13 а приведена схема одноступенчатого сбалансированного рессорного подвешивания, применяемого на тепловозах ТЭМ2, ТЭЗ, М62, 2ТЭ10Л и других. В сбалансированном рессорном подвешивании пружины 1, листовые рессоры 2 и резиновые амортизаторы 3 с одной стороны тележки объединены в единую группу при помощи подвесок 4 и балансиров 5. Группу объединенных упругих элементов называют точкой рессорного подвешивания. При такой схеме тележка имеет две группы сбалансированных рессор (слева и справа), а значит, две точки рессорного подвешивания.

В приведенной на рис. 3.13,а схеме нагрузка от рамы кузова на раму тележки б передается через опоры кузова, которые не имеют упругих элементов. От рамы тележки б через четыре концевых а и четыре средних б комплекта нагрузка передается на подвески 4 и балансиры 5. Через балансиры 5 нагрузка передается на буксы 7 и далее – через колесные пары – на верхнее строение пути.

Концевой комплект а состоит из цилиндрической пружины, резинового амортизатора и подвески, а средний комплект б – из листовой рессоры, двух цилиндрических пружин и резинового амортизатора. Листовые рессоры, цилиндрические пружины и резиновые амортизаторы устанавливаются последовательно по отношению друг к другу. Элементы рессорного подвешивания имеют между собой шарнирные соединения. Шарнир состоит из полого валика, вставляемого свободно в закаленную втулку, которая запрессовывается в отверстие подвески, балансира, или в отверстие опоры листовой рессоры. Для уменьшения износа в валик ввернут клапан, через который подводится смазка к трущимся поверхностям по осевым и радиальным каналам.

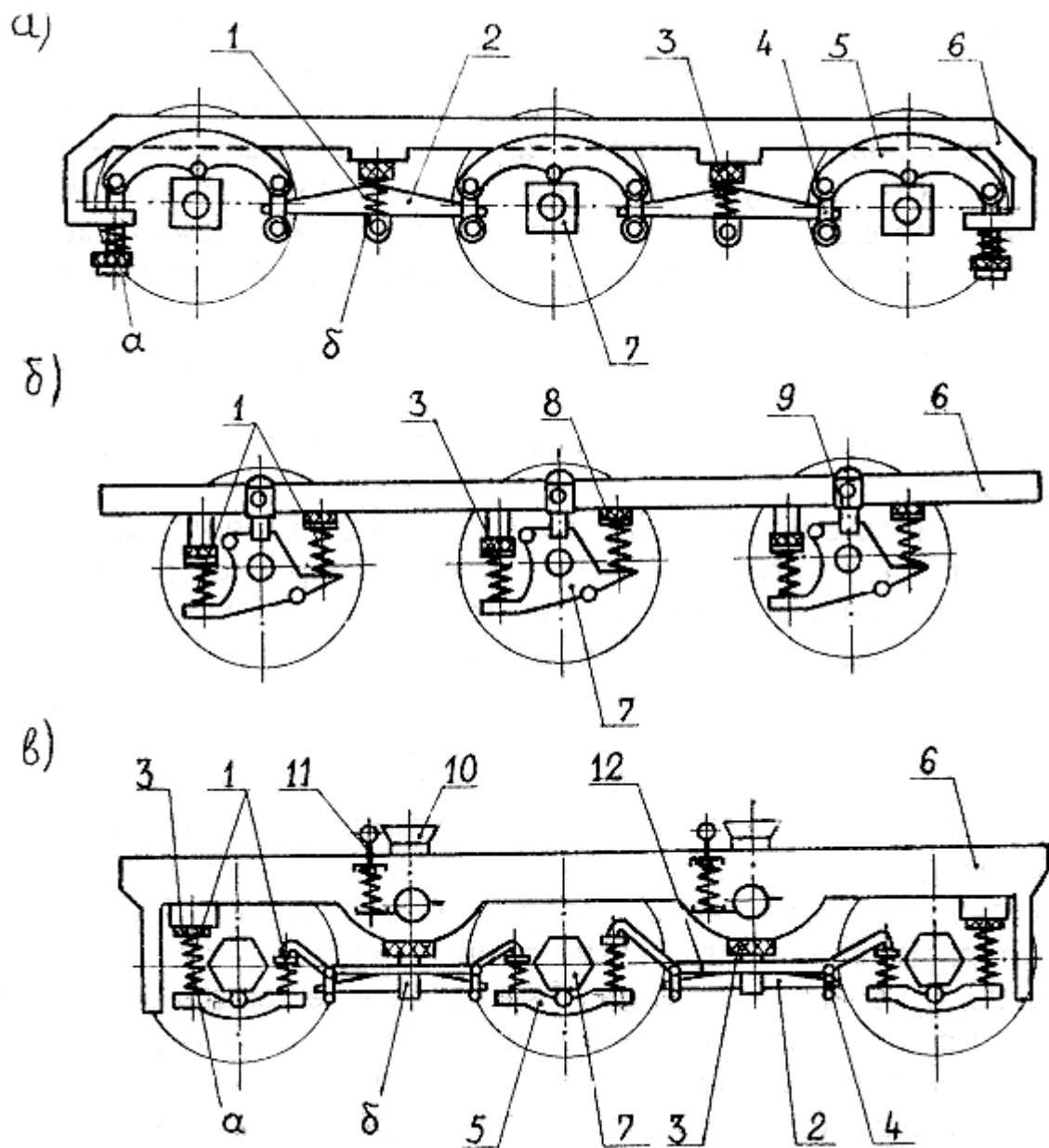


Рис. 3.13. Схемы рессорного подвешивания

Преимущество сбалансированного рессорного подвешивания заключается в выравнивании нагрузки по осям колесных пар, если по каким-либо причинам нагрузка на одну из них изменилась. Недостатком его является большой расход металла на подвески, балансиры, валики, износ их при эксплуатации и необходимость ремонта или смены.

На рис. 3.13,б приведена схема индивидуального рессорного подвешивания, применяемая на тепловозах 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, 2ТЭ116 и др. В этой схеме нагрузка от рамы тележки 6 на буксы 7 передается через шесть групп упругих элементов, не связанных между собой. Каждая группа представляет собой точку рессорного подвешивания. Таким образом, трехосная тележка имеет шесть точек подвешивания. Каждая группа состоит из двух одинаковых пружинных комплектов 1, установленных между опорными кронштейнами корпуса буксы и кронштейнами рамы тележки. Пружинный комплект составляют три пружины, расположенные одна внутри другой, последовательно размещенный резиновый амортизатор 3 и регулировочные

прокладки 8. Для исключения заскакивания витков одной пружины между витками другой, рядом расположенные пружины имеют навивку в разные стороны. Между рамой тележки и буксой, параллельно каждой группе, устанавливается фрикционный гаситель колебаний (демпфер) 9. Последний служит для гашения колебаний.

Нагрузка от рамы кузова на раму тележки передается через резинороликовые опоры кузова. Резиновые элементы опор имеют под нагрузкой прогиб до 20 мм и выполняют роль второй ступени подвешивания.

Преимуществом индивидуального рессорного подвешивания является меньшая металлоемкость (оно примерно в три раза легче сбалансированного) и отсутствие трущихся узлов, что уменьшает расходы в эксплуатации. Недостатком является необходимость тщательного подбора пружин по размерам (высоте) и жесткости.

На рис. 3.13 в приведена схема двухступенчатого сбалансированного рессорного подвешивания, применяемая на пассажирском тепловозе – ТЭП60. В этой схеме нагрузка от кузова на раму тележки 6 передается через две центральные маятниковые опоры 10 и четыре боковые пружинные опоры 11. Это вторая (кузовная) ступень подвешивания. От боковин рамы тележки 6 нагрузка передается на подбуксовые балансиры 5 через четыре концевых а и четыре средних б комплекта, и далее на буксу 7 колесной пары. Концевой комплект состоит из последовательно установленных цилиндрической пружины 1 и резинового амортизатора 3. В среднем комплекте нагрузка передается через резиновый амортизатор 3, листовую рессору 2, подвески 4 на рессорный балансир 12 и далее – через средние пружины 1 на подбуксовый балансир 5. Соединение листовой рессоры и рессорного балансира шарнирное. Втулки шарниров изготовлены металлокерамическими, не требующими смазки.

В приведенной схеме тележка имеет две точки рессорного подвешивания.

Основными параметрами рессорного подвешивания являются его прогиб и жесткость. Прогиб – это величина деформации (по высоте) под действием приложенной нагрузки. Считается, что рессорное подвешивание грузовых тепловозов должно иметь прогиб 100...120 мм, а пассажирских – 160...180 мм, то есть численно должно соответствовать конструкционной скорости (в км\час) тепловоза.

Упругость рессорного подвешивания характеризуется его жесткостью. Жесткость – это нагрузка, необходимая для прогиба подвешивания на единицу высоты (обычно – на 1 мм). Жесткость определяется как отношение вертикальной нагрузки к прогибу. Иногда для характеристики подвешивания используют понятие гибкости, которая является величиной обратной жесткости. Гибкость рессорного подвешивания характеризует величину прогиба под действием единицы нагрузки.

Тяговый привод тепловозов

Тяговый привод предназначен для передачи вращающего момента к колесным парам и создания ими во взаимодействии с рельсами силы тяги. В тепловозах с электрической передачей мощности различают групповой и индивидуальный привод колесных пар. При групповом приводе все колесные пары тележки приводятся от одного электродвигателя, а при индивидуальном – на каждую пару приходится свой электродвигатель. Групповой привод не нашел применения в отечественном тепловозостроении из-за сложности конструкции.

В зависимости от способа подвешивания тягового электродвигателя индивидуальный привод разделяют на привод с опорно-осевым подвешиванием и опорно-рамным подвешиванием электродвигателей.

При опорно-осевом подвешивании (рис. 3.14,а) тяговый электродвигатель 1, с одной стороны, опирается через моторно-осевые подшипники 2 на ось 3 колесной пары, а с другой – подвешивается к раме тележки 4 при помощи упругой подвески 5. Моторно-осевые подшипники скольжения состоят из двух вкладышей, выполненных из свинцовистой бронзы. Верхний вкладыш вставляется в расточку остова электродвигателя, а нижний – в крышку, притягиваемую болтами к остову. В крышке имеется ванна для смазочного масла, которое подается в зазор между осью колесной пары и вкладышами при помощи набивки из полушерстяной пряжи или “польштера”, состоящего из двух войлочных пластин с хлопчатобумажными фитилями между ними.

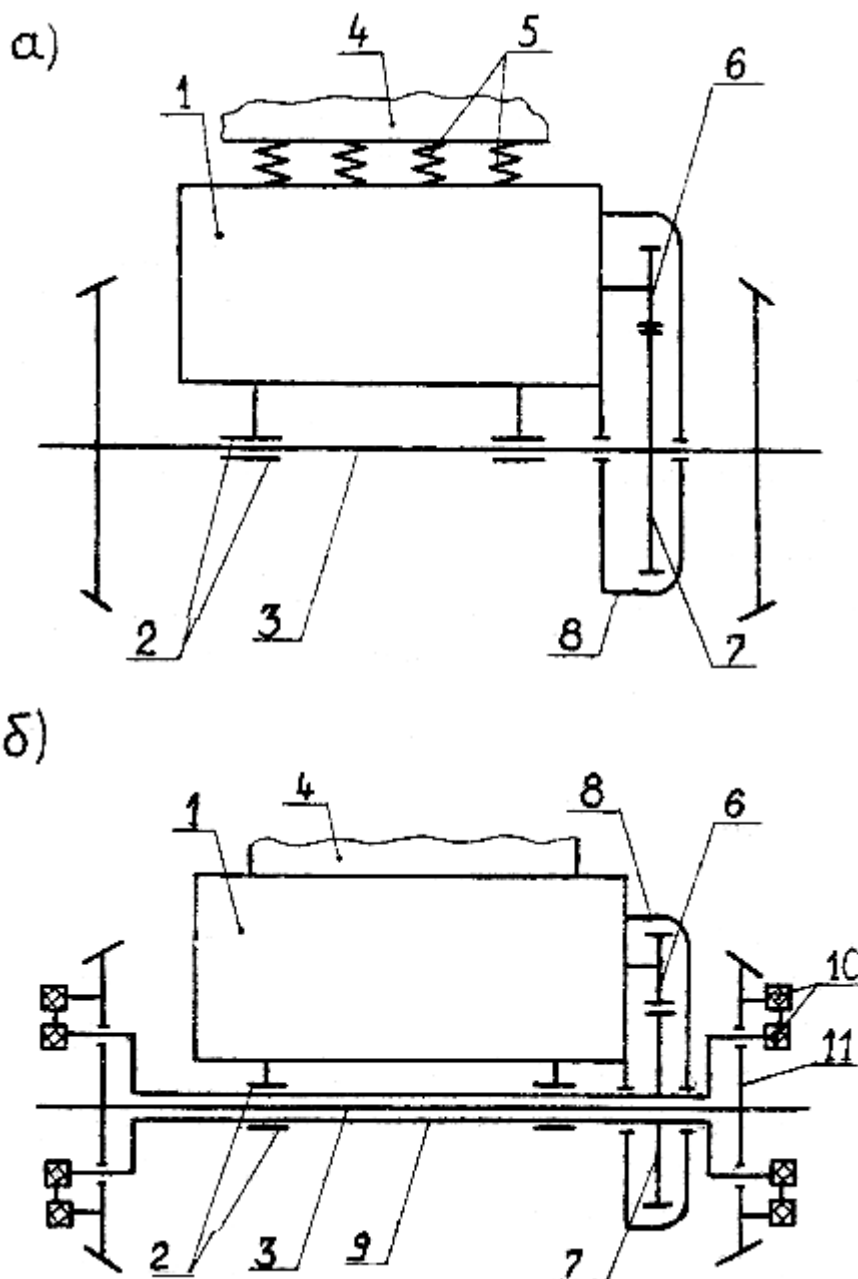


Рис. 3.14. Схемы тяговых приводов

Упругая подвеска 5 (рис. 3.14,а) представляет собой пружинный комплект, состоящий из четырех цилиндрических пружин и двух балочек. Пружинный комплект закрепляется между выступами кронштейна рамы тележки.

Вращающий момент от электродвигателя к колесной паре передается через одноступенчатый цилиндрический редуктор, состоящий из шестерни 6 и зубчатого колеса 7. Шестерня напрессована на вал электродвигателя, а зубчатое колесо – на ось колесной пары. Для защиты от воздействия внешних условий тяговый редуктор огражден кожухом 8. Кожух состоит из двух половин, изготовленных из листовой стали способом сварки, он укрепляется на остова электродвигателя тремя болтами. Нижняя часть кожуха является емкостью для смазки. В качестве последней используют осерненную смазку типа СТП, обладающую большой “липкостью”.

Основным недостатком привода с опорно-осевым подвешиванием тяговых электродвигателей является увеличение неподрессоренных масс (примерно 50% массы электродвигателя и 100% массы кожуха), что вызывает повышенные динамические нагрузки. Преимущество заключается в реализации большей по величине силы тяги, зависящей от межцентрового расстояния (расстояния между осями вращения колесной пары и вала электродвигателя). Поэтому такой привод применяется преимущественно на серийных грузовых и маневровых тепловозах (ТЭМ2, ТЭМ7, М62, 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, 2ТЭ116, ЧМЭЗ и др.).

На пассажирских и мощных грузовых тепловозах применяют тяговый привод с опорно-рамным подвешиванием тяговых электродвигателей. Существуют различные конструкции тягового привода при опорно-рамном подвешивании. На рис. 3.14 б приведена схема опорно-рамного привода, примененная на тепловозах ТЭП60. В этой конструкции тяговый электродвигатель 1 с кожухом 8, закрепленным к нему пятью болтами, полностью подвешивается к раме тележки 4, то есть полностью подрессорен. Моторно-осевые подшипники 2 двигателя не опираются на ось 3 колесной пары, а охватывают полый вал 9. Радиальный зазор между полым валом и осью колесной пары составляет 35 мм, что исключает соприкосновение их при колебаниях ходовых частей. На полом валу закреплено зубчатое колесо 7.

Вращающий момент от электродвигателя передается через одноступенчатый цилиндрический редуктор (шестерню 6 и зубчатое колесо 7), полый вал 9, эластичные муфты 10 на колесные центры 11 колесной пары. Эластичная муфта состоит из траверсы, поводков, резинометаллических амортизаторов, соединительных валиков и деталей крепления.

Преимуществом привода с опорно-рамным подвешиванием является значительное уменьшение неподрессорных масс тепловоза, а следовательно, его воздействие на верхнее строение пути уменьшается. Недостаток – усложнение конструкции и реализация меньшей по величине силы тяги, из-за увеличения межцентрового расстояния (520 мм против 468,8 мм у привода с опорно-осевым подвешиванием). Так, при одинаковой мощности тягового электродвигателя, сила тяги при опорно-рамном подвешивании в два раза меньше – по сравнению с опорно-осевым подвешиванием.

Одной из характеристик привода является передаточное число тягового редуктора, определяемое как отношение числа зубьев зубчатого колеса к числу зубьев шестерни. В современных тепловозах при модуле зубчатого зацепления $m = 10$ мм приняты следующие передаточные числа тягового редуктора: у маневровых – 3,65...5,07; у грузовых – 4,32...4,41; у пассажирских – 2,32...3,12.

4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛОКОМОТИВОВ

4.1. Способы обслуживания поездов локомотивами

Для обеспечения перевозочного процесса на сети железных дорог построены локомотивные депо. В их состав входят участки для технического обслуживания и ремонта локомотивов, административные и социально-бытовые помещения, склад нефтепродуктов, склад песка, устройства для снабжения (экипировки) локомотивов, песком, топливом, маслами, смазками и водой. Депо имеет свои рельсовые пути, соединенные с рельсовыми путями станции.

Депо делятся на основные и оборотные. К основному депо приписан парк локомотивов. Оно размещается в городах и других крупных населенных пунктах, где постоянно проживают рабочие депо и локомотивные бригады.

В оборотном депо нет своих локомотивов. Здесь локомотивы основного депо меняют направление движения, предварительно пройдя экипировку.

Основное депо размещается между двумя оборотными депо. На участке между этими оборотными депо водят поезда локомотивы. Одно направление движения поездов четное, а противоположное – нечетное. Оборотное депо – общее для двух соседних основных депо.

Способов обслуживания поездов локомотивами имеется несколько (рис. 4.1).

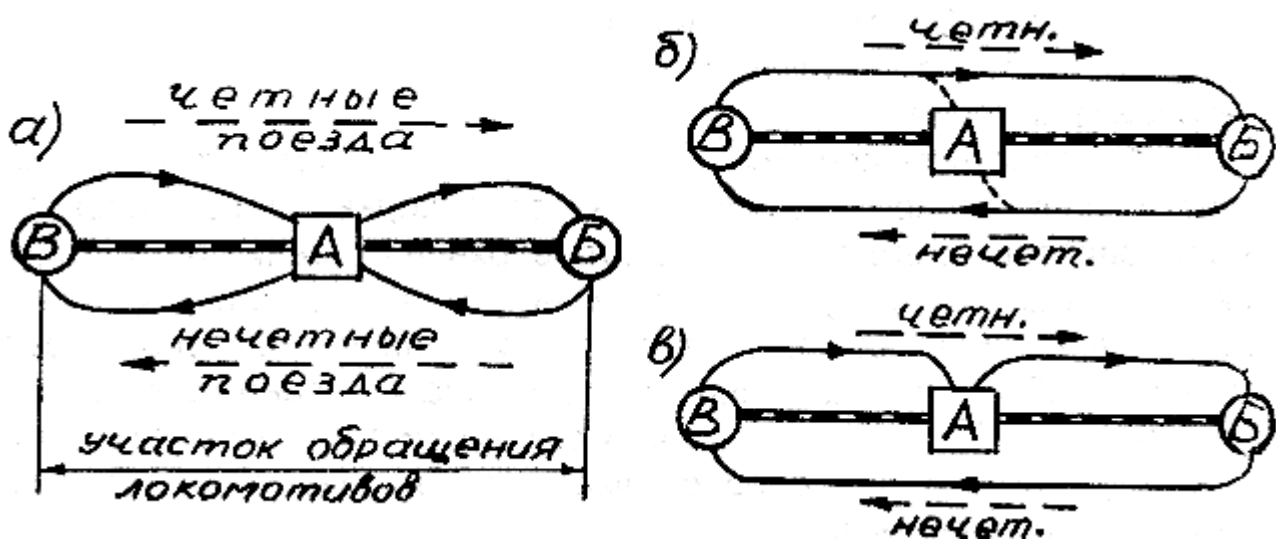


Рис. 4.1. Способы обслуживания поездов локомотивами: а) плечевой; б) кольцевой; в) петлевой; А – основное депо; Б, В – оборотные депо

При плечевом способе локомотив выходит из основного депо А на станционные пути, где прицепляется к четному поезду и ведет его до станции оборотного депо Б. Здесь он оставляет поезд на станционных путях и следует в депо Б, где экипируется и ожидает нечетный поезд. По прибытии поезда локомотив выходит на станционные пути и ведет его до станции А. Оставляет его на станционных путях и следует в депо А. Аналогично, другой локомотив отведет в депо В нечетный поезд, обратно приведет четный поезд и тоже вернется в депо А.

При кольцевом способе локомотивы водят поезда также на участке В-А-Б, но без захода в основное депо А в течение нескольких суток. Для полной или частичной экипировки экипировочные устройства размещаются на станционных путях станции А, в месте остановки локомотивов с поездами, и в оборотных депо Б и В.

При петлевом способе локомотив выходит из депо А на станционные пути и ведет поезд в депо В. Возвращается с другим поездом на станцию А и без отцепки и захода в депо А следует в депо Б. В депо Б он меняет поезд и, возвратившись на станцию А, уходит в депо А.

Способ обслуживания поездов выбирается в зависимости от конкретных факторов, исходя из условия экономической целесообразности.

4.2. Рабочее время локомотивных бригад

Ведет локомотив и обслуживает его в пути локомотивная бригада, состоящая из машиниста локомотива и его помощника. Недельная норма рабочего времени бригады составляет 41 час. При этом продолжительность рабочего времени одной поездки составляет 7–8 часов. Рабочее время исчисляется с момента явки до момента окончания сдачи локомотива после работы. При малом расстоянии между основным и оборотным депо бригада успевает в течение рабочего времени (7...8 часов) сделать один оборот (А–Б–А или А–В–А) и отдыхает по месту жительства в течении времени: $T_{о.осн} = 1,92 T'_{бр}$, час; где $T'_{бр}$ – фактическое время работы бригады перед отдыхом, час; 1,92 – коэффициент отдыха при пятидневной рабочей неделе.

При более длинном участке А–Б или А–В бригада за рабочее время успевает привести поезд только в оборотное депо Б или В и отдыхает здесь в доме отдыха локомотивных бригад не менее, час:

$$T_{о.об.} > 0,5 T'_{бр.}$$

Если длина участков А – Б или А – В очень большая, то рабочее время бригады истекает на промежуточной станции, где оборудуется дом отдыха локомотивных бригад. Время отдыха составит не менее, час:

$$T_{о.п} > 0,5 T'_{бр.}$$

Когда бригада вернется в основное депо ей предоставляется отдых равный, час

$$T_{о.осн.} = 1,92 T'_{бр} - T_{о.об.} \text{ или } T_{о.осн.} = 1,92 T'_{бр} - T_{о.об} - T_{о.п.}$$

4.3. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов

Для надежной работы локомотивов и безопасного движения поездов предусмотрены техническое обслуживание (ТО), текущий ремонт (ТР) и капитальный ремонт (КР) локомотивов.

Их периодичность и длительность зависит от серии тепловозов. В табл. 4.1 приведены нормы для грузового двухсекционного тепловоза 2ТЭ10В.

Таблица 4.1

Нормы пробегов и простоев 2ТЭ10В

Виды ТО и ремонта	ТО1	ТО2	ТО3	ТР1	ТР2	ТР3	КР1	КР2
Норма пробега, тыс. км	—	24 - 48 час	9,0	45	120	230	630	1260
Простой, сут	—	1 час	10 час	40 час	5	6	10,8	12,5

Техническое обслуживание ТО-1 проводится локомотивными бригадами при сдаче и приемке локомотива, а также при стоянках с поездом на промежуточных станциях, путем внешнего осмотра и обстукивания креплений тормозной системы, экипажа, привода скоростемера, песочной системы, осмотра электрических машин и аппаратов, систем дизеля. Факт сдачи и приемки локомотива бригадами подтверждается подписями обоих машинистов в журнале тепловоза. На сдачу – прием локомотива (2ТЭ10В, 2ТЭ116, 2М62) на деповских путях отводится 20 мин, на станционных путях – 16 мин.

Техническое обслуживание ТО-2 проводится через 24...48 часов в цехе депо, целесообразнее оборотного, специализированной бригадой слесарей под руководством мастера. Для удобства работы вдоль локомотива на уровне его входных дверей оборудуются площадки, а между рельсами – смотровая канава глубиной 1,2 м. Одновременно с ТО-2 проводится экипировка тепловоза, оборудование для этого размещено в цехе.

Техническое обслуживание ТО-3 осуществляется в основном депо специализированными бригадами. Здесь вскрываются основные и вспомогательные агрегаты с оценкой их износа, с регулировкой и необходимыми заменами деталей, узлов и агрегатов.

Объем работ при текущих ремонтах (ТР-1, ТР-2, ТР-3) и капитальных ремонтах (КР-1, КР-2) в данном пособии не рассматривается.

5. ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ “НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ”

Исходные данные для расчета параметров, приведенных в разделах 5.1 и 5.2, представлены в табл. 5.1.

**Данные для расчета основных характеристик дизеля и электропередачи
мощности тепловоза**

Номер задания	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тип тепловоза	Г	П	М	Г	П	М	Г	П	М	Г
Эффективная мощность дизеля N_e , кВт	2800	2300	800	3000	2500	1000	3200	2700	1200	3400
Нагрузка на ось теп-за $P_{оси}$, кг	23500	23000	22600	23900	23300	22800	24300	23600	23000	24700
Диаметр колеса D_k , м	1,02	1,2	0,95	1,03	1,3	0,955	1,04	1,4	1,0	1,05
Максимальная скорость движения тепловоза V_{max} , км/час	100	135	70	110	140	80	120	145	90	130

Для студентов колледжей номер задания соответствует номеру фамилии студента в журнале группы. При этом 0 следует считать за № 10. Для студентов заочной формы обучения это последняя цифра шифра зачетной книжки. Буквы Г, П, М обозначают тип тепловоза: грузовой, пассажирский, маневровый. Студенты специальности “Локомотивы” выполняют все четыре раздела курсовой работы, студенты других специальностей – только разделы 5.1 и 5.2.

5.1. Расчеты основных характеристик дизеля

Диаметр цилиндров дизеля определяется по уравнению

$$d = \sqrt[3]{\frac{0,0382 N_e \tau}{K P_e n_{d \max} i}} = \sqrt[3]{\quad} = 0,19 \dots 0,3 \text{ м,} \quad (1)$$

где τ – тактность дизеля. Дизель следует принимать четырехтактным ($\tau = 4$), но если диаметр цилиндра окажется более 0,3 м, то – двухтактным ($\tau = 2$); $K = S/d = 1 \dots 1,35$ – отношение хода поршня к диаметру; p_e – среднее эффективное давление газов на поршни, которое для четырехтактных дизелей равно 0,8...2 МПа, для двухтактных – 0,6...1 МПа; $i = 6 \dots 20$ – число цилиндров; $n_{d \max}$ – максимальная рабочая частота вращения вала дизеля, равная 750...1100 1/мин. Для грузовых и пассажирских тепловозов принимают большие обороты, для маневровых – меньшие.

В данном пункте показано, как делать расчет характеристики. Если поясняется значение символов в формуле, то после размерности результата расчета ставится запятая, а с новой строки пишут – где. Переписывать рекомендации не надо. Например, пишете: где $\tau = 4$ – тактность дизеля; $k = 1$

– отношение хода поршня к диаметру; $p_e = 1,5$ – среднее эффективное давление, Мпа.

Символ поясняется всего один раз в задании или в тексте отчета по курсовой работе.

Ход поршня, м, вычисляется по формуле

$$S = d K. \quad (2)$$

Средняя скорость движения поршня, м\с, рассчитывается по формуле

$$C_m = S n_{d \max} / 30 \quad (3)$$

Компоновка дизеля – при $i = 6 \dots 10$ рекомендуется рядная (рис. 5.1, а), а при $i = 8 \dots 20$ рекомендуется V – образная (рис. 5.1, б) компоновка. При выполнении рисунка ставят не H, L, B , а их значение в мм (мм не пишутся).

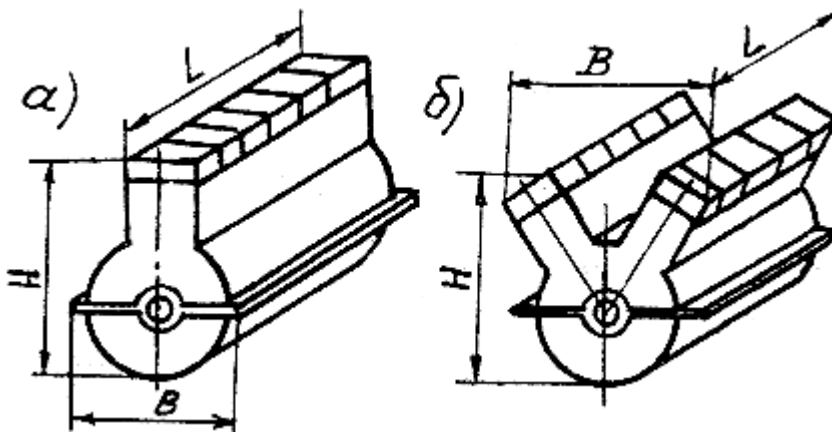


Рис. 5.1. Компоновка дизеля: а – рядная, б – V-образная

Длина дизеля, м, определяется по формуле

$$L = L_0 i \leq 6, \quad (4)$$

где $L_0 = a_1 d$; $a_1 = 1,4 \dots 1,8$. Меньшее значение a_1 , принимают при V-образном дизеле.

Ширина дизеля, м,

$$B = a_2 d = (2,5 \dots 6) d. \quad (5)$$

Высота дизеля, м,

$$H = a_3 d = (6 \dots 9) d \quad (6)$$

Масса дизеля, кг,

$$M = N_e g, \quad (7)$$

где g – удельная масса дизеля, кг/кВт; двухтактные имеют – $g = 6 \dots 3,5$, четырехтактные – $g = 6 \dots 18$.

Часовой расход топлива дизелем, кг\час,

$$B_{\text{ч}} = b_e N_e, \quad (8)$$

где $b_e = 0,20 \dots 0,23$ – удельный эффективный расход топлива, кг/кВт ч.

Эффективный коэффициент полезного действия (КПД), %,

$$\eta_e = \frac{3600 N_e}{B_{\text{ч}} H_H} 100, \quad (9)$$

где $H_H = 41000$ – теплота сгорания дизельного топлива, кДж/кг.

5.2. Расчет электрической передачи мощности тепловоза

Расчет производится для одной секции тепловоза.

Расчет электрических параметров генератора

Свободная мощность дизеля, переданная генератору, кВт,

$$N_{\text{св}} = N_e - \Delta N, \quad (10)$$

где ΔN – мощность, затраченная дизелем на привод вспомогательных агрегатов тепловоза; $\Delta N = (0,08 \dots 0,11) N_e$

Мощность, выдаваемая генератором, кВт

$$P_{\text{г}} = N_{\text{св}} \eta_{\text{г}}, \quad (11)$$

где $\eta_r = 0,93 \dots 0,95$ – КПД генератора.

Выбор типа генератора

Габариты подвижного состава и условия коммутации и позволяют принять генератор постоянного тока, если $P_r \cdot n_{d \max} < 2 \cdot 10^6$; если $P_r \cdot n_{d \max} > 2 \cdot 10^6$, то принимают генератор переменного тока с выпрямительной установкой.

Выбор схемы подключения ТЭД к генератору

При $N_e > 1500$ кВт выбирается параллельная схема подключения ТЭД. Для маневровых тепловозов принимается параллельно-последовательное соединение с двумя параллельными цепями – по три ТЭД. Принятую схему приводят на рис. 5.2 (см. также рис. 2.1).

Максимальное напряжение генератора

При передаче переменного тока $U_{r \max} = 500 \dots 750$ В, при передаче постоянного тока $U_{r \max} = 700 \dots 850$ В, для маневрового тепловоза $U_{r \max} = 650 \dots 750$ В.

Длительное напряжение и ток генератора на расчетном подъеме.

$$U_{r \infty} = \frac{U_{r \max}}{K_{ru}}, \quad (12)$$

□

где $K_{ru} = 1,4; 1,5; 1,6$ – коэффициент регулирования генератора по напряжению

$$J_{r \infty} = \frac{P_r \cdot 10^3}{U_{r \infty}} \quad (13)$$

Минимальное напряжение и ток генератора

$$J_{r \min} = \frac{P_r \cdot 10^3}{U_{r \max}}, \quad (14)$$

$$U_{r \min} = \frac{P_r \cdot 10^3}{J_{r \max}}, \quad (15)$$

$$J_{Г\max} = K_{ГJ} J_{Г\min}, \quad (16)$$

где $K_{ГJ} = 1,8 \dots 2,2$ – коэффициент регулирования генератора по току.

Построение внешней характеристики генератора

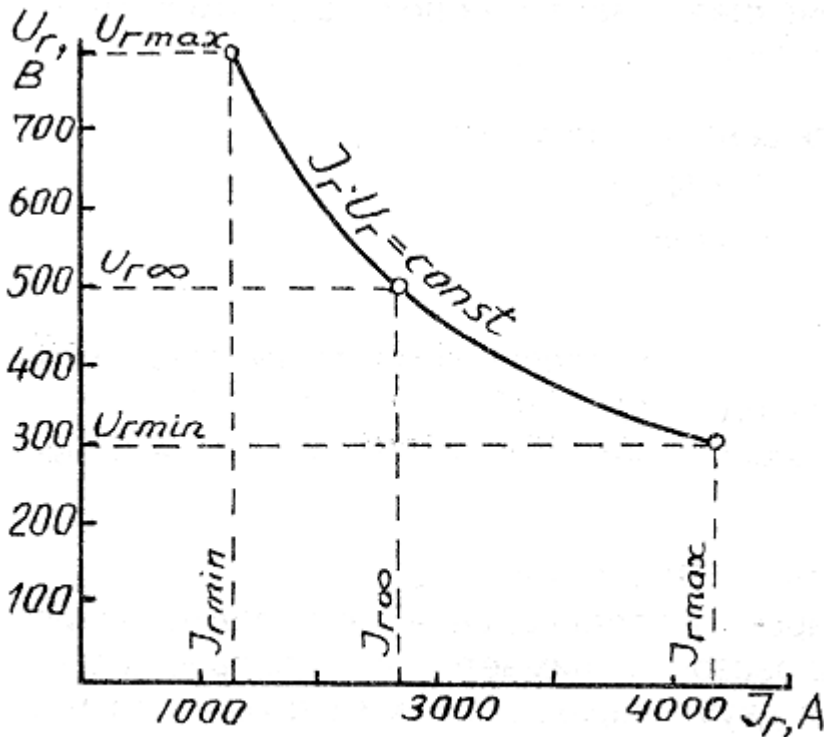


Рис. 5.2. Внешняя характеристика генератора

Внешней характеристика называется потому, что строится по параметрам генератора на последней позиции КМ. Характеристики для более низких позиций были бы под ней. Её схема приведена на рис. 5.2. Для построения характеристики необходимо на осях $U_{Г}$ и $J_{Г}$ нанести соответствующие масштабные сетки чисел. Затем найти три точки и по ним построить характеристику.

Сила тяги и расчетная скорость

Сила тяги на расчетном подъеме, кН

$$F_{кр} = 0,00981 P_{сц} \varphi_{кр}, \quad (17)$$

где $P_{сц} = P_{оси} m$ – сцепная масса тепловоза, кг; m – число осей тепловоза, равное шести; $P_{оси}$ – нагрузка на ось (см. задание); $\varphi_{кр}$ – коэффициент сцепления колес с рельсом на расчетном подъеме, который можно принять равным для грузовых тепловозов $0,18 \dots 0,2$, для пассажирских $0,13 \dots 0,15$ и маневровых $0,14 \dots 0,16$.

Скорость тепловоза на расчетном подъеме, км\час

$$V_p = \frac{3,6N_{св} \eta_{эп}}{F_{кр}}, \quad (18)$$

где $\eta_{эп} = 0,84$ – КПД электропередачи.

Расчет характеристик ТЭД

Токи якорей ТЭД, А

$$J_{ТЭД \max} = \frac{J_{г \max}}{C}, \quad J_{ТЭД \infty} = \frac{J_{г \infty}}{C}, \quad J_{ТЭД \min} = \frac{J_{г \min}}{C}, \quad (19)$$

где C – число параллельных цепей электропередачи.

Перестройка универсальной характеристики ТЭД в скоростную характеристику ТЭД

Универсальная характеристика ТЭД приведена на рис. 5.3.

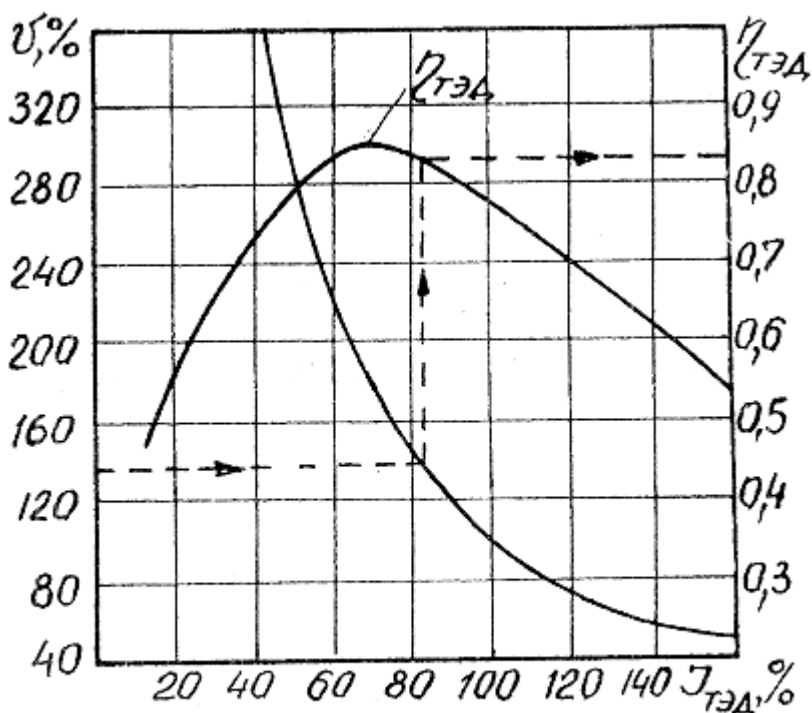


Рис. 5.3. Универсальная процентная характеристика ТЭД

В курсовой работе приводится этот же рисунок, только по оси ординат будут скорости движения тепловоза V в км/час, а по оси абсцисс – ток ТЭД в амперах. Пересчеты производятся по формулам $V = (V, \% V_p) \setminus 100$, а $J_{ТЭД} = (J_{ТЭД}, \% J_{ТЭД \infty}) \setminus 100$. Расчеты V и $J_{ТЭД}$ в отчет не включаются. Рис. 5.3 изменит название на скоростную характеристику ТЭД.

Длительная мощность ТЭД, кВт,

$$P_{\text{тэд}\infty} = \frac{P_{\text{г}} \eta_{\text{тэд}\infty}}{m}, \quad (20)$$

где $\eta_{\text{тэд}}$ – КПД ТЭД при V_p (рис. 5.3). Нахождение КПД ТЭД показано на перестроенном рисунке штрихпунктиром со стрелками.

Длительные обороты якоря ТЭД, 1/мин,

$$n_{\text{тэд}\infty} = n_{\text{тэд max}} \frac{V_p}{V_{\text{max}}}, \quad (21)$$

где $n_{\text{тэд max}} = 2200 \dots 2300$ 1/мин.

Диаметр якоря ТЭД, м

$$D_{\text{я}} = K_{\text{я}} \sqrt{P_{\text{тэд}\infty} / n_{\text{тэд}\infty}}, \quad (22)$$

где $K_{\text{я}} = 0,6 \dots 0,7$

Максимальная скорость якоря, м/с

$$V_{\text{я max}} = \frac{\pi D_{\text{я}} n_{\text{тэд max}}}{60}, \quad (23)$$

Передаточное число осевого редуктора

$$i_{\text{ор}} = 3,6 \frac{D_{\text{к}} V_{\text{я max}}}{D_{\text{я}} V_{\text{max}}}, \quad (24)$$

Расчет и построение регулировочной характеристики электропередачи

Скорость по ограничению максимального тока генератора, км/ч

$$V_{\text{ок}} = V_p \left(J_{\text{г}\infty} / J_{\text{г max}} \right)^{1,5}, \quad (25)$$

Скорость тепловоза при переходе на первое ослабленное поле ТЭД, км/час,

$$V_1 = V_p \infty K_{\text{гу}}^{1,5}, \quad (26)$$

Коэффициент ослабления поля ТЭД при первом переходе

$$\beta_1 = \sqrt{K(V_p / V_{\max})^2}, \quad (27)$$

где $K = 6,62$ при $K_{\text{гу}} = 1,6$; $K = 5,0$ при $K_{\text{гу}} = 1,5$; $K = 3,88$ при $K_{\text{гу}} = 1,4$. Если $\beta_1 \leq 0,7$, предусматривают вторую степень ослабления поля ТЭД.

Скорость тепловоза при втором ослаблении поля ТЭД, км\ч,

$$V_2 = V_1 / \beta_1^{0,5} \quad (28)$$

Ток и напряжение генератора в начале первого перехода

$$J_{\Gamma(V1)} = J_{\Gamma\infty} / \left(\frac{V_1}{V_p}\right)^{0,66}, \quad U_{\Gamma(V1)} = P_{\Gamma} 10^3 / J_{\Gamma(V1)} \quad (29)$$

Ток и напряжение генератора в конце первого перехода

$$J_{\Gamma(\text{оп1})} = J_{\Gamma\infty} / \left(\frac{V_1 \sqrt{\beta_1}}{V_p}\right)^{0,66}, \quad U_{\Gamma(\text{оп1})} = P_{\Gamma} 10^3 / J_{\Gamma(\text{оп1})}, \quad (30)$$

Ток и напряжение в начале второго перехода

$$J_{\Gamma(V2)} = J_{\Gamma(V1)}, \quad U_{\Gamma(V2)} = U_{\Gamma(V1)} \quad (31)$$

Ток и напряжение генератора в конце второго перехода

$$J_{\Gamma(\text{оп2})} = J_{\Gamma\infty} / \left(\frac{V_2 \beta_1}{1,2 V_p}\right)^{0,66}, \quad U_{\Gamma(\text{оп2})} = P_{\Gamma} 10^3 / J_{\Gamma(\text{оп2})}, \quad (32)$$

Построение регулировочной характеристики электропередачи

Регулировочная характеристика электропередачи строится по данным расчетов, как показано на рис. 2.6.

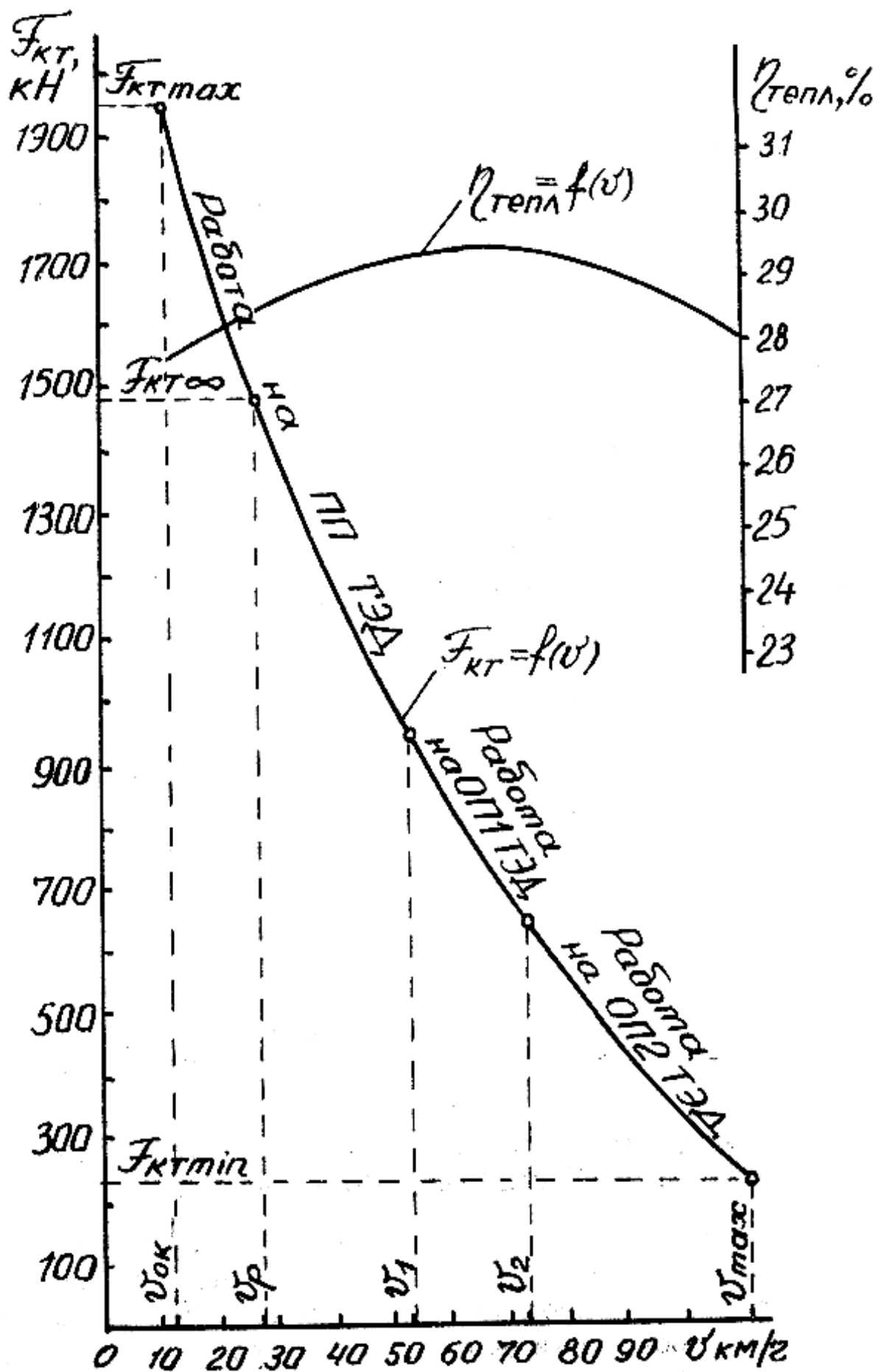
Расчет тяговой характеристики тепловоза

Расчет сводится в табл. 5.1.

Данные для построения тяговой характеристики

V , км/час	$V_{ок}$	30	40	50	60	и т.д.	V_{max}
$\eta_{тэд}$							
N_k , кВт							
$F_{к\text{ тепл}}$, кН							
$\eta_{тепл}$, %							

В табл. 5.1 $\eta_{тэд}$ определяется по скоростной характеристике ТЭД (рис. 5.3).



Касательная мощность тепловоза, кВт

$$N_k = P_r \eta_{зп} \eta_{тэд}, \quad (33)$$

где $\eta_{зп} = 0,985$ – КПД осевого редуктора.

Сила тяги тепловоза, кН,

$$F_{к.тепл.} = 3,6 \frac{N_k}{V}, \quad (34)$$

Коэффициент полезного действия тепловоза, %,

$$\eta_{тепл.} = \frac{3600N_k}{B_{ч}H_H} 100 \quad (35)$$

Построение тяговой характеристики одной секции тепловоза

Строится тяговая характеристика (рис. 5.4) по данным табл. 5.1. Для этого на осях $F_{к.тепл.}$ и V наносятся масштабные сетки чисел.

Расчетная масса состава

Определяем основное удельное сопротивление движению \overline{W} локомотива и вагонов

– для локомотива, Н\кН

$$\overline{W}'_0 = 1,9 + 0,01 V_p + 0,0003 V_p^2 \quad (36)$$

– для четырехосного груженого вагона, Н\кН

$$\overline{W}''_{04} = 0,7 + \frac{3 + 0,1V_p + 0,0025V_p^2}{q_{04}}, \quad (37)$$

– для шестиосного груженого вагона, Н\кН

$$\overline{W}''_{06} = 0,7 + \frac{8 + 0,1V_p + 0,0025V_p^2}{q_{06}}, \quad (38)$$

– для восьмиосного груженого вагона, Н\кН

$$\overline{W}''_{08} = 0,7 + \frac{6 + 0,038V_p + 0,0021V_p^2}{q_{08}}, \quad (39)$$

– для пассажирского груженого вагона, Н\кН

$$\overline{W}''_{оп} = 0,7 + \frac{8 + 0,18V_p + 0,003V_p^2}{q_{оп}}, \quad (40)$$

где $q_{04} = q_4 \setminus 4$; $q_{06} = q_6 \setminus 6$; $q_{08} = q_8 \setminus 8$; $q_{оп} = q_n \setminus 4$ – средняя нагрузка на ось вагона, т\ось.

В расчете следует принять массы груженых вагонов равными: $q_4 = 88\text{ т}$; $q_6 = 126\text{ т}$, $q_8 = 168\text{ т}$; $q_n = 58\text{ т}$.

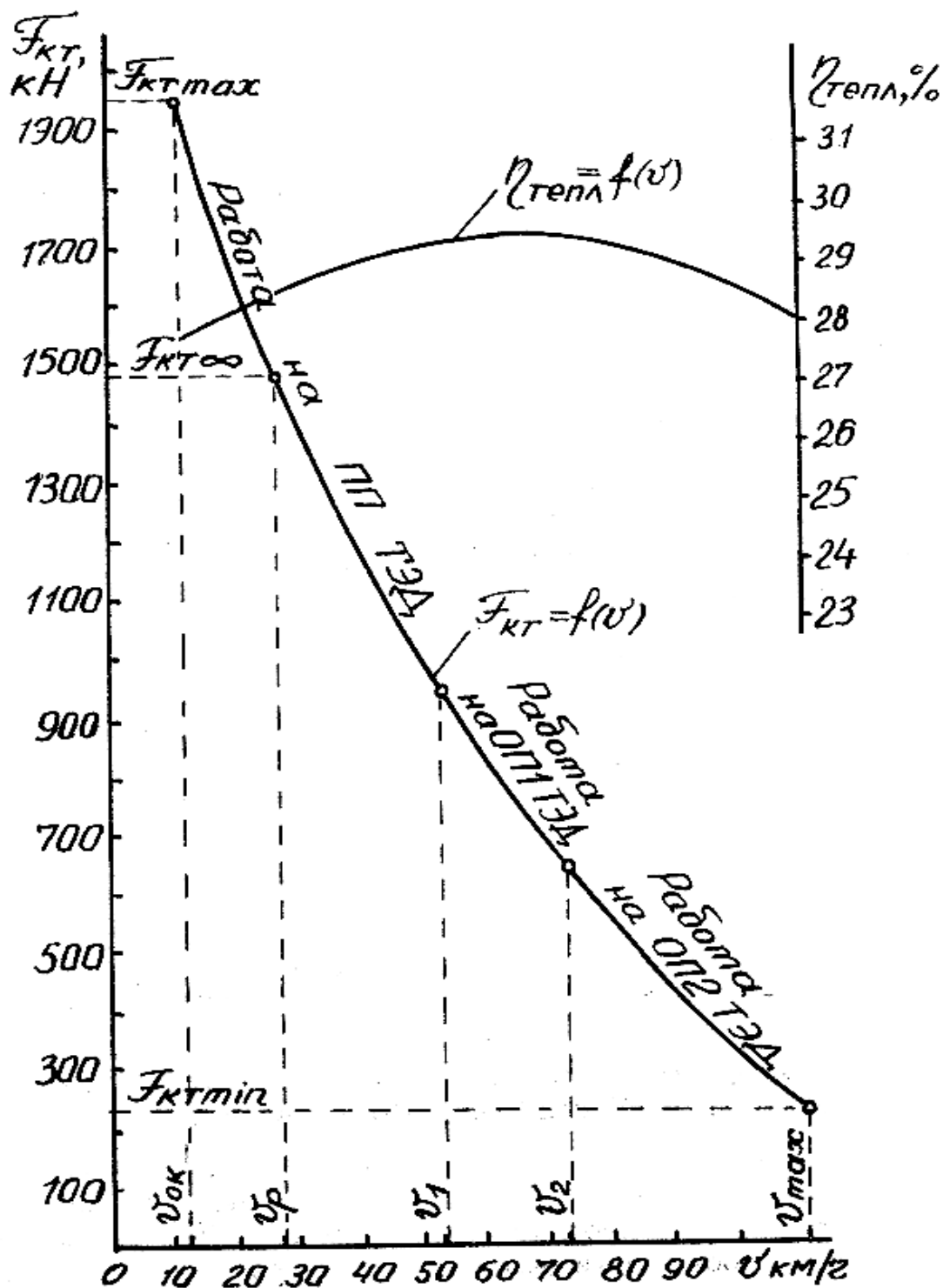


Рис. 5.4. Тяговая характеристика тепловоза

Основное удельное сопротивление движению грузовых вагонов поезда, Н/кН ,

$$w''_o = \alpha w''_{o4} + \beta w''_{o6} + \gamma w''_{o8}, \quad (41)$$

где α, β, γ – массовая доля вагонов в поезде (табл. 5.2)

Массовые доли вагонов в поезде

Номер задания	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тип тепловоза	Г	П	М	Г	П	М	Г	П	М	Г
Доля 4-х осн., α	0,82		0,83	0,82		0,86	0,90		0,85	0,9
Доля 6-и осн., β	0,03		0,02	-		-	0,02		-	0,03
Доля 8-и осн., γ	0,15		0,15	0,18		0,14	0,08		0,15	0,07
Уклон расчетного подъема, ‰	9	10	11	9	8	8	12	10	11	12

Для пассажирского поезда, $H \setminus H w''_o = w''_{оп}$

Масса поезда для одной секции локомотива

$$Q = \frac{F_{кр} - P_{сц} g(\omega'_o - i\text{‰})}{g(\omega''_o + i\text{‰})}, \quad (42)$$

где $g = 9,81$ – ускорение свободного падения, m/s^2 ; $F_{кр}$ в Ньютонах; $P_{сц}$ в тоннах.

Длина грузового и маневрового поезда, м,

$$l_n = 15 m_4 + 17 m_6 + 20 m_8 + 17 + 10 = 15 \frac{\alpha Q}{q_4} + 17 \frac{\beta Q}{q_6} + 20 \frac{\gamma Q}{q_8} + 17 + 10 \quad (43)$$

Длина пассажирского поезда, м,

$$l_n = 25 \frac{Q}{q_n} + l_{лок} + 10, \quad (44)$$

где 15, 17, 20, 25 – длина по автосцепке вагонов и локомотивов, м; m_4 , m_6 , m_8 – количество вагонов, округленное до целого числа.

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ НА ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ “ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ВПИСЫВАНИЕ ТЕПЛОВОЗА”

						10Л	10В	10М	116	60
1. Длина тепловоза L_T , м	16,97	17,22	21,50	16,97	17,40	16,97	16,97	16,97	18,15	19,25
2. Колесная база L_K , м	12,80	12,60	17,20	12,80	12,80	12,80	12,67	12,67	13,70	15,0
3. Межшкворневое расстояние, $L_{ш,м}$	8,6	8,6	10,9	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	9,6	10,2*
4. Смещение шкворня по отношению средней оси тележки, $\ell_{ш, м}$	0	0	0	0	0	0	0,185	0,185	0,185	0,01*
5. База тележки ℓ_T , м	4,2	4,0	6,3	4,2	4,2	4,2	3,7	3,7	3,7	4,6
6. Расстояние между первой и второй осями тележки ℓ_0 , м	2,10	2,0	2,10	2,10	2,10	2,10	1,85	1,85	1,85	2,40

* Указаны для условных осей поворота тележек (“фиктивных шкворней”)

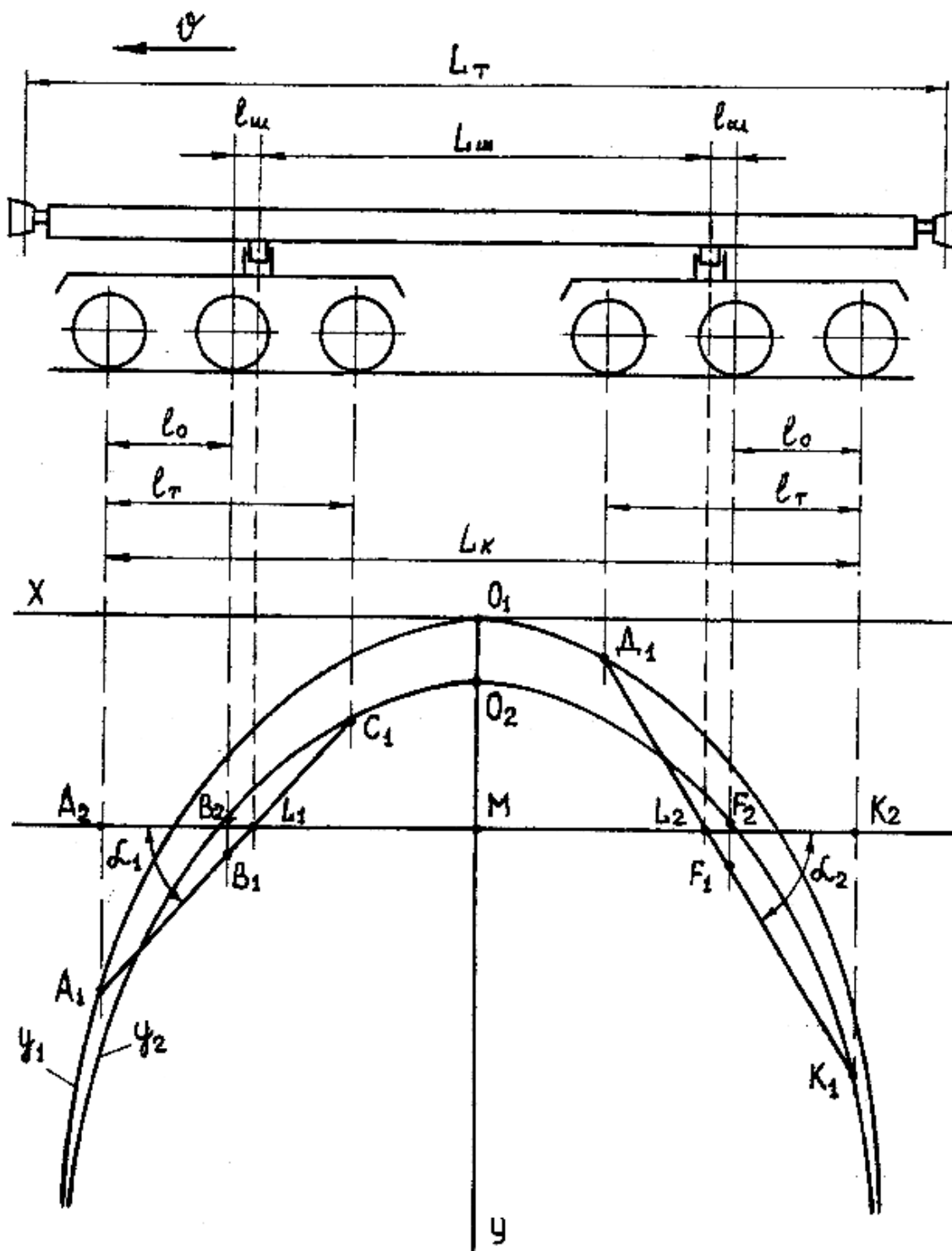


Рис. 6.1. Геометрическое вписывание экипажа

6.2 Порядок выполнения геометрического вписывания

На листе формата А3 (рекомендуется миллиметровая бумага) изображается в масштабе $m_x = 1 : 100$ ($m_x = 0,01$) схема экипажа одной секции тепловоза – образца с указанием положения всех осей и центров поворота тележек, как показано на рис. 6.1.

Под схемой экипажа строятся оси координат X и Y. Затем от точек O_1 и O_2 в обе стороны строятся ветви наружной y_1 и внутренней y_2 парабол, которые рассчитываются, соответственно, по уравнениям:

$$y_1 = \frac{m_y}{m_x^2 2R_{кр}} x^2 \quad \text{и} \quad y_2 = y_1 + (\lambda + \Delta) m_y,$$

где m_y – масштаб поперечных зазоров (принимается $m_y = 1$); $R_{кр}$ – радиус кривой, мм (величина задана в исходных данных); x – величина, которой задаются ($x = 0, 20, 40 \dots 120$ мм); λ – зазор между гребнями колесных пар и головками рельсов, имеющий место в условиях эксплуатации, мм; (зазор λ в условиях эксплуатации для скоростей движения до 120 км/час допускается в пределах $\lambda = 7 \dots 39$ мм); Δ – дополнительное уширение рельсовой колеи в кривом участке пути, мм; (уширение Δ устанавливается в зависимости от величины радиуса кривой $R_{кр}$, и его значения выбираются следующим образом: при $R_{кр} < 300$ м величина $\Delta = 15$ мм; при $300 \leq R_{кр} < 350$ м величина $\Delta = 10$ мм; при $R_{кр} \geq 350$ м величина $\Delta = 0$). Уширение колеи Δ осуществляется за счет смещения внутреннего рельса к центру кривой.

Величина отрезка $[O_1O_2]$ определяется как $[O_1O_2] = (\lambda + \Delta) m_y$. Расчеты ветвей наружной и внутренней парабол рекомендуется свести в таблицу вида.

Результаты расчета парабол

X, мм	0	±20	±40	±60	±80	±100	±120
Y_1 , мм							
Y_2 , мм							

Построенные ветви парабол изображают не рельсы, а “колею зазоров”.

Затем на параболы вертикально проецируются оси крайних колесных пар тележек. Отсутствие зазора между гребнем колесной пары и головкой рельса на диаграмме изображается точками A_1, C_1, D_1, K_1 . Полученные точки A_1, C_1 и D_1, K_1 попарно соединяются отрезками $[A_1C_1]$ и $[D_1K_1]$, которые изображают положение продольных осей тележек. Положение продольных осей тележек на диаграмме искажено из-за разных масштабов по осям координат.

На отрезки $[A_1C_1]$ и $[D_1K_1]$ вертикально проецируются центры поворота тележек (точки L_1 и L_2). Через точки L_1 и L_2 проводится отрезок длиной $m_x L_T$, который изображает положение продольной оси тепловоза.

Углы поворота передней и задней тележек по отношению к продольной оси тепловоза рассчитываются в градусах по формулам, соответственно

$$a_1 = \arctg \frac{[A_1A_2] m_x}{[A_2L_1] m_y} \text{ и } a_2 = \arctg \frac{[K_1K_2] m_x}{[K_2L_2] m_y} .$$

Требуемый разбег средних колесных пар передней и задней тележек определяется в мм, как

$$\Delta L_1 = [B_1B_2]m_y \text{ и } \Delta L_2 = [F_1F_2]m_y.$$

Отклонение продольной оси тепловоза в средней части от оси пути определяется в мм, как

$$\Delta L = ([MO_2] + 0,5[O_1O_2])m_y.$$

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАСЧЕТУ ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО ПАРКА ЛОКОМОТИВОВ

Исходные данные к разделу 7 курсовой работы: расчеты числа локомотивов эксплуатируемого парка, приведены в табл. 7.1.

Таблица 7.1.

Исходные данные к разделу 7 курсовой работы

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Способ обслуживания поездов–кольцевой										
Длина участка обслуживания $L_{об,км}$	450			500			430			
Время движения между станциями, t час, мин	5 ⁴⁰			6 ⁰⁰			5 ³⁰			
Время технического простоя:										
t_A , мин	30	25	25	30	25	25	30	25	25	25
t_B , час, мин	1 ³⁰	1 ²⁵	1 ³⁰	1 ³⁰	1 ²⁵	1 ³⁰	1 ³⁰	1 ²⁵	1 ³⁰	1 ²⁵
t_B , час, мин	1 ⁰⁰	1 ⁰⁵	1 ¹⁰	1 ¹⁰	1 ⁰⁰	1 ⁰⁵	1 ¹⁰	1 ¹⁰	1 ⁰⁵	1 ¹⁰
Число пар поездов, n	Четыре пары									

Парой поездов называют два поезда: один – четного, другой – нечетного направлений. На станции А 25...30 минут затрачивается на частичную экипировку локомотива, смену бригад и опробования тормозов. На станции Б

дополнительно добавляется время на заход в депо для экипировки и выход из депо на пути станции. В депо В проводится дополнительно ТО-2. Четыре пары поездов заданы для уменьшения объема работы.

7.1. Расписание движения поездов

Расписание составляется на базе данных о времени отправления поездов со станций оборотных депо В и Б. Это время указано в табл. 7.2 и будет исходным для всех вариантов, заданных в табл. 7.1.

Таблица 7.2

Составление расписания движения поездов

№ пар поездов	Станция В				Станция А						Станция Б			
	Прибытие		Отправление (задано)		Нечетное			Четное			Прибытие		Отправление (задано)	
	№ поезда	Час, мин	№ поезда	Час, мин	№ поезда	Прибытие	Отправление	№ поезда	Прибытие	Отправление	№ поезда	Час, мин	№ поезда	Час, мин
1	1001	19 ³⁰	1004	2 ³⁰	1001	13 ⁰⁰	13 ³⁰	1004	8 ³⁰	9 ⁰⁰	1004	15 ⁰⁰	1001	7 ⁰⁰
2	1003	0 ³⁰	1006	8 ⁰⁰	1003	18 ⁰⁰	18 ³⁰	1006	14 ⁰⁰	14 ³⁰	1006	20 ³⁰	1003	12 ⁰⁰
3	1005	5 ³⁰	1000	13 ⁰⁰	1005	23 ⁰⁰	23 ³⁰	1000	19 ⁰⁰	19 ³⁰	1000	1 ³⁰	1005	17 ⁰⁰
4	1007	10 ³⁰	1002	21 ³⁰	1007	4 ⁰⁰	4 ³⁰	1002	3 ³⁰	4 ⁰⁰	1002	10 ⁰⁰	1007	22 ⁰⁰

Для примера примем следующие исходные данные:

Способ обслуживания – кольцевой; длина участка обслуживания $L_{обс} = 500$ км; время движения между станциями – 6 часов. В действительности это время разное на каждом плече; время технического простоя $t_A = 30$ мин, $t_B = 1ч 30$ мин, $t_Б = 1$ час; число пар поездов – 4 пары.

Заполним расписание движения поезда № 1004 из станции В через станцию А в станцию Б (табл. 7.2) , используя исходные данные. Он отправляется в 2 часа 30 минут и через 6 часов прибывает на станцию А в 8 часов 30 минут. Через 30 минут он отправляется из станции А и прибывает через 6 часов на станцию Б в 15 часов. Аналогично заполним расписание других четных поездов.

Нечетный поезд № 1001 отправляется из станции Б в 7 часов. И прибывает на станцию А в 13 часов. Через 30 минут он отправляется и через 6 часов прибывает на станцию В в 19 часов 30 минут. Аналогично заполним расписание движения других нечетных поездов.

7.2 Типовой график движения локомотивов

Типовой график составляется по данным табл. 7.2 расписания движения поездов.

Для этого заготавливается табл. 7.3. Затем наносится сплошной линией график движения локомотивов с поездом № 1000 из станцию В через станцию А на станцию Б. Начинается график в 13 часов и тянется до 19 часов. Через 30 минут он продолжается до 1 часа 30 минут на станцию Б. Ближайший поезд № 1001 для обратного движения в – 7 часов. И так далее. Закончится график прибытием локомотива с поездом № 1007 в 10 часов 30 минут на станцию В, где следующий поезд имеет № 1000.

Рекомендуется в начале и в конце графиков делать записи времени, отличного от целого часа.

Таблица 7.3

Типовой график движения локомотивов



При составлении отчета по курсовой работе не следует слово в слово переписывать рекомендации. Так раздел 7 будет содержать название пунктов 7.1, 7.2, 7.3, данные из табл. 7.1, 7.2 и 7.3 без объяснения методики их составления, и расчет числа локомотивов.

7.3. Расчет эксплуатируемого парка локомотивов

Общее время работы локомотивов с четырьмя парами поездов.

Из табл. 7.3 видно, что обслужив 4 пары поездов, локомотивы затратили ровно 5 суток работы.

$$t_{\text{общ}} = 24 \cdot 5 = 120 \text{ часов}$$

Потребность локомотивов эксплуатируемого парка

$$N_3 = \frac{t_{\text{общ}}}{24} = \frac{120}{24} = 5$$

Среднесуточный пробег локомотивов

$$S_c = \frac{2L_{\text{обп}}}{N_3} = \frac{2 \cdot 500 \cdot 4}{5} = 800 \text{ км}$$

Следует иметь ввиду, что в реальных условиях локомотивы обслуживают десятки пар поездов в сутки, а общий приписной парк основного депо имеет около сотни локомотивов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ОСНОВНАЯ

1. Тепловозы: Основы теории и конструкция: Учебник для техникумов ж.-д. трансп./ В.Д Кузьмич, И.П Бородулин, Э.А Пахомов, Г.М Русаков. Под ред. В.Д Кузьмича.- М.: Транспорт, 1982. – 317 с.
2. Тепловозы: Механическое оборудование: Устройство и ремонт: Учебник для техн.школ / А.А Пойда, Н.М Хуторянский, В.Е Кононов. – М.: Транспорт, 1988. – 320 с.
3. Тепловозное хозяйство: Учебник для вузов ж.-д. трансп. /С.Я Айзинбуд, М.Н Беленький, Б.И Вилькевич и др. Под ред П.К Крюгера и С.Я Айзинбуда. – М.: Транспорт, 1980. – 255 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Тепловоз ТЭМ2: Руководство по эксплуатации и обслуживанию. – М.: Транспорт, 1983. – 329 с.
2. Тепловоз ТЭЗ. Шишкин К.А, Гуревич А.Н, Степанов А.Д и др. – М.: Транспорт, 1976. – 284 с.
3. Тепловозы 2ТЭ10М и 3ТЭ10М. Филонов С.П, Зиборов А.Е, Ренкунас В.В и др. – М.: Транспорт, 1986. – 288 с.
4. Тепловоз 2ТЭ116. Филонов С.П, Гибалов А.И, Быковский В.Е и др. – М.: Транспорт, 1985. – 328 с.
5. Пассажирский тепловоз ТЭП60. Жилин Г.А, Маминов М.С, Родов А.М и др. – М.: Транспорт, 1976. – 376 с.
6. Волошин А.В Наземные транспортные системы: Методические указания по выполнению курсовой работы. – Хабаровск: ДВГАПС, 1997. – 37 с.
7. Постол Б.Г. Организация эксплуатации локомотивов и работы локомотивных бригад: Методические указания на выполнение курсовой работы. – Хабаровск: ДВГУПС, 1998. – 58 с.
8. Новачук Я.А, Баранов В.М, Брехов Г.Т. Расчет передачи мощности: Методические указания к курсовой работе. – Хабаровск: ХабИИЖТ, 1991. – 34с.