Проф. К. А. ШИШКИН, канд. техн. наук А. Н. ГУРЕВИЧ,
канд. техн. наук А. Д. СТЕПАНОВ, инж. Е. В. ПЛАТОНОВ

СОВЕТСКИЕ ТЕПЛОВОЗЫ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва 1951

В книге дается краткая история развития отечественного тепловозостроения с указанием приоритета СССР в области разработки теории тепловозов и их применения на железнодорожном транспорте для вождения товарных и пассажирских поездов. Приводится краткое описание общего устройства тепловозов локомотивного парка СССР. Подробно рассматривается устройство тепловозов, принятых к постройке нашей промышленностью после Великой Отечественной войны.

Книга предназначена для инженерно-технических работников транспортного машиностроения и железнодорожного транспорта в качестве пособия при изучении и эксплоатации тепловозов, а также может быть использована в качестве учебного пособия для студентов машиностроительных и транспортных втузов.

Рецензент канд. техн. наук **П. В. Якобсон**

Редактор инж. ***Н. Т. Столяров***

Редакция литературы по транспортному машиностроению
Зав. редакцией инж. Ф. П. ГАВРИЛОВ

ОТ АВТОРОВ

Тепловоз является весьма сложным агрегатом, правильная и безаварийная работа которого может быть обеспечена при твердом знании всех его механизмов.

Обслуживающий тепловозы персонал должен иметь представление о взаимодействии всех частей тепловоза, уметь быстро определять причины отказа от работы отдельных звеньев и находить способы устранения неисправностей.

Авторы поставили себе задачу в настоящей книге дать читателям не только общие сведения об отечественном тепловозном парке, но и объяснить процессы, происходящие в различных механизмах тепловоза, и показать работу этих механизмов. При этом рассматривались конструкции советских тепловозов, изготовляемых в настоящее время нашей промышленностью.

В первом разделе книги приводится краткий исторический обзор развития тепловозов в нашей стране и дается общее описание отечественных тепловозов как прежней, так и современной постройки. Во втором разделе подробно рассматриваются двигатели, компрессоры и холодильники строящихся в настоящее время тепловозов серии ТЭ всех разновидностей. В третьем разделе рассматривается электрическая часть тепловозов серии ТЭ — схемы управления, схемы расположения оборудования на тепловозе, конструкции и характеристики электрических машин, аппараты и их характеристики, аккумуляторная батарея. Четвертый раздел книги посвящен экипажной части и кузову тепловозов серии ТЭ.

При написании книги были использованы материалы Харьковского тепловозостроительного завода, Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта Министерства путей сообщения (ЦНИИ), завода «Динамо» им. С. М. Кирова, Харьковского электромашиностроительного завода имени И. В. Сталина, Коломенского машиностроительного завода им. В. В. Куйбышева, а также литературные источники, перечень которых приведен в конце книги.

Раздел первый книги «Общее устройство советских тепловозов» и раздел четвертый «Экипажная часть и кузов тепловозов серии ТЭ» написаны проф. *К. А. Шишкиным*. Раздел второй «Механическое оборудование силовых установок тепловозов ТЭ1, ТЭ2, ТЭ5» написан канд. техн. наук *А. Н. Гуревичем*. Раздел третий «Электрооборудование тепловозов серии ТЭ» написан канд. техн. наук *А. Д. Степановым* и инж *Е. В. Платоновым* (гл. II): в написании гл. II и V принимал участие инж. *Н. М. Баталов*.

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО СОВЕТСКИХ ТЕПЛОВОЗОВ

ГЛАВА I

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАЗВИТИЯ ТЕПЛОВОЗОВ В СССР

Мысли о создании локомотива с двигателем внутреннего сгорания появились в России еще в конце прошлого столетия. В нашей литературе имеются указания, что уже в 1894 г. производились работы по составлению проекта нефтевоза.

Идею создания нефтевоза поддерживал председатель правления бывш. Владикавказской ж. д. инж. С. И. Кербедзь, который даже отпустил средства на проектирование. Было разработано несколько вариантов проекта нефтевоза, значительно отличавшихся от исходного проекта, но работы до постройки локомотива не дошли.

Основные положения по созданию нефтевоза использованы заводом «Красный путиловец» (ныне Кировский завод в Ленинграде) при составлении проекта тепловоза типа 2—4—1 с четырехосным тендером. Этот проект под девизом «Quidquid agis prudenter agas et respice finem» («Что делаешь — делай разумно и обращай внимание на последствия») был представлен на всесоюзный конкурс тепловозов и проектов их, объявленный постановлениями Совета Труда и Обороны от 15 апреля 1925 г. и от 24 февраля 1926 г.

Жюри конкурса признало, что из 51 проекта, представленных на конкурс, ни один не может быть премирован. Вместе с тем жюри постановило четыре проекта купить и 21 проект опубликовать. В число проектов, подлежащих опубликованию, был включен и проект завода «Красный путиловец».

К ранним проектам тепловозов относится также и проект автономного электровоза с калорическими двигателями, разработанный еще в начале текущего столетия инж. Н. Г. Кузнецовым и полковником А. И. Одинцовым. Проект докладывался 27 октября и 8 декабря 1905 г. на заседаниях в VIII отделе бывшего императорского русского технического общества.

Автономный электровоз по проекту инж. Н. Г. Кузнецова и полковника А. И. Одинцова имел два дизеля судового типа, подобных установленным на барже «Сармат» завода бывш Нобель (ныне «Русский дизель» в Ленинграде). Мощность каждого двигателя равнялась 180 *л. с.*, число оборотов — 240 в минуту, число цилиндров — 4. Двигатели были соединены с генераторами трехфазного тока. Ток генератора передавался четырем тяговым электродвигателям, помещенным на осях ведущих колес. Кузов автономного электровоза покоился на двух двухосных тележках. Постов управления было два.

Судя по стенографическим отчетам упомянутых выше заседаний, авторы работали также над проектом аналогичного тепловоза с двумя двигателями завода бывш. Нобель, общей мощностью в 1000 *л. с.*

В 1909 г. Коломенским заводом был разработан аналогичный проект тепловоза с электрической передачей мощностью в 1000 *л. с.* На главной балке, покоящейся на двух четырехосных тележках, была расположена дизель-генераторная группа. Эта группа состояла из двух трехцилиндровых дизелей, приводящих в движение один генератор, расположенный между ними. Ток, вырабатываемый генератором, питал четыре тяговых электродвигателя, расположенных непосредственно на средних осях тележек. Нагрузка на рельс от ведущей оси 16 *т*, от поддерживающей — 13 *т*.

Большие работы по созданию реверсивного двигателя, удовлетворяющего требованиям железнодорожной службы, были выполнены проф. Московского высшего технического училища В. И. Гриневецким. Двигатель Гриневецкого имел три цилиндра — «сожигательный», расширительный и воздушный. Распределение впуска газов в расширительный цилиндр производилось поршнем «сожигательного» цилиндра. При реверсии двигателя расширительный и воздушный цилиндры менялись своими ролями. Схема тепловоза с таким двигателем приведена в привилегии № 22343, выданной проф. В. И. Гриневецкому 31 августа 1912 г по заявке от 13 октября 1906 г.

Рабочие чертежи опытного двигателя Гриневецкого были разработаны Путиловским заводом (ныне Кировский завод в Ленинграде) еще в начале 1908 г. По этим чертежам двигатель был построен и испытан, но работы по его усовершенствованию протекали за недостатком средств весьма медленно и к началу первой империалистической войны были прекращены окончательно. Однако проведенные испытания позволили снять индикаторные диаграммы, подтвердившие теоретические предположения проф. В. И. Гриневецкого.

Двигатель Гриневецкого до наших дней не сохранился, так же как и большинство его рабочих чертежей.

Не были доведены до конца работы и группы инженеров Ташкентской ж. д., проводившиеся в г. Оренбурге. Эта группа пыталась решить задачу ликвидации расходов по котельному ремонту путем замены паровоза локомотивом, не имеющим парового котла. Высокие же расходы по котельному ремонту обусловливались жесткостью котельных вод.

Указанный тепловоз имел два четырехцилиндровых двигателя с наклонными цилиндрами, работавшими на два отбойных вала, расположенных по концам тепловоза. Отбойный вал был связан дышлами с ведущими осями тепловоза, которые вращались внутри полой отливки, связывавшей оба колеса. Ось и колеса соединялись при помощи фрикционных муфт, включавшихся сжатым воздухом. Двигатель пускался без нагрузки, и трогание поезда с места производилось путем включения фрикционных муфт. Фрикционные муфты были построены силами оренбургских мастерских и испытаны на паровозе типа 0—3—0 серии Т с наружными рамами. Муфты сцеплялись и расцеплялись хорошо, но вследствие утечки воздуха они могли работать в сцепленном состоянии только 5—7 мин.

Колесные пары с этими муфтами находились в одном из ленинградских депо, куда они были привезены в 1912 г. для продолжения опытов. Ленинградский тормозной завод предлагал изменить подвод воздуха и брался изготовить такие муфты, гарантируя отсутствие утечки воздуха.

Для охлаждения воды рубашек двигателя были запроектированы градирни, располагавшиеся по концам тепловоза. Градирня в 1910 г. была испытана на одном из паровозов 0-4-0 серии $О^{В}$ и дала хорошие результаты: температура охлаждаемой воды падала ниже температуры окружающего воздуха примерно на 5° С.

В 1914 г. на постройку двух тепловозов описанного типа были отпущены кредиты, но с объявлением войны они были закрыты, и проекты осуществлены не были.

Не был построен тепловоз по проекту, предложенному также на Оренбургской ж. д. инж. В. А. Штукенбергом в 1910 г. Автор этого проекта предлагал поставить на тендер существующего паровоза дизель-компрессор для получения сжатого воздуха до 12 *ат*. Этот воздух и должен был совершать работу в паровозных цилиндрах.

Не был реализован и ряд других проектов тепловозов. Так, например, не был реализован проект тепловоза Харьковского завода, разработанный в 1910 г. инж. А. С. Раевским, А. В. Липко-Парафиевским, Б. И. Корчевским и З. Я. Ковалевым. А. Н. Шелест, предложивший свой оригинальный проект тепловоза еще в 1912 г., также не смог найти поддержки во времена царской власти..

В дореволюционной России строился только маломощный моторизованный подвижной состав, к которому можно отнести моторные дрезины, выпускавшиеся Путиловским и Харьковским заводами, автомотрисы, выпускавшиеся Мытищенским заводом (1912 г.). Дрезины имели двигатели, работавшие на бензине по циклу быстрого сгорания, и передачу автомобильного типа. Автомотрисы имели керосиновые двигатели и электрическую передачу.

Приведенные факты говорят о том, что еще до Великой Октябрьской социалистической революции русскими учеными и инженерами была проделана большая теоретическая и экспериментальная работа в области создания мощного поездного тепловоза. В этой работе наметились два основных направления. Первое из них заключалось в подыскании пригодной для условий локомотивной службы комбинации уже испытанных агрегатов и хорошо известных конструктивных элементов. Инженеры, работавшие в этом направлении, исходили из существующих свойств первичного двигателя внутреннего сгорания и изыскивали возможности применения его к тяге поездов путем использования промежуточных передач (электрической, пневматической, зубчатой, смешанной) или фрикционных муфт. Представители второго направления шли по пути изменения свойств двигателя внутреннего сгорания и создания цикла, пригодного для железнодорожного локомотива. Однако мощный поездной локомотив, пригодный для серийной постройки, создан не был.

В зарубежных странах к моменту Великой Октябрьской социалистической революции также не было мощных поездных дизель-электрических локомотивов. Там строились моторные дрезины с автомобильной передачей, автомотрисы с электрической и зубчатой передачами. Завод Балдвина в Филадельфии (США) выпускал маломощные маневровые и заводские локомотивы с коробками скоростей. Одна из железных дорог США имела три локомотива весом в 54 *т* с двумя восьмицилиндровыми бензиновыми двигателями мощностью 175 *л. с.* каждый и с электрической передачей, считавшиеся в то время самыми мощными

Характерными особенностями выпускавшегося за границей моторизованного подвижного состава были малая мощность, применение бензиновых двигателей, неприспособленность к линейной работе с товарными поездами

Попытка постройки линейного тепловоза с постоянной связью дизеля и движущих колес локомотива, сделанная заводами Зульцер (Швейцария) и Борзиг (Германия) в 1912 г., как известно, кончилась неудачно. Таким образом, заграничные железные дороги к рассматриваемому моменту также не имели готовых образцов мощных поездных тепловозов, пригодных для серийной постройки.

С установлением Советской власти положение дела с внедрением тепловозной тяги на наших железных дорогах резко изменилось. Благодаря вниманию партии, правительства и лично Владимира Ильича Ленина тепловозостроение в нашей стране было поставлено на практическую основу. По этому вопросу состоялся ряд правительственных решений, в результате которых было приступлено к изготовлению опытных образцов мощных тепловозов и их испытанию в целях создания серийного тепловоза для условий СССР.

Основные вопросы, подлежавшие решению при создании отечественного серийного тепловоза, могут быть разделены на три группы.

К первой группе вопросов относятся: тип и конструкция первичного двигателя внутреннего сгорания, его мощность, число оборотов, число цилиндров, способ распыливания топлива (компрессорный или бескомпрессорный двигатель), система охлаждения поршней (водяная, масляная, неохлаждаемые поршни), конструкция и расположение холодильников для воды и масла, способ пуска двигателя (воздушный, электрический).

Ко второй группе вопросов относится разработка способа передачи мощности дизеля на движущие оси тепловоза — непосредственно от цилиндров первичного двигателя движущим осям тепловоза или при помощи промежуточной трансформирующей передачи — электрической, пневматической, гидравлической и т. д. В свою очередь электрическая передача может быть групповой или индивидуальной, постоянного или переменного тока, высокого или низкого напряжения и т. д.

К третьей группе вопросов относится разработка ходовой части и кузова — тележечный тип или с осями в главной раме, конструкция устройств для защиты от непогоды обслуживающего тепловоз персонала и силового оборудования (кузовный тип или будка и капот), и т. д.

Первым образцом поездного тепловоза был тепловоз системы проф. Я. М. Гаккеля, построенный ленинградскими заводами в 1924 г.

Для выбора опытных типов тепловозов и подведения итогов их эксплоатации постановлением СТО от 15 июля 1925 г. была утверждена Тепловозная комиссия при НКПС В 1927 г. было организовано Тепловозное бюро НКПС, в задачи которого входило также составление проектов новых типов тепловозов.

Тепловозное бюро НКПС разработало проекты построенных тепловозов $О^{эл}$ 6, $О^{эл}$ 7, $Э^{эл}$ 5, $Э^{эл}$ 8

Для накопления опыта в эксплоатации тепловозов, получения данных для правильной организации тепловозного хозяйства и воспитания тепловозников с января 1926 г. Тепловозной комиссией при НКПС был организован первый опытный тепловозный участок, позднее преобразованный в Опытную тепловозную базу НКПС. Тепловозная база помещалась на ст Люблино Московско-Курской ж. д., а тепловозы работали на участке Москва — Курск Опытной тепловозной базе были переданы также все автомотрисы, имевшиеся на нашей железнодорожной сети. Тепловозная база сыграла большую роль в истории внедрения в нашей стране тепловозной тяги и в воспитании крупных руководителей тепловозного дела как для промышленности, так и для транспорта

В 1931 г. был создан эксплоатационный тепловозный участок на Ашхабадской ж. д. с базой в депо Ашхабад. В 1935—1938 гг. в Ашхабаде были построены специальные тепловозные мастерские, которые дали возможность организовать все виды ремонта тепловозов и изготовление запасных частей. Результаты эксплоатации показали надежность и экономичность тепловозов и позволили уже к концу 1932 г создать стандартный тип отечественного тепловоза $Э^{эл}$.

Опыт СССР был перенят зарубежными странами, в частности США, которые также начали вводить у себя тепловозную тягу. Однако в США применение тепловозов началось с маневровой работы. Первый же товарный магистральный дизель-электрический тепловоз был построен только в 1938 г., а введен в регулярную эксплоатацию в 1941 г., т. е. на 15 лет позже, чем первый советский тепловоз.

Помимо приоритета СССР в создании первого мощного товарного поездного дизель-электрического тепловоза и организации первого тепловозного участка, наша Родина имеет приоритет в создании научных трудов по тепловозной тяге. Одним из первых трудов была работа проф. А. Н. Шелеста, который в 1917 г опубликовал результаты теоретического исследования работы тепловоза бр. Зульцер, указал на принципиальную ошибку в построении этого тепловоза и наметил пути решения тепловозной проблемы. В 1923 г. появилась книга проф А. Н Шелеста «Проблемы экономичных локомотивов», а в 1924 г. была выпущена книга проф. В. И. Гриневецкого «Проблема тепловоза и ее значение для России».

Научные же труды по тепловозам начали появляться в зарубежной печати значительно позднее.

ГЛАВА II

КОНСТРУКЦИИ ПЕРВЫХ СОВЕТСКИХ ТЕПЛОВОЗОВ

ТЕПЛОВОЗ Щ^{эл}1

Первый советский поездной тепловоз Щ^{эл} 1 системы проф. Я. М. Гаккеля был построен в Ленинграде в 1924 г.

Проект ходовой части, главной балки и кузова тепловоза был разработан паровозо-конструкторским бюро Путиловского (ныне Кировского) завода в Ленинграде под руководством проф. А. С. Раевского. На этом же заводе были построены тележка и главная балка тепловоза. Тяговые электродвигатели были изготовлены заводом «Электрик». Сборка тепловоза и установка силового оборудования были произведены на Балтийском заводе Общее устройство тепловоза Щ^{эл} 1 показано на фиг. 1, *а* и *б*.

На главной балке тепловоза размещена силовая установка, состоящая из четырехтактного нереверсивного десятицилиндрового бескомпрессорного дизеля и двух генераторов. Дизель имеет максимальную мощность, равную 1000 *л. с.* при 395 об/мин. Каждый генератор развивает при максимальном (независимом) возбуждении напряжение 360 *в* и силу тока 1500 *а*.

Схема электрического управления, предложенная проф. Я. М. Гаккелем, показана на фиг. 2. Генераторы сначала соединяются параллельно, давая ток до 3000 *а* при напряжении, регулируемом возбуждением, от 30 до 360 *в*. При движении с большими скоростями генераторы соединяются последовательно, давая 1500 *а* при напряжении от 360 до 720 *в*. Тяговые электродвигатели соединены параллельно, не переключаются и работают при напряжении от 30 до 720 *в*.

Секции водяных и масляных холодильников размещены на крыше кузова. Омываемая воздухом поверхность радиаторов равна 700 *м*^{2}. Холодильники оборудованы четырьмя четырехлопастными винтами, делающими 1200 об/мин Винты приводятся в движение от шкивов муфт главного дизеля при помощи ременной и зубчатой передачи.

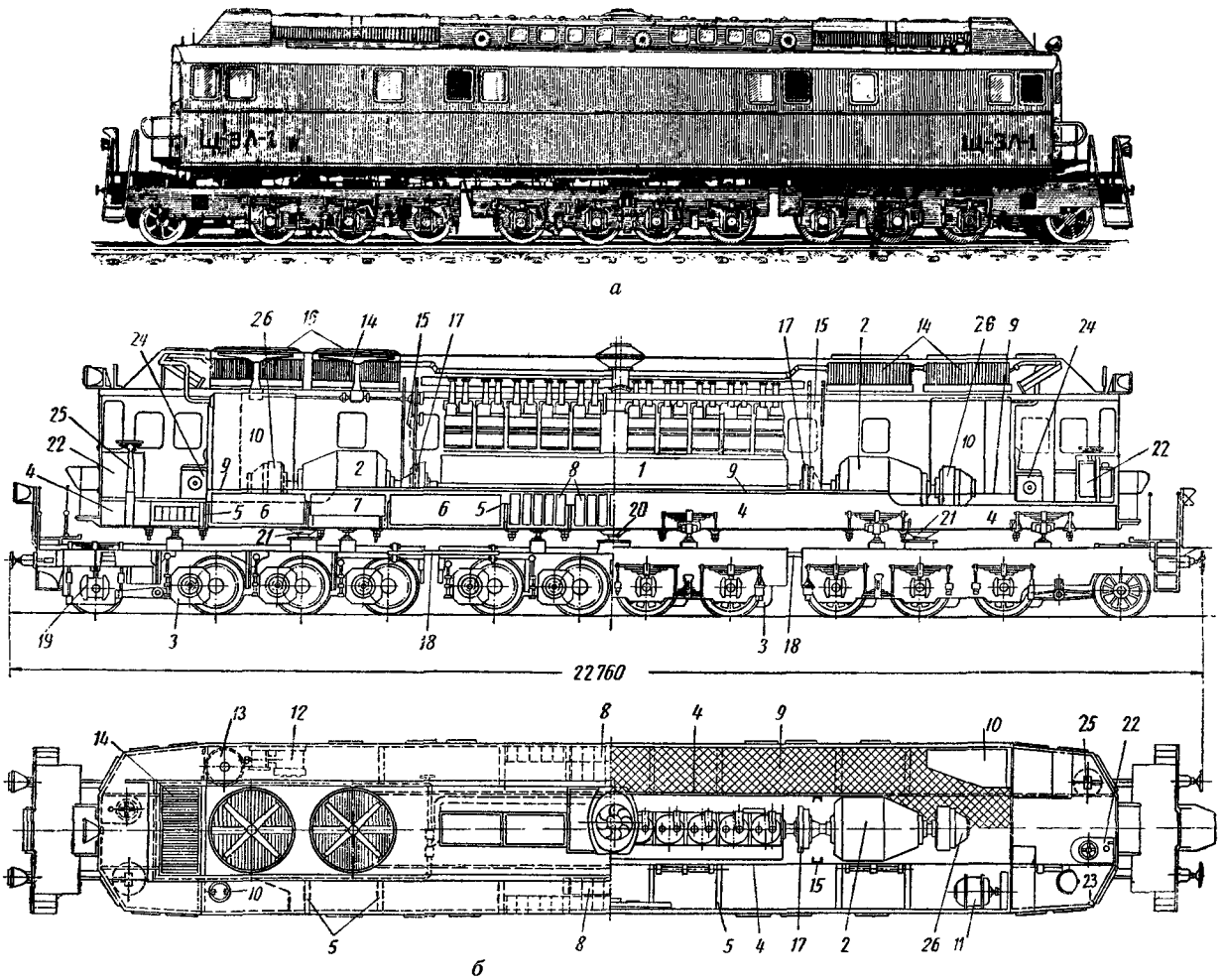
Масляные и топливные баки, а также пусковая аккумуляторная батарея расположены на кронштейнах главной балки. Водяные баки установлены внутри кузова в двух углах, расположенных по диагонали. В двух других углах размещены циркуляционный центробежный насос, тормозной компрессор и котел отопления. По концам кузова расположены посты управления, отделенные перегородками от машинного помещения.

Главная балка опирается на три тележки при помощи 12 рессор и секторовидных устройств. Средняя тележка имеет поперечное перемещение относительно главной балки, концевые тележки имеют продольное перемещение. Тележки связаны между собой жесткими сцепками, передающими силу тяги. На средней тележке расположены четыре тяговых электродвигателя, на концевых тележках по три тяговых электродвигателя.

Управление движением тепловоза производится независимо от обслуживания силовой части. Дизелист пускает в ход двигатель по сигналу машиниста, а затем наблюдает за работой электромашин по приборам на доске, расположенной на стенке кузова. Пуск двигателя производится от аккумуляторной батареи при помощи одного из генераторов.

Управление движением тепловоза осуществляется при помощи двух рукояток контроллера и крана воздушного тормоза. Контроллер оперирует вспомогательными цепями, обслуживающими четыре контактора на цепях главного тока генераторов и их возбуждением.

Контроллеры машиниста имеют по 13 положений при параллельном соединении генераторов и по семи положений — при последовательном соединении. При переключении генераторов с параллельного соединения на последовательное происходит падение силы тяги.



а

б

Фиг. 1. Тепловоз Щ^{эл}1: *а* — общий вид; *б* — продольной разрез и план:

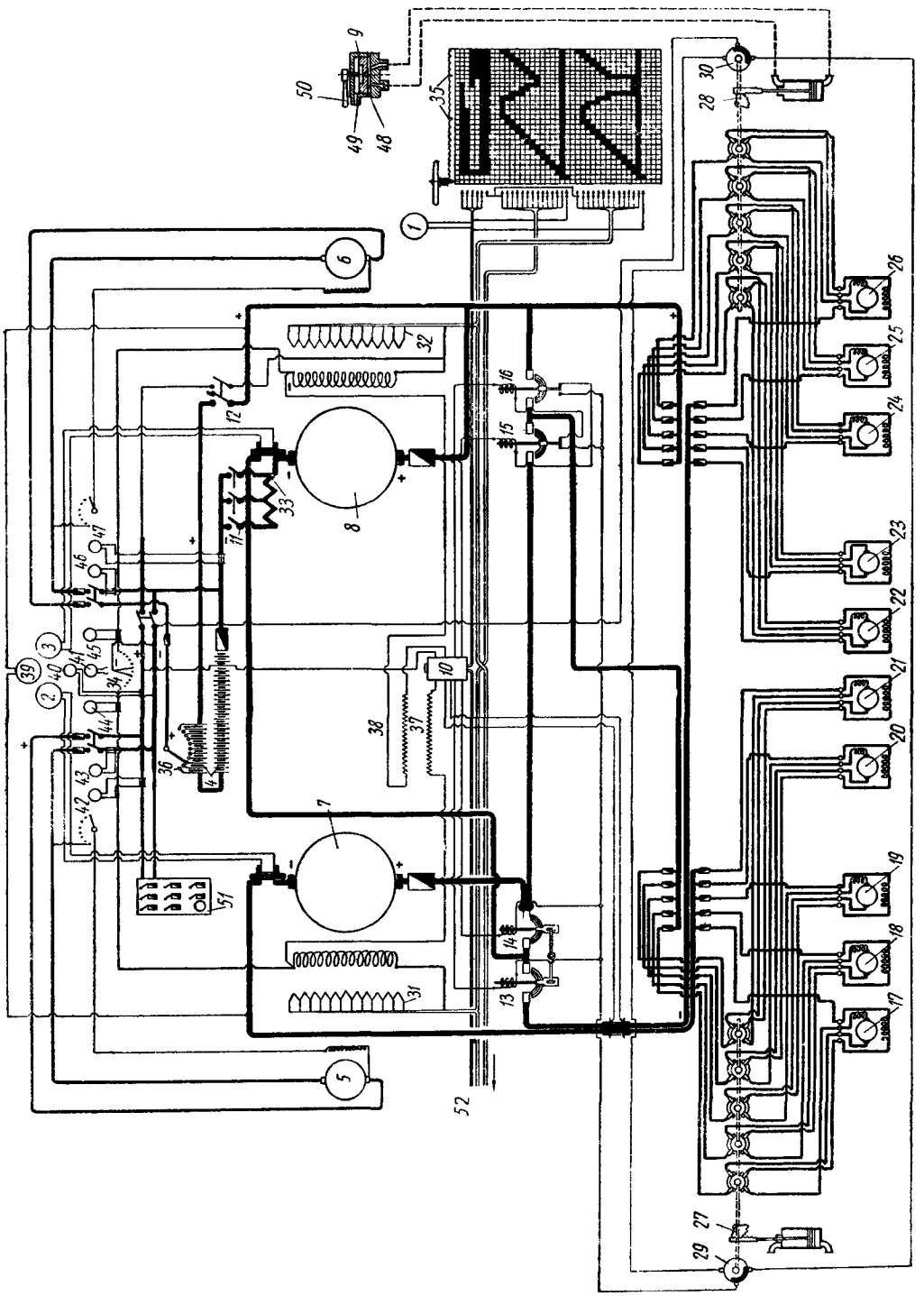
1—дизель; *2*—генераторы; *3*—тяговые электродвигатели; *4*—главная балка; *5*—кронштейны; *6*—топливные баки (*7 m*); *7*—баки для смазочного масла (*1 m*); *8* — пусковая аккумуляторная батарея; *9* — пол машинного помещения; *10*—цистерны для охлаждающей воды (по 1,5 *m* каждая); *11*—циркуляционный центробежный насос; *12*—тормозной компрессор; *13* — котел отопления; *14* — холодильники; *15*—вертикальные стойки; *16*—вентиляторы холодильника; *17*—муфты дизеля; *18*—жесткая сцепка тележек; *19*—поддерживающая тележка; *20*—шкворень средней тележки; *21* — шкворни концевых тележек, *22* — контроллер управления; *23* — тормозной кран машиниста; *24* — пневматический привод реверса; *25* — ручной тормоз; *26* — возбудитель.

Прямой и обратный ход тепловоза производится путем переключения направления тока в якорях тяговых электродвигателей. Это осуществляется при помощи пневматического привода, действующего на две группы переключателей.

Кран привода связан с малой рукояткой контроллера.

Чтобы усилить внимание машиниста во время этой операции, устроено блокировочное приспособление, требующее участия второй руки. Дизель все время работает на постоянном, наибольшем числе оборотов, поддерживаемом центробежным регулятором.

Основные технические данные тепловоза Щ^{эл}-1 приведены в табл. 1.



Фиг. 2. Схема электрического управления тепловоза ЩЭЛ 1, предложенная проф. Я. М. Гаккелем:

1—амперметр на 4000 *а*; *2* и *3*—амперметры на 2000 *а*; *4*—аккумуляторная батарея; *5* и *6*—возбудители; *7* и *8*—генераторы; *9*—прибор управления пневматическим приводом реверсора хода; *10*—переключатель управления; *11*—замыкатель реостата пуска дизеля; *12*—рубильник пуска; *13* — *16*—контакторы главного тока генераторов; *17*—*26*—тяговые электродвигатели; *27* и *28*—реверсоры хода с пневматическим приводом; *29* и *30*—концевые замыкатели реверсоров хода; *31* и *32*—реостаты в цепи поля генераторов; *33*—реостат пусковой; *34*—реостат подрегулировки возбуждения генераторов; *35*—механическая блокировка перехода на последовательное и параллельное соединение генераторов; *36*—задемпфированный коммутатор; *37* и *38*—сопротивления для погашения экстратоков поля генераторов; *39*—*47*—амперметры на 100 и 300 *а*; *48*—отверстия в атмосферу; *49*—трубка давления (5 *ати*) от компрессора; *50*—рукоятка переднего и заднего хода; *51*—щиток для вспомогательных двигателей и освещения; *52*—провода к контроллеру № 1.

СЕРИЙНЫЙ ТЕПЛОВОЗ Э^{ЭЛ} типа 2-5$_0$-1

Начало серийному выпуску положил тепловоз Э^{ЭЛ} 9 типа 2-5$_0$-1 (фиг. 3, *а* и *б*), построенный Коломенским заводом в конце 1932 г. В начале 1933 г. тот же завод выпустил второй серийный тепловоз Э^{ЭЛ} 12.

На главной раме тепловоза, состоящей из двух стальных листов толщиной 26 *мм*, расположена силовая установка. Шестицилиндровый дизель установлен на фундаментной раме, укрепленной на главной листовой раме. Дизель через упругую муфту вращает главный генератор, дающий постоянный ток напряжением 750 *в*. Для возбуждения полюсов главного генератора служит возбудитель, находящийся на одном валу с генератором. Возбудитель дает постоянный ток напряжением 135 *в*. Этот же ток служит для зарядки аккумуляторной батареи, для освещения, а также для питания вспомогательных устройств. От конца вала возбудителя при помощи системы зубчатых колес и вспомогательного вала приводится в действие вентилятор для охлаждения тяговых электродвигателей.

На переднем конце тепловоза установлен холодильник, состоящий из пяти водяных и шести масляных секций. Секции охлаждаются воздухом, всасываемым пятилопастным вентиляторным колесом. Колесо приводится в действие от вала двигателя при помощи редуктора и делает 1200 об/мин.

Главная рама тепловоза опирается на восемь осей. Две передние оси соединены в тележку. Пять движущих осей снабжены индивидуальными тяговыми электродвигателями. Задняя поддерживающая ось выполнена в виде одноосной тележки.

Двигатель тепловоза Э^{ЭЛ} (фиг. 4, *а* и *б* — вклейка) представляет собой четырехтактную простого действия машину с бескомпрессорным распыливанием топлива и вспомогательным двухступенчатым компрессором, предназначенным для пуска двигателя и обеспечения сжатым воздухом тормозов локомотива и поезда.

Компрессор приводится в движение от коленчатого вала двигателя, продолжением которого служит однокривошипный приставной вал компрессора.

Кроме картера, состоящего из четырех частей, двигатель имеет так назыв. поддизельную раму, которая при помощи болтов скреплена с настильными листами рамы тепловоза.

В поперечных перегородках трех частей картера размещены постели для коренных подшипников коленчатого вала. В четвертой части картера размещен вал компрессора с установленными на нем шестернями привода масляного и водяного насосов, шестерня регулятора и зубчатка цепного привода масляного насоса. Картер имеет люки для осмотра и ремонта подшипников и движущихся частей.

Отдельные части картера плотно соединены друг с другом болтами и дополнительно обварены в местах соединения. На картере установлен цилиндровый блок, состоящий из отдельных секций, также соединенных болтами и обваренных в местах соединения.

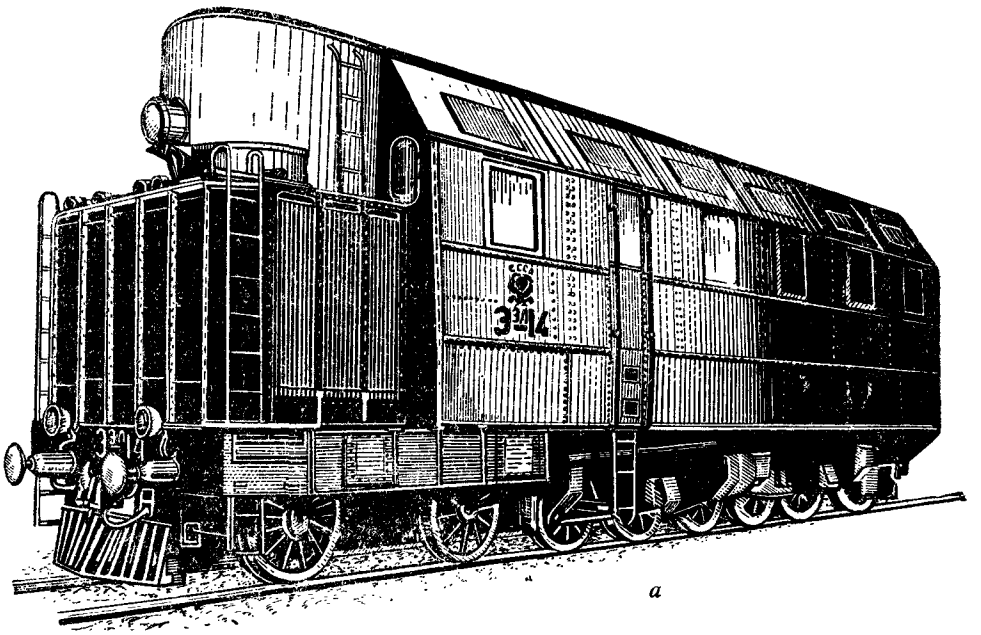
В каждую секцию (цилиндр) поставлена чугунная втулка, бурт которой в верхней части лежит на медной прокладке бурта блока, а утолщенная нижняя часть имеет резиновые кольца, создающие уплотнение, предохраняющее от проникновения воды в картер.

Вода, циркулируя между стенками блока и втулок, охлаждает их и поступает далее на охлаждение крышек цилиндров. Крышки цилиндров чугунные, крепятся к блоку шпильками и представляют собой пустотелые коробки с отлитыми внутри втулками, служащими для установки клапанов и форсунок. В крышку ставятся и соединяются с ней шпильками корпусы клапанов, в которых находятся притертые к специальным кольцам корпусов клапаны, благодаря чему нет необходимости снимать для притирки клапанов цилиндровую крышку

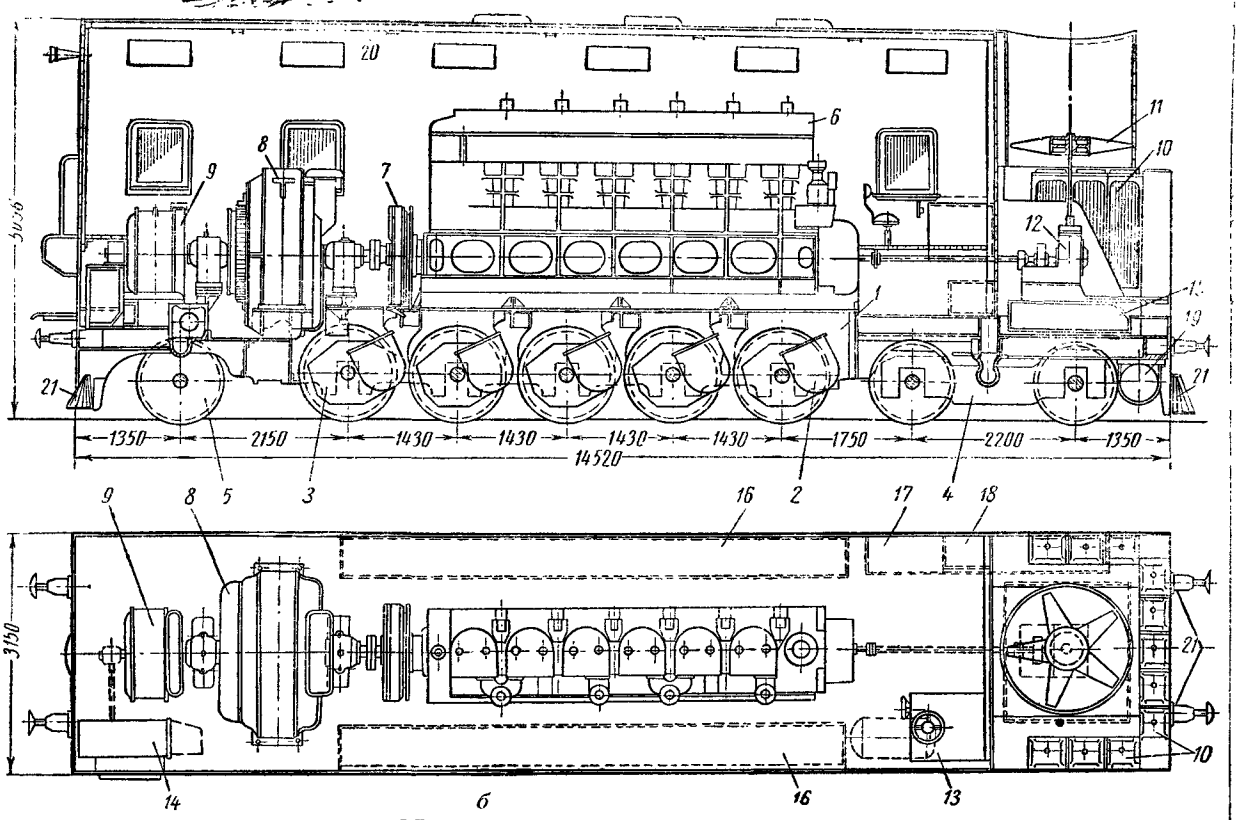
Поршни цилиндров состоят из двух частей: нижней направляющей части, изготовленной из чугуна, и верхней стальной головки. Головка охлаждается маслом, подводимым по системе качающихся шарнирных трубок. Соединяется головка с направляющей частью шпильками. Поршневой палец, служащий для соединения поршня с верхней головкой шатуна, стальной, цементированный. Крепление пальца с поршнем производится при помощи стопорного болта и шпонки.

Шатуны двигателя имеют отъемные нижние (мотылевые) головки, половинки которых заливаются баббитом. В верхнюю головку запрессовывается стальная втулка, также залитая баббитом. Сечение стержня шатуна круглое. Внутри стержня имеется отверстие для подачи масла к головной втулке.

Смазка двигателя осуществляется масляным насосом, подающим масло под давлением в смазочную систему. К каждому коренному подшипнику подводится смазочная трубка, по которой масло поступает к коренной шейке. Далее масло проходит по отверстиям в коренных шейках к мотылевым подшипникам и затем к поршневому пальцу.



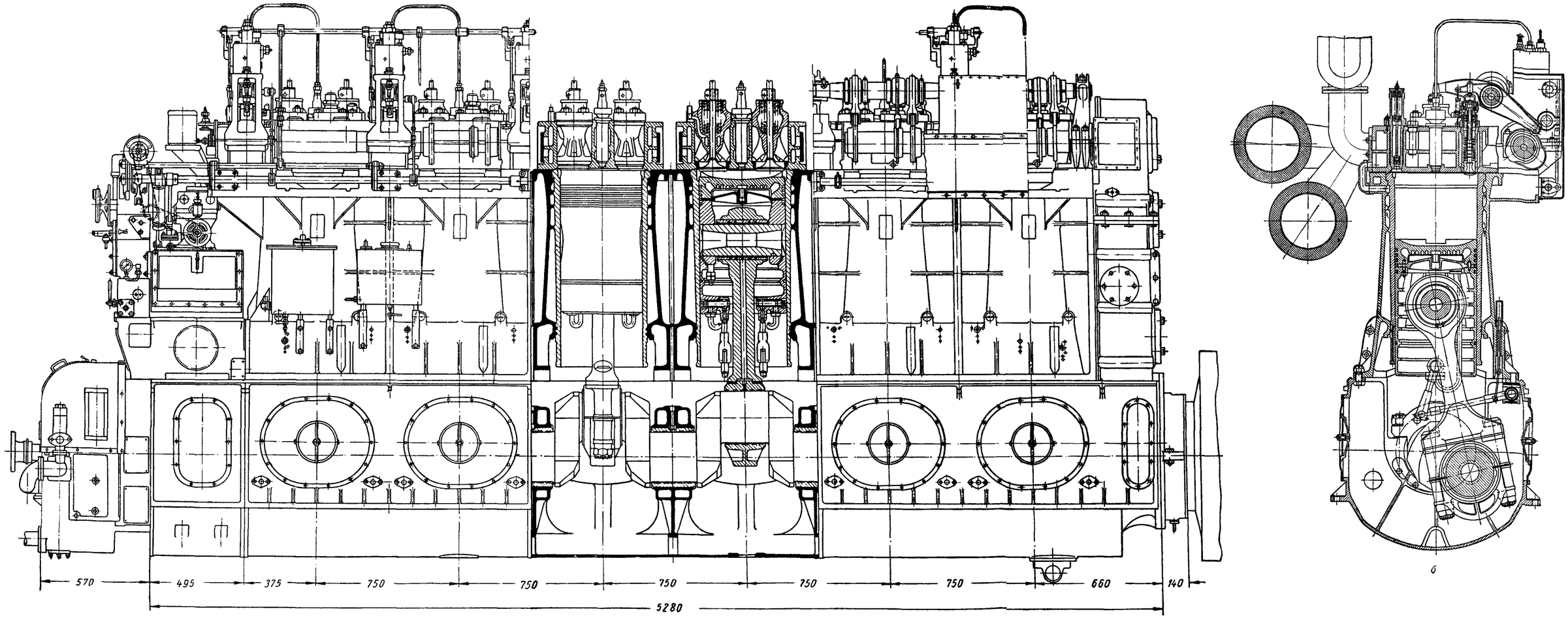
а



б

Фиг. 3. Серийный тепловоз $Э^{ЭЛ}$ типа $2-5_0-1$: *а* — общий вид; *б* — продольный разрез и план:

1—рама тепловоза; *2*—тяговые электродвигатели; *3*—зубчатая передача; *4*—передняя тележка; *5*—задняя тележка; *6*—дизель; *7*—упругая муфта; *8*—генератор; *9*—возбудитель; *10*—секции холодильника; *11*—вентилятор; *12*—редуктор вентилятора; *13*—контроллер управления; *14* — вентилятор для охлаждения тяговых электродвигателей; *15* — водяной бак; *16* — топливные баки; *17* и *18* — масляные баки; *19*—главный тормозной резервуар; *20*—кузов тепловоза: *21*—скотосбрасыватель.



а

б

Фиг. 4. Двигатель 42-БМК-6 тепловоза $Э^{эл}$: *а* — продольный разрез; *б* — поперечный разрез.

Втулки смазываются маслом, обильно вытекающим из зазоров мотылевых и головных подшипников. Для удаления излишков масла со стенок цилиндровых втулок на поршне имеются два маслосрезывающих кольца.

Все масло, смазавшее трущиеся части двигателя, стекает в картер, служащий маслосборником.

Распределительный вал расположен в верхней части двигателя и приводится во вращение системой шестерен, находящихся на торце двигателя со стороны генератора. Кроме кулаков впускных, выпускных и пусковых клапанов, на валу имеются также кулаки топливных насосов. Насосы установлены над распределительным валом на специальной площадке и подают топливо к форсунке открытого типа, смонтированной в центре крышки цилиндра.

Управление насосами осуществляется регулятором числа оборотов коленчатого вала двигателя, воздействующим на вал наполнения, который в свою очередь устанавливает момент отсечки топлива отливными клапанами насосов. Регулятор центробежного типа с масляным сервомотором установлен рядом с компрессором и управляется с поста управления машиниста контроллером возбуждения, который устанавливает число оборотов двигателя.

Водяной циркуляционный насос двухплунжерный с вертикально расположенными цилиндрами. Плунжеры приводятся в движение шатунами, связанными с поперечным коленчатым валом, несущим шестерню, находящуюся в постоянном зацеплении с шестерней приставного вала компрессора.

Масляный насос шестеренчатого типа расположен рядом с водяным насосом и питает маслом смазочную систему двигателя и систему охлаждения поршней.

Основные технические данные двигателя приведены в табл. 1.

Управление тепловозом производится при помощи главного контроллера и контроллера возбуждения. Полная схема электрического управления серийных тепловозов (от Э^{эл}12 по Э^{эл}21 включительно) приведена на фиг. 5.

Число оборотов тяговых электродвигателей регулируется изменением напряжения подводимого тока. Напряжение регулируется изменением тока в обмотке независимого возбуждения главного генератора или изменением числа оборотов дизеля.

Генератор ГПТ-800/450 постоянного тока стационарного типа с вентилятором, установленным на якоре со стороны, противоположной коллектору. Якорь генератора опирается на два подшипника скользящего типа. Опоры подшипников установлены независимо на раме генератора

Конец вала якоря генератора со стороны коллектора предназначен для насадки якоря возбудителя. Противоположный конец вала снабжен фланцем для сочленения последнего с помощью полужесткой муфты с коленчатым валом дизеля. Станина генератора разъемная, состоящая из двух половин (верхней и нижней), соединяющихся болтами.

Основные данные генератора ГПТ-800/450 следующие:

	Часовой режим работы	Длительный режим работы
Напряжение в *в*	450	550/750
Сила тока в *а*	1750	1450/845
Число оборотов в минуту	450	450
Полная мощность в *квт*	787	796/634
Вес генератора с возбудителем в *кг*	14 500	

Генератор имеет 12 главных и 12 дополнительных полюсов. На каждом главном полюсе расположены катушки обмотки независимого возбуждения и противокомпаундной обмотки.

Возбудитель ВТ-61/250 представляет собой машину постоянного тока с компаундным возбуждением и с самовентиляцией. Якорь возбудителя собственных подшипников ие имеет и насажен на конец вала генератора. Станина возбудителя разъемная, состоящая из верхней и нижней половин, соединяющихся между собой болтами.

Номинальная мощность возбудителя 61 *квт*, напряжения — 135 *в*, число оборотов в минуту 450. В пределах чисел оборотов в минуту от 250 до 450 и нагрузок от 226 до 452 *а* возбудитель с помощью контроллера, связанного приводным механизмом с регулятором дизеля, поддерживает иапряжение постоянным и равным 135 *в*.

Возбудитель имеет восемь главных и восемь дополнительных полюсов. На каждом главном полюсе расположены по четыре катушки шунтовой обмотки и катушка компаундной обмотки.

Тяговой электродвигатель ДПТ-140 с сериесным возбуждением, цельнокорпусный, с роликовыми якорными подшипниками и с принудительной вентиляцией. Подвеска электродвигателя трамвайного типа: электродвигатель с помощью моторно-осевых подшипников скользящего типа опирается на движущую ось, а с помощью пружинных подвесок подвешен к раме тепловоза.

Зубчатая передача двухсторонняя, с косыми зубьями, защищена кожухами, в которые за-

Таблица 1

Основные параметры советских тепловозов с электрической передачей

Характеристика	Щ$^{ЭЛ}_{1}$	Э$^{ЭЛ}_{2}$ после переделки	Э$^{ЭЛ}_{5}$	О$^{ЭЛ}_{6}$	О$^{ЭЛ}_{7}$	Э$^{ЭЛ}_{8}$	Э^{ЭЛ} серийный	ВМ	ТЭ1	ТЭ2	ТЭ5	ДА	ДБ
Общие сведения													
Колесная формула	1-3_0-0+0-4_0-0+0-3_0-1	1-5_0-1	2-5_0-1	1-4-1	1-4_0-0	2-5_0-1	2-5_0-1	2-4_0-1+1-4_0-2	3_0+3_0	$2(2_0+2_0)$	3_0+3_0	3_0+3_0	3_0+3_0
Длина с буферами или расстояние между осями зацепления автосцепок в *мм*	22 760	14 221	15 820	13 770	12 465	17 850	15 710	27 202	16 892	[23 140]* 23 895	16 892	16 852	17 687
База полная в *мм*	19 360	10 400	11 820	9 920	7 950	13 850	11 820	23 100	11 890	19 826 [19 450]*	11 890	11 887	14 021
Вес служебный общий с полным запасом воды, топлива, смазки, песка в *т*	180	124,8	133,7	100,7	98,7	149	138	245,58	123,9	166	—	121,2	122,6
Вес служебный сцепной с полной экипировкой в *т*	160	91,9	96.5	73,2	84,4	106,5	98	157,80	123,9	166	—	121,2	122,6
Нагрузка на рельс в *т*:													
от оси тележки . .	10	16,3	11,7—11,9	13,6	14,3	14,25	12,5	14,780 15,830	—	—	—	—	—
от движущей оси	16	17,5—19,25	19,3	18,3	21,1	21,3	19,6	19,725	20,65	20,75	—	20,2	20,43
от поддерживающей оси	10	16,6	13,6	13,9	—	14	15	13,280	—	—	—	—	—
Запас топлива ($\gamma = 0{,}85$) в *т* . .	8	4	3,9	2,5	2,4	6	3,95	7,8	5,15	7,0 = 2×3,5	5,15	5,15	2,57
Диаметр в *мм*:													
движущих колес . .	1 050	1 220	1 220	1 320	1 220	1 320	1 220	1 220	1014 с № 1 по № 121 вкл. 1050 с № 122	1 050	1 014	1 016	1 067
колес тележки . .	950	950	1 050	950	950	1 050	1 050	900	—	—	—	—	—

колес поддерживающей оси .	950	950	1 050	950	—	1 050	1 050	900	—	—	—	—	—
Наибольшая скорость движения в *км/час*:													
при выключенном двигателе (конструктивная скорость)	75	50	55	55	55	65	55	72	90	100	90	96	96
при включенном двигателе (под током) . .	50	50	50	50	—	60	—	65	—	—	—	—	—
Год выпуска . .	1924	1924 переделан в 1928 г.	1931	1931	1930	1932	1932	1934	1947	1948	1948	1945	1946
Наибольшая мощность на ободе в *л. с.*	—	900	830	—	—	1200	900	1 635	765	—	765	835	770
Главный двигатель													
Распыливание топлива	Бескомпрессорное	Воздушное	Бескомпрессорное			Бескомпрессорное с предкамерой	Бескомпрессорное						Бескомпрессорное с вихревой камерой
Число ходов на рабочий цикл . .	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Диаметр цилиндров в *мм*	368	450	450	280	280	310	450	450	318	318	318	317,5	324
Ход поршня в *мм*	381	420	420	380	380	370	420	420	330	330	330	330	394
Число цилиндров	10	6	6	6	6	2×8	6	2×6	6	2×6	6	6	8
Предельное рабочее число оборотов в минуту	395	350	420	700	700	640	425	400	740	740	740	740	625
Эффективная мощность при предельном числе оборотов в *л. с.* .	1 000	1 000	1 100	600	600	2×825	1 050	2×1 050	1 000	1 000×2	1 000	1 000	1 000
Запуск двигателя	От аккумуляторной батареи	Сжатым воздухом		От аккумуляторной батареи			Сжатым воздухом			От аккумуляторной батареи			

* Цифры в скобках относятся к тепловозу ТЭ2 первого выпуска.

Продолжение табл. 1

Характеристика	Ш$^{ЭЛ}_{1}$	Э$^{ЭЛ}_{2}$ после переделки	Э$^{ЭЛ}_{5}$	О$^{ЭЛ}_{6}$	О$^{ЭЛ}_{7}$	Э$^{ЭЛ}_{8}$	Э^{ЭЛ} серийный	ВМ	ТЭ1	ТЭ2	ТЭ5	Д^{А}	Д^{Б}
Турбовоздуходувка													
Производительность в *м³/час* . .	—	—	—	—	—	—	—	—	5 100	5 100	5 100	5 800	—
Давление наддува в *кг/см²* . .	—	—	—	—	—	—	—	—	0,22—0,34	0,22—0,34	0,22—0,34	0,35—0,36	—
Рабочее число оборотов в минуту	—	—	—	—	—	—	—	—	1600—10 300	1600—10 300	1600—10 300	2200—10 500	—
Предельное число оборотов в минуту	—	—	—	—	—	—	—	—	13 000	13 000	13 000	13 000	—
Главный генератор													
Номинальная мощность генератора в *квт* . . .	2×400	800	752	378	378	2×510	796	796	700	700	700	700	736
Максимальное напряжение в *в* .	360—720	1 100	700 при 450 об/мин	630 при 750 об/мин		800	750	750	900	900	900	900	1 050
Ток в *а*: длительный	Наибольший 3000—1500	800 при 1000 *в* и 800 *квт*	1450 при 21° С	1160 при 335 *в*		975	845 при 750 *в* и 450 об/мин	845 при 750 *в* и 450 об/мин	1150 при 40° 1350 до 35°			1200 при 40°	1 060
часовой . . .	—	1330 при 600 *в* и 800 *квт***	1750 при 21° С	1400 при 270 *в*		—	1750 при 450 *в* и 450 об/мин	1750 при 450 *в* и 450 об/мин	1500 при 40° 1800 кратковременный			1550 при 40°	1 200***
Соединение вала якоря с валом двигателя	Полужесткая муфта		Гибкая муфта			Жесткое	Гибкая муфта, переделанная в полужесткую	Полужесткая муфта	Жесткое				Жесткое
Возбуждение	Независимое	Независимое двухступенчатое от возбудителя	Независимое одноступенчатое от возбудителя	Независимое и противокомпаундная обмотка		Независимое		Независимое каскадное	Независимое				Независимое

Номинальная мощность в *квт*	2×10,5=21	12,5/1*	61 при 250—450 об/мин	40 при 750 об/мин	40 при 750 об/мин	2×100	61	160	3,6	3,6	3,6	5	—
Рабочее напряжение в *в*	—	50/110—135	135—140 при 21°С	140	140	150	135	160 при 1360 об/мин	55	55	55	55	—
Рабочий ток в *а*	250	250/9	550 при 125 *в*, 20 мин.	285 — длительно 350 — 20 мин.		667	452	—	65	65	65	65	110 наибольший
Возбуждение	—	Независимое	—	—	Шунтовое	От аккумуляторной батареи	Компаундная и шунтовая обмотка	От вспомогательного генератора	Смешанное				
Максимальное число оборотов в минуту	400	550	—	750	750	650	450	—	1 776	1 776	1 776	1 776	2 500
Вспомогательный генератор (вспомогательный возбудитель)													
Номинальная мощность в *квт* .	—	—	—	—	—	—	—	12,5	5	5	5	5	—
Максимальное число оборотов в минуту	—	—	—	—	—	—	—	—	1 776	1 776	1 776	1 776	2 500
Напряжение в *в*	—	—	—	—	—	—	—	160 при 1320 об/мин	76	76	76	75	130
Ток в *а*	—	—	—	—	—	—	—	78 при 1320 об/мин	66	66	66	66	85
Возбуждение .	—	—	—	—	—	—	—	Самовозбуждающийся	Самовозбуждающийся				Шунтовое
Тяговой электродвигатель													
Номинальная мощность в *квт*	100	142	140	350	140	230	140	140	98	98	98	99	—
Длительный ток в *а*	—	160 при 835 об/мин и 1000 *в*	—	—	—	2×195	169 при**** 750 *в* и 1000 об/мин	—	680 при 40° 725 при 25°	725	680 при 40°	700 при 40° 740 до 30°	1 000 наибольший

* Цифры в знаменателе относятся к малому возбудителю, приводящемуся в движение посредством ременной передачи от вала главного возбудителя.

** Ток дан для продолжительности 100 мин.

*** Ток дан для продолжительности 40 мин.

**** Режимы соответствуют подаче 45 $м^3/мин$ прогоняемого через электродвигатель воздуха.

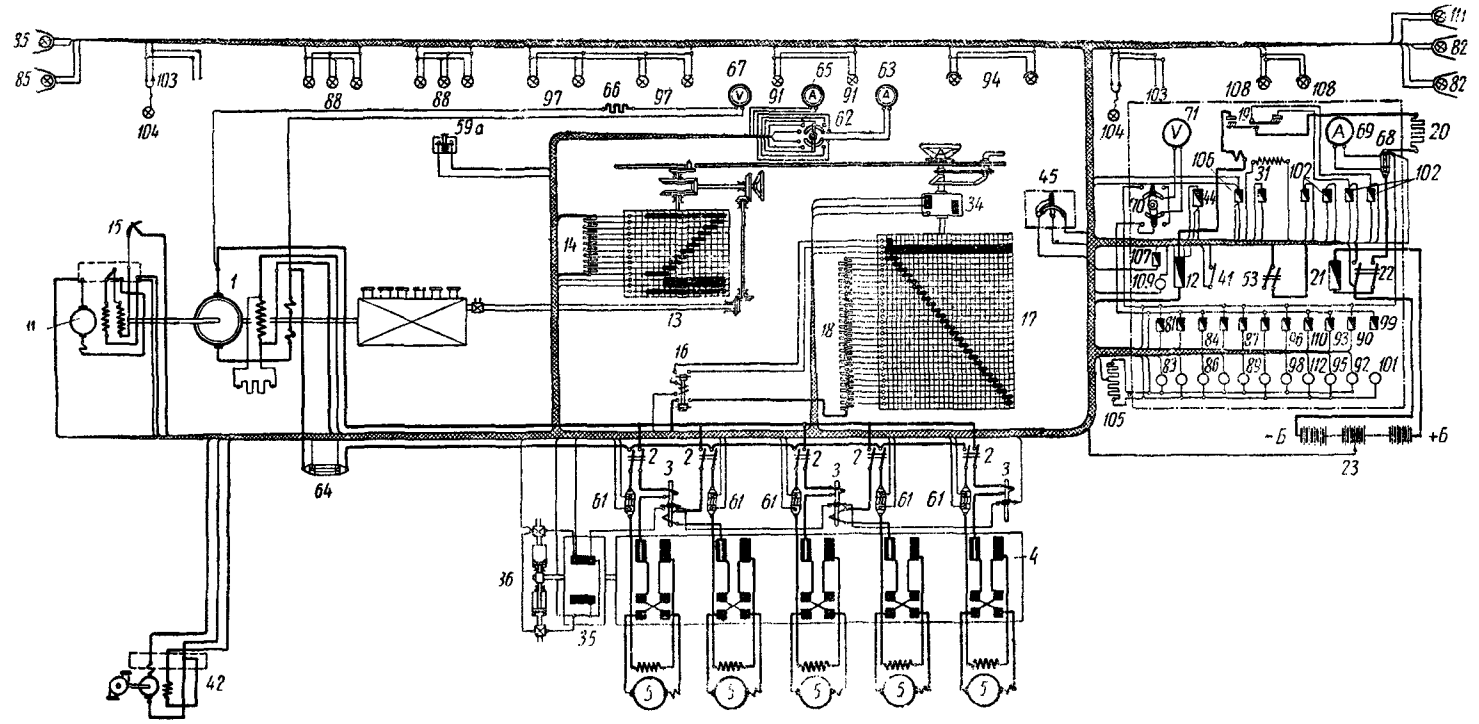
Продолжение табл. 1

Характеристика	Ш^{ЭЛ_1}	Э^{ЭЛ_2} после переделки	Э^{ЭЛ_5}	О^{ЭЛ_6}	О^{ЭЛ_7}	Э^{ЭЛ_8}	Э^{ЭЛ} серийный	ВМ	ТЭ1	ТЭ2	ТЭ5	Д^{А}	Д^{Б}
Часовой ток в *а*	—	235 при 440 об/мин 660 *в* — 100 мин.	—	—	—	2×242	350 при 440 *в* и 410 об/мин *	375 при 410 *в*	770 при 40° 840 при 25°	—	770 при 40°	780 при 40° 850 до 30°	—
Шунтирование поля в %	—	—	—	—	—	—	—		35	50	35	55	38÷33 29÷25
Число тяговых электродвигателей	10	5	5	1 групповой	4	5 двойных	5	2×4	6	2×4	6	6	6
Передаточное число	4,625	6,14	5,73 = 86/15	4,75	5,73	6,8	5,73 = 86/15	4,316 = 82/19	4,6875 = 75/16				4,857 = 68/14
Передача . .	—	Двухсторонняя		—	Двухсторонняя	На полый вал односторонняя, на ось пружинный привод	Двухсторонняя с косыми зубьями		Односторонняя				
Максимальное число оборотов якоря в минуту	1 750	—	1 400 при 55 *км/час*	1 030	1 400	1 770	1 400	1 350 при 72 *км/час*	2 200	2 200	2 200	2 200	2 300
Схема включения тяговых электродвигателей при трогании и разгоне	Параллельная			—	Параллельная	—	Параллельная		Сериесная				2 параллельные группы с двухступенчатой шунтировкой
Основная схема включения тяговых электродвигателей . . .	Параллельная			-	Параллельная	–	Параллельная		Сериес-параллельная				
Напряжение в *в*	–	1000	–	—	—	800	750	—	157	235	157	130–268	360 наибольшее
Аккумуляторная батарея													
Характеристика	Кислотная			Щелочная					Кислотная				
Число элементов	—	54	80	82	82	92	52	2×52	32	2×32	32	32	56

Емкость в *а-ч* и время разряда в часах	600/1	60/3	160/3	500/3	500/3	400/3	81/3	2×81/3	550/10	2×550/10	550/10	360/6	260 для первого типа, 280 для второго типа при 6-часовом разряде
Напряжение в *в*	–	—	135	120–140	140	140	104	135	64	64	64	64	130
Максимальная сила разрядного тока в *а*	—	—	—	—	—	—	—	55	1 700	1700	1700	-	—
Воздушный компрессор													
Число ступеней	—	4	2	1	1	—	2	2	2	2	2	2	2
Число цилиндров	—	4	2	2	2	—	2	2×2	3	3	3	3	3
Производительность в *м³/мин* (числитель) . .	—	—	1,08/315	1,0/450	1,0/450	—	1,08/315	1,08/315	2,2/250	2,2/250	2,2/250	2,2/250	—
Число оборотов в минуту (знаменатель)	—	—	1,3/385	—	—	—	—	1,3/385	5,5/740	5,5/740	5,5/740	5,5/740	—
Давление воздуха в *кг/см²* изб.	—	—	60	8	8	—	60	60	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
Холодильник													
Подача водяного насоса в *м³/час*	20	49	95	60	60	130	45	38,6	80	2×80	80	78	104
Подача масляного насоса в *м³/час*	—	5	12+36= =48**	9	9	35	13	22	16	2×16	16	18	11
Наибольшее число оборотов вентилятора в минуту	1 200	1 290	1 230	1 300	1 200	1 000	1 200	1 120	1 240	970	1 240	1 240	1 600
Наибольшая подача воздуха в *м³/час*	100 000	138 000	144 000	126 000	115 000	162 000	150 000	2×126000	66 000	—	66 000	—	97 000
Количество водяных секций . .	—	—	4	9	9	6	5	2×4	21	2×20	21	21	10
Количество масляных секций . .	—	—	2+5=7**	3	3	2	6	2×4	5	2×6	5	5	2
Поверхность водяного холодильника в *м²*	700	672,5	320	405	405	480	410	2×450	429	2×403	429	429,5	336,8
Поверхность масляного холодильника в *м²* . .	32	134,5	160+400= =560 **	135	135	160	205	2×450	95	2×114	95	102	69,5
Число ступеней скорости вентилятора	–	1	2	—	2	—	1	1	1	1	1	1	1

* Режимы соответствуют подаче 45 *м³/мин* прогоняемого через электродвигатель воздуха.

** Первое слагаемое относится к охлаждению смазки двигателя, второе — к охлаждению поршней.



Фиг. 5. Полная схема электрического управления серийного тепловоза ТЭ^{эл} (нумерация агрегатов и приборов дана в соответствии с нумерацией, принятой на заводской схеме управления):

1 — главный генератор; *2* — отключатели тяговых электродвигателей; *3* — реле перегрузки; *4* — реверсор; *5* — тяговой электродвигатель; *11* — возбудитель; *12* — предохранитель возбудителя; *13* — контроллер возбудителя; *14* — регулировочное сопротивление; *15*—реостат возбудителя; *16*—контактор возбуждения; *17*—главный ездовой контроллер; *18* — регулировочное сопротивление; *19* — автомат обратного тока; *20* — зарядное сопротивление; *21* — предохранитель батареи; *22* — отключатель батареи; *23*—аккумуляторная батарея; *31*—предохранитель цепи управления; *34*—барабан реверсора; *35*—барабан управления; *36*—электропневматический привод реверсора; *41*—рубильник электродвигателя масляного насоса; *42*—электродвигатель масляного насоса; *44*—предохранитель электродвигателя; *45*—пусковой реостат с масляным охлаждением к электродвигателю масляного насоса; *53*—рубильник, выключающий цепь тока блокировок; *61*—шунт амперметра тяговых электродвигателей; *62*—переключатель амперметра; *63*—амперметр тяговых электродвигателей; *64*—шунт амперметра генератора; *65*—амперметр генератора; *66*—добавочное сопротивление для ограничения тока, проходящего через вольтметр; *67*—вольтметр генератора; *68*—шунт амперметра батареи; *69* — амперметр батареи; *70* — переключатель вольтметра; *71*—вольтметр возбудителя и аккумуляторной батареи; *82*—передние буферные фонари; *81, 84, 87, 90, 93, 96, 99, 102, 106, 107, 110* — предохранители в цепи освещения; *85* — задние буферные фонари; *88, 91, 97* — лампы освещения: *83, 86, 89, 92, 95, 98, 112* — выключатели освещения; *94* — две лампы поста управления; *101* — выключатель; *103* — штепсельные розетки для переносных ламп; *104* — переносные лампы; *105* — поглощающее сопротивление; *108* — аварийная лампа; *109*—выключатель аварийных ламп; *111* — прожектор.

ливается смазка. Большая шестерня имеет 86 зубьев, малая — 15. Передаточное число 86 : 15 = 5,73.

Охлаждающий воздух подается специальными вентиляторами через вентиляционные отверстия в верхней части корпуса электродвигателя.

Вес электродвигателя без зубчатой передачи — 3240 *кг*, с зубчатой передачей и кожухом — 3585 *кг*.

Электрическая схема не предусматривает автоматического управления силовой установкой, а также переключения тяговых электродвигателей на различные схемы соединений и работу их при различных степенях ослабления поля, поэтому электрическая аппаратура этого тепловоза весьма проста.

Основными органами управления тепловозом являются главный контроллер и контроллер возбудителя. Оба контроллера барабанного типа, с сегментами и контактными пальцами, помещены под общей плитой на посту машиниста. На раме контроллера возбудителя смонтировано регулировочное сопротивление. Сопротивление, регулируемое главным контроллером, помещено в отдельном ящике. Оба контроллера рассчитаны на напряжение 135 *в*.

Контроллер машиниста регулирует скорость вращения тяговых электродвигателей путем изменения сопротивления в цепи возбуждения генератора, т. е. его напряжения. Контроллер имеет одно нулевое положение, одно переходное и 26 рабочих положений. Контроллер последней конструкции имеет 18 рабочих положений. Контроллер возбудителя, имеющий одно нулевое положение, два переходных и 14 рабочих, поддерживает постоянное напряжение на клеммах возбудителя при различных числах оборотов двигателя путем изменения сопротивления в цепи возбуждения.

Реверсор барабанного типа, рассчитанный на пять цепей электродвигателей, с электропневматическим приводом. Длительный ток 400 *а* при напряжении 750 *в*. На валу с сегментами главной цепи находится блокировочный барабан. Контактор возбуждения электромагнитный, с искрогашением, рассчитан на напряжение 600 *в*. Ток основных контактов равен 100 *а*, блокировочных — 0,4 *а*. Реле перегрузки рассчитано на напряжение 750 *в*. Длительный ток катушки 300 *а*. Пределы выключающего тока от 350 до 600 *а*.

Автомат обратного тока выполнен для непосредственного включения кислотной аккумуляторной батареи, состоящей из 52 элементов, емкостью 81 *а-ч*, при трехчасовом разряде токов в 27 *а*. Главные контакты автомата рассчитаны на длительный ток 80 *а* при напряжении 135 *в*.

Для трогания тепловоза с места прежде всего надо включить кнопочные выключатели тяговых электродвигателей и рубильник цепи управления, затем установить реверсивную рукоятку на положение «вперед» или «назад». Убедившись, что тормозные краны и ручной тормоз находятся в расторможенном состоянии, поворачивают маховик контроллера машиниста в первое положение. Далее, переведя маховик в следующие положения, нагружают тяговые электродвигатели пусковым током, который не должен превышать 500 *а*. Для того чтобы обеспечить плавность повышения числа оборотов дизеля, контроллер возбудителя переводится одновременно с контроллером машиниста.

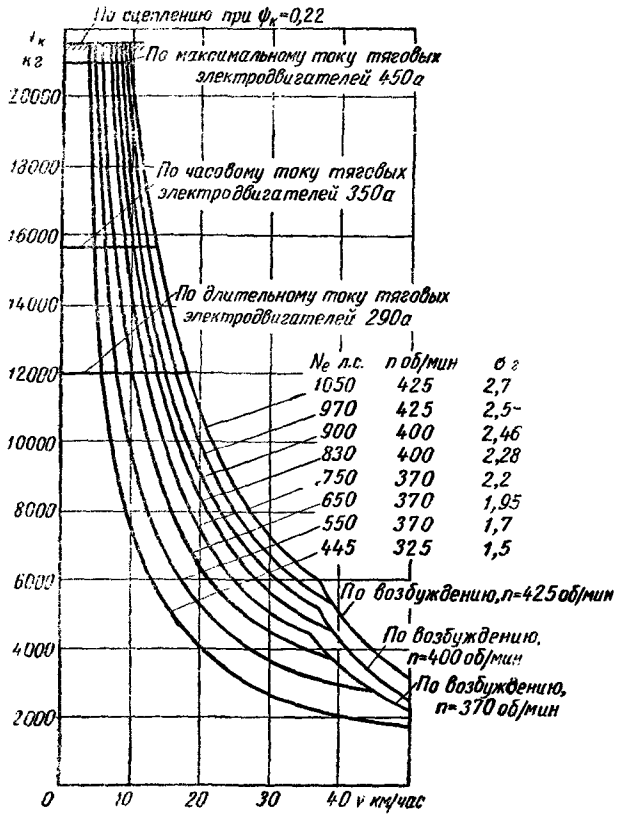
В связи с изменением конструкций электроприборов в электрическую схему тепловоза были внесены следующие изменения:

1. Поставлен главный генератор, дающий более высокое напряжение, позволяющее развивать повышенную скорость тепловоза.
2. Установлен новый контроллер, имеющий 18 рабочих положений вместо прежних 26.
3. Поставлен новый распределительный щит и новый автомат обратного тока.
4. Установлено пять одномоторных реле перегрузки. Каждое реле включено в цепь одного тягового электродвигателя. Реле не самовосстанавливающееся, что дает возможность точно установить, какое реле сработало.
5. Контактор возбуждения снабжен дополнительной блокировкой, благодаря которой защитное сопротивление генератора включается лишь при выключении контактора возбуждения, что исключает питание защитного сопротивления при работе генератора.
6. Изменено управление освещением.
7. Амперметр тяговых электродвигателей и переключатель к нему не устанавливаются.
8. Заменен электродвигатель масляного насоса.

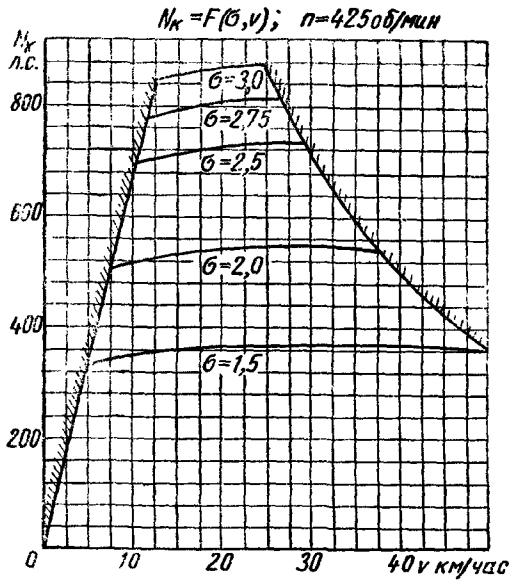
Характеристики тепловоза $Э^{эл}$ даны на фиг. 6а, б, в. Под греческой буквой э подразумевается подача топлива в граммах в один цилиндр за один рабочий ход. Основные параметры тепловоза и его агрегатов даны в табл. 1 (см. стр. 14).

После испытаний тепловозов $Э^{эл}$ в тяжелых климатических условиях Средней Азии в некоторые узлы внесены следующие изменения:

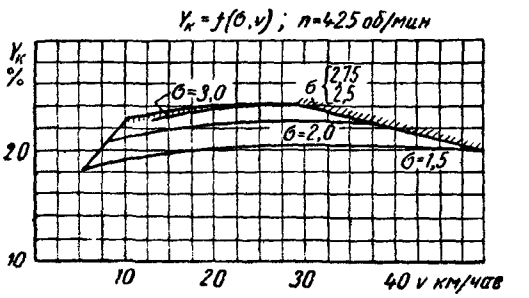
1. Топливная аппаратура (форсунки, топливные насосы, фильтры) заменена новой по типу



Фиг. 6а. Кривые касательной силы тяги серийного тепловоза Э^{ЭЛ} в зависимости от скорости движения тепловоза, числа оборотов двигателя и подачи топлива



Фиг. 6б. Кривые касательной мощности серийного тепловоза Э^{ЭЛ} в зависимости от скорости движения тепловоза и подачи топлива.



Фиг. 6в. Кривые коэфициента полезного действия серийного тепловоза Э^{ЭЛ} на ободе колес в зависимости от скорости движения тепловоза и подачи топлива.

поставленной на тепловозах ТЭ современной постройки.

2. Водяная система переделана по типу тепловоза ТЭ; поставлен расширительный бак, отключен сливной бак, переделан трубопровод; поршневой насос с подачей, равной 45 *м*^{3}*/час*, заменен центробежным насосом с подачей, равной 90 *м*^{3}*/час*. В результате этого водяная система при остановках двигателя остается заполненной водой.

Охлаждение двигателя более равномерно, что уменьшает возможность появления трещин в крышках цилиндров.

3. Масляный сетчатый фильтр заменен пластинчатым, что улучшило очистку смазочного масла.

4. Охлаждаемый маслом поршень дизеля заменен неохлаждаемым алюминиевым (из силумина).

5. Кабина машиниста в целях защиты тепловозной бригады от шума отделена перегородкой от машинного помещения.

6. Гибкая упругая муфта, соединяющая дизель с генератором, заменена полужесткой

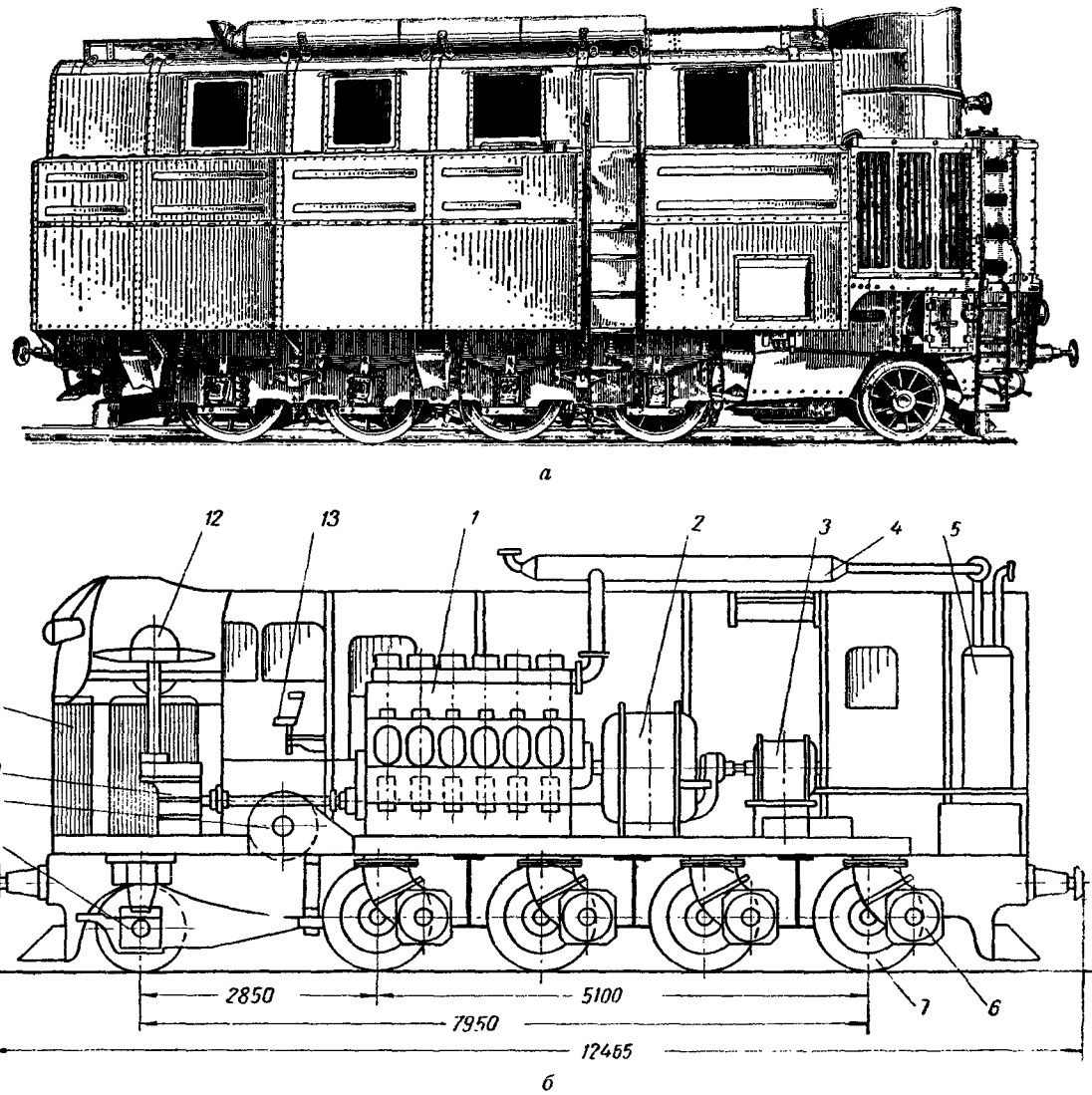
МАНЕВРОВЫЙ ТЕПЛОВОЗ О^{ЭЛ} 7 типа 1-4$_0$-0

В конце 1930 г. Коломенский завод выпустил тепловоз серии О^{ЭЛ} 7 типа 1-4$_0$-0 с индивидуальными тяговыми электродвигателями. Этот тепловоз, построенный по проекту Тепловозного бюро НКПС, был предназначен для маневровой работы на ж.-д. узлах и для поездной работы на малозагруженных линиях.

Устройство и общий вид тепловоза О^{ЭЛ} 7 типа 1-4$_0$-0 показаны на фиг. 7, *а* и *б*. На основ-

ной листовой раме установлен шестицилиндровый дизель, соединенный с генератором и возбудителем при помощи гибкой муфты. В передней части тепловоза установлен холодильник, состоящий из 12 секций — три секции

ступенями. Это дает возможность получить 1200 об/мин вентилятора при 400 и 700 оборотах коленчатого вала двигателя в минуту. В передней же части тепловоза расположен вентилятор, нагнетающий воздух для охлажде-



а

б

Фиг. 7. Тепловоз $О^{ЭЛ}$ 7 типа 1—4_0—0: *а* — общий вид; *б* — схема тепловоза.

1—дизель; *2* — генератор; *3* — возбудитель; *4* — глушитель; *5*—котел отопления; *6* — тяговый электродвигатель; *7* — движущее колесо; *8*—передняя тележка; *9*—нагнетательный вентилятор для охлаждения тяговых электродвигателей; *10* — коробка скоростей вентилятора холодильника; *11*—холодильник; *12*—колесо вентилятора; *13*—сиденье машиниста.

предназначены для охлаждения масла, остальные — для охлаждения воды. Поверхность каждой секции равна 45 $м^2$.

Вентиляторное колесо расположено на вертикальном валу и приводится во вращение от вала дизеля через коробку скоростей с двумя

ния тяговых электродвигателей. Отсасывающий вентилятор расположен в задней части тепловоза.

На посту управления, расположенном сзади холодильника, помещаются: контроллер машиниста с ручкой реверсора, тормозной кон-

троллер, маховик к регулятору дизеля для установки нужного числа оборотов, кнопка пуска дизеля, тормозной кран машиниста, кран воздушных песочниц, привод к свистку и все контрольные приборы. Там же установлены двухцилиндровый тормозной электрокомпрессор, привод к коробке вентилятора, колонка ручного тормоза. Под настилом пола передней части кузова помещены масляный бак, электронасосы для подачи воды и нефти, тормозное сопротивление электротормоза.

В средней части кузова расположены нефтяные баки, аккумуляторная батарея, частично тормозные сопротивления.

Котел отопления размещен в задней части кузова. Главная рама установлена на пяти осях, из которых четыре движущие приводятся во вращение индивидуальными тяговыми электродвигателями сериесного типа. Вращение осям тепловоза передается через две пары зубчатых колес с передаточными числами $86 : 15 = 5{,}733$. Зубчатые колеса посажены на якорь с обеих сторон. Передней частью тепловоз опирается на одноосную тележку

Основная техническая характеристика тепловоза приведена в табл. 1 (см. стр. 14).

МАНЕВРОВЫЕ ТЕПЛОВОЗЫ $О^{эл}6$ и $О^{эл}10$ типа 1-4-1

В конце 1931 г. Коломенский завод выпустил тепловоз $О^{эл}6$ типа 1-4-1 с групповым электроприводом, спроектированный Тепловозным бюро НКПС. Этот тепловоз предназначался для маневровой работы и для поездной службы на второстепенных линиях. Устройство и общий вид тепловоза $О^{эл}6$ показаны на фиг. 8, *а* и *б*.

На главной раме тепловоза расположен шестицилиндровый четырехтактный двигатель мощностью 600 *л. с.*, приводящий в движение генератор постоянного тока и возбудитель. Ток генератора служит для приведения во вращение группового тягового электродвигателя, расположенного на заднем конце тепловоза.

Тяговой электродвигатель связан двумя зубчатыми цилиндрическими колесами с отбойным валом. Последний передает вращающий момент движущим осям при помощи ведущих и сцепных дышел. Большое зубчатое колесо состоит из корпуса и венца, который может сдвигаться относительно корпуса на некоторый угол для предотвращения появления чрезмерных напряжений в зубьях.

Холодильник, размещенный впереди поста управления, имеет вентиляторное колесо с горизонтально расположенной осью, вращаемой самостоятельным электродвигателем. Воздух, охлаждающий секции холодильника, выбрасывается при помощи соответствующих направляющих в стороны, а не вверх, как при вертикальном расположении оси вентиляторного колеса.

Рама тепловоза выполнена из листов толщиной 29 *мм*. Крайние (поддерживающие) оси представляют собой одноосные тележки с водилом. Средние движущие оси — безребордные

Пуск двигателя производится от аккумуляторной батареи при помощи генератора. Для этого на главных полюсах генератора, кроме обмотки возбуждения, имеется еще и сериесная обмотка, через которую при пуске двигателя пропускается ток аккумуляторной батареи

На тепловозе $О^{эл}6$ осуществлено электрическое торможение. Тормозные сопротивления расположены над холодильником.

Тепловоз $О^{эл}10$ был построен в 1934 г. Коломенским заводом по образцу тепловоза $О^{эл}6$, но без электрического торможения и с воздушным пуском двигателя.

Тепловозы $О^{эл}6$ и $О^{эл}10$ были построены с целью накопления опыта эксплоатации машин с групповым электроприводом. Для получения сравнительных данных был построен тепловоз $О^{эл}7$ с индивидуальными тяговыми электродвигателями, имеющий однотипное силовое оборудование.

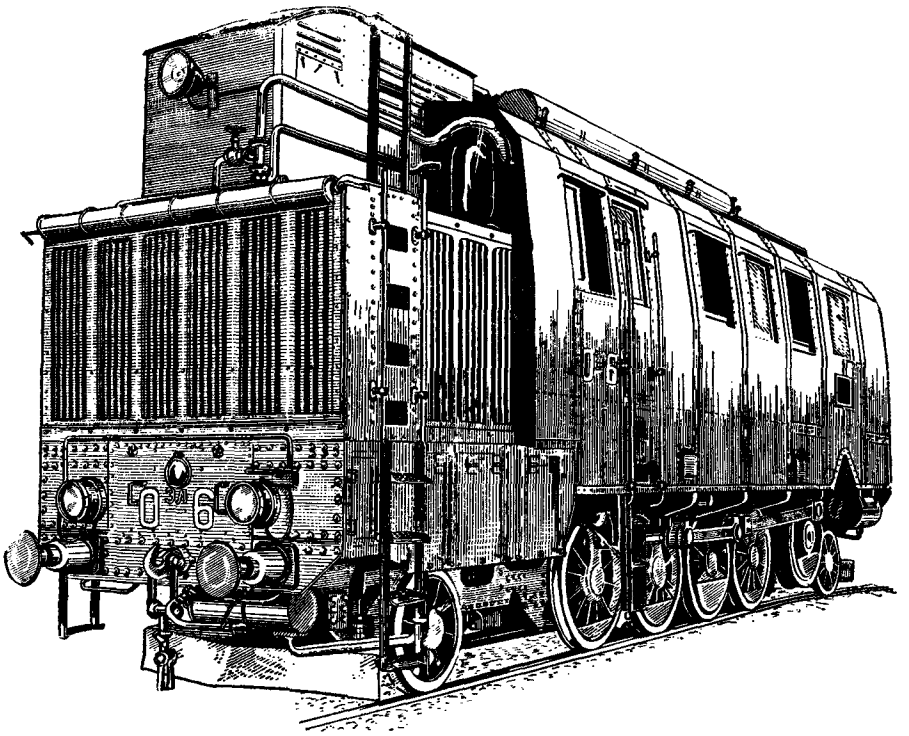
Проведенные испытания показали, что тепловозы с групповым электроприводом особых преимуществ по сравнению с тепловозами, имеющими индивидуальные тяговые электродвигатели, не показали; поэтому в настоящее время наиболее широко распространены тепловозы с индивидуальными тяговыми электродвигателями

СДВОЕННЫЙ ТЕПЛОВОЗ СЕРИИ ВМ

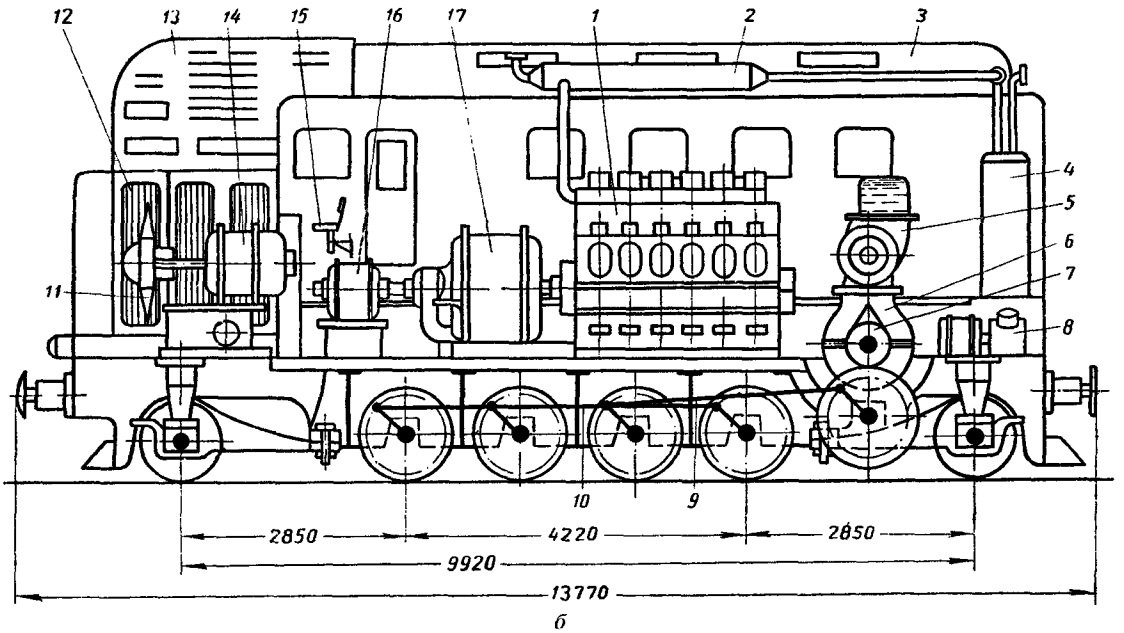
В 1933 г. Локомотивпроект разработал детальный проект сдвоенного тепловоза серии ВМ типа $2\text{-}4_0\text{-}1 + 1\text{-}4_0\text{-}2$. Тепловоз был построен Коломенским заводом в феврале 1934 г.

Тепловоз ВМ (фиг. 9, *а* и *б*) состоит из двух отдельных секций, из которых каждая может работать самостоятельно. Обе секции сцепляются между собой специальной сцепкой. Смежные торцевые стенки кузовов могут быть сняты, и тогда оба кузова образуют общее помещение.

Каждая секция имеет свой пост машиниста, допускающий управление обеими секциями,



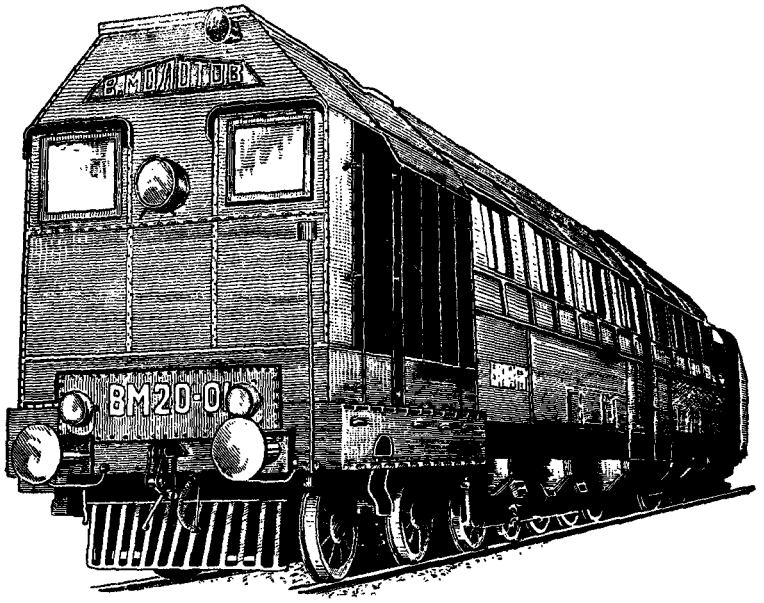
а



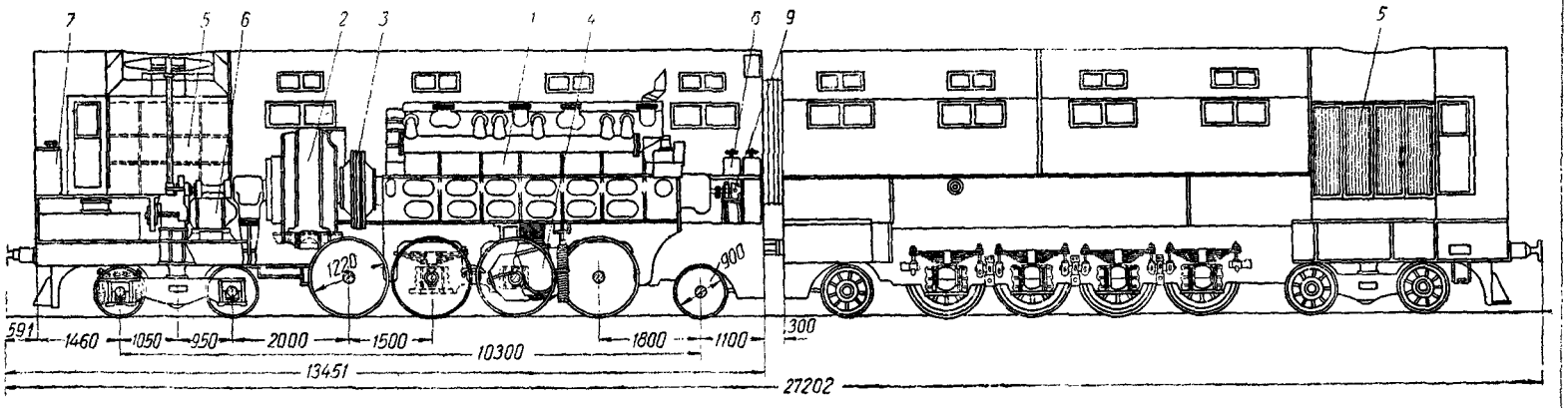
б

Фиг. 8. Тепловоз $О^{Эл}6$ типа 14-4-1: *а* — общий вид; *б* — схема тепловоза:

1—дизель; *2*—глушитель; *3*—фонарь; *4*—котел отопления; *5*—вентилятор для охлаждения тягового электродвигателя; *6*—тяговый электродвигатель; *7* — зубчатое колесо передачи к отбойному валу; *8* — компрессор; *9* — ведущее дышло; *10* — сцепное дышло; *11* — вентиляторное колесо; *12*—холодильник; *13*—ящик для тормозных сопротивлений; *14* — электродвигатель вентилятора; *15* — сиденье машиниста; *16*—возбудитель; *17*—генератор.



а



б

Фиг. 9. Сдвоенный тепловоз серии ВМ типа $2\text{-}4_0\text{-}1+1\text{-}4_0\text{-}2$: *а* — общий вид; *б* — схема устройства:

1 — дизель; *2* — генератор; *3* — соединительная муфта; *4* — тяговые электродвигатели; *5* — холодильник; *6* возбудитель; *7*—контроллер управления; *8*—пусковые баллоны: *9* — вспомогательный масляный насос.

что устраняет необходимость поворота тепловоза в оборотном депо. Посты управления сблокированы так, что действующим может быть только один из них.

Главная силовая установка каждой секции состоит из шестицилиндрового дизеля Коломенского завода марки 42-БМК-6, генератора типа ГПТ-800/450 Mod и возбудителя типа HN 200 ХЭМЗ. Генератор имеет опорный подшипник, поддерживающий один конец вала ротора. Другим концом вал ротора опирается через полужесткую муфту на конец вала дизеля.

Холодильники расположены сзади кабины управления, что обеспечивает хорошую видимость тепловозной бригаде.

Поверхность водяного холодильника равна 2×450 *м*², поверхности масляного холодильника 2×450 *м*².

Вентиляторное колесо приводится в движение от вала дизеля при помощи одноступенчатого зубчатого редуктора и делает 1120 об/мин при 400 об/мин вала двигателя.

Тяговые электродвигатели ДПТ-140 при нормальной схеме включены параллельно, при аварийной схеме — параллельно-последовательно.

Подвеска тяговых электродвигателей трамвайного типа, передача двухсторонняя при помощи шестерен с косыми зубьями. Охлаждение тяговых электродвигателей принудительное, от вентилятора, получающего вращение от вала дизеля через редуктор с передаточным числом $66 : 24 = 2{,}75$.

Электрическая схема тепловоза серии ВМ отличается от электрической схемы серийного тепловоза Э^{эл} тем, что в ней применена каскадная схема питания обмотки независимого возбуждения главного генератора. Обмотка возбуждения главного генератора питается от возбудителя, а обмотка возбуждения возбудителя — от вспомогательного генератора.

Основным условием надежной работы сдвоенного тепловоза является синхронность нагрузок и чисел оборотов двигателей обеих секций, наличие одинаковых характеристик генераторов и тяговых электродвигателей.

Основные технические данные тепловоза ВМ приведены в табл. 1 (см. стр. 14).

ТЕПЛОВОЗ СЕРИИ Э^{эл}2 ТИПА 1-5$_0$-1

Тепловоз Э^{эл} 2 был построен в 1922—1924 гг. по проекту советских инженеров на заводе Эсслинген в Германии.

Тепловоз Э^{эл} 2, кроме основного холодильника, имел еще прицепной тендер-холодильник для увеличения охлаждающей поверхности водяных секций. В 1928 г. тепловоз Э^{эл} 2 был усовершенствован на тепловозной базе в Люблино, в результате чего холодильник был полностью размещен на переднем конце тепловоза, для чего рама была удлинена на 300 *мм*, а нагрузки колес на рельсы увеличены. Тепловоз Э^{эл} 2, переделанный в 1928 г., показан на фиг. 10, *а* и *б*.

Первичным двигателем тепловоза Э^{эл} 2 является шестицилиндровый четырехтактный компрессорный дизель, соединенный полужесткой муфтой с генератором постоянного тока. На конце вала генератора имеется зубчатка для передачи вращения большому возбудителю, который при помощи ременной передачи приводит в движение малый возбудитель. Малый возбудитель возбуждается током аккумуляторной батареи. Большой возбудитель возбуждается током малого возбудителя. Генератор возбуждается током большого возбудителя. Ток генератора служит для питания пяти тяговых электродвигателей, индивидуально связанных зубчатой передачей с движущими осями.

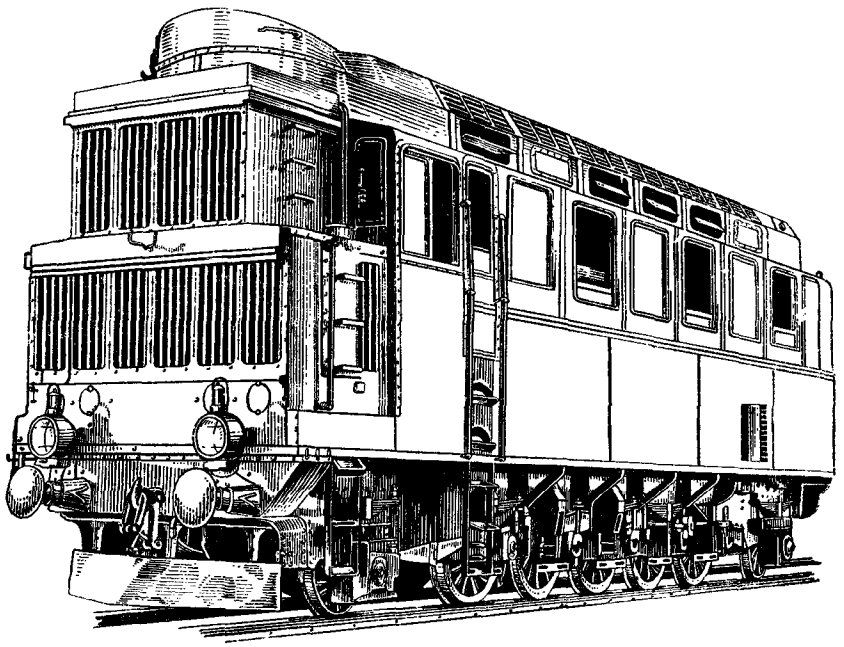
Контроллер управления включен в цепь возбуждения большого возбудителя, через которую проходит ток незначительной силы. Благодаря этому контроллер управления имеет небольшую величину и легкое управление. Тяговые электродвигатели включены всегда параллельно.

Скорость движения и сила тяги тепловоза меняются за счет изменения силы тока и напряжения генератора.

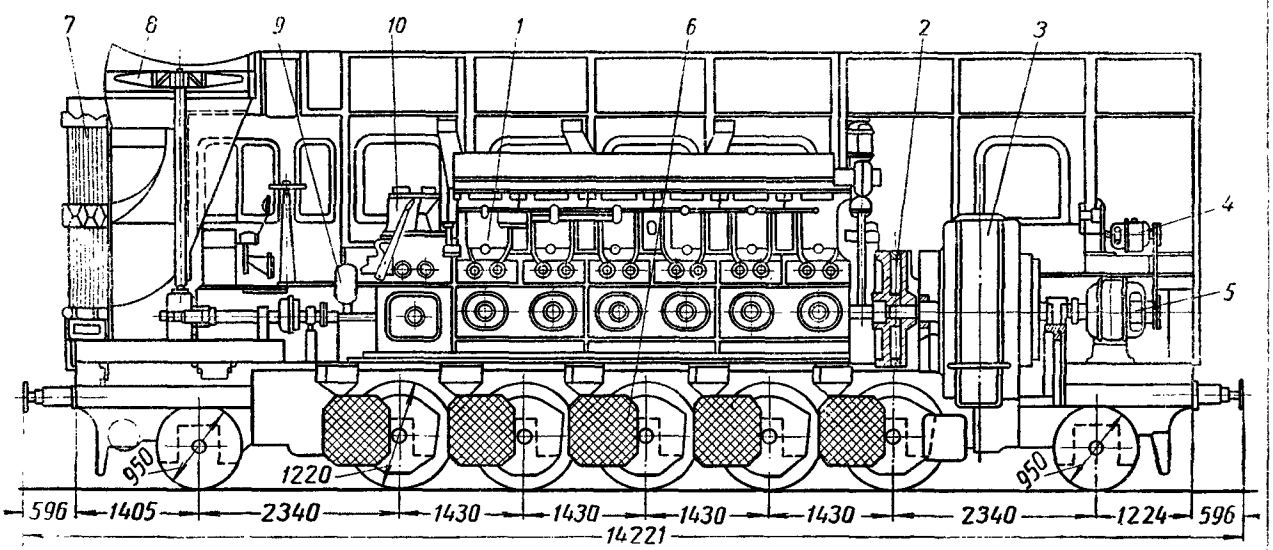
На переднем конце вала дизеля расположен четырехступенчатый компрессор высокого сжатия, который дает воздух для зарядки пусковых баллонов и для распыления топлива, поступающего через форсунки в рабочие цилиндры двигателя. Конец вала дизеля за компрессором при помощи привода с фрикционной муфтой вращает вентилятор.

Пост управления расположен в передней части тепловоза, непосредственно за холодильником для воды и масла. Спереди и сзади тепловоз имеет радиальные поддерживающие оси.

Пуск дизеля производится сжатым воздухом из пусковых баллонов. Машинист управляет тепловозом при помощи контроллера в цепи возбуждения и маховичка подачи топлива, устанавливая режим работы первичной силовой установки в зависимости от условий движения тепловоза.



а



б

Фиг. 10. Тепловоз $Э^{ЭЛ}2$ типа $1\text{-}5_0\text{-}1$: *а* — общий вид; *б* — продольный разрез:

1 — двигатель; *2* — соединительная муфта; *3* — генератор; *4*—малый возбудитель; *5*—большой возбудитель; *6*—тяговый электродвигатель; *7*—секции холодильника; *8*—колесо вентилятора; *9*—водяной насос; *10*—воздушный насос.

ТЕПЛОВОЗ СЕРИИ Э^{эл} 8 ТИПА 2-5$_0$-1

Проект тепловоза Э^{эл} 8 был разработан Тепловозным бюро НКПС с целью испытать: а) возможность установки мощного силового агрегата в одном кузове (два двигателя); б) принцип разделенной мощности; в) пружинный привод от тяговых электродвигателей, установленных на раме тепловоза; г) привод вентиляторного колеса от электродвигателя.

Заказ на изготовление тепловоза Э^{эл} 8 был дан заводу Круппа в Германии. Тепловоз был построен в 1932 г.

На тепловозе Э^{эл} 8 типа 2-5$_0$-1 (фиг. 11) установлены два четырехтактных восьмицилиндровых бескомпрессорных предкамерных дизеля мощностью 825 *л. с.* при 640 об/мин. Дизели связаны с генераторами жестко, без промежуточных гибких муфт.

Пуск дизелей электрический от аккумуляторной батареи. Для защиты аккумуляторной батареи от чрезмерного разряда при пуске двигатели могут вводиться в действие поочередно, что обеспечивается специальной блокировкой.

Генераторы самовентилирующиеся, с независимым возбуждением. Возбудители расположены на одном валу с якорями генераторов и получают возбуждение от аккумуляторной батареи. Ток обоих генераторов поступает на общие шины питания.

Тяговые электродвигатели представляют собой сдвоенные агрегаты, жестко связанные с рамой тепловоза. Вентиляция электродвигателей производится двумя вентиляторами, получающими вращение от электродвигателей. Каждый сдвоенный агрегат с помощью одной пары зубчаток передает крутящий момент полому валу, вращающемуся в подшипниках, укрепленных в раме тепловоза. Внутри полого вала размещена ось движущей колесной пары. Между осью и стенками полого вала имеется большой зазор для восприятия вертикальных колебаний тепловоза. Полый вал передает крутящий момент через пальцы и систему пружин непосредственно колесам движущей оси.

В отличие от других тепловозов тепловоз Э^{эл} 8 имеет наружную листовую раму.

Управление тепловозом производится при помощи контроллера с одного поста управления. Ток на шинах регулируется путем изменения напряжения возбуждения генератора. Тяговые электродвигатели каждой движущей оси при помощи переключателя могут соединяться последовательно или параллельно.

Силовая установка дает возможность осуществить один из следующих режимов работы тепловоза:

1) полная мощность; работают обе дизельгенераторные установки;

2) половинная мощность при полной силе тяги и половинной скорости; работает одна дизельгенераторная установка; тяговые электродвигатели соединены последовательно;

3) половинная мощность при полной скорости и половинной силе тяги; работает одна дизельгенераторная группа; тяговые электродвигатели соединены параллельно.

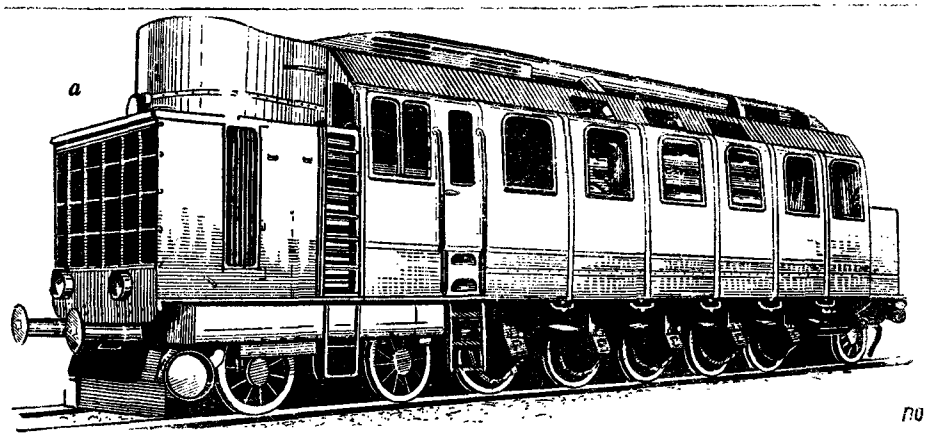
На посту управления расположены: маховики контроллера управления и группового переключателя главных генераторов, две рукоятки для пуска двигателей, рукоятка реверсора, рукоятка регулирования числа оборотов двигателя, рукоятка управления электродвигателем тормозного компрессора, рукоятка для управления вентилятором тяговых электродвигателей, маховичок реостата для выравнивания нагрузки возбудителей и для зарядки аккумуляторной батареи, рукоятки переключения амперметров тяговых электродвигателей. Таким образом, в руках одного человека сосредоточено управление двумя дизель-генераторными установками с электрическим пуском, пятью сдвоенными тяговыми и восемью вспомогательными электродвигателями. В схеме управления применена электрическая и механическая блокировка при 12 автоматах.

ТЕПЛОВОЗЫ С МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ: Э^{мх} 3, Ь^{мх} -1, АА-1, М $\frac{Д}{2}$ и 2-5-1 КОЛОМЕНСКОГО ЗАВОДА

Тепловоз серии Э^{мх}3 типа 2-5-1 (фиг. 12, *а* и *б*) был построен по проекту советских инженеров в 1923—1926 гг. в Германии на заводе Гогенцоллерн и прибыл в СССР в 1927 г.

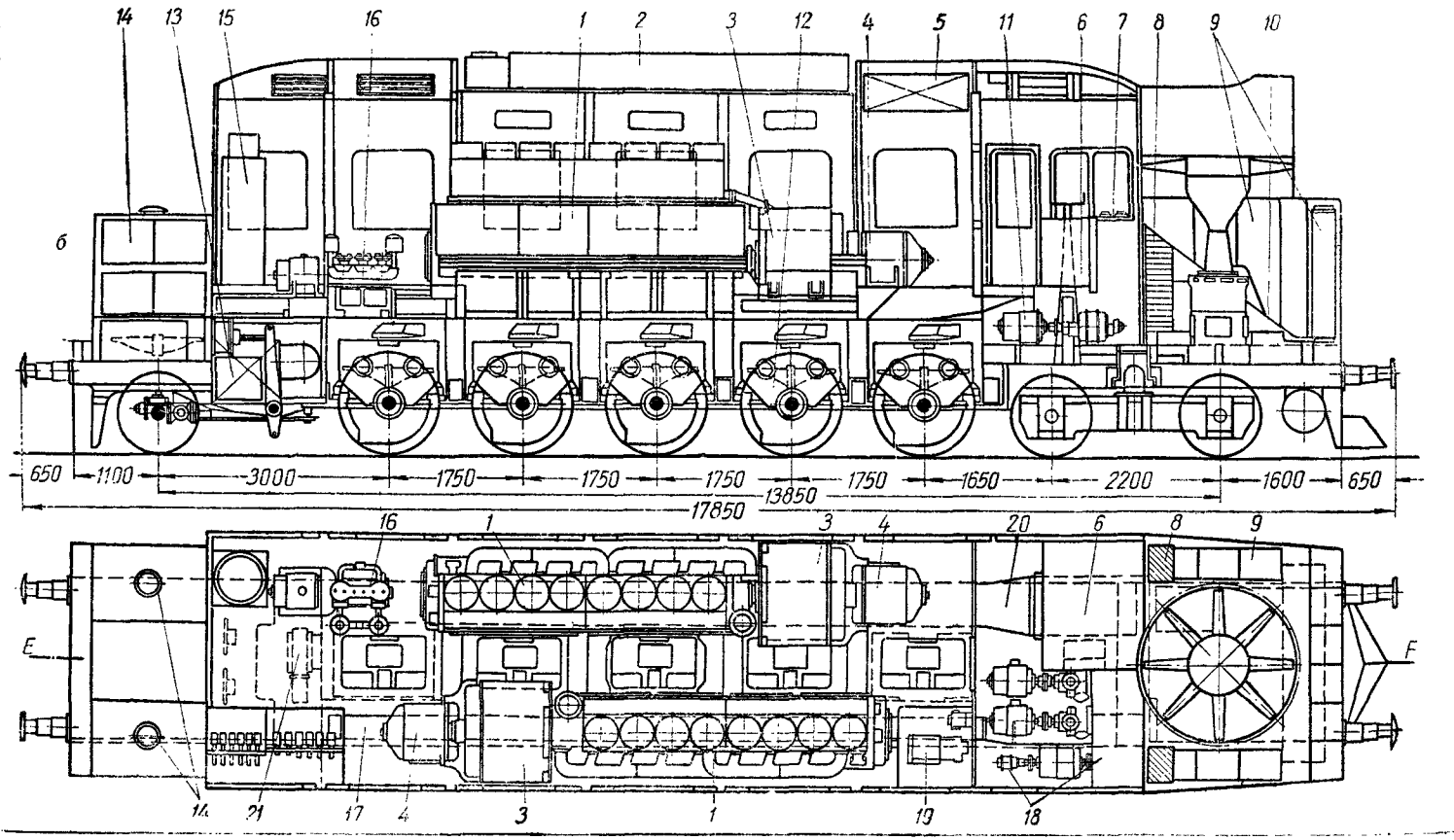
Особенностью тепловоза Э^{мх}3 является применение в нем коробки скоростей с тремя ступенями для передачи крутящего момента от двигателя к движущим колесам. Осуществление такой коробки скоростей представляло основную трудность, так как подобных образцов в те годы не существовало.

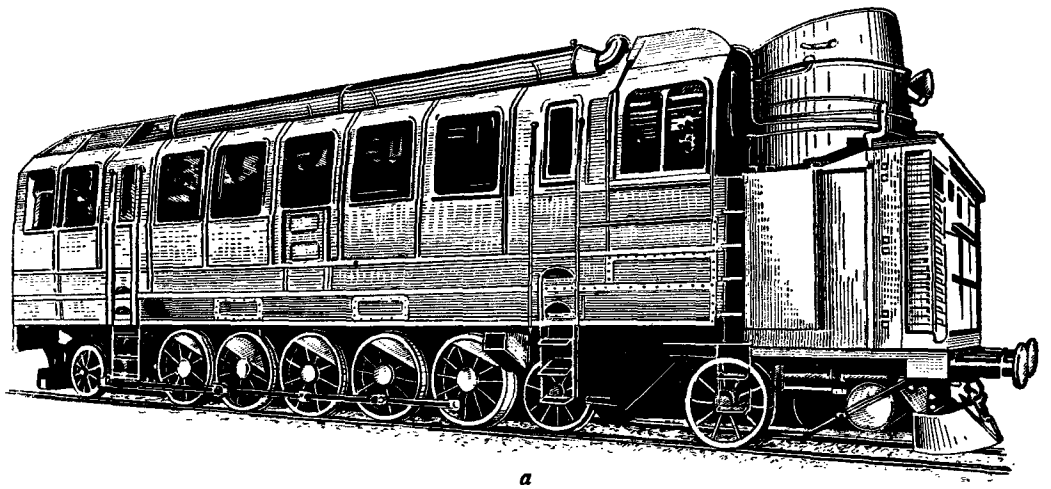
Первичный двигатель дизеля для тепловоза Э^{мх}3 выбран того же типа, как и для тепловоза Э^{эл} 2, с той разницей, что он является реверсивным и имеет масляное охлаждение поршней вместо водяного. Крутящий момент



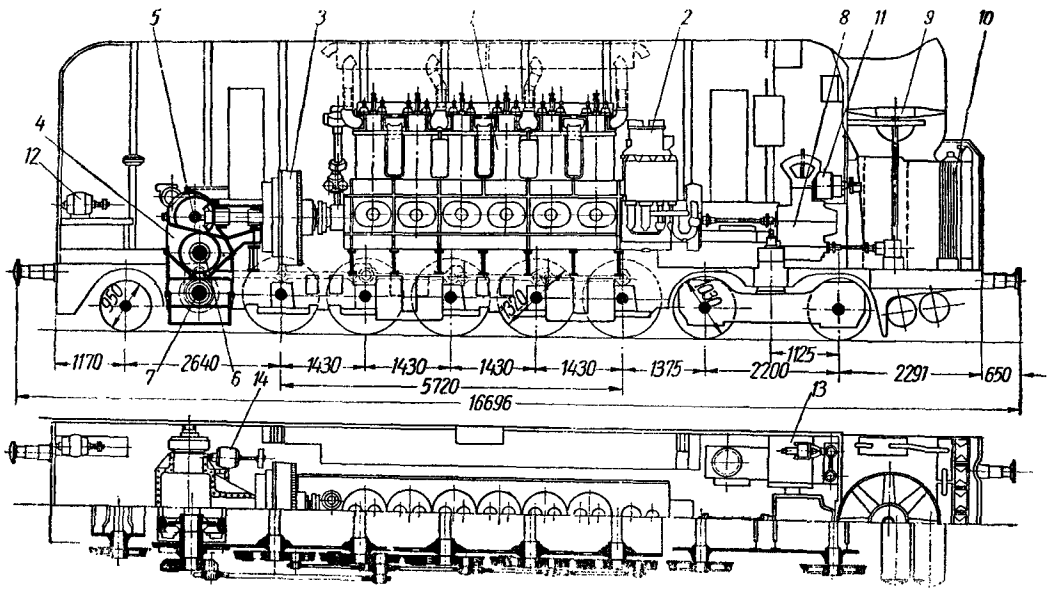
Фиг. 11. Тепловоз Э^{ЭЛ} 8 типа 2-5$_0$-1: *а* — общий вид; *б* — продольный разрез и план тепловоза:

1—двигатель; *2*—глушитель; *3*—генератор; *4*—возбудитель; *5*—расходный бак; *6*—вентилятор для охлаждения тяговых электродвигателей; *7*—пост управления; *8*—воздушный фильтр; *9*—секции холодильника; *10*—водяной бак; *11*—водяные насосы; *12*—сдвоенные тяговые электродвигатели; *13*—топливный бак; *14*—аккумуляторная батарея; *15* — котел отопления; *16* — тормозной компрессор; *17* — канал для кабеля; *18*—масляные насосы; *19* — переключатель; *20*—воздушный канал; *21*—нефтяной насос.





а



б

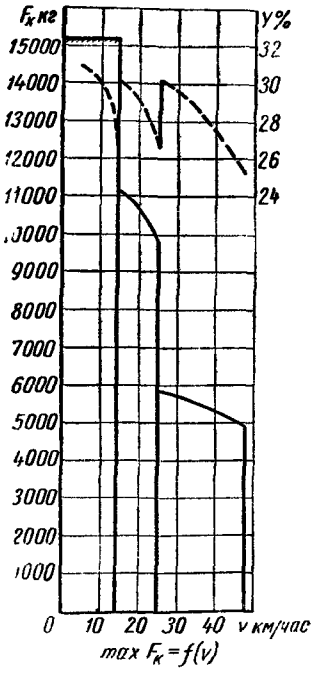
Фиг. 12. Тепловоз $Э^{Мх}$ 3 типа 2-5-1: *а* — общий вид; *б* — продольный разрез и план тепловоза:

1—двигатель; *2*—компрессор; *3*—главная муфта; *4*—коробка скоростей; *5* — верхний поперечный вал; *6* —промежуточный вал; *7* — отбойный вал; *8* — передача к вентилятору; *9* — вентилятор; *10* — холодильник; *11* — генератор для питания муфт и освещения тепловоза; *12* — электродвигатель с масляным насосом для охлаждения поршней во время стоянки; *13* — электродвигатель к увлажнителю воздуха; *14* — электродвигатель с насосом для подачи топлива в главные и расходные баки.

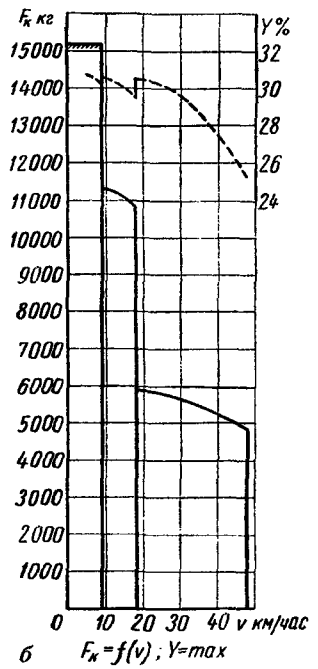
дизеля передается движущим колесам через главную фрикционную электромагнитную муфту. Эта муфта позволяет разобщить дизель и коробку скоростей. Благодаря этому дизель может быть пущен вхолостую сжатым воздухом. При трогании поезда с места постепенно включается главная муфта, и при все уменьшающемся проскальзывании ее поезд постепенно увеличивает скорость.

Коробка скоростей имеет три ступени. Шестерни коробки находятся в постоянном зацеплении. Включение нужной ступени скорости происходит при помощи электромагнитной муфты этой ступени.

Переключение скоростей на ходу тепловоза происходит при выключенной главной муфте, вследствие чего при переключении скоростей касательная сила тяги тепловоза падает до



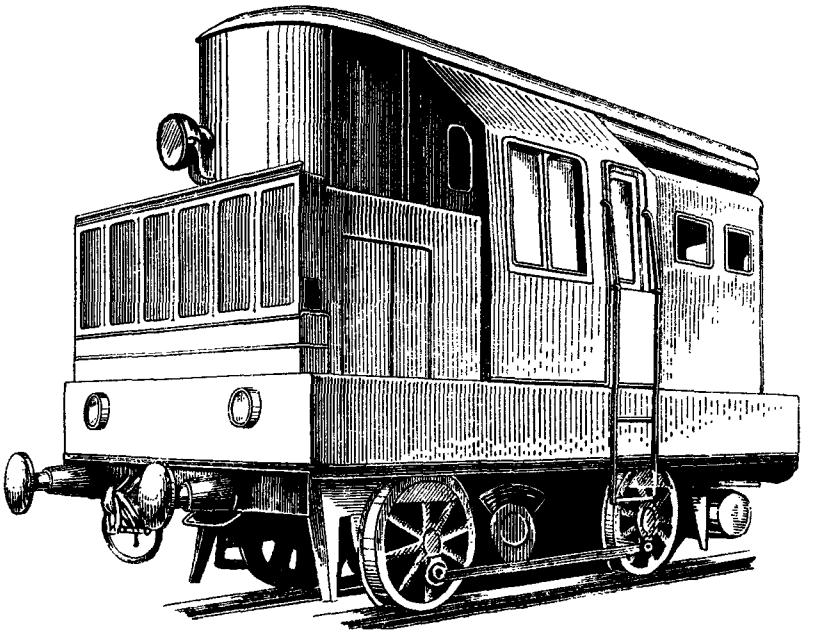
а



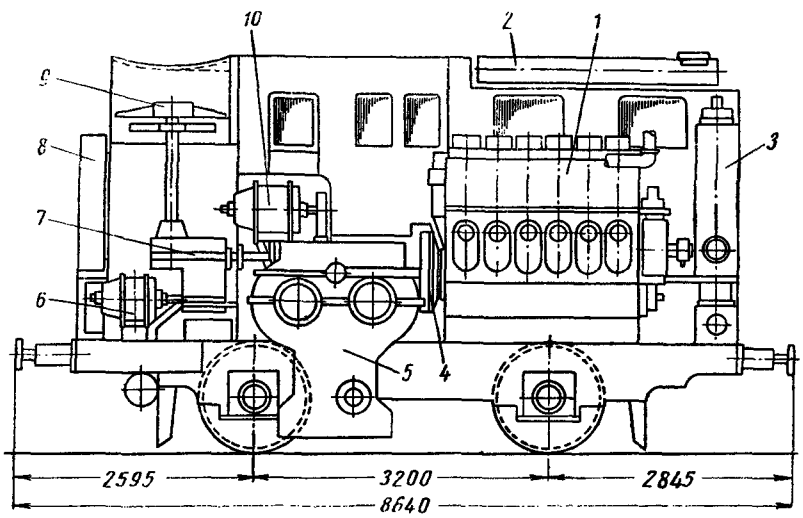
б $F_к = f(v)$; $\eta = max$

Фиг. 13. Сила тяги и к. п. д. на ободе движущих колес для тепловоза $Э^{МХ}$ 3:

а — при наибольшей форсировке; *б* — при наивыгоднейшем регулировании.



а



б

Фиг. 14. Маневровый тепловоз $Ь^{МХ}$ типа 0-2-0: *а* — общий вид; *б* — схема тепловоза.

1 — двигатель; *2* — глушитель; *3* — котел отопления; *4* — рессорная муфта; *5* — коробка скоростей и реверс; *6* — стартер для пуска двигателя; *7* — двухступенчатая коробка скоростей вентилятора; *8* — холодильники; *9* — колесо вентилятора; *10* — генератор.

нуля. Это требует особой осторожности при включении новой скорости, чтобы не произошло поломки зубьев шестерней.

Безударное включение главной муфты требует совпадения числа оборотов связываемых частей, что достигается изменением числа оборотов дизеля. При трогании поезда с места муфта первой ступени должна быть включена до начала включения главной муфты.

Крутящий момент от отбойного вала передается движущим осям тепловоза при помощи системы дышел. Холодильник для воды и масла расположен впереди поста управления.

Кривые зависимости силы тяги тепловоза Э^{мх}3 и к. п. д. на ободе движущих колес от скорости при наибольшей форсировке и при наивыгоднейшем регулировании приведены на фиг. 13, *а* и *б*.

В эксплоатации тепловоз дал к. п. д. на ободе движущих колес свыше 30%, т. е. выше к. п. д. тепловозов с электрической передачей.

Недостатками тепловоза Э^{мх}3 являются: неправильно подобранные скорости по ступеням, ограничение скорости тепловоза (как максимум 45 *км/час*), сложное коническое зацепление, недоступность элементов третьей ступени, трудность управления передачей, возможность поломок ее при неправильном включении муфт.

В 1931 г. в СССР прибыли два двухосных тепловоза, построенные на заводе Круппа в Германии. Эти тепловозы, предназначавшиеся для маневровой работы, получили серию и номер Ь^{мх}1 и Ь^{мх}2 (фиг. 14, *а* и *б*).

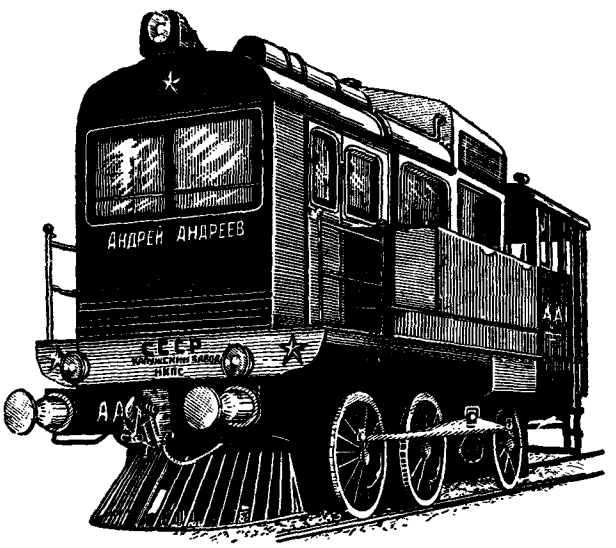
Первичный шестицилиндровый двигатель этого тепловоза имеет эффективную мощность 300 *л. с.* при 700 об/мин. Двигатель нереверсивный. Обратный ход тепловоза осуществляется при помощи реверса, находящегося в коробке скоростей и состоящего из конических шестерен и масляных муфт.

Вращающий момент двигателя передается на движущие оси через коробку скоростей, имеющую четыре ступени. Ступени включаются при помощи фрикционных муфт с пневматическим приводом.

В отличие от тепловоза Э^{мх}3 тепловозы Ь^{мх}1 не имеют главных муфт, и трогание поезда с места происходит за счет проскальзывания муфты первой ступени. Фактически благодаря пневматическим муфтам проскальзывание происходит и при переходе с одной скорости на другую, что обеспечивает плавность переключения и устраняет падение силы тяги до нуля, как у тепловоза Э^{мх} 3.

Вентилятор холодильника приводится во вращение от вала двигателя через двухступенчатую коробку скоростей. От двигателя приводятся во вращение масляный и водяной насосы, а также одноступенчатый компрессор для питания воздухом тормозов и муфт ступеней. С передачей двигатель связан рессорной муфтой. Пуск двигателя производится при помощи особого электродвигателя с пусковым током 470 *а*.

В 1933 г. к 16-й годовщине Октября Калужский завод построил маневровый тепловоз



Фиг. 15. Маневровый тепловоз АА-1 типа 0-3-0.

АА-1 типа 0-3-0 (фиг. 15) с механической передачей. Этот тепловоз был снабжен двухтактным двигателем мощностью 300 *л. с.* марки 6Д 22/28, т. е. шестицилиндровым двухтактным двигателем с цилиндром, диаметр которого равен 22 *см* и ход поршня 28 *см*. Проектирование и постройка двигателя велись при консультации проф. Я. М. Гаккеля.

Муфты коробки передач на этом тепловозе включались при помощи пневматических цилиндров с соответствующими рычагами. Конструкции холодильника и вентилятора заимствованы с тепловоза Щ^{эл} 1.

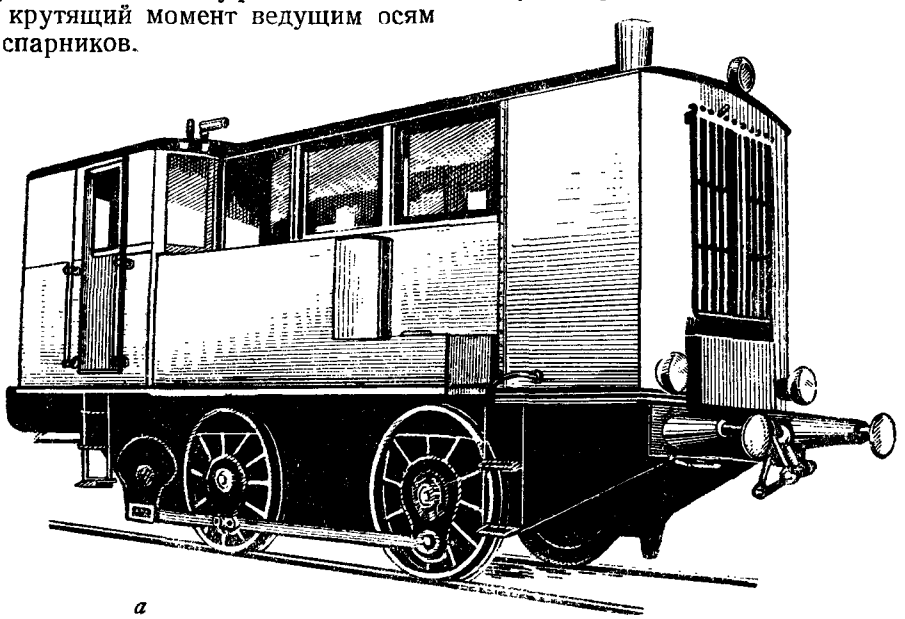
В августе 1936 г. на железнодорожную сеть поступил первый маневровый тепловоз М$\frac{Д}{2}$ типа 0-2-0 постройки Калужского машиностроительного завода (фиг. 16, *а* и *б*). На тепловозе установлен двухтактный бескомпрессорный предкамерный двигатель мощно-

стью 140 *л. с.* Двигатель имеет четыре цилиндра, диаметр цилиндра равен 190 *мм*, ход поршня 320 *мм*. Пуск двигателя производится отобранными в баллон газами. Для охлаждения воды применена градирня.

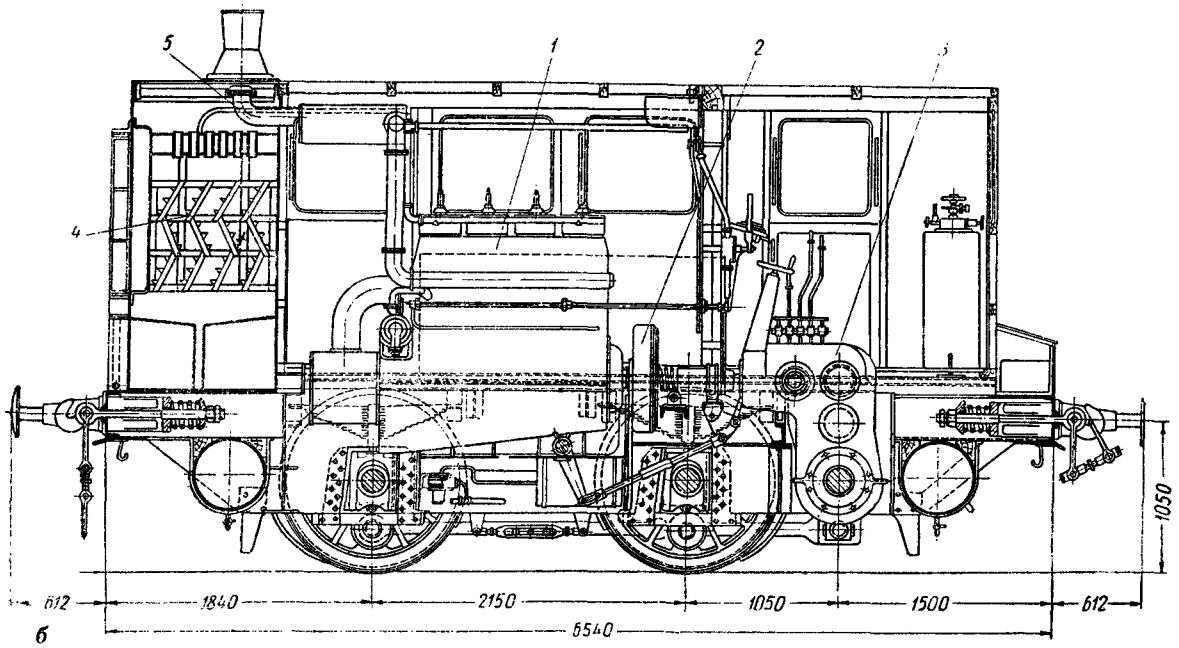
Двигатель соединен с четырехступенчатой коробкой скоростей главной муфтой. Отбойный вал передает крутящий момент ведущим осям при помощи спарников.

В 1934 г. Коломенский завод разработал проекты мощных тепловозов типа 2-5-1 (фиг. 17) и 2-5-2 с механической передачей и восьмицилиндровыми двухтактными двигателями мощностью 2500 и 2300 *л. с.*

Нагрузка от движущей оси этих тепловозов на рельс равна 22 и 20 *т* Главная рама бру-



а



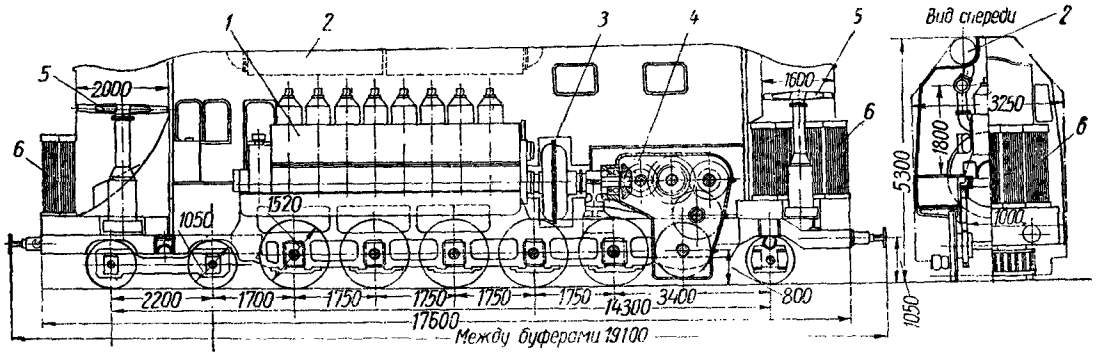
б

Фиг. 16. Маневровый тепловоз М $\frac{Д}{2}$ типа 0-2-0: *а* — общий вид; *б* — схема маневрового тепловоза:

1 — двигатель; *2* — главная муфта; *3* — коробка скоростей; *4* — градирня; *5* — эжектор.

скового типа. Коробка скоростей четырехступенчатая, пятивальная. Муфты скоростей воздушного типа, главная муфта гидравлического типа. Холодильник шахтного типа расположен по обоим концам тепловоза. Пост управления один.

Основные размеры тепловозов с механической передачей приведены в табл. 2.



Фиг. 17. Схема устройства тепловоза типа 2-5-1 с механической передачей, разработанного Коломенским заводом:

1 — двухтактный двигатель марки 53Н-8; *2* — глушитель; *3*—главная муфта гидравлического типа; *4* — коробка скоростей; *5* — колесо вентилятора; *6* — холодильники для масла и воды.

Таблица 2

Основные характеристики тепловозов с механической передачей колеи 1524 *мм*

Характеристика	ЭМХ 3	ЬМХ 1 ЬМХ 2	АА-1	М $\frac{Д}{2}$	Проекты Коломенского завода	
Общие сведения						
Тип	2-5-1	0-2-0	0-3-0	0-2-0	2-5-1	2-5-2
Длина с буферами в *мм*	16 696	8640	9200	7764	19 100	19200
База полная в *мм*	11 935	3200	4400	2150	14 300	15650
Вес служебный в *т*:						
общий	131	38	54	26	165	170
сцепной	88	38	54	26	110	100
Нагрузка на рельс в *т*:						
от оси передней тележки	13—14	—	—	—	17,5—18,5	17,5
от движущей оси	17,6	19	18	13	22	20
от поддерживающей оси	16	—	—	—	19	17,5
Запас топлива ($\gamma = 0{,}85$) в *т*	3,5	0,85	—	0,93	—	5,2
Диаметр в *мм*:						
движущих колес	1320	1220	1220	1200	1520	1500
колес передней тележки	1030	—	—	—	1050	900
колес поддерживающей оси	950	—	—	—	900	900
Наибольшая скорость движения в *км/час*:						
при выключенном двигателе	55	45	—	—	—	65
при включеином двигателе	48	36	50	39	—	61
Год выпуска	1927	1931	1933	1936	Проект 1934 г.	Проект 1934 г. постройкой не закончен
Главный двигатель						
Марка двигателя	МАН	МАН	6Д $\frac{22}{28}$	СД $\frac{19}{32}$ Калужского завода	53Н-8	45 НК-8
Диаметр цилиндров в *мм*	450	220	220	190	410	410
Ход поршня в *мм*	420	320	280	320	530	450
Число цилиндров	6	6	6	4	8	8
Наибольшее число оборотов в минуту	450	850	—	460	450	500

Продолжение табл. 2

Характеристика	Э$^{МХ}_{3}$	Б$^{МХ}_{1}$ Б$^{МХ}_{2}$	АА-1	М$\frac{Д}{2}$	Проекты Коломенского завода	
Предельное рабочее число оборотов в минуту	400	700	650	430	450	500
Эффективная мощность при предельном числе оборотов в *л. с.*	1050	300	300	140	2500	2300
Распыливание топлива	Воздушное	Струйное	—	Предкамерное	Механическое	Воздушное
Число ходов на рабочий цикл	4	4	2	2	2	2
Холодильник						
Подача водяного насоса наибольшая в *м³/час*	48	12	—	10	—	—
Подача масляного насоса наибольшая в *м³/час*	20	3,5	—	2×1,3	—	—
Число секций водяного холодильника	6	3	—	Градирня	—	Переднего 11, заднего 1
Поверхность водяного холодильника в *м²*	530	82	—	—	—	—
Число секций масляного холодильника	6 *	3	—	—	—	Переднего 11, заднего 3
Поверхность масляного холодильника в *м²*	200	55	—	7,4	—	—
Число ступеней редуктора вентилятора	2	2	—	Тяга отработавшими газами	—	1
Наибольшее число оборотов вентилятора в минуту	1200	1200	—	—	—	Переднего 1200, заднего 1400
Наибольшая подача воздуха в *м³/час*	110000	—	—	1600	—	Переднего 190 000, заднего 50 000
Наибольшая мощность, потребляемая вентилятором в *л. с.*	68	—	—	—	—	—
Коробка скоростей						
Число поперечных валов	3	5	—	4	5	5
Число ступеней	3	4	4	4	4	4
Передаточные числа:						
I ступени	6,923	23	—	17,8	—	11,14
II »	3,966	13,35	—	9,554	—	5,72
III »	2,053	7,60	—	4,9	—	3,40
IV »	—	4,43	—	2,63	—	2,27
Скорость движения тепловоза при предельном рабочем числе оборотов двигателя в *км/час*:						
I ступень	14,4	3,5—8,5**	10,5	5,46	—	12,3
II »	25	6—14,6	—	10,2	—	23,95
III »	48	10,6—25,9	—	19,8	—	40,2
IV »	—	18,2—45	50	37	—	60,4
Генератор						
Назначение	Питание муфт, освещение, зарядка аккумуляторов	Зарядка аккумуляторов, освещение	—	—	—	Питание муфт, зарядка аккумуляторов
Род тока	Постояниый	Постоянный	—	—	—	Постояниый

* Кроме того имеется одна секция для охлаждения смазочного масла зубчатой передачи.
** Скорость движения дана для 350 и 850 оборотов вала дизеля в минуту.

Продолжение табл. 2

Характеристика	ЭМХ 3	ЬМХ 1 / ЬМХ 2	АА-1	М Д/2	Проекты Коломенского завода	
Наибольшее число оборотов в минуту	2500	—	—	—	—	—
Напряжение в *в*	110/135	—	—	—	—	113
Мощность в *квт*	6	—	—	—		—
Электродвигатель						
Назначение	Для масляного насоса при стояике	Для пуска двигателя	—	—	—	Для масляного насоса
Напряжение в *в*	110	—	—	—	—	—
Мощность в *квт*	1	—	—	—	—	—
Сила тока в *а*	—	470	—	—	—	—
Аккумуляторная батарея						
Род	Свинцовая	—	—	—	—	ГО-50
Число элементов	55	—	—	—	—	—
Напряжение зарядного тока в *в*	135	155	—	—	—	113
Наибольшая сила зарядного тока в *а*	27	—	—	—	—	—
Емкость в *а—ч* и время разряда в часах	80/3	120	—	—	—	162
Вес отдельных частей						
Вес в *кг*:						
Вес двигателя	25 000	3500	—	3000	50 000	45 000
» холодильника	6 825	—	—	—	—	—
» коробки скоростей	13 850	—	—	—	13 420	—

ГЛАВА III

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕПЛОВОЗЫ И ИХ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ТЕПЛОВОЗ СЕРИИ ТЭ1 ТИПА $3_0 + 3_0$

Харьковский завод выпускает тепловозы ТЭ1 с 1947 г. Тепловозы ТЭ1 (фиг. 18) имеют две трехосные тележки, на которых расположена главная рама, несущая силовую установку.

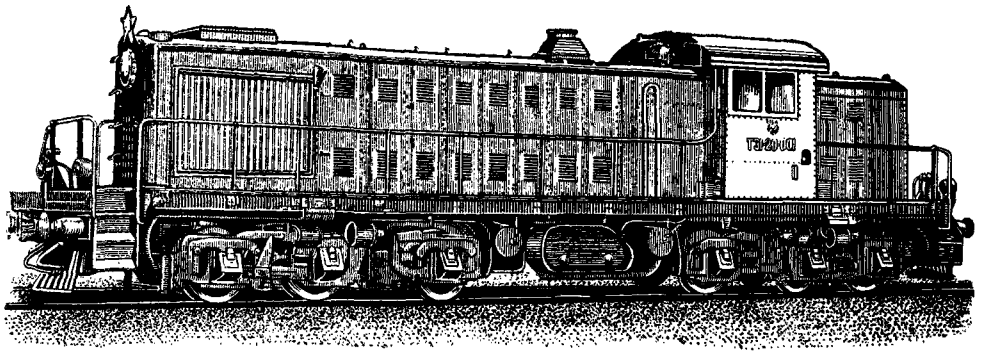
Силовая установка представляет собой вертикальный шестицилиндровый дизель, задний конец вала которого соединен с генератором и компрессором, а ременной передачей — с двухмашинным агрегатом (вспомогательный генератор и возбудитель) и вентилятором тяговых электродвигателей задней тележки. Передний конец вала двигателя клиновыми ремнями связан с вентилятором тяговых электродвигателей передней тележки и с приводом вентилятора холодильников.

Дизель снабжен турбовоздуходувкой для зарядки рабочих цилиндров воздухом повышенного давления и лучшей очистки их от остаточных газов сгорания (нижний наддув). Турбовоздуходувка приводится во вращение отработавшими газами дизеля. Газы поступают в два раздельных коллектора, расположение и размеры которых подобраны так, чтобы обеспечить наивыгоднейший процесс зарядки цилиндров дизеля свежим воздухом. Дизель делает 270—740 оборотов в минуту.

Главный генератор постоянного тока имеет максимальное напряжение 900 *в*. Он питает тяговые электродвигатели и имеет независимую обмотку возбуждения, получающую ток от возбудителя с расщепленными полюсами. Вспомогательный генератор дает постоянное напряжение, равное 76 *в* и служит для питания цепей управления и освещения. Вспомогательный генератор смонтирован в одном агрегате с возбудителем.

Тяговые электродвигатели, питаемые током главного генератора, могут включаться последовательно, последовательно-параллельно и последовательно-параллельно с ослаблением поля.

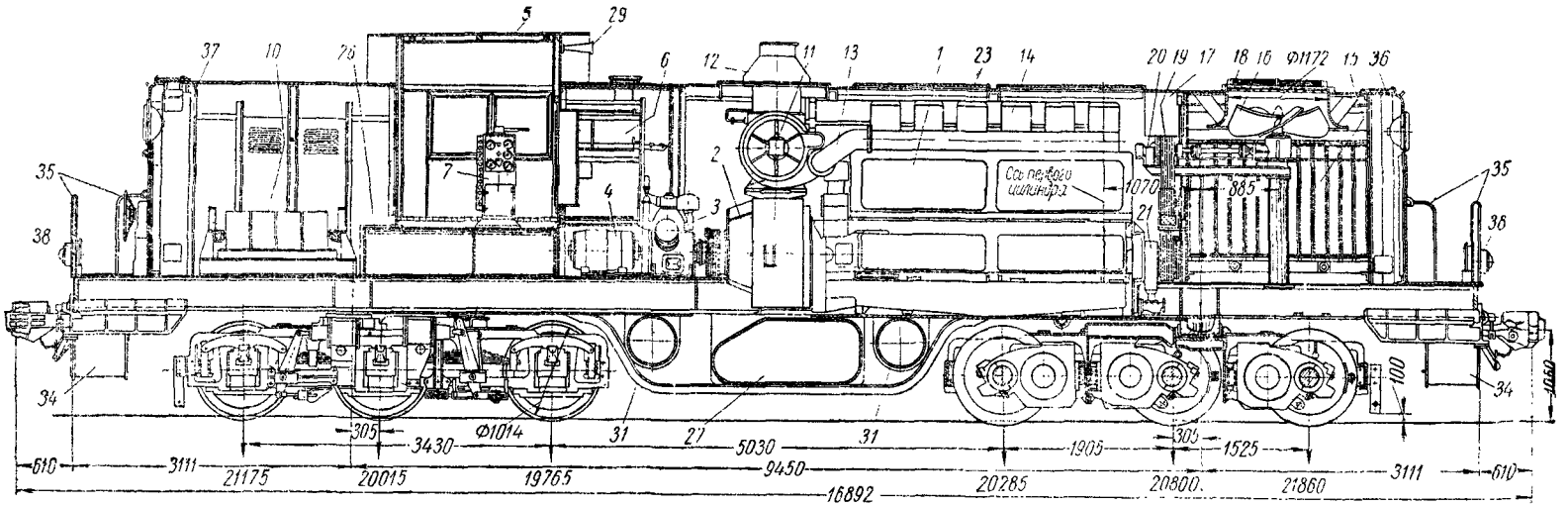
Пуск дизеля производится при помощи главного генератора, который при этом работает как сериесный электродвигатель и питается от аккумуляторной батареи, расположенной сзади кабины машиниста.

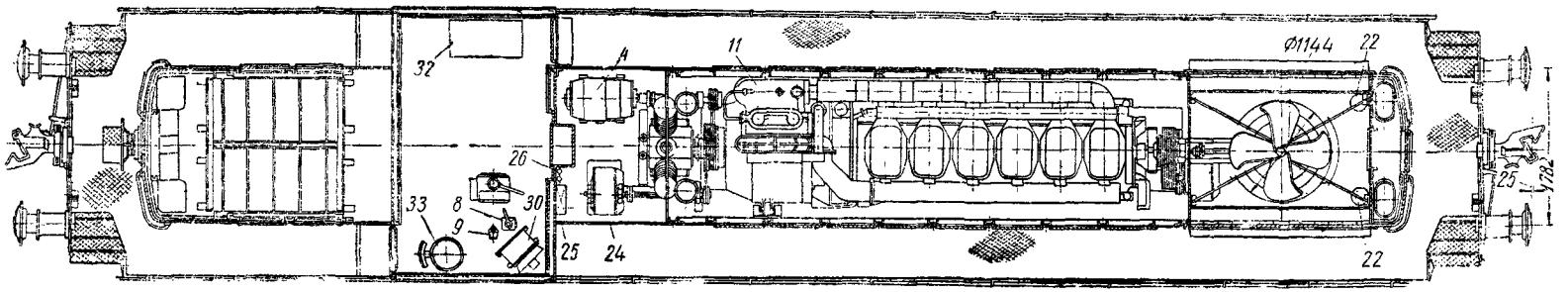


Фиг. 18. Тепловоз серии ТЭ1 типа 3_0+3_0: *а* — общий вид; *б* — продольный разрез и план:

1 — дизель; *2* — главный генератор; *3* — воздушный компрессор; *4*—вспомогательный генератор и возбудитель; *5*—кабина машиниста; *6* — высоковольтная камера; *7* — контроллер машиниста; *8* — кран машиниста воздушного тормоза; *9*—кран машиниста вспомогательного тормоза; *10* — аккумуляторная батарея; *11* — турбовоздуходувка; *12* — выпускная труба дизеля; *13* — всасывающий коллектор дизеля; *14* — колпаки над крышками дизеля; *15* — холодильник для воды и масла; *16* — вентилятор холодильника; *17* — компенсационный бак водяного охлаждения; *18*—верхние жалюзи; *19*—привод вентилятора; *20*—фрикционная муфта вентилятора, *21*—щелевой масляный фильтр; *22*—масляные волокнистые фильтры; *23*—люки в капоте над дизелем; *24* — вентилятор тяговых электродвигателей; *25* — вспомогательный топливный насос; *26*—волокнистый топливный фильтр; *27*—нижний топливный бак; *28* — верхний топливный бак; *29*—воздушный сигнал (тифон), *30*—калорифер отопления кабины машиниста; *31*—главный воздушный резервуар; *32* — инструментальный ящик и сиденье помощника машиниста; *33*—сиденье машиниста; *34*—ступени площадки тепловоза; *35* — барьер площадки; *36* — бункер передней песочницы; *37* — бункер задней песочницы; *38*—розетка межтепловозного соединения.

а



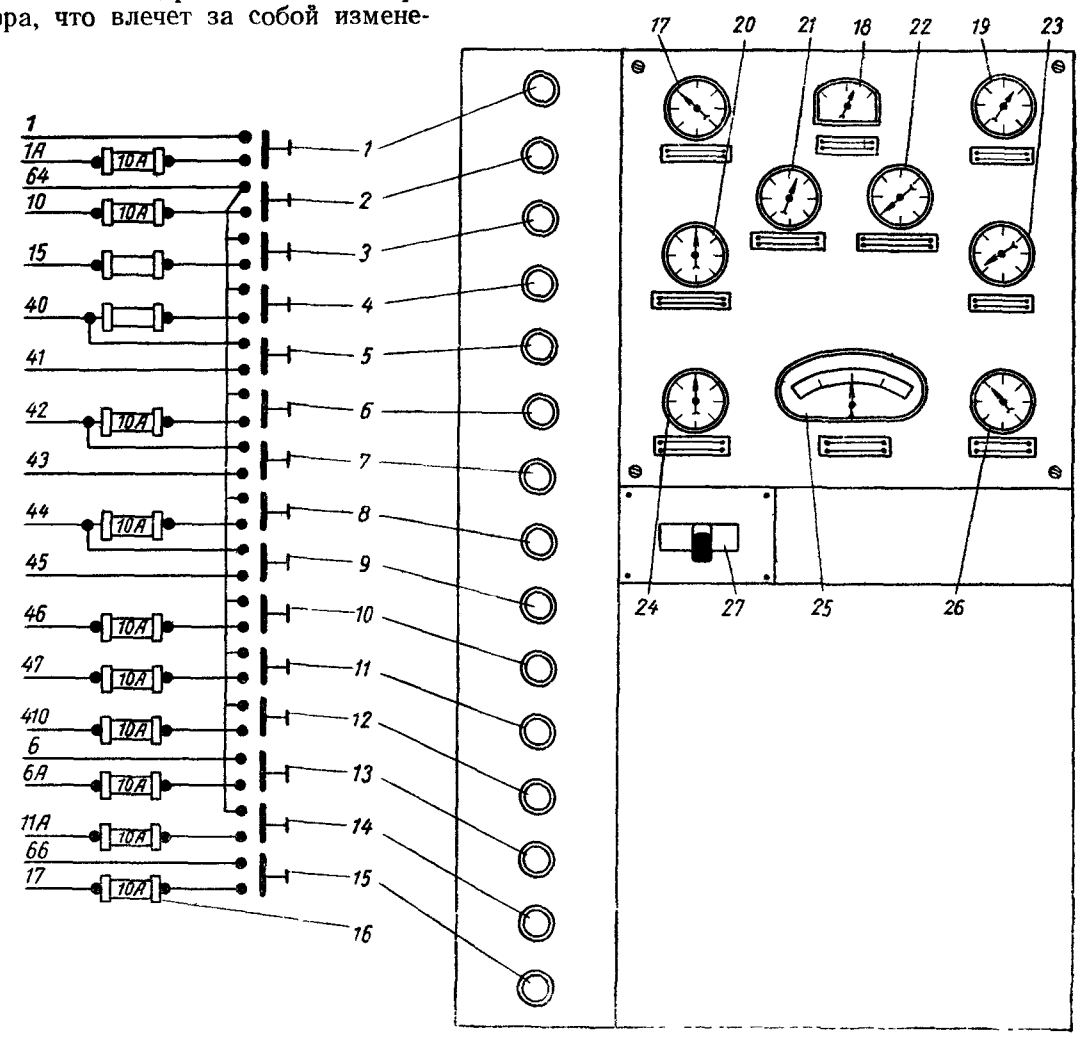


Силовая установка защищена капотом, обеспечивающим машинисту хорошую видимость в обе стороны, что значительно труднее достигнуть при кузовном типе локомотива.

Холодильник для воды и масла, расположенный в передней части тепловоза, состоит из 21 водяной и 5 масляных секций.

Управление тепловозом производится машинистом при помощи рукоятки контроллера. При помощи электропневматического привода машинист изменяет степень затяжки пружины центробежного гидромеханического регулятора, что влечет за собой изменение числа оборотов коленчатого вала дизеля. Режим работы силовой установки и скорость движения тепловоза устанавливаются автоматически, соответственно профилю пути.

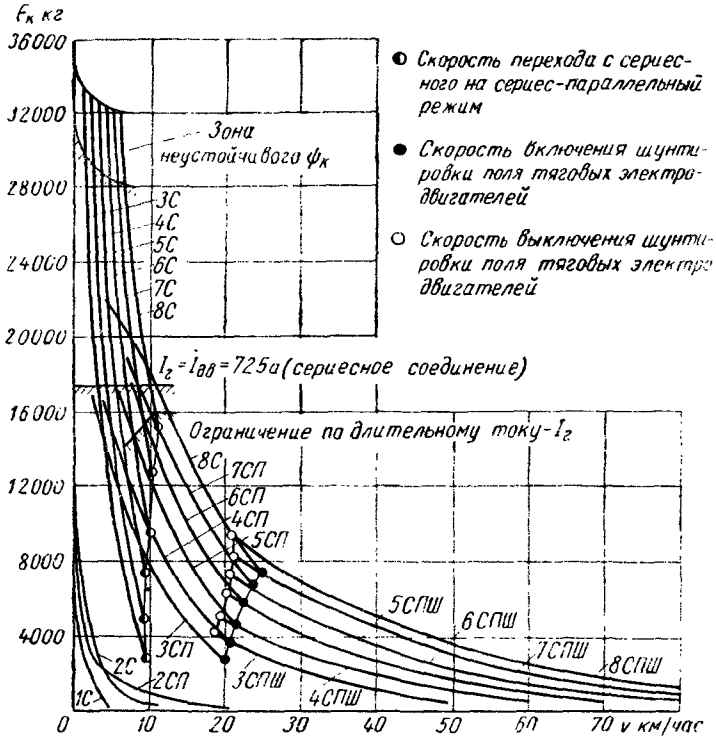
Рукоятка контроллера машиниста может занимать девять положений, из которых нулевое положение соответствует холостой работе дизеля, а остальные восемь — работе дизеля с нагрузкой. Каждое положение рукоятки отвечает определенному числу оборотов дизеля. Так, первое положение отвечает 270 об/мин, восьмое — 740 об/мин.



Фиг. 19. Расположение приборов и кнопок на посту управления тепловоза ТЭ1:

1 — пуск двигателя; *2* — общее управление; *3* — топливный насос; *4* — прожектор передний тусклый; *5* — прожектор передний яркий; *6*—прожектор задний тусклый; *7*—прожектор задний яркий; *8*—прожектор дальний тусклый, *9*—прожектор дальний яркий; *10*—освещение кабины; *11*—освещение приборов; *12*—освещение заднего капота; *13* — управление машинами; *14* — освещение машинного помещения; *15*—электродвигатель вентилятора обогрева кабины; *16*—предохранители; *17* — аэрогермометр для замера температуры масла до холодильника; *18* — амперметр аккумуляторной батареи, *19* — манометр давления воздуха в резервуаре управления; *20*—аэротермометр для замера температуры масла после холодильника; *21*—манометр давления масла; *22*—манометр давления топлива; *23*—манометр давления воздуха в тормозном резервуаре; *24*—аэротермометр для измерения температуры воды; *25* — манометр давления воздуха в магистрали и главном резервуаре; *26* — часы; *27* — переключатель соединений электродвигателей.

При движении тепловоза напряжение главного генератора автоматически изменяется таким образом, что все время используется максимальная мощность силовой установки, возможная при установленном машинистом числе оборотов двигателя.



Фиг. 20а. Касательная сила тяги тепловоза ТЭ1 в зависимости от скорости движения при различных положениях контроллера машиниста.

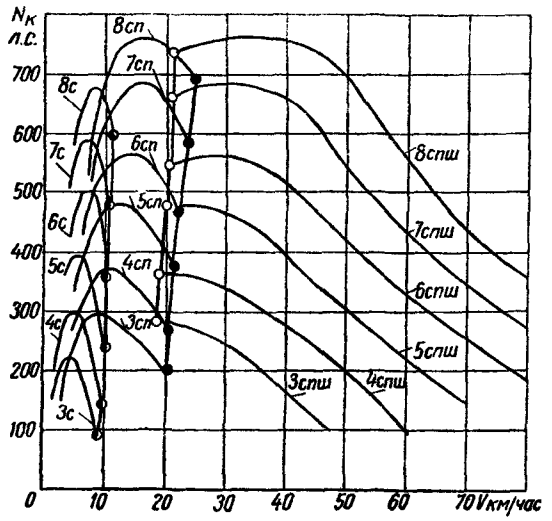
Цифры на кривых обозначают положения рукоятки контроллера машиниста; буквы *с*, *сп* и *спш* — режим включения тяговых электродвигателей.

Вследствие этого при трогании с места и при разгоне поезда используется наибольшая мощность силовой установки, что обеспечивает наилучшие условия сцепления колес с рельсами.

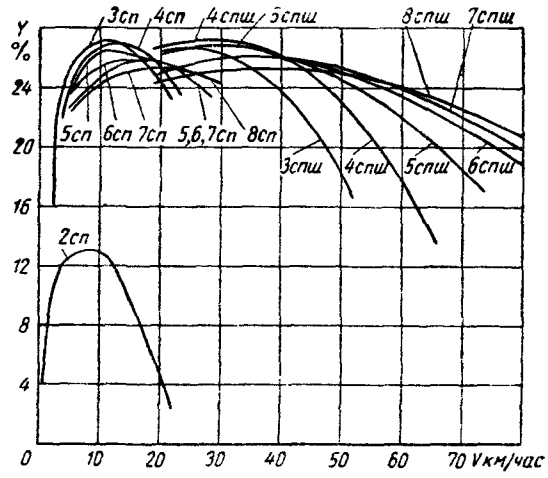
Переключение электродвигателей с последовательного на последовательно-параллельное с полным и ослабленным полем производится также автоматически. Трогание и разгон поезда производятся при последовательном соединении всех шести тяговых электродвигателей; при скорости движения тепловоза, равной 9—11 *км/час*, происходит автоматический переход на сериесно-параллельное соединение по три двигателя в группе; при достижении скорости 20—25 *км/час* автоматически включается шунтирование поля. Приборы автоматического электроуправления расположены в закрытой кабине (в высоковольтной камере).

Задний ход тепловоза осуществляется при помощи реверсора, который дает возможность изменять направление тока в обмотке возбуждения тяговых электродвигателей.

Для управления тепловозом в кабине машиниста расположены (фиг. 19): контроллер машиниста с двумя рукоятками (одной — для изменения числа оборотов двигателя путем воздействия на регулятор при помощи привода дистанционного управления и второй — рукояткой реверсора для получения переднего и заднего хода); кнопочная панель, расположенная на корпусе кон-



Фиг. 20б. Касательная мощность в зависимости от скорости движения на различных положениях рукоятки контроллера машиниста.



Фиг. 20в. Коэфициент полезного действия на ободе движущих колес в зависимости от скорости движения при различных положениях рукоятки контроллера машиниста.

троллера и несущая кнопки для включений; переключатель соединения электродвигателей; кран машиниста воздушного тормоза; кран прямодействующего тормоза; рукоятка тифона; рукоятка от верхних жалюзи холодильника; ручка рубильника аккумуляторной батареи; кнопка подачи песка, расположенная на полу около контроллера машиниста.

Для контроля за работой агрегатов тепловоза в кабине машиниста размещены: звуковой прибор, сигнализирующий о буксовании колёс тепловоза; манометры, аэротермометры, амперметр аккумуляторной батареи, расположенные на боковой части корпуса контроллера машиниста.

Для отопления кабины машиниста имеется калорифер. Для машиниста предусмотрено круглое сиденье со спинкой. Сиденье для помощника сделано на инструментальном ящике.

Основные паспортные кривые для тепловоза ТЭ1 приведены на фиг. 20а, б и в.

ДВУХСЕКЦИОННЫЙ ТЕПЛОВОЗ ТЭ2

Тепловоз серии ТЭ2 (фиг. 21а и б) состоит из двух секций, связанных между собой сцепкой. Каждая секция опирается на две двухосные тележки. Все тележки ведущие и снабжены индивидуальными тяговыми электродвигателями.

Силовая установка каждой секции состоит из дизеля Д-50 Харьковского завода и генератора завода ХЭМЗ. Дизель и генератор однотипны с установленными на тепловозах ТЭ1. Взаимозаменяемы также и другие основные узлы, например, двухмашинный агрегат, тяговые электродвигатели, электроаппаратура и т. д.

В передней части тепловоза расположена кабина машиниста, отделенная от машинного помещения высоковольтной камерой и двумя дверями, размещенными около стенок кузова. Расположение кабины обеспечивает бригаде хорошую видимость пути. В кабине размещены приборы управления, контроля и обслуживания тепловоза, в высоковольтной камере - контакторы, реле и часть агрегатов тепловоза

В задней части кузова, вдоль верхней части боковых стенок, расположены секции холодильников. Воздух через них просасывается одним вентиляторным колесом, расположенным на вертикальном валу. Нагретый воздух выбрасывается вверх. Вентиляторное колесо приводится во вращение от вала дизеля посредством фрикционной муфты и редуктора. Под холодильником устроен проход в соседнюю секцию тепловоза.

Для охлаждения тяговых электродвигателей в передней и задней части каждой секции имеются вентиляторы, отдельные для каждой тележки тепловоза.

Топливный бак размещается под кузовом между тележками тепловоза. Аккумуляторная батарея расположена под полом машинного помещения.

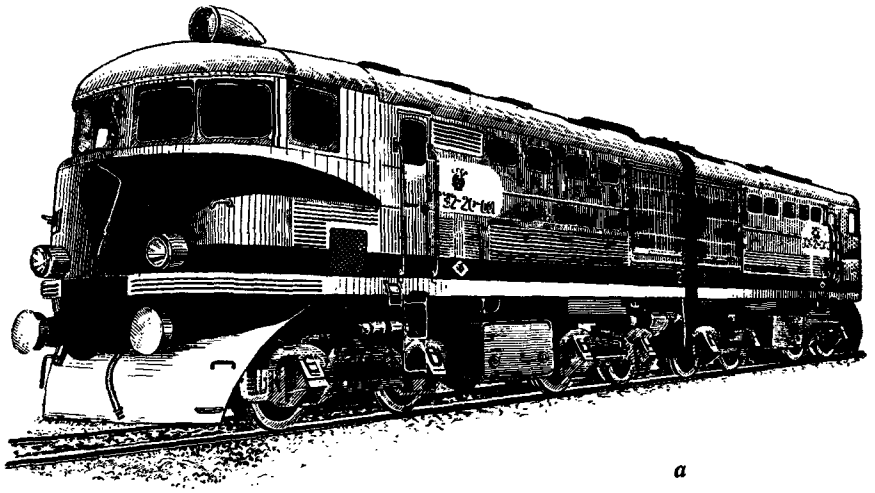
Соединение секций производится жесткой сцепкой, не допускающей использования отдельной секции как самостоятельного локомотива. На тепловозе ТЭ2-20-001 для соединения секций была применена стандартная автосцепка без фрикционного аппарата. Такая сцепка позволяла самостоятельно использовать каждую секцию, но не давала удовлетворительных результатов при работе сцепленных секций. Цепи управления обеих секций тепловоза соединяются посредством межтепловозных соединений.

По сравнению с тепловозом ТЭ1 тепловоз ТЭ2 имеет ряд преимуществ. Длина по автосцепке составляет 23,89 *м*, тогда как сдвоенный тепловоз ТЭ1 имеет длину 33,8 *м*. Расстояние между шкворнями тележек уменьшено с 9,45 до 6,2 *м*. Вес одной секции тепловоза ТЭ2 равен 83 *т*, т. е. легче тепловоза ТЭ1 на 41 *т* при одной и той же мощности дизеля. Облегчение веса получилось за счет замены трехосных тележек двухосными, снятия двух тяговых электродвигателей с каждой секции, уменьшения расстояния между тележками и сокращения длины рамы.

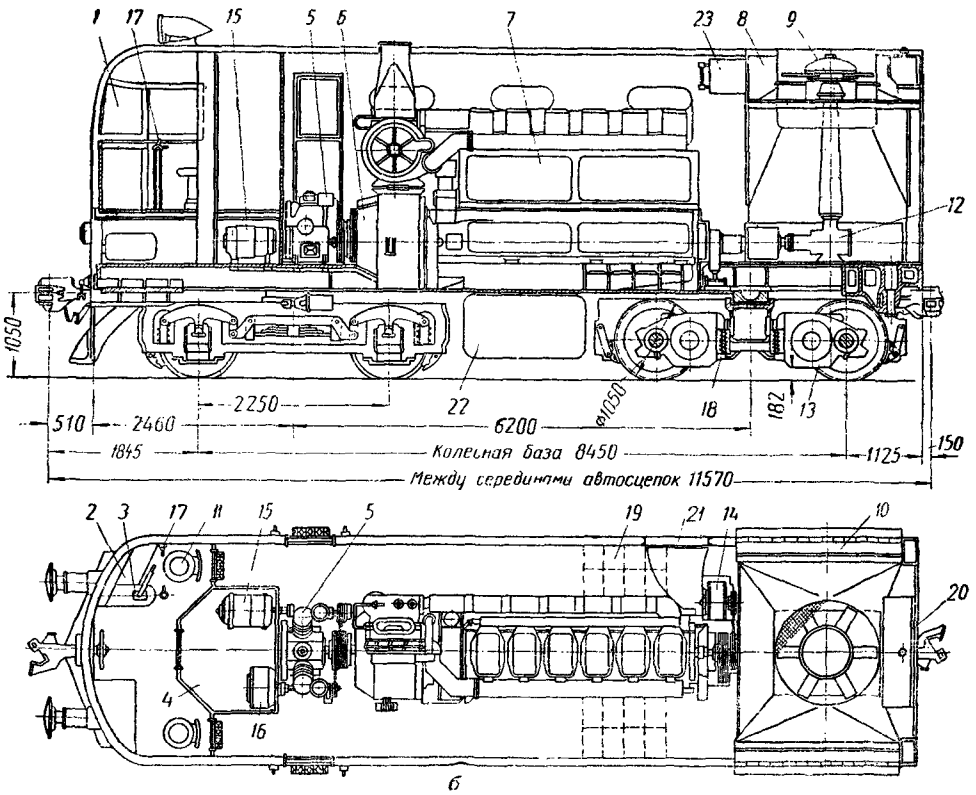
Трудоемкость изготовления каждой секции тепловоза ТЭ2 на 10—15% ниже, чем тепловоза ТЭ1.

Схема электрических соединений тепловоза ТЭ2 отличается от схемы тепловоза ТЭ1 применением четырех тяговых электродвигателей в каждой секции вместо шести, повышенной шунтировки поля до 50%, включением амперметра в цепь главного генератора и дополнительного реле управления в цепь возбуждения возбудителя, постановкой сигнальных ламп в цепи реле заземления, установкой лампы для контроля подачи топлива к дизелю второй секции, применением электропневматического управления вентилятором и жалюзи холодильника. Пост управления тепловоза ТЭ2 отличается от поста управления тепловоза ТЭ1 как по номенклатуре приборов, так и по их расположению. Схема расположения приборов показана на фиг. 22.

Кривые силы тяги тепловоза ТЭ2 в зависимости от скорости движения приведены на фиг. 23.



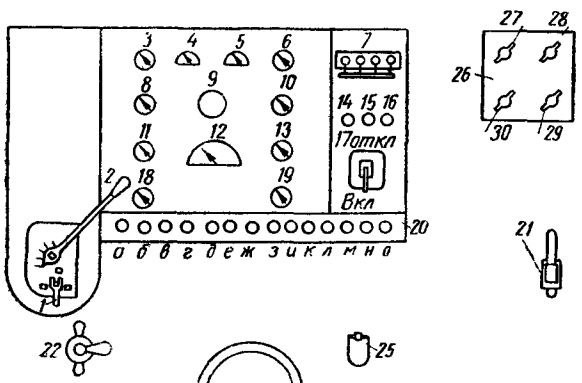
а



б

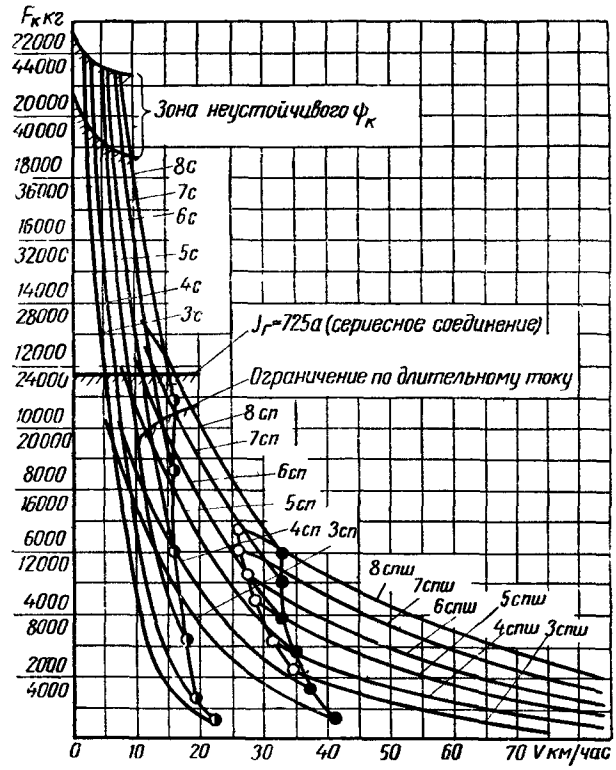
Фиг. 21. Двухсекционный тепловоз серии ТЭ2: *а* — общий вид; *б* — продольный разрез и план одной секции тепловоза:

1—кабина управления; *2*—пульт приборов управления; *3*—контроллер машиниста; *4*—высоковольтная камера, *5*—компрессор; *6*—главный генератор; *7* — дизель; *8* — шахта холодильника; *9* — вентиляторное колесо холодильника; *10* — секции холодильника; *11* — сиденье для машиниста; *12*—редуктор; *13*—тяговые электродвигатели; *14*—вентилятор для охлаждения тяговых электродвигателей; *15*—двухмашинный агрегат (вспомогательный генератор и возбудитель); *16*—вентилятор для охлаждения тяговых электродвигателей передней тележки; *17*—тормозной кран машиниста; *18*—тележка; *19*—ящик аккумуляторной батареи; *20*—дверь; *21*—сетка у входа охлаждающего воздуха; *22*—топливный бак; *23*—водяной бак.



Фиг. 22. Пост управления тепловоза ТЭ2. Схема расположения приборов:

1 — рукоятка реверсора; *2* — рукоятка контроллера машиниста; *3* — маиометр, показывающий давление масла во второй секции; *4* — амперметр зарядки батареи; *5*—амперметр нагрузки генератора; *6* — аэротермометр (температура воды второй секции); *7* — паиель рубильника термопар для воды и масла; *8* — манометр давления масла в магистрали; *9*—лампа освещения пульта приборов; *10*—манометр давления топлива; *11*—манометр давления воздуха контакторов; *12*—манометр давления воздуха в главных резервуарах; *13*—манометр давления воздуха тормозных цилиндров; *14*—сигнальная лампа реле заземления первой секции; *15*—сигнальная лампа топливного насоса; *16*—сигнальиая лампа реле заземления; *17*—выключатель, удерживающий сериесное соединение тяговых электродвигателей; *18*—гальванометр температуры воды; *19* — гальваиометр температуры масла; *20* — кнопочиая панель; *21* — рукоятка прямодействующего тормоза; *22* — кран машиниста; *23*—педаль песочииц; *24* —кресло для сиденья машиниста; *25* — педаль сирены; *26* — панель приборов жалюзи вентнлятора; *27*—муфта вентилятора; *28*—верхиие жалюзи; *29*—правые жалюзи; *30*—левые жалюзи: *а*—управленне машиной; *б*—масляный насос; *в*—освещение приборов; *г*—освещение кабины, *д*—обогрев кабины; *е* — электродвигатель веитилятора обогрева; *ж* — электротермометр; *з* — прожектор второй секцин (яркий); *и* — прожектор второй секции (тусклый); *к* — прожектор яркий; *л* — прожектор тусклый; *м* — топливный насос; *н* — управление общее; *о* — пуск дизеля.



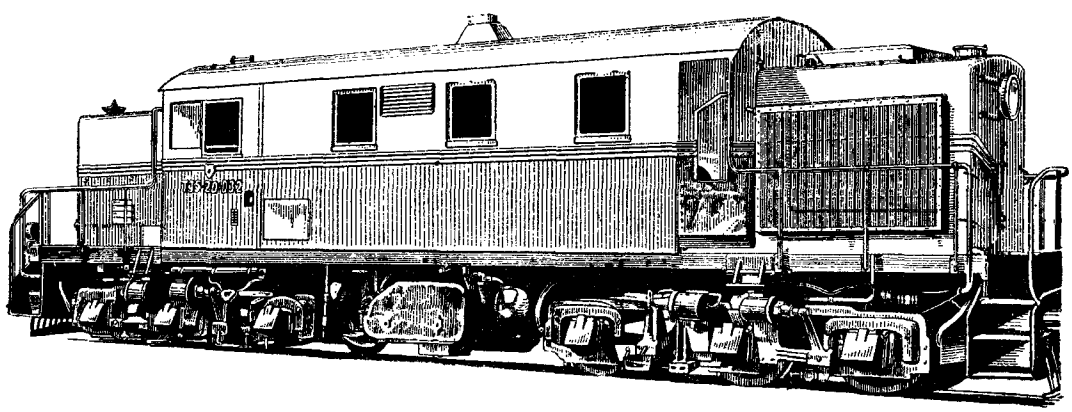
Фиг. 23. Касательная сила тяги тепловоза ТЭ2-20 в зависимости от скорости движения, положеиия рукоятки контроллера машиниста и способа включения тяговых электродвигателей.

Цифры на кривых обозначают положеиия рукоятки контроллера машиниста; буквы *с*, *сп* и *спш* — включение тяговых электродвигателей: сериесное, сернесно-параллельное и сериес-параллельное с шунтировкой поля; $\varphi_к$ — коэфициент сцепления

Условные обозначения точек приведены на фиг. 20, *а*.

ТЕПЛОВОЗ СЕРИИ ТЭ5 ТИПА 3_0+3_0

Первый тепловоз ТЭ5-20-031 был выпущен Харьковским заводом в начале 1948 г. Вскоре был выпущен второй такой же тепловоз ТЭ5-20-032 (фиг. 24). Эти тепловозы предназначены для работы в суровых зимних условиях, а потому они снабжены кузовом для защиты силовой установки, котлом отопления и имеют отепленные баки и трубопроводы. Для возможности размещения котла отопления



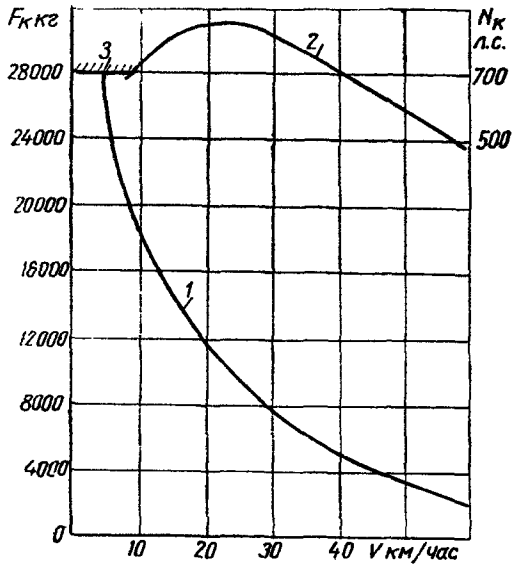
Фиг. 24. Общий вид тепловоза ТЭ5-20-032.

часть аккумуляторов пришлось установить во второй ряд по высоте. Для предохранения секций от замораживания на стоянках предусмотрены особые чехлы.

ТЕПЛОВОЗ СЕРИИ $Д^А$ и $Д^Б$ ТИПА $3_0 + 3_0$

В отечественном тепловозном парке имеются в небольшом количестве тепловозы серий $Д^А$ и $Д^Б$ типа $3_0 + 3_0$.

Тепловоз серии $Д^А$ по своей тяговой характеристике плохо приспособлен к условиям по-



Фиг. 25. Диаграмма касательной силы тяги и касательной мощности в зависимости от скорости тепловоза серии $Д^А$:

1 — кривая сила тяги; *2* — кривая мощности; *3* — ограничение по сцеплению при коэфициенте сцепления $\psi = \frac{1}{4,3}$.

ездной работы, как это видно из кривых, приведенных на фиг. 25.

Наибольшая мощность, развиваемая тепловозом при скорости движения, равной 22—23 *км/час*, быстро падает с дальнейшим увеличением скорости. Тепловозы других серий свою наибольшую мощность могут использовать до более высоких скоростей — до 45—70 *км/час*.

Тепловоз серии $Д^Б$ (фиг. 26а и б) имеет восьмицилиндровый вихрекамерный двигатель без наддува мощностью 1000 *л. с.* при 625 об/мин. В передней части двигатель жестко связан с генератором постоянного тока максимального напряжения 1050 *в*. На корпусе генератора расположен вспомогательный генератор-возбудитель, ротор которого получает вращение от вала генератора при помощи клиновых ремней. Впереди генератора расположен воздушный компрессор. На переднем торце (со стороны генератора) расположен регулятор мощности (карбонстат).

Задний конец вала двигателя связан с валом вентилятора холодильников при помощи передачи клиновыми ремнями и карданного вала. Холодильник нагнетательного типа. Секции расположены на крыше кузова. Воздух через секции прогоняется двумя вентиляторными колесами, сидящими на горизонтальной оси, направленной вдоль кузова. Забирается воздух через сетки, расположенные на боковых стенках кузова, затем, пройдя колесо и лопатки направляющего устройства, выбрасывается сквозь секции вверх. Всего секций 12; из них водяных — 10, масляных — 2. Водяная система замкнутая. Температура воды регулируется при помощи жалюзи автоматически благодаря наличию термостатного устройства.

Охлаждение тяговых электродвигателей производится вентиляторами, получающими вращение от вала двигателя. Один вентилятор расположен у переднего конца двигателя, второй — у заднего. Каждый вентилятор обслуживает свою тележку.

Силовая установка тепловоза, прочее оборудование и кузов располагаются на цельнолитой стальной раме, отлитой за одно целое с буферными брусьями и стяжным ящиком для размещения автосцепки. Тележки также имеют цельнолитые рамы.

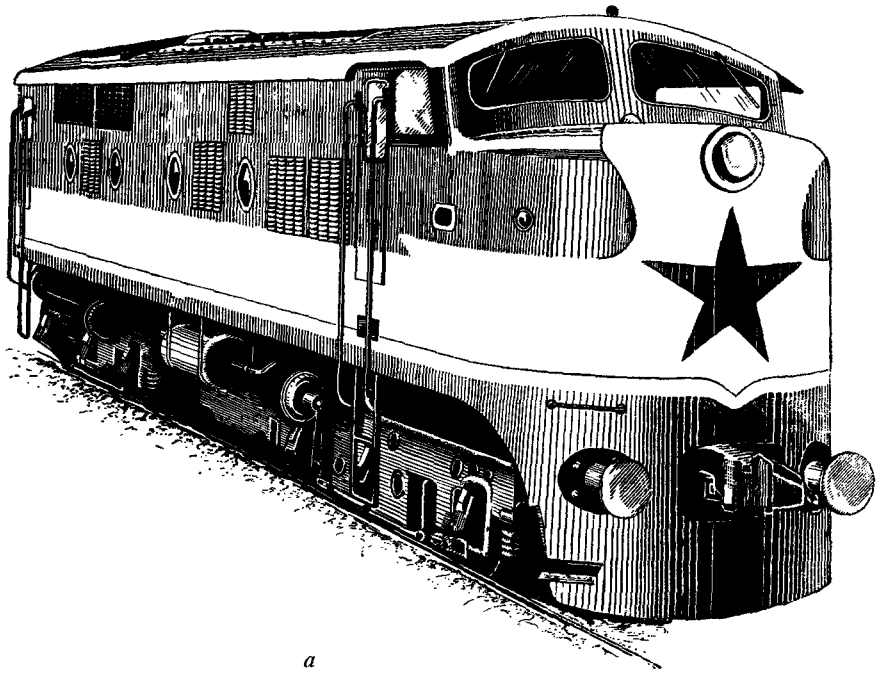
Для обогрева кузова, топливных баков и двигателя во время стоянки в задней части тепловоза установлен небольшой котелок водяного отопления. Для обогрева кабины машиниста в ней установлены два электрических калорифера.

Кабина машиниста отделена от машинного помещения высоковольтной камерой и перегородкой с двумя дверями.

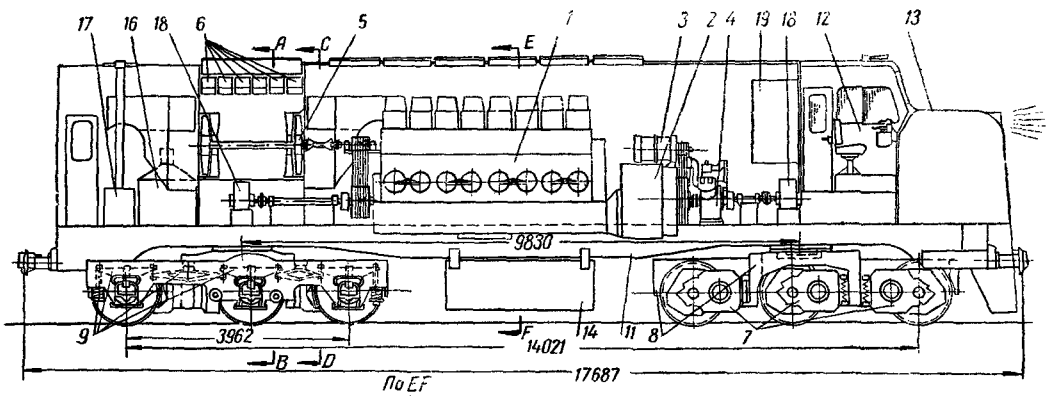
Для управления тепловозом на посту машиниста имеются следующие ручки: реверсора, регулятора, тормозного крана машиниста, крана прямодействующего тормоза, свистка, песочницы; кроме того, имеется кнопочный пульт.

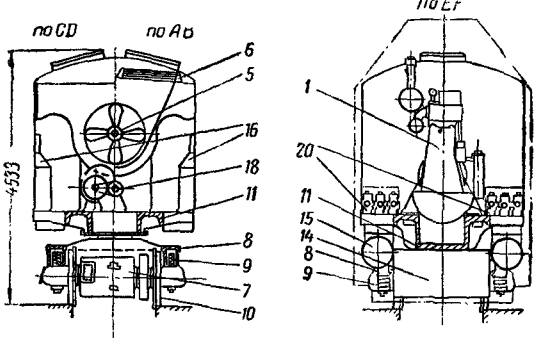
Для наблюдения за исправностью работы механизмов на посту машиниста имеются: амперметр главного тока, указатель температуры воды, два тормозных манометра. Амперметр зарядки батареи расположен над дверцами высоковольтной камеры.

На тепловозе $Д^Б$ применена двухкаскадная автоматическая схема управления, имеющая



а



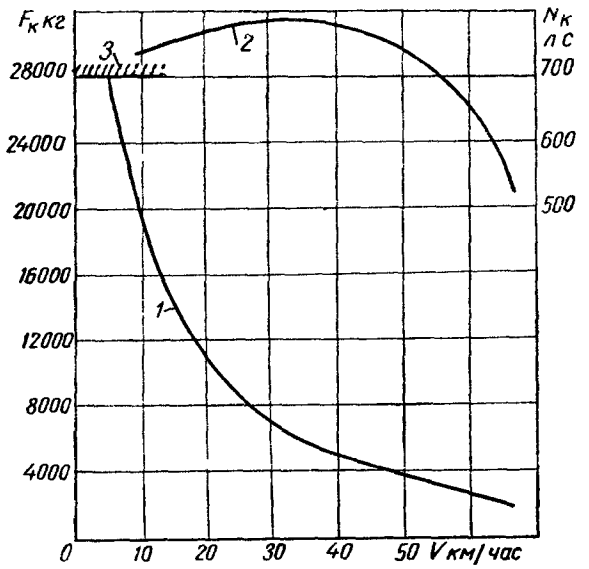


б

Фиг. 26. Тепловоз серии Д^{Б} типа 3_0+3_0: *а* — общий вид; *б* — схема тепловоза:

1 — двигатель; *2* — генератор; *3* — вспомогательный генератор и возбудитель; *4* — компрессор с холодильником; *5* — вентилятор с приводом; *6* — секции холодильников; *7* — тяговые электродвигатели; *8* — рама тележки; *9* — рессорное подвешивание; *10* — колесная пара; *11* — главная рама; *12* — пост управления; *13* — передняя часть кузова; *14* — топливный бак; *15* — воздушные резервуары; *16* — песочница; *17* — котел отопления; *18* — вентиляторы тяговых электродвигателей; *19* — высоковольтная камера; *20* — аккумуляторная батарея.

автоматический регулятор нагрузки наряду с диференциальным возбудителем, регулирующим автоматически мощность генератора. Для изменения скорости поезда машинист меняет



Фиг. 27. Диаграмма касательной силы тяги и касательной мощности в зависимостн от скорости движения для тепловоза серии $Д^Б$:

1 - кривая сила тяги; *2* - кривая мощности; *3* — ограничение по сцеплению при коэфициенте сцепления $\phi = \frac{1}{4{,}3}$.

мощность дизеля путем уменьшения или увеличения числа его оборотов. Наполнение же дизеля в соответствии с установленными числами оборотов поддерживается постоянным автоматически при помощи электрической схемы управления.

Соединение тяговых электродвигателей применено сериесно-параллельное с двумя ступенями шунтировки поля, включающихся автоматически. Тяговая характеристика тепловоза $Д^Б$ при максимальном использовании мощности двигателя приведена на фиг. 27. Из этой диаграммы видно, что полная мощность двигателя используется примерно до 45 *км/час.*

Одним из недостатков тепловоза $Д^Б$ является частое образование трещин на цилиндровых крышках возле вихревой камеры.

ТЕПЛОВОЗ СЕРИИ $Д^Г$ ТИПА 0-3-0 С ТУРБОПЕРЕДАЧЕЙ

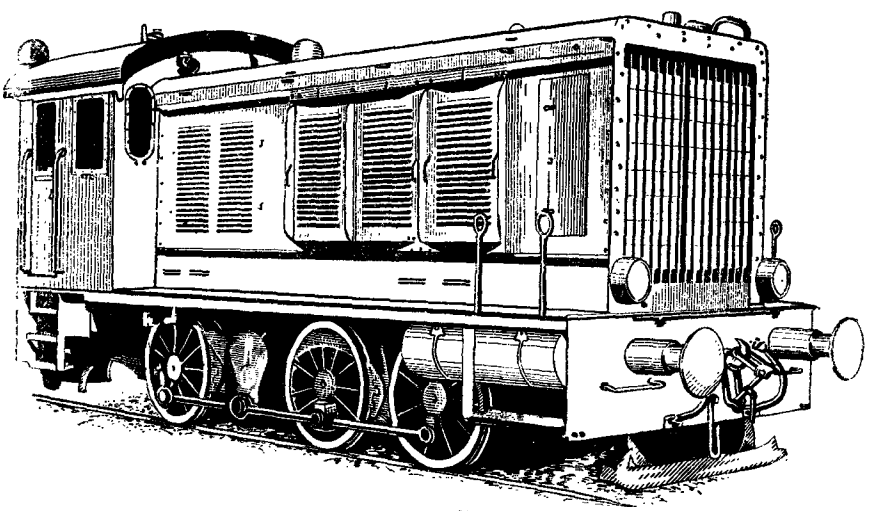
В отечественном локомотивном парке имеется тепловоз с турбопередачей и двигателем мощностью 360 *л. с.*

Общий вид тепловоза показан на фиг. 28.

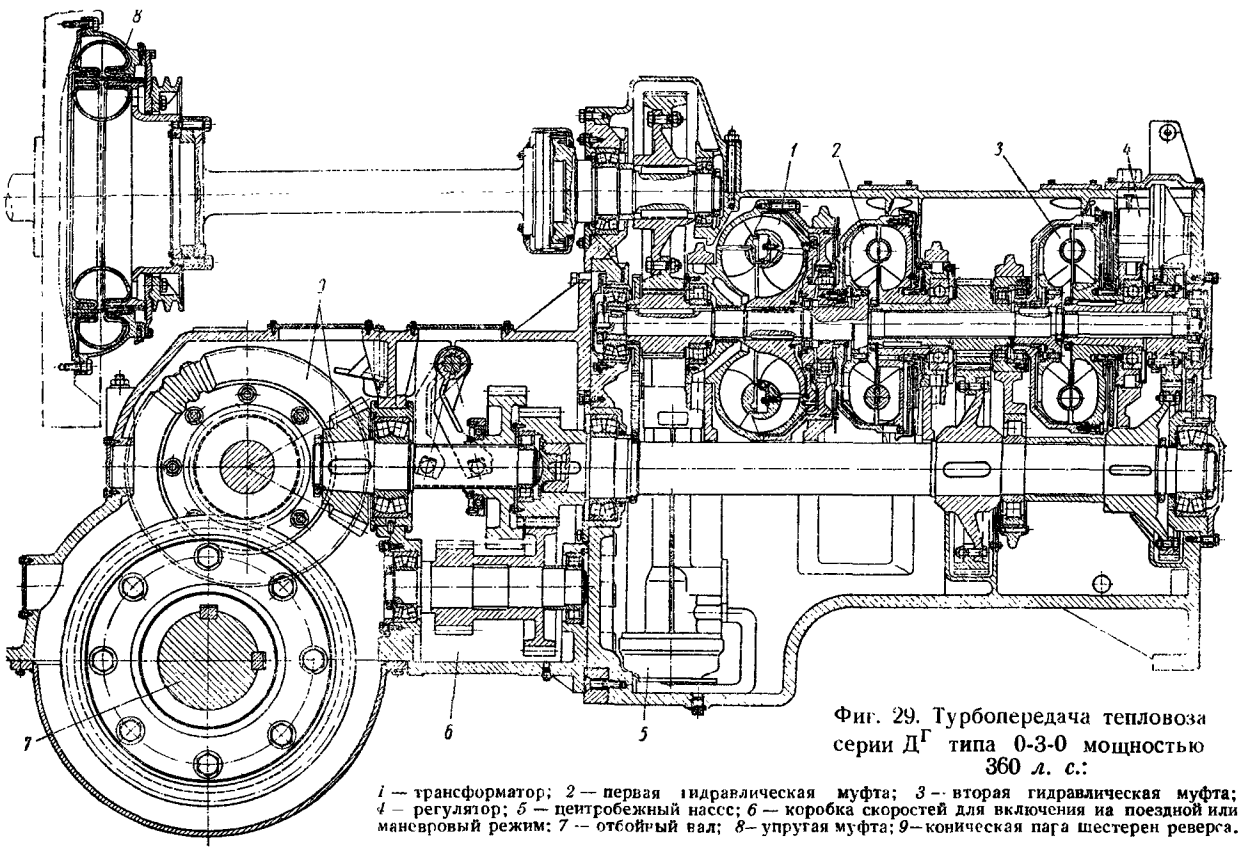
Турбопередача (фиг. 29) имеет один гидравлический трансформатор и две гидравлические муфты. Крутящий момент от двигателя передается через упругую муфту, горизонтальный вал и пару цилиндрических колес верхнему валу коробки передач, на котором расположены гидравлический трансформатор и гидравлические муфты. Далее крутящий момент передается нижнему валу, коробке скоростей, реверсу и, наконец, отбойному валу. Отбойный вал при помощи дышел связан с движущими колесами. При маневровом режиме тепловоз развивает скорость до 30 *км/час,* при поездном — до 60 *км/час.* Переключение режимов возможно при стоянке тепловоза.

Маленькая коническая шестерня реверса сцеплена с двумя большими шестернями. В зависимости от включения в соединение с валом той или иной шестерни происходит прямой или обратный ход локомотива.

Тяговая характеристика тепловоза (фиг. 30) имеет три участка в зависимости от того, какой из гидроаппаратов передает крутящий момент. Самый низкий к. п. д. получается при передаче через гидравлический трансформатор.



Фиг. 28. Тепловоз серии $Д^Г$ с турбопередачей.



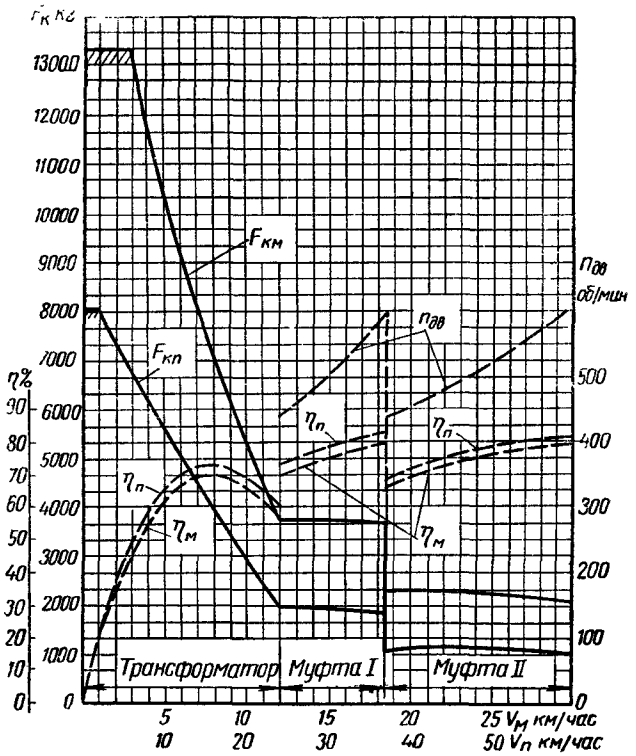
Фиг. 29. Турбопередача тепловоза серии Д^{Г} типа 0-3-0 мощностью 360 *л. с.*:

1 — трансформатор; *2* — первая гидравлическая муфта; *3* — вторая гидравлическая муфта; *4* — регулятор; *5* — центробежный насос; *6* — коробка скоростей для включения на поездной или маневровый режим; *7* — отбойный вал; *8* — упругая муфта; *9* — коническая пара шестерен реверса.

Техническая характеристика тепловоза с турбопередачей

Полная длина с буферами в *мм*	9200
Расстояние между осями в *мм*	2600 и 1350
Диаметр движущих колес в *мм*	1100
Служебный вес в *т*	42
Нагрузка на рельс от оси в *т*	14
Запас топлива в *кг*	350
Двигатель	Четырехтактный
Число цилиндров	6
Диаметр цилиндров в *мм*	250
Ход поршня в *мм*	350
Число оборотов двигателя в минуту:	
наибольшее	600
наименьшее	300
Мощность на валу двигателя в *л. с.*	360

Тепловоз приспособлен для работы в сдвоенном виде по системе многих единиц при обслуживании одной бригадой. Тепловоз серии Д^{Г} используется на маневровой и станционной работе.



Фиг. 30. Тяговая характеристика тепловоза мощностью 360 *л. с.* с турбопередачей:

$F_к$ — касательная сила тяги; v — скорость движения тепловоза; $n_{дв}$ — числа оборотов двигателя; η — к. п. д. турбопередачи; индекс *м* означает маневровый режим; индекс *п* означает поездной режим.

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК ТЕПЛОВОЗОВ ТЭ1, ТЭ2, ТЭ5

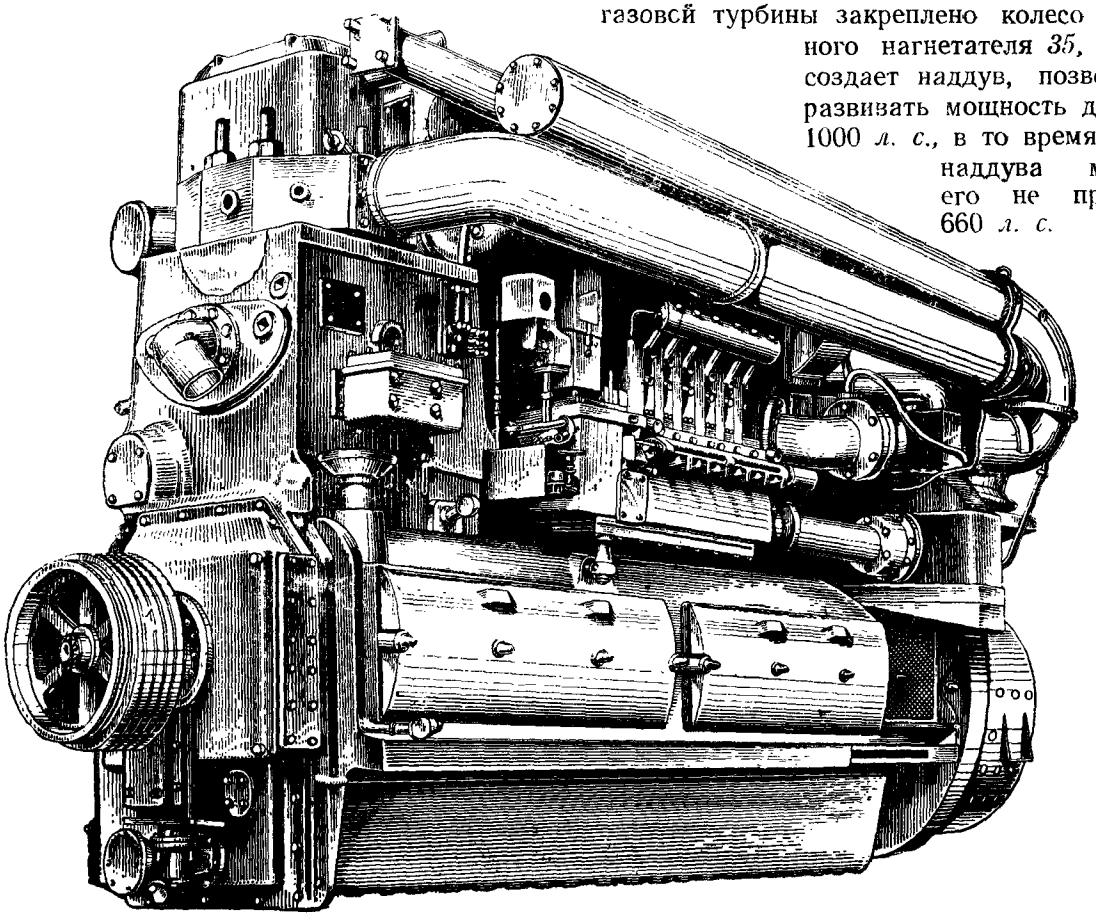
ГЛАВА I

ДИЗЕЛЬ Д-50

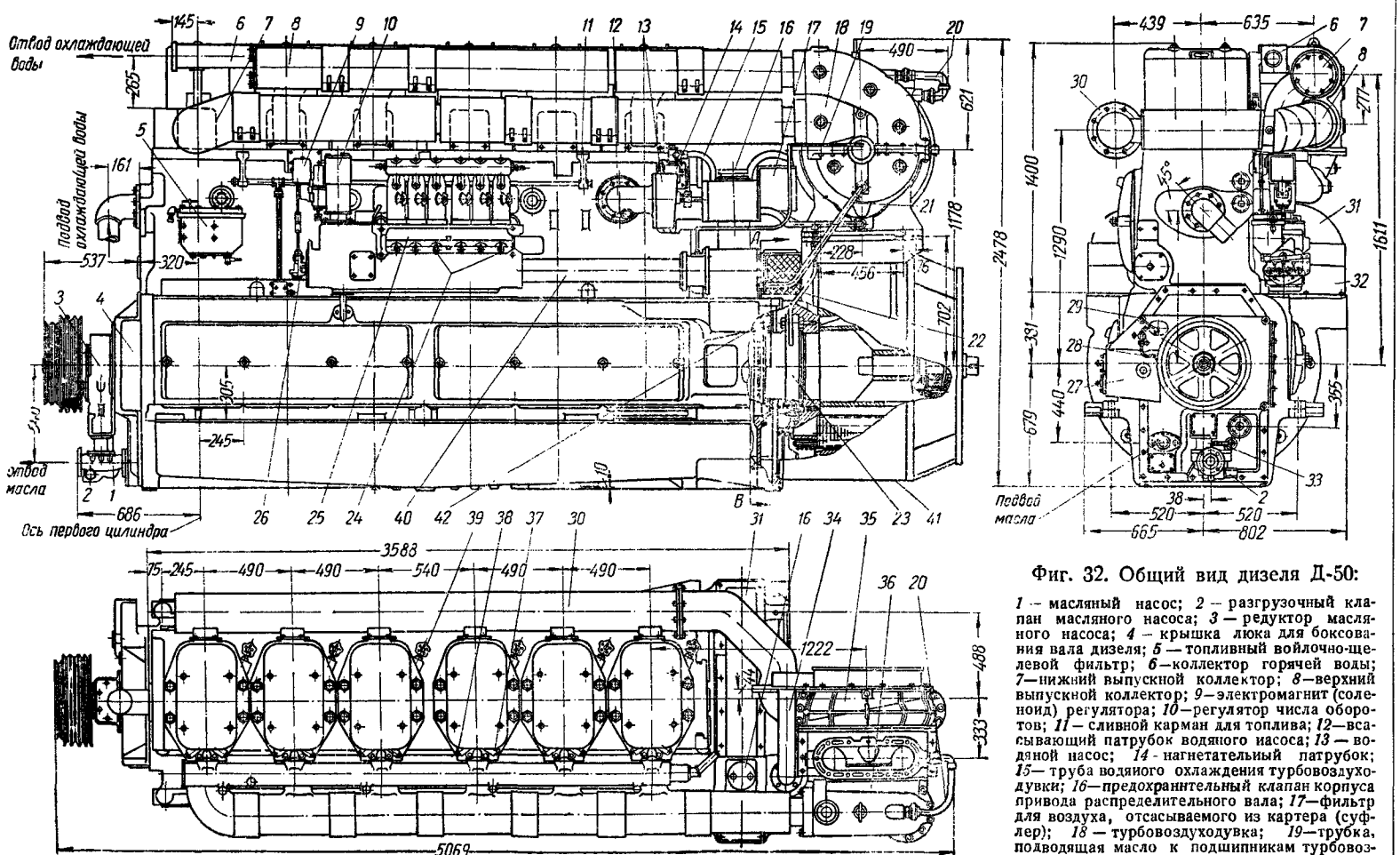
ОПИСАНИЕ ДИЗЕЛЯ И ЕГО ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

На советских тепловозах ТЭ1, ТЭ2 и ТЭ5, выпускаемых сериями, установлены мощные быстроходные дизели Д-50. Высокоэкономичная работа при почти полной автоматизации обслуживания делают этот современный, созданный в чрезвычайно короткий срок, дизель безупречным силовым агрегатом, обеспечивающим надежную работу тепловозов.

Дизель Д-50 (фиг. 31 и 32) представляет собой четырехтактный шестицилиндровый двигатель простого действия с бескомпрессорным распыливанием топлива. Энергия отработавших газов двигателя используется для приведения во вращение газовой турбины *36* турбовоздуходувки *18*. На одном валу с колесом газовой турбины закреплено колесо воздушного нагнетателя *35*, который создает наддув, позволяющий развивать мощность дизеля до 1000 *л. с.*, в то время как без наддува мощность его не превышает 660 *л. с.*



Фиг. 31. Дизель Д-50.



Фиг. 32. Общий вид дизеля Д-50:

1 — масляный насос; *2* — разгрузочный клапан масляного насоса; *3* — редуктор масляного насоса; *4* — крышка люка для боксования вала дизеля; *5* — топливный войлочно-щелевой фильтр; *6* — коллектор горячей воды; *7* — нижний выпускной коллектор; *8* — верхний выпускной коллектор; *9* — электромагнит (соленоид) регулятора; *10* — регулятор числа оборотов; *11* — сливной карман для топлива; *12* — всасывающий патрубок водяного насоса; *13* — водяной насос; *14* - нагнетательный патрубок; *15* — труба водяного охлаждения турбовоздуходувки; *16* — предохранительный клапан корпуса привода распределительного вала; *17* — фильтр для воздуха, отсасываемого из картера (суфлер); *18* — турбовоздуходувка; *19* — трубка, подводящая масло к подшипникам турбовоздуходувки; *20* — перепускной водяной патрубок; *21* — труба для слива масла; *22* — трубка для слива воды из турбовоздуходувки; *23* — фланцевое соединение вала дизеля с якорем генератора; *24* — ручные выключатели секций топливного насоса; *25* — топливный насос; *26* — электропневматический механизм регулятора; *27* — корпус масляных щелевых фильтров; *28* — маслоподводящая трубка; *29* — маслоподводящая трубка; *30* — впускной (всасывающий) коллектор; *31* — крышка корпуса привода распределительного вала; *32* — корпус привода; *33* — трубка для слива масла из редуктора масляного насоса; *34* — труба для воздуха, отсасываемого из картера; *35* — воздушная часть турбовоздуходувки (нагнетатель); *36* — газовая часть турбовоздуходувки (газовая турбина); *37* — сальник сливной трубки форсунки; *38* — сальник нагнетательной топливной трубки; *39* — вентиль индикаторного крана; *40* — кожух промежуточного вала; *41* — генератор; *42* — уплотнение коленчатого вала.

Для использования разности давлений в выпускном и впускном коллекторах во время заполнения цилиндра воздухом выпускной коллектор разделен на два отдельных коллектора (верхний *7* и нижний *8*), которые независимо друг от друга подводят выхлопные газы к приемной части турбовоздуходувки. При этом нижний коллектор объединяет первый, четвертый и пятый цилиндры, а верхний — второй, третий и шестой цилиндры.

Коленчатый вал дизеля имеет так называемое зеркальное расположение кривошипов Кривошипы трех первых цилиндров расположены под углом 120° один относительно другого, а расположение кривошипов остальных трех цилиндров представляет собой как бы зеркальное отображение кривошипов первых трех цилиндров.

Порядок работы цилиндров дизеля следующий: 1—3—5—6—4—2.

С коленчатым валом дизеля при помощи фланцевого соединения *23* жестко связан якорь генератора. Статор генератора также жестко при помощи мощного фланца соединен с рамой дизеля.

В передней части дизеля (по ходу тепловоза) с коленчатым валом соединен горизонтальный вал редуктора *3* масляного насоса *1*. На этом же валу редуктора закреплен шкив клиноременной передачи, приводящей во вращение вал вентилятора холодильника и вал вентилятора тяговых электродвигателей передней тележки тепловоза.

Впрыскивание топлива в цилиндры дизеля осуществляется топливным шестисекционным насосом *25*, установленным на левой боковой стенке дизеля. Каждая секция насоса подает топливо к одной форсунке, центрально расположенной в цилиндровой крышке.

К коллектору топливного насоса топливо подается подкачивающим вспомогательным шестеренчатым насосом, расположенным в нижней части высоковольтной камеры. Топливо предварительно очищается в фильтре грубой очистки, установленном рядом с вспомогательным насосом, затем в фильтре тонкой очистки и, наконец, в щелевом фильтре, установленном на каждой форсунке.

Кулачковый вал топливного насоса приводится во вращение от шестерни привода распределительного вала через промежуточный вал, заключенный в кожух *40*.

Поддержание необходимого числа оборотов коленчатого вала дизеля и изменение подачи топлива осуществляется гидромеханическим регулятором *10* числа оборотов. Управление регулятором производится с поста машиниста тепловоза при помощи пневматического механизма *26*, приводящегося в действие электромагнитными вентилями. Механизм *26* изменяет затяжку пружины регулятора и этим устанавливает необходимое число оборотов дизеля.

Выключение отдельных цилиндров дизеля может быть осуществлено ручными выключателями *24*. Для экстренной остановки дизеля необходимо отжать на себя вертикальную рукоятку выключения, расположенную у переднего торца топливного насоса и через рычажную передачу, связанную общей тягой со всеми выключателями *24*.

Автоматическая остановка дизеля происходит также при срабатывании электромагнита выключения регулятора (соленоида) *9*, который выключает подачу топлива топливным насосом в цилиндры дизеля при падении давления масла в смазочной магистрали ниже предельно допустимого.

Для смазки дизеля служит масляный насос *1*. Насос засасывает масло из масляной ванны дизеля и подает его под давлением к масляным секциям холодильника. Из холодильника масло по трубе подходит к фланцу, расположенному с правой стороны переднего торца дизеля, и через два щелевых фильтра *27* проходит в масляную магистраль (идущую вдоль всего дизеля и расположенную внутри блока), откуда подается ко всем смазываемым деталям.

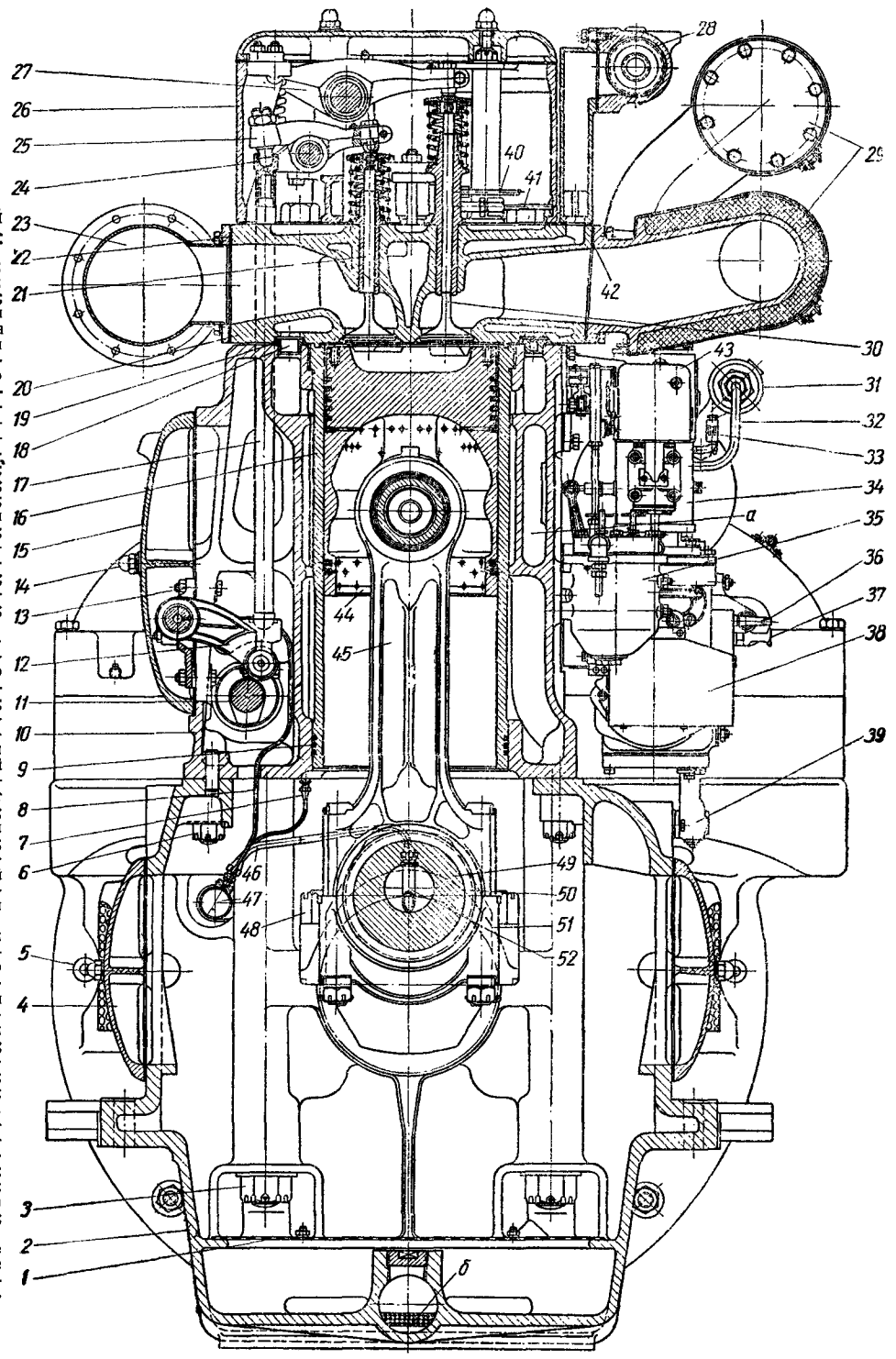
По трубке *28* масло подается к редуктору масляного насоса, а по трубке *29* — к реле масляного давления. Из редуктора масло стекает в раму дизеля по трубке *33*.

К левому подшипнику турбовоздуходувки масло подводится по трубе *19*, а по трубе *21* сливается.

Для того чтобы избежать возникновения большого количества масляных паров в картере дизеля, а также для предотвращения пропуска масла в соединениях (люки дизеля, сальниковые уплотнения валов и т. п.), картер сообщается через полость привода распределительных валов *31* и *32*, фильтр *17* и трубу *34* с всасывающей камерой воздуходувки *35*, благодаря чему в картере во время работы дизеля создается разрежение.

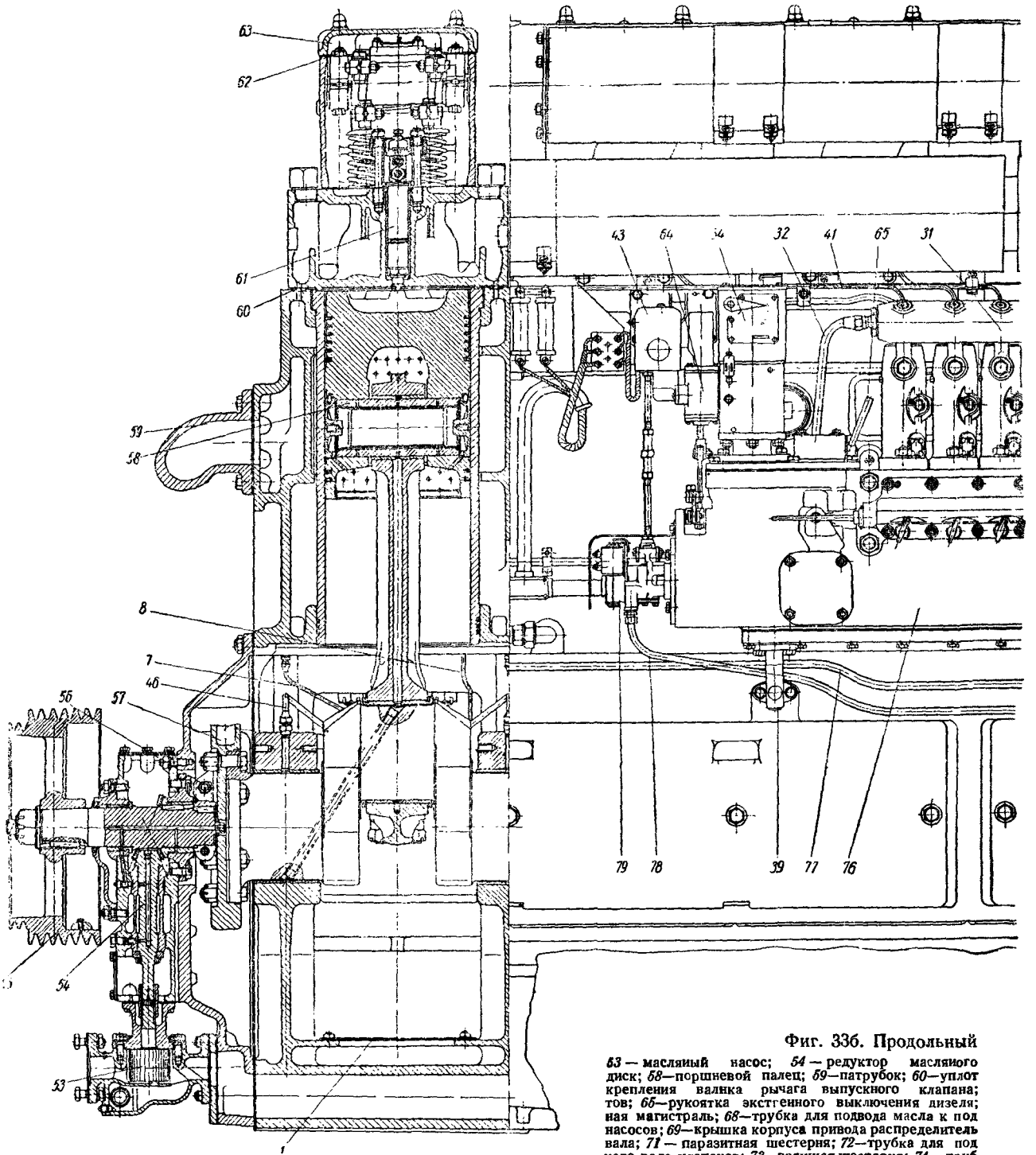
Для охлаждения дизеля служит водяной насос *13*, приводимый в действие от шестерни, связанной с шестерней вала топливного насоса в корпусе привода распределительных валов.

Вода из холодильника поступает в патрубок, расположенный на передней стороне ди-



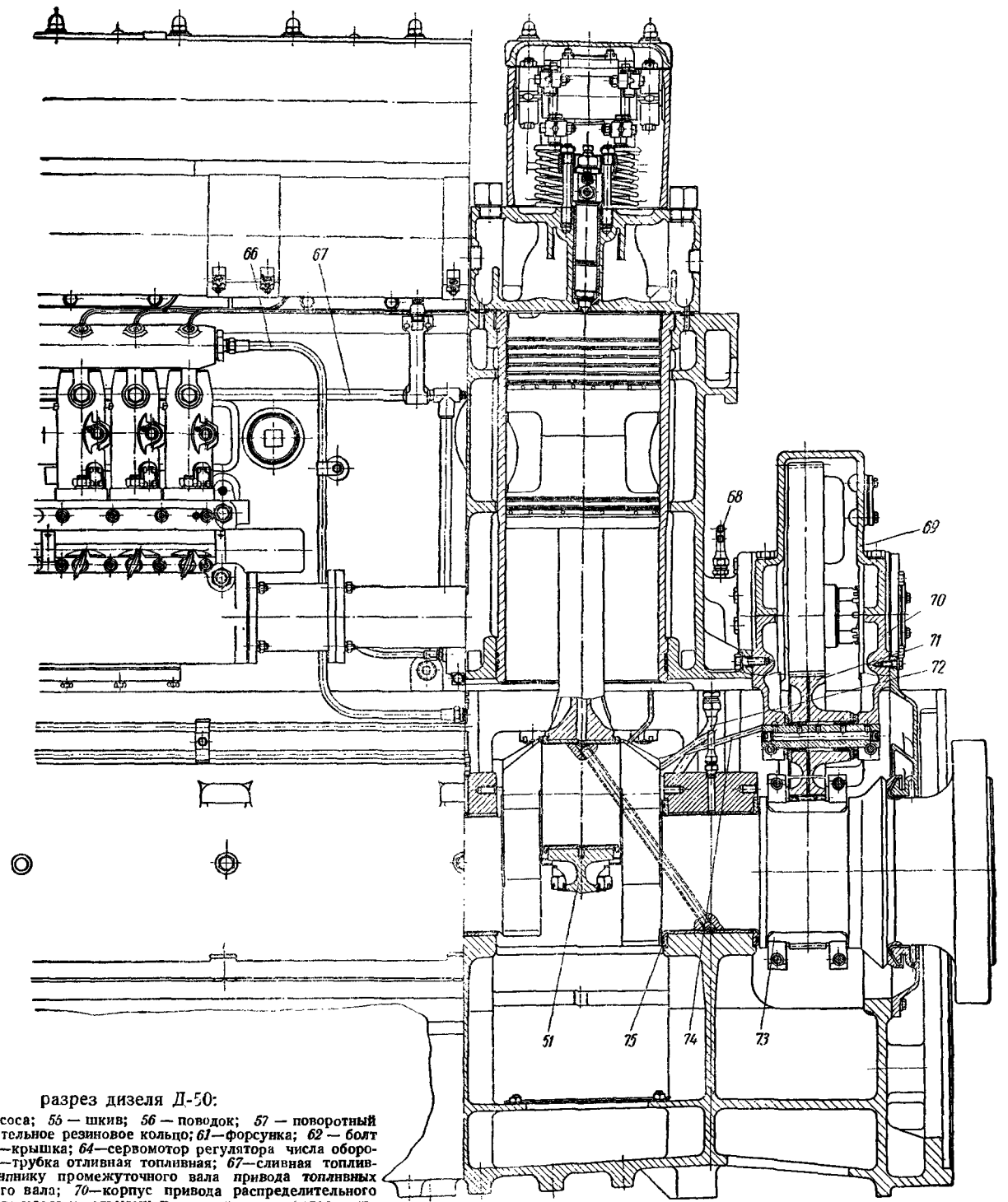
Фиг. 33*а*. Поперечный разрез дизеля Д-50:

1—сетка; *2*—рама дизеля; *3*—анкерная шпилька; *4*—крышки люков рамы; *5*—глухая гайка крепления крышки люка; *6*—шпилька (сшивная); *7*—трубка для подвода смазки к подшипнику распределительного вала; *8*—трубка для подвода смазки к валику рычагов толкателей; *9*—уплотнительные кольца; *10*—цилиндровый блок; *11*—распределительный вал; *12* — рычаг толкателя; *13* — кронштейн рычага; *14* — гайка крепления крышки люка блока; *15*—крышка; *16*—цилиидровая втулка; *17*—штанга толкателя; *18*—втулка; *19*—уплотнительное кольцо; *20*—крышка цилиндра; *21*—впускной клапан; *22*—прокладка; *23*—впускной коллектор; *24*—толкатель; *25*—рычаг впускного клапана; *26*—корпус коробки привода клапанов; *27*—рычаг выпускного клапана; *28* — коллектор горячей воды; *29* — выпускной коллектор, *30*— выпускной клапан; *31*—топливный коллектор; *32* — трубка от топливного фильтра; *33* — указатель уровня масла в регуляторе; *34*—регулятор числа оборотов; *35* — топливный фильтр; *36*—рукоятка восстановления нормальной работы топливных насосов; *37*—рукоятка выключения отдельной секции топливного насоса; *38* — картер топливвого насоса; *39*—сливной патрубок; *40*—сливная трубка форсунки; *41*—нагнетательная топливная трубка; *42*—прокладка; *43*—электромагнит регулятора числа оборотов; *44* — поршень; *45* — шатун; *46*—трубка для подвода смазки к коренному подшипнику; *47*—масляная магистраль; *48*—шпилька коренного подшипника; *49*—коленчатый вал; *50*—вкладыш; *51*—крышка нижней головки шатуна; *52* — маслоподводящая трубка *а* — полость в теле блока; *б* — канал в днище картера; *в*—канал для прохода воздуха, охлаждающего генератор.



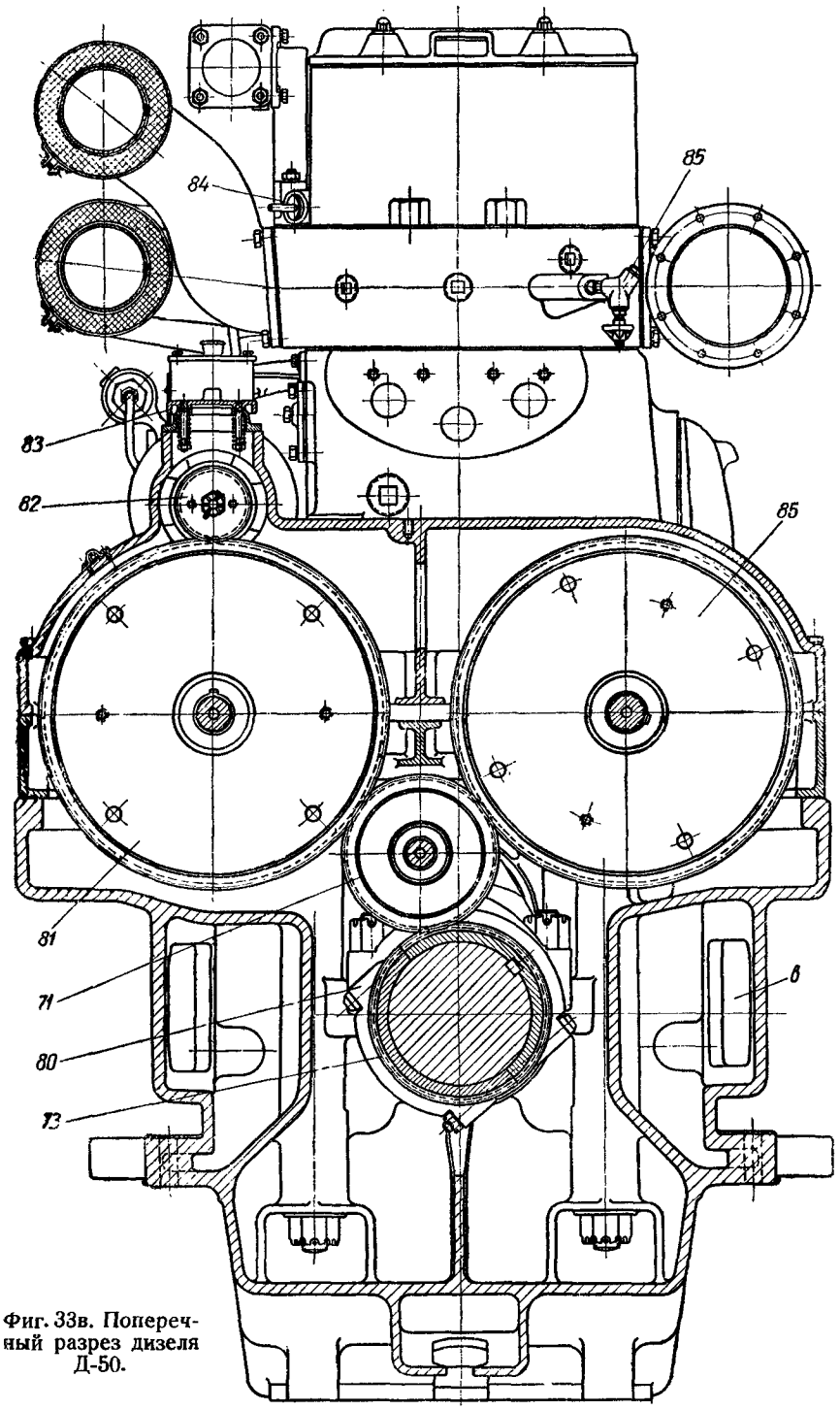
Фиг. 33б. Продольный

63 — масляный насос; *54* — редуктор масляного диск; *58*—поршневой палец; *59*—патрубок; *60*—уплот крепления валика рычага выпускного клапана; тов; *65*—рукоятка экстренного выключения дизеля; ная магистраль; *68*—трубка для подвода масла к под насосов; *69*—крышка корпуса привода распределитель вала; *71* — паразитная шестерня; *72*—трубка для под иого вала клапанов; *73*—ведущая шестерня; *74*— труб *75* — упорно-опорный подшипник; *76*—картер топливного насоса; *77*—трубка, подводящая топливо к фильтру; *78*—трубка, регулятора; *80* — хомуты (бугели); *81* — шестерня привода топливного насоса и регулятора; *82* — шестерня водяного шая шестерня распредели



разрез дизеля Д-50:

насоса; *55* — шкив; *56* — поводок; *57* — поворотный нительное резиновое кольцо; *61*—форсунка; *62* — болт *63*—крышка; *64*—сервомотор регулятора числа оборо- *66*—трубка отливная топливная; *67*—сливная топлив- шипнику промежуточного вала привода топливных ного вала; *70*—корпус привода распределительного вода масла к седьмому подшипнику распределитель- ка для подвода смазки к валику паразитной шестерни; подводящая воздух к клапанам электропневматического механизма регулятора; *79*—электропневматический механизм насоса; *83* — тарелка предохранительного клапана; *84* — уплотнение топливной трубки; *85* — индикаторный кран; *86* — боль- тельного вала клапанов.



Фиг. 33в. Поперечный разрез дизеля Д-50.

зеля. По каналу внутри блока вода подходит к всасывающему патрубку водяного насоса *13*, затем по нагнетательному патрубку *14* входит в охлаждаемую полость дизеля. По трубе *15* вода подается на охлаждение газовой части корпуса турбовоздуходувки и далее по перепускному патрубку *20* переходит в среднюю часть корпуса. Отсюда вода сливается в блок дизеля через патрубок, расположенный на задней торцовой стенке дизеля. Вода после охлаждения цилиндровых втулок дизеля и его цилиндровых крышек поступает в коллектор *6* горячей воды и далее — в водяные секции холодильника.

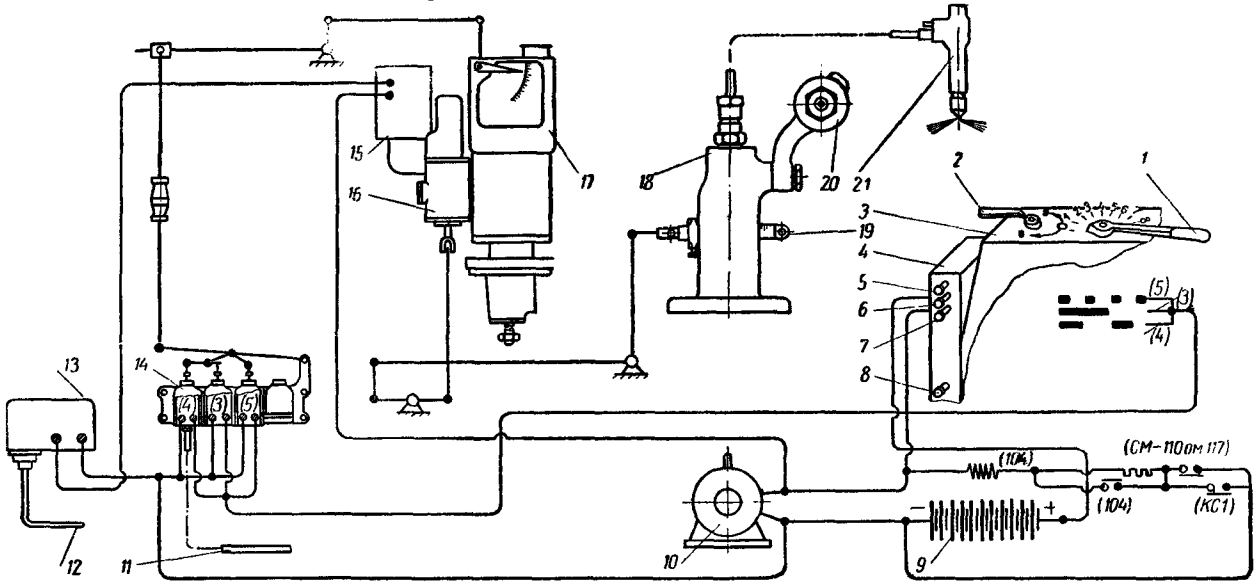
Воздух, поступающий через впускной (всасывающий) коллектор *23* (фиг. 33) проходит через каналы цилиндровых крышек *20* к впускным (всасывающим) клапанам *21*. Во время такта впуска (всасывания) клапаны открываются, и поршень *44*, опускаясь вниз, освобождает рабочую полость цилиндра, которая заполняется воздухом.

Каждый цилиндр имеет по два впускных и по два выпускных клапана. Клапаны открываются кулачками распределительного вала *11*, приводимого во вращение шестерней *86*. Кулачок распределительного вала через рычаг толкателя *12*, штангу *17* и толкатель *24* поднимает конец (плечо) рычага *25*, в котором закреплен толкатель, а двумя другими плечами этого же рычага сжимает пружины двух впускных клапанов *21*. Выпускные клапаны *30* управляются своим кулачком, расположенным на том же участке распределительного вала, и таким же приводом как и впускные клапаны.

Весь механизм клапанных рычагов размещен в коробке привода клапанов *26*, которая установлена на крышке цилиндра *20* и соединена с ней четырьмя шпильками. Коробка привода сверху закрывается крышкой *63*.

Цилиндровая охлаждаемая водой втулка *16* уплотнена в верхней части буртом, упирающимся в соответствующий бурт блока, а в нижней части — резиновыми кольцами *9*.

Поступление воды из цилиндрового блока (куда вода проходит через патрубок *59*) в цилиндровую крышку после охлаждения цилиндровой втулки происходит в основном через два отверстия, в которые вставлены втулки *18*, уплотняемые резиновыми кольцами *19*. Дополнительно вода проходит через отверстия



Фиг. 34. Схема управления дизелем Д-50:

1 - рукоятка контроллера машиниста; *2*—ручка реверсора; *3*—контроллер машиниста; *4*—коробка кнопочных выключателей (кнопочные выключатели); *5* — пуск дизеля; *6* — общее управление; *7* — пуск подкачивающего топливного насоса; *8* — управление машинами; *9* — аккумуляторная батарея; *10* - подкачивающий топливный насос; *11* — воздухопровод; *12* — маслопровод; *13* — реле давления масла, *14*—электропневматический механизм регулятора оборотов; *15*—электромагнит выключения дизеля; *16* — сервомотор (масляный); *17* — регулятор; *18* — топливный насос; *19* — регулирующая рейка топливного насоса; *20*—топливный коллектор; *21*—форсунка.
Цифрами в скобках обозначены провода и позиции по электросхеме № ОА-1022 завода „Динамо".

меньшего диаметра, также снабженные уплотнительными кольцами *60*. Далее вода от каждой крышки проходит через стояки к коллектору *28* горячей воды. Внутри цилиндровой втулки перемещается поршень *44*, связанный при помощи поршневого пальца *58* и шатуна *45* с коленчатым валом *49* дизеля.

Вал дизеля лежит в семи коренных подшипниках, один из которых *75* является не только опорным, но и упорным, фиксирующим задний конец вала в определенном положении. На этом конце вала при помощи двух хомутов *80* и шпонки закреплена ведущая разъемная шестерня *73*, которая через паразитную шестерню *71* приводит во вращение шестерни *86* и *81* распределительного вала клапанов и вала топливного насоса и регулятора числа оборотов.

Шестерни масляного насоса *53* приводятся во вращение от коленчатого вала через редуктор *54*.

Пуск дизеля производится генератором, работающим в качестве электродвигателя. Во время пуска двигателя генератор получает питание от аккумуляторной батареи. При первых же оборотах дизеля происходит впрыскивание топлива в цилиндры. Как только появятся первые вспышки топлива и давление масла достигнет нормальной величины, питание генератора от аккумуляторной батареи прекращается.

Схема управления дизелем Д-50 приведена на фиг. 34.

В зависимости от положения рукоятки контроллера электромагнитные клапаны воздействуют на воздушные цилиндрики электропневматического механизма регулятора *14* так, что вызывают соответствующее изменение затяжки пружины регулятора *17*, устанавливающего необходимые числа оборотов коленчатого вала дизеля.

Подача топлива, соответствующая числам оборотов, установленным с поста управления машиниста, и нагрузке, создаваемой генератором, поддерживается регулятором с помощью сервомотора *16*, управляющего топливным насосом *18*.

Для пуска дизеля надо установить ручку *2* реверсора в нейтральное (среднее) положение, а рукоятку *1* контроллера машиниста — в положение холостого хода (нулевое положение). Затем следует включить кнопочный выключатель *7* пуска подкачивающего топливного насоса *10* и после того, как давление топлива по манометру поднимется до 2,5 *ати*, включить кнопочный выключатель *6* общего управления и нажать выключатель *5* пуска дизеля.

Выключатель *5* пуска дизеля следует держать в пусковом положении до тех пор, пока давление масла не достигнет 1,8 *ати*, только после чего можно отпустить его. При более раннем выключении сработает реле *13* давления масла, которое при помощи электромагнита *15* выключения дизеля остановит последний. Держать кнопочный выключатель пуска нажатым более 30 сек. не разрешается.

Число оборотов коленчатого вала дизеля в зависимости от положения рукоятки контроллера машиниста будет иметь следующие значения:

Положение рукоятки контроллера машиниста	*0*	*I*	*II*	*III*	*IV*	*V*	*VI*	*VII*	*VIII*
Число оборотов дизеля в минуту	275	275	355	430	495	555	615	675	740

Основные технические данные дизеля Д-50 приведены ниже.

Основные технические данные дизеля Д-50

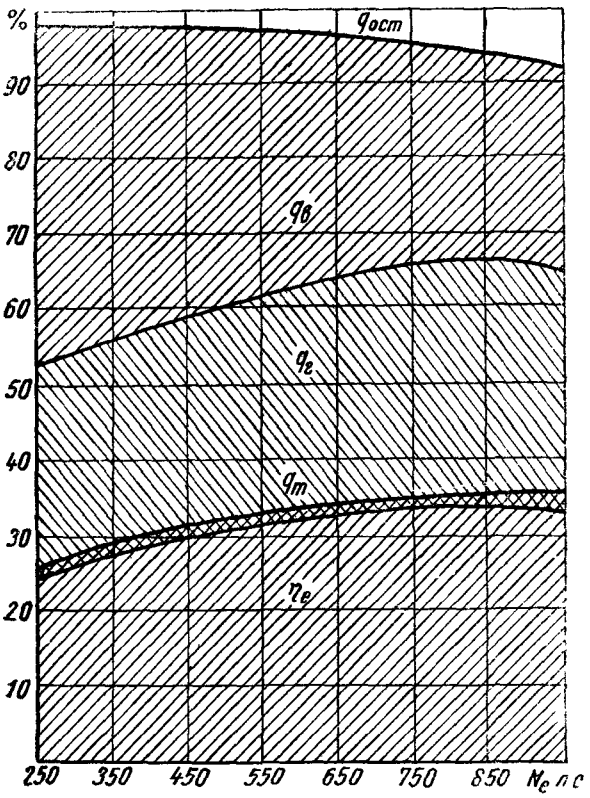
Двигатель

Тип двигателя	Четырехтактный дизель с нижним наддувом (бескомпрессорный, простого действия)
Число цилиндров	6
Диаметр цилиндров в *мм*	318
Ход поршня в *мм*	330
Рабочий объем всех цилиндров в *л*	157,2
Число рабочих оборотов в минуту:	
максимальное	740 ∓ 5
минимальное	270 ± 15
Число ступеней рабочих оборотов	8
Наибольшая эффективная мощность (при 740 об/мин) в *л. с.*	1000
Направление вращения главного вала	Против часовой стрелки (если смотреть со стороны главного генератора)
Регулятор числа оборотов	Гидромеханический (восьмирежимный)
Тип предельного регулятора	Центробежный
Способ пуска дизеля	Электрический
Топливный насос	Золотникового типа (шестиплунжерный)
Порядок работы цилиндров	1, 3, 5, 6, 4, 2
Порядок нумерации цилиндров	Со стороны регулятора
Угол опережения подачи топлива в градусах	25—29
Степень сжатия при линейном зазоре между плоскостью цилиндровой крышки и верхней кромкой поршня в пределах 4,5—5 *мм*	11,8—12,5
Форсунка	Закрытая
Давление топлива, определяющее затяжку пружины форсунки, в *кг/см²*	270—280
Нормальное давление топлива перед блоком насоса в *кг/см²*	2,5
Насос водяного охлаждения	Центробежный с приводом от вала дизеля через зубчатую передачу
Отношение числа оборотов водяного насоса к числу оборотов дизеля	2,4
Подача водяного насоса при 740 об/мин вала дизеля (по техническим условиям) в *м³/час*	80
Температура охлаждающей воды в °С:	
рабочая	65—75
максимальная допустимая	85
минимальная допустимая	40
Масляный насос	Шестеренчатый с приводом от вала дизеля через пару конических шестерен

Отношение числа оборотов масляного насоса к числу оборотов дизеля	2,266
Подача масляного насоса при 740 об/мин вала дизеля и температуре масла 65 °С в *л/час*	16 000
Топливный фильтр	Щелевой + фетровый в одном корпусе
Масляный фильтр	Щелевой
Топливный вспомогательный насос	Шестеренчатого типа, с приводом от электродвигателя
Максимальное число оборотов вала насоса в минуту	1740
Мощность электродвигателя в *квт*	0,2
Производительность насоса в *л/мин*	12,5
Турбовоздуходувка	
Тип	Газовая
Производительность (по техническим условиям) в *м³/час*	5100
Давление наддува (по техническим условиям) в *кг/см²*	0,22—0,34
Рабочая температура выхлопных газов по цилиндрам дизеля в °С	425—475
Температура выхлопных газов перед турбиной по коллекторам в °С	480—550
Число оборотов в минуту:	
рабочее	До 10 300
предельное	13 000
минимальное	1600—2200
Воздушный компрессор	
Тип	3-СБ
Ступеней сжатия	2
Число цилиндров	3 (два цилиндра низкого давления, один — высокого)
Ход поршней в *мм*	142
Диаметр цилиндров в *мм*:	
низкого давления	198
высокого давления	140
Давление первой ступени в *ати*	4—4,9
Число оборотов в минуту:	
максимальное возможное	800
минимальное рабочее	250
Производительность в *м³/мин*:	
при 250 об/мин	2,2
при 740 об/мин	5,5
при 400 об/мин	3,5 *
Потребляемая мощность под нагрузкой в *л. с.*:	
при 250 об/мин	15
при 740 об/мин	46
Охлаждение воздуха между ступенями сжатия в ребристом холодильнике	Естественное
Холодильник	
Секции холодильника	С плоскими (камерного типа) ребристыми трубками
Количество секций:	
для охлаждения воды	21
для охлаждения масла	5
Поверхность (омываемая воздухом) водяного холодильника (по чертежу) в *м²*	429
Поверхность масляного холодильника (по чертежу) в *м²*	95
Число оборотов вентилятора холодильника в минуту (при 740 об/мин вала дизеля)	1240
Коэфициент теплопередачи в *ккал/м²·час* °С:	
водяного холодильника	41,5
масляного холодильника	20
Мощность, потребляемая вентилятором при 740 об/мин в *л. с.*	42
Тип вентилятора	Лопастной, винтовой

* Длительная работа компрессора допускается при 400 об/мин (третья позиция рукоятки контроллера).

Тепловой баланс дизеля при полном числе оборотов коленчатого вала представлен на фиг. 35 [1]. По оси абсцисс отложена эффектив-



Фиг. 35. Тепловой баланс дизеля Д-50 по нагрузочной характеристике при $n_д = 740$ об/мин.

ная мощность дизеля, по оси ординат даны в процентах:

η_e — эффективный к. п. д. дизеля;
q_m — потери тепла в турбине;
$q_г$ — потери тепла с выпускными газами;
$q_в$ — потери тепла с охлаждающей водой;
$q_{ост}$ — потери на химическую неполноту сгорания, неучтенные потери на лучеиспускание и т. п.

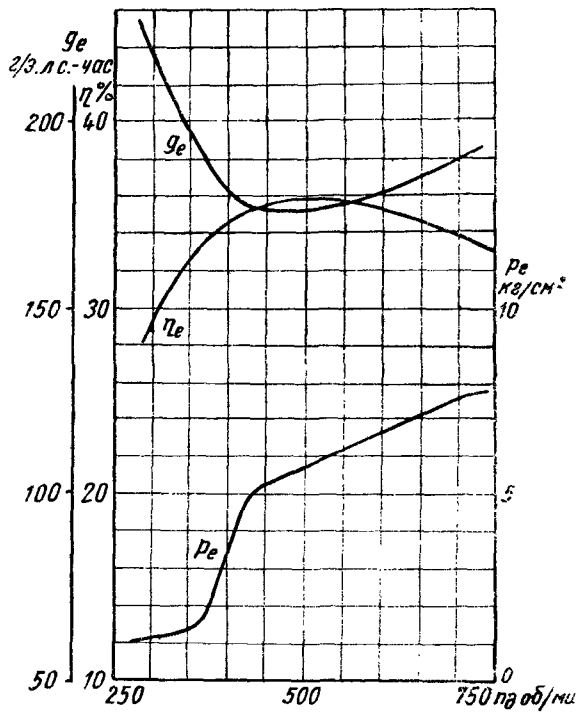
Для переменных чисел оборотов вала дизеля $n_д$, значения среднего эффективного давления p_e *кг/см²*, удельного расхода топлива q_e *г/л. с. ч.* и эффективного к. п. д. дизеля η_e приведены на фиг. 36.

[1] По данным стендовых испытаний дизеля, проведенных на тепловозостроительном заводе и по результатам тягово-теплотехнических испытаний тепловоза ТЭ1, проведенных ЦНИИ МПС.

Несколько необычный характер кривой среднего эффективного давления p_e в диапазоне 350—450 об/мин объясняется тем, что нагрузочные испытания дизеля проводились для условий его работы на тепловозе, а электрическая схема управления тепловозом выполнена так, что до третьего положения рукоятки контроллера машиниста от двигателя берется неполная мощность.

Из кривых, приведенных на фиг. 35 и 36, следует, что, несмотря на большую форсировку и значительные для развиваемой мощности числа оборотов, дизель дает устойчивый к. п. д. в широком диапазоне чисел оборотов.

Кривые удельного расхода топлива, приведенные на фиг. 37, дают для полной мощности и полного числа оборотов расход топлива около 190 *г/э. л. с. ч.* Наименьший расход то-

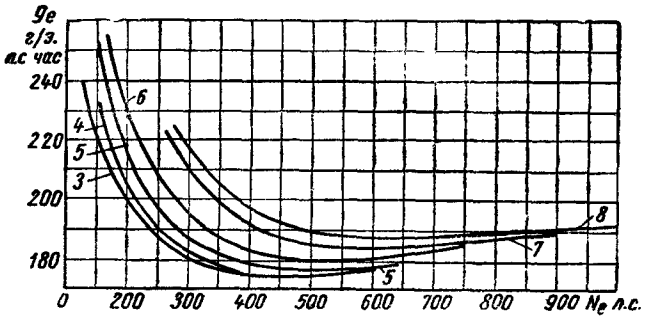


Фиг. 36. Среднее эффективное давление p_e, удельный расход топлива g_e, к. п. д. дизеля η_e в зависимости от числа оборотов $n_д$.

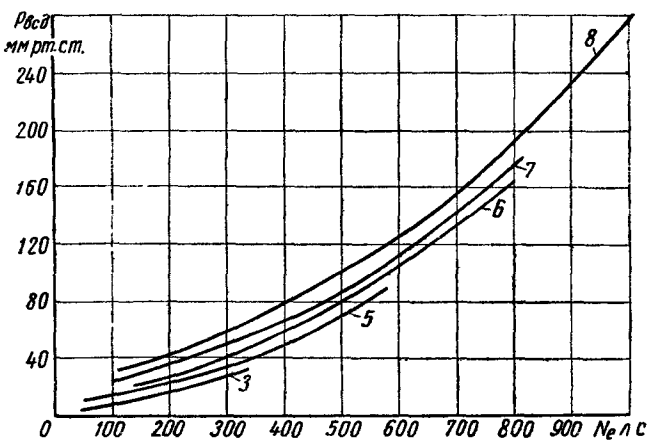
плива—175 *г/э. л. с. ч.* Цифры на кривых обозначают положения рукоятки контроллера машиниста.

Изменение давления воздуха $p_{всд}$, нагнетаемого воздуходувкой, в зависимости от развиваемой дизелем мощности и числа оборотов (или, что то же — положений рукоятки контроллера машиниста), приведено на фиг. 38.

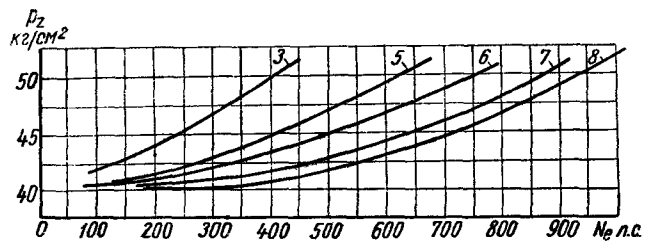
Давление сгорания почти не зависит от числа оборотов и меняется лишь с нагрузкой, т. е зависит в основном от p_e (фиг. 39).



Фиг. 37. Удельный расход топлива g_e в зависимости от мощности дизеля N_e и положений рукоятки контроллера машиниста.



Фиг. 38. Давление во впускном коллекторе $p_{всд}$ в зависимости от мощности дизеля N_e и положений рукоятки контроллера машиниста (кривые *3, 5, 6, 7, 8*).

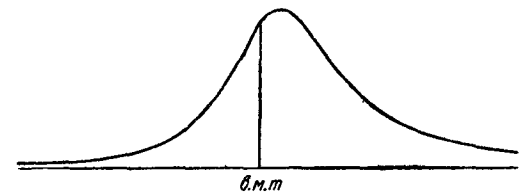


Фиг. 39. Давление сгорания в зависимости от мощности дизеля N_e и положения рукоятки контроллера машиниста.

Однако неверно было бы предполагать, что процесс сгорания протекает одинаково при разных числах оборотов, на что, в частности, указывают разные расходы топлива при разных числах оборотов.

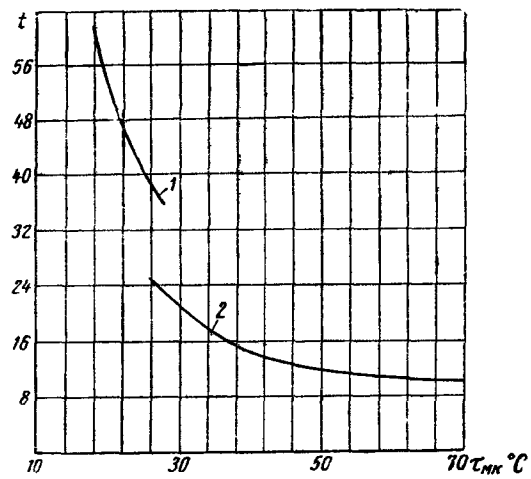
Индикаторная диаграмма, развернутая по углу поворота кривошипа коленчатого вала, для мощности дизеля N_e, равной 940 *л. с.* и числа оборотов, равного 740 об/мин, дана на фиг. 40.

О пусковых качествах дизеля можно судить по кривым пуска его после длительной и



Фиг. 40. Индикаторная диаграмма для мощности $N_e = 940$ *л. с.* и оборотов дизеля $n_д = 740$ в минуту.

кратковременной стоянок, при температуре наружного воздуха от —12° до +12° С (фиг. 41). По оси абсцисс диаграммы отложена темпера-



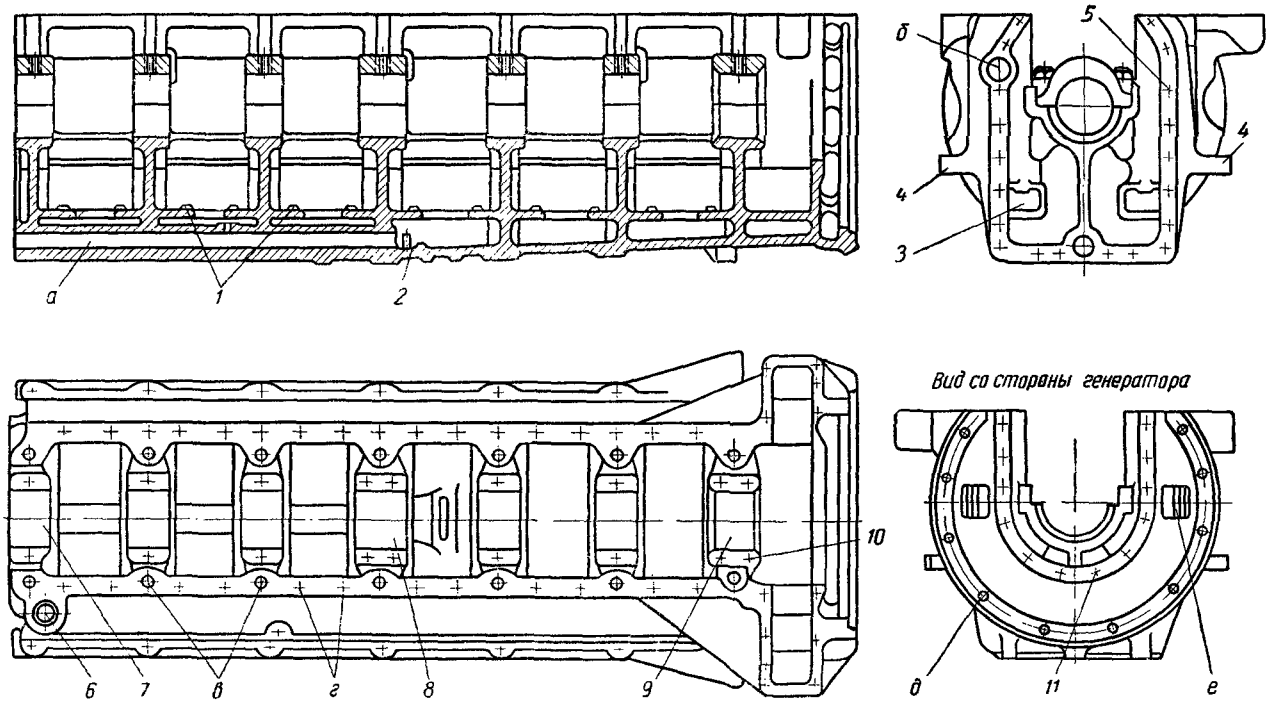
Фиг. 41. Время t сек., необходимое для пуска дизеля в зависимости от температуры масла в картере $\tau_{мк}$:

1 — первый запуск дизеля после стоянки в течение 12—14 час. при температуре наружного воздуха плюс 2—12°С; *2* — пуск дизеля после коротких остановок при температуре наружного воздуха минус 2—12° С.

тура масла в картере дизеля, по оси ординат — время в секундах, необходимое для пуска дизеля.

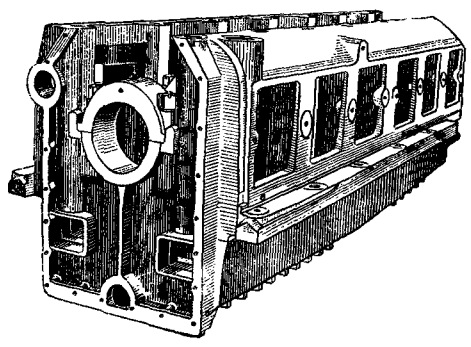
РАМА ДИЗЕЛЯ

Рама дизеля (фиг. 42—44) представляет собой отливку из чугуна марки СЧ 21-40 и служит основанием для установки всех частей

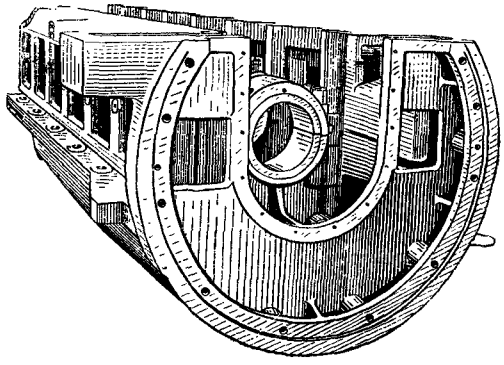


Фиг. 42. Рама дизеля (эксиз); на двух нижних проекциях сняты крышки коренных подшипников:

1 — шпильки для крепления сеток маслосборника; *2* — шпильки для крепления сетки канала; *3* — приливы с окнами для крепления гаек анкерных шпилек; *4* — боковые фланцы рамы; *5* — шпильки для крепления корпуса привода масляного насоса; *6* — прилив с отверстием; *7* — первый коренной подшипник; *8* — четвертый коренной подшипник; *9* — седьмой коренной подшипник; *10* — шпильки; *11* — шпильки крепления корпуса уплотнения коленчатого вала; *а* — канал; *б* — отверстие для масляной магистрали; *в* — отверстия для анкерных шпилек; *г* — отверстия для сшивных шпилек; *д* — отверстия для шпилек корпуса генератора; *е* — отверстия для воздуха, охлаждающего генератор.



Фиг. 43. Внешний вид рамы дизеля (передняя сторона).



Фиг. 44. Внешний вид рамы дизеля (со стороны генератора.)

двигателя и в первую очередь цилиндрового блока.

Крепление рамы дизеля к раме тепловоза осуществляется при помощи фланцев *4* (фиг. 42), притягиваемых двенадцатью шпильками. В раме, имеющей корытообразную форму, расположены поперечные перегородки, которые, утолщаясь в средней своей части, образуют постели или гнезда для установки нижних половин вкладышей коренных подшипников.

Крышки коренных подшипников крепятся к раме дизеля шпильками *10*. При этом во всех подшипниках имеется по две шпильки, кроме четвертого и седьмого подшипников, в которых поставлено по четыре шпильки.

Нижняя часть рамы представляет собой маслосборник, в который сливается смазочное

масло. Дно рамы имеет уклон от краев к середине, где имеется отверстие, через которое по каналу *а* масло проходит во всасывающий патрубок масляного насоса.

Отверстие в середине дна рамы закрыто сеткой, закрепляемой шпильками *2*. На некоторой высоте над дном рамы имеются горизонтально расположенные приливы, на которых закрепляются шпильками *1* металлические сетки.

Назначение сеток — предотвратить попадание в канал и шестерни масляного насоса мелких деталей и посторонних частиц.

С левой стороны рамы на переднем конце ее имеется прилив *6* с отверстием, в которое ввертывается горловина патрубка, служащего для заливки масла.

Вдоль всей рамы проходит масляная магистраль (труба), для которой в перегородках выполнены отверстия *б*. Внизу рамы имеется труба для слива масла при его смене. Труба имеет вентиль и глухую гайку.

На раму опирается цилиндровый блок, который скрепляется с рамой четырнадцатью анкерными шпильками, проходящими через отверстия *в*. Отверстия выполнены в специальных приливах рамы в плоскости поперечных перегородок.

Внизу фланцев *4* предусмотрены окна для крепления гаек анкерных шпилек. Фланцы и окна показаны на фиг. 43.

Кроме анкерных шпилек, цилиндровый блок соединяется с рамой еще и так называемыми сшивными шпильками, для которых во внутреннем фланце предусмотрены отверстия *г*. Всего сшивных шпилек двадцать девять. Анкерные и сшивные шпильки изготовлены из стали марки 30ХНА. Гайки шпилек крепятся через окна в боковых стенках рамы. На фиг. 43 хорошо виден в середине левой боковой стенки прилив с отверстием, через которое сливается масло из картера топливного насоса.

Передняя часть рамы дизеля соединяется с корпусом привода масляного насоса и вентилятора. Одновременно корпус привода служит для размещения поворотного диска *57* (см. фиг. 33), с помощью которого производится боксование вала дизеля.

Перед боксованием необходимо отнять крышку люка *4* (фиг. 32).

В задней стороне рамы размещаются шестерни *86* (фиг. 33) привода распределительного вала, вала топливного насоса и регулятора *81*, а также шестерни водяного насоса *82*, паразитная шестерня *71* и ведущая шестерня коленчатого вала *73*.

Торец рамы образует круговой мощный фланец с кольцевой проточкой, в которую входит бурт корпуса генератора. Генератор прочно притягивается к фланцу шпильками, проходящими через отверстия *д* (фиг. 42 и 44). На тех же фигурах видны нарезные отверстия для шпилек крепления корпуса уплотнения коленчатого вала.

Для замера уровня масла служит пластина измерителя, опущенная в картер через отверстие в приливе рамы. Уровень масла должен находиться между двумя имеющимися на пластине измерителя отметками.

Во время работы дизеля люки в боковых стенках рамы закрыты крышками. На каждой стороне рамы имеется по две крышки, каждая из которых крепится четырьмя шпильками и ставится на прокладку.

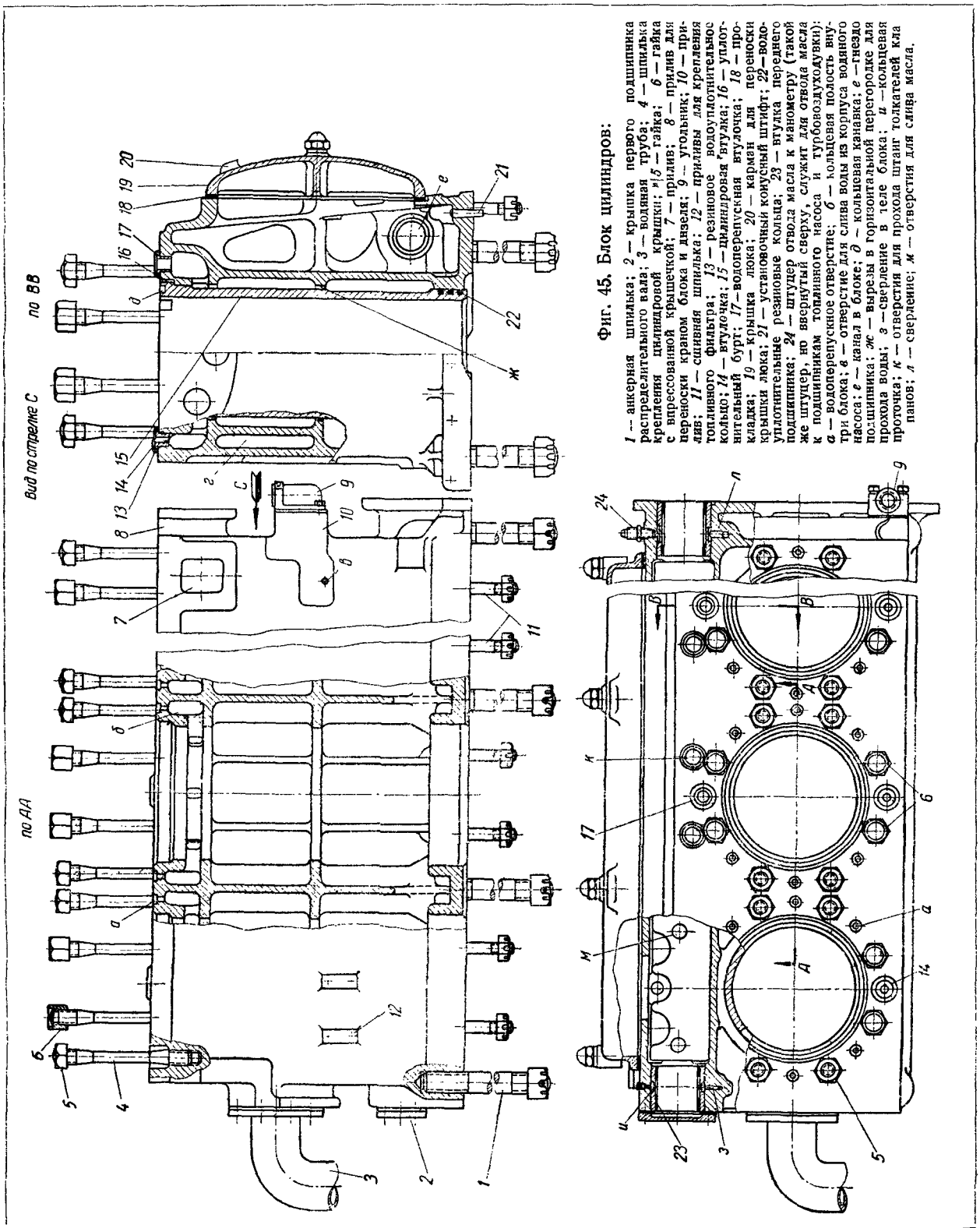
Отверстия в боковых стенках рамы со стороны генератора (см. фиг. 33) закрываются сетками и служат для прохода воздуха, охлаждающего генератор.

БЛОК ЦИЛИНДРОВ

Блок цилиндров (фиг. 45 и 46), как и рама дизеля, представляет собой отливку из чугуна марки СЧ 21-40. Внутренняя полость блока состоит как бы из двух частей, отделенных друг от друга глухой продольной стенкой. Левая часть (если смотреть со стороны генератора), бóльшая по объему, заключает в себе цилиндровые втулки и образует полости для прохода охлаждающей воды; в правой части размещены распределительный вал и механизм привода клапанных рычагов.

В правой части блока имеется семь поперечных перегородок, в нижней утолщенной части которых размещены гнезда *е* (фиг. 45) для втулок подшипников *23* распределительного вала клапанов. В левой части, в которой размещено шесть цилиндровых втулок *15*, имеются вертикальные и горизонтальные ребра, как бы охватывающие цилиндровые втулки и образующие полости, по которым вода проходит, омывая каждую втулку в отдельности.

Вода поступает в цилиндровый блок дважды Охлажденная в холодильнике вода поступает в блок по трубе *3* и идет по каналу вдоль всего блока, не попадая в полости охлаждения втулок. Через боковой выход, расположенный на левой стороне блока, вода поступает к всасывающему патрубку водяного насоса. Насос подает воду обратно в блок через отверстие в приливе *7*, к которому присоединен нагнетательный патрубок насоса. Вертикальная пе-



Фиг. 45. Блок цилиндров:

1 — анкерная шпилька; *2* — крышка первого подшипника распределительного вала; *3* — водяная труба; *4* — шпилька крепления цилиндровой крышки; *5* — гайка; *6* — гайка с впрессованной крышечкой; *7* — прилив; *8* — прилив для переноски краном блока и дизеля; *9* — угольник; *10* — прилив; *11* — спивная шпилька; *12* — приливы для крепления топливного фильтра; *13* — резиновое водоуплотнительное кольцо; *14* — втулочка; *15* — цилиндровая втулка; *16* — уплотнительный бурт; *17* — водоперепускная втулочка; *18* — прокладка; *19* — крышка люка; *20* — карман для переноски крышки люка; *21* — установочный конусный штифт; *22* — водоуплотнительные резиновые кольца; *23* — втулка переднего подшипника; *24* — штуцер отвода масла к манометру (такой же штуцер, но вверхутый сверху, служит для отвода масла к подшипникам топливного насоса и турбовоздухоудувки); *а* — водоперепускное отверстие; *б* — кольцевая полость внутри блока; *в* — отверстие для слива воды из корпуса водяного насоса; *г* — канал в блоке; *д* — кольцевая канавка; *е* — гнездо подшипника; *жс* — вырезы в горизонтальной перегородке для прохода воды; *з* — сверление в теле блока; *и* — кольцевая проточка; *к* — отверстия для прохода штанг толкателей клапанов; *л* — сверление; *м* — отверстия для слива масла.

регородка, имеющаяся в блоке слева от отверстия в приливе, направляет воду вниз, после чего вода проходит в общую полость охлаждения всего блока и затем поступает к каждой цилиндровой втулке в отдельности.

В средней части (по высоте) к цилиндровым втулкам примыкает горизонтальная перегородка. Лишь в трех местах этой перегородки имеются полукруглые вырезы *ж*, через которые вода проходит в верхнюю полость охлаждения втулки. Далее вода омывает верхнюю половину втулки, проходит через суженное сечение, поступает в кольцевую полость и охлаждает наиболее нагреваемую часть втулки.

Из блока цилиндров вода проходит в цилиндровые крышки. В каждую крышку вода поступает через восемь отверстий, имеющихся в верхней плоскости блока. Шесть отверстий, сообщающих водяную полость цилиндровой крышки с кольцевой полостью *б*, имеют диаметр, значительно меньший, чем два других отверстия. Для уплотнения в отверстия *а* вставляются резиновые уплотнительные кольца внутренним диаметром 12 *мм*; в одно из отверстий большего диаметра ставится латунная втулка *17*, имеющая внутренний диаметр 35 *мм*, а в другое отверстие — латунная втулка *14* с внутренним диаметром 13 *мм*. Втулка *17* поставлена со стороны распределительного вала, т. е со стороны выпускного канала крышки. В качестве уплотнения для этих отверстий применены также резиновые кольца, охватывающие бурты латунных втулок *14* и *17*. Уплотнительные кольца по высоте должны быть больше зазора между крышкой и блоком. Уплотнением в верхней части втулки является бурт *16*, притертый по краске к бурту блока.

В приливе *10* имеется отверстие *в*, служащее для сливания воды из насоса при консервации двигателя или при длительной его стоянке на морозе. Угольник *9* служит для слива воды из турбовоздуходувки.

Подшипники распределительного вала клапанов представляют собой бронзовые втулки с баббитовой заливкой по внутренней поверхности, запрессованные в гнезда перегородок. Втулка *23* переднего подшипника и втулка седьмого подшипника несколько длиннее остальных.

В верхней и нижних частях втулок имеются холодильники, которые позволяют маслу пройти по всей длине подшипника. К каждому подшипнику масло поступает по сверлению в блоке цилиндров со стороны рамы, куда подводится по трубке и штуцеру от масляной магистрали.

Вертикальное сверление пересекается с горизонтальным сверлением *з* (фиг. 45), по которому масло поступает к кольцевой проточке в теле подшипника, откуда по трем радиальным сверлениям проходит к шейке вала.

Сверление *л* седьмого подшипника имеет больший диаметр, чем диаметр сверлений остальных подшипников, так как масло, поступающее к этому подшипнику, идет не только на смазку самого подшипника, но и на смазку подшипников топливного насоса, привода топливного насоса, его упорных колец и дополнительной опоры.

Масло, сливающееся через зазоры подшипников распределительного вала, поступает в маслосборник рамы через двенадцать отверстий *м* нижней плоскости блока.

Над распределительным валом размещены рычаги толкателей клапанов, качающиеся при вращении кулачков распределительного вала на валиках кронштейнов. Рычаги приводят в движение штанги толкателей, которые проходят через отверстия *к* в блоке и через крышку цилиндра в коробку привода клапанов.

Масло, скапливающееся в коробке привода клапанов, стекает в маслосборник через отверстия *м* в крышке и блоке. Для того чтобы масло не протекало в соединениях между крышками и блоком, ставятся маслоуплотнительные резиновые кольца, внутренний диаметр которых равен 50 *мм*.

Кронштейны рычагов толкателей крепятся к блоку четырьмя шпильками, хорошо видными на фиг. 46. На этой же фигуре хорошо видны шпильки крепления крышек люков (по четыре на крышку), подшипники распределительного вала и поперечные перегородки.

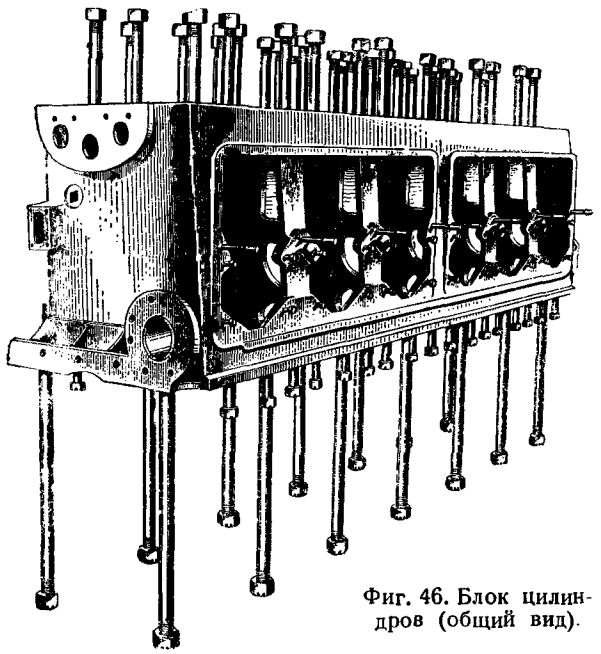
Вырезы в перегородках служат как для облегчения двигателя, так и для удобства осмотра и ремонта подшипников и рычагов распределительного вала.

Крепление блока к раме дизеля было рассмотрено выше. Расположение и вид анкерных (длинных) шпилек и сшивных (коротких) шпилек хорошо видно на фиг. 46. На этой же фигуре виден прилив *8* (фиг. 45), служащий для переноса блока и дизеля краном при сборке и установке последнего на тепловозе.

Крепление цилиндровых крышек к блоку производится 48 шпильками *4* (по восемь шпилек на крышку). Гайки для крепления крышки — двух видов. Четыре гайки *5*, расположенные на каждой крышке ближе к продольной оси блока, имеют обычные форму и размеры. Гайки *6*, расположенные ближе к поперечной оси цилиндра и входящие внутрь ко-

робки привода клапанов, выполнены более высокими и имеют впрессованную сверху крышечку.

Кольцевой бурт цилиндровой крышки при затяжке гаек входит в кольцевую канавку *д* цилиндровой втулки, прижимая бурт *16* этой втулки к бурту блока. Для обеспечения плотного прилегания бурта крышки к канавке *д* втулки он притирается по краске.



Фиг. 46. Блок цилиндров (общий вид).

Цилиндровая втулка. Цилиндровая втулка отлита из чугуна марки СЧ 24-44 и представляет собой цилиндр, внутренняя поверхность которого хонингованием доведена до высокой степени чистоты. Втулка утолщается в верхней части, где давление газов при горении топлива имеет бо́льшую величину, чем в нижней части, куда газы подходят с меньшим давлением и температурой.

Обработка нижней части бурта *16* втулки производится с расчетом возможности притирки ее к бурту блока. Поясок под буртом также обрабатывается чисто и служит для направления втулки при установке ее в блок. Нижнее утолщение, служащее для размещения резиновых колец, должно достаточно плотно входить в отверстие цилиндрового блока. Толщина резиновых колец равна 7 *мм*.

В верхней части втулки выфрезерованы четыре выреза, в которые при работе дизеля входят края тарелок впускных и выпускных клапанов. Так как вырезы для выпускных и впускных клапанов расположены не на одинаковых расстояниях друг от друга, то втулка должна быть установлена во вполне определенном положении относительно блока. Для правильного направления при установке втулки в блок на ней нанесена риска, которая должна совпадать с риской, нанесенной на блоке.

Цилиндровая втулка с цилиндровой крышкой и днищем поршня образуют камеру сгорания топлива. Одновременно втулка служит направляющей поверхностью для поршня.

Наличие втулки позволяет значительно увеличить срок работы дизеля, так как при износе она может быть легко сменена или расточена для поршня несколько большего диаметра. Твердость втулки $H_B = 170 \div 210$.

Конусность внутренней поверхности втулки, отнесенная ко всей ее длине, должна быть для новой втулки не более 0,04 *мм*; в работе же конусность втулки допускается до 1 *мм*. Овальность в новой втулке должна быть не более 0,04 *мм*, в работе же овальность допускается до 0,45 *мм*. Износ замеряется в трех плоскостях по высоте втулки. Овальность направляющих поверхностей (под посадочным буртом и над резиновыми уплотнительными кольцами) должна быть не более 0,02 *мм*.

Втулка проверяется на плотность и отсутствие пористости гидравлическим испытанием при давлении, равном 4,5—5 *ати*. При этом в течение 5 мин. не должно быть течи и потения втулки даже в нижней ее части. Верхняя утолщенная часть втулки высотой 150 *мм* проверяется при помощи специального приспособления под давлением 70 *ати*. Возможно испытание всей втулки давлением 70—75 *ати*.

КОЛЕНЧАТЫЙ ВАЛ

Коленчатый вал дизеля изготовлен из цельной стальной поковки. Материалом для изготовления вала служит сталь марки 40Г с пределом прочности 55 *кг/мм*^{2}, пределом текучести 30, удлинением 14%, ударной вязкостью 4.

Коленчатый вал дизеля (фиг. 47 и 48) имеет семь коренных шеек *6*, расположенных на оси вала и шесть мотылевых шеек, оси которых расположены концентрично основной оси вала и отстоят на расстоянии 165 *мм* от главной оси. Таким образом, полная величина хода поршня равна 330 *мм*.

Угол между кривошипами, т. е. мотылевыми шейками, составляет 120°. Так как расположение кривошипов зеркальное, то шейки

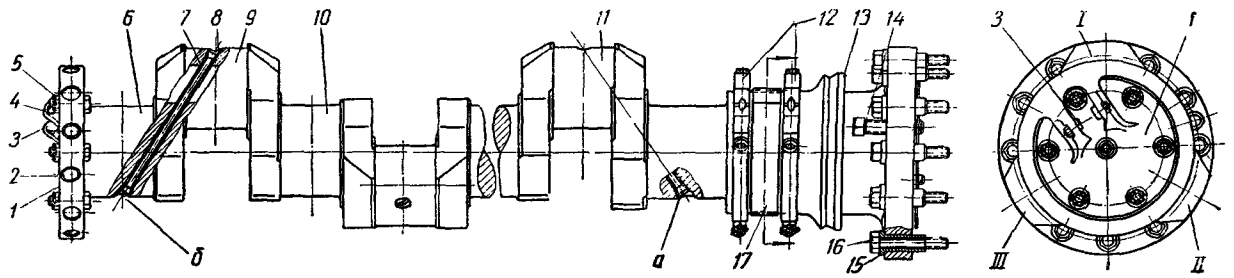
кривошипов, соответствующих третьему и четвертому цилиндрам, расположены в одной плоскости и в одном направлении. Следовательно, инерционные силы от вращающихся и поступательно движущихся масс кривошипов, шатунов и поршней при работе дизеля, складываясь по величине и направлению, действуют на подшипник и на четвертую коренную шейку, поэтому коренная шейка вала четвертого цилиндра выполнена длиннее остальных, кроме седьмой. Силы, действующие на поршень при сгорании топлива или при сжатии воздуха, оказывают меньшее влияние, так как они по направлению не складываются.

Более длинной сделана и седьмая коренная шейка, так как она является не только опорной, но и упорной, фиксирующей задний конец вала в определенном положении относительно рамы дизеля, а также воспринимает на себя часть веса якоря генератора.

Все коренные шейки цельные, без осевых сверлений, мотылевые же шейки имеют осевые сверления.

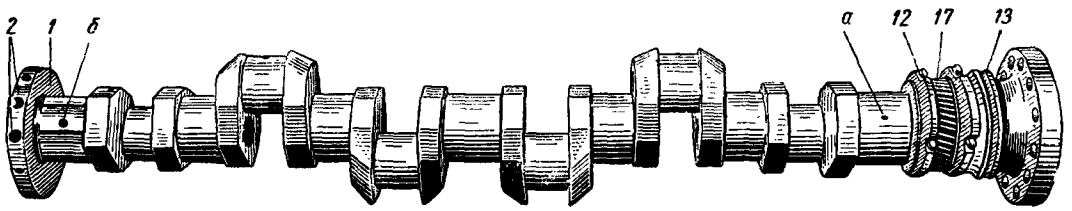
Для подвода смазки от коренных шеек к мотылевым служат наклонные каналы, просверленные в валу, в которые впрессовываются и затем развальцовываются стальные трубки *7* (фиг. 47). Каналы для подвода смазки идут от первой, второй и третьей коренных шеек к первым трем мотылевым шейкам, от пятой коренной шейки — к четвертой мотылевой и соответственно от шестой и седьмой коренных шеек — к пятой и шестой мотылевым; вследствие этого наклон маслоподводящих каналов *а* этих шеек направлен в обратную сторону относительно первых трех сверлений.

Диаметр коренных шеек 240 *мм*, диаметр мотылевых шеек 210 *мм*.



Фиг. 47. Коленчатый вал:

1 — поворотный диск; *2* — отверстия для боксования вала; *3* — головка кулачка; *4* — ушко; *5* — болт, *6* — первая коренная шейка; *7* — трубка для подвода масла от коренной шейки вала к мотылевой шейке; *8* — развальцованные концы трубки; *9* — мотылевая шейка первого цилиндра; *10* — вторая коренная шейка; *11* — мотылевая шейка шестого цилиндра; *12*—бугели ведущей шестерни коленчатого вала; *13* — маслоулавливающий бурт; *14* — вспомогательный болт; *15* — втулка болта крепления якоря генератора; *16* — болт крепления якоря генератора; *17* — ведущая шестерня коленчатого вала: *а* —канал для подвода масла от седьмой коренной шейки к шестой мотылевой шейке; *б* — канал в коренной шейке; *I* — направление щек кривошипов первого и шестого цилиндров; *II* — направление щек кривошипов третьего и четвертого цилиндров; *III* — направление щек кривошипов второго и пятого цилиндров.



Фиг. 48. Коленчатый вал (нумерация позиций соответствует принятой на фиг 47):

1 - поворотный диск; *2* — отверстия, служащие для боксования дизеля; *12* — бугели ведущей шестерни коленчатого вала; *13* — маслоулавливающий бурт, *17* — ведущая шестерня коленчатого вала, *а* — канал для подвода масла от седьмой коренной шейки к шестой мотылевой шейке; *б* — канал в коренной шейке.

За седьмой коренной шейкой на шпонке ставится состоящая из двух половин ведущая шестерня коленчатого вала *17*.

Полушестерни должны охватывать шейку вала настолько плотно, чтобы зазор между их торцами не превышал 0,03 *мм*, а зазор между боковой поверхностью полушестерни и торцом бурта вала по всей окружности не должен превышать 0,08 *мм*. Полушестерни крепятся двумя парами бугелей *80* (см. фиг. 33), стягиваемых болтами. Смещение бугелей и шестерен невозможно, так как бугели, охватывая полушестерни, входят в кольцевые проточки на их поверхности, а полушестерни в свою очередь упираются боковыми поверхностями в бурты вала. За шестерней на валу имеется

фасонный бурт, служащий для улавливания масла корпусом уплотнения вала при работе дизеля. Корпус уплотнения вала составлен из двух половин. Выступающие внутренние бурты обеих половин входят в кольцевую проточку бурта *13*. При этом масло, сбрасываемое при вращении вала с бурта *13* центробежной силой, улавливается буртами корпуса уплотнения *42* (см. фиг. 32).

Внизу кольцевой полости корпуса уплотнения вала имеется отверстие, через которое сливается просочившееся масло. В эту же кольцевую полость через два канала, имеющиеся в верхней половине корпуса, проходит воздух, охлаждающий генератор. Так как давление этого воздуха больше, нежели давление воздуха в раме дизеля, то проникновение масла через уплотнение будет затруднено.

За уплотнительным буртом вал переходит в мощный фланец, имеющий на торце круговой бурт, входящий в круговую выточку якоря генератора. Крепление вала с якорем генератора производится двенадцатью болтами *16* и усиливающими втулками *15*, предохраняющими болты от подреза. Болт *14* используется только при монтаже и разборке дизеля, в полностью собранном агрегате этот болт отсутствует.

На переднем конце вала также имеется небольшой фланец, который болтами *5* соединен с поворотным диском *1*. С помощью боксовального лома вал дизеля может быть повернут на любой угол при проверке или регулировке распределения, а также после длительной стоянки дизеля. На цилиндрической поверхности поворотного диска нанесены положения верхних мертвых точек для всех цилиндров, а также риски, определяющие начало подачи топлива для тех же цилиндров.

К поворотному диску приварены ушки *4*, установленные параллельно друг другу. В отверстие каждого ушка поставлен кулачок *3*, изготовленный из стали марки 20 с цементированной головкой (твердость $H_{RC} = 58 \div 60$).

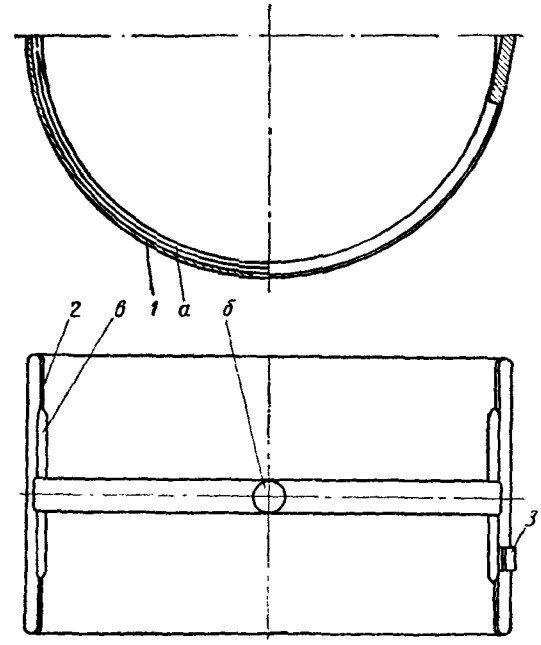
Расстояние между головками кулачков регулируется при помощи прокладок так, чтобы зазор между головками кулачков и головкой поводка не превышал установленной величины.

КОРЕННЫЕ И МОТЫЛЕВЫЕ ПОДШИПНИКИ

Коренные подшипники. В гнезда (постели) поперечных перегородок рамы дизеля уложены семь коренных подшипников коленчатого вала. Подшипники состоят из двух совершенно одинаковых по величине и форме половин, называемых вкладышами (фиг. 49).

Каждый вкладыш представляет собой тонкостенный полуцилиндр, изготовленный из бронзы марки БрОЦС 3-11-5 с заливкой баббитом марки Б-83 или Б-2.

Вследствие того что подшипники не имеют регулировочных прокладок и зазор между шейкой вала и подшипником зависит полностью от точности изготовления вкладышей,



Фиг. 49. Вкладыш коренного подшипника:

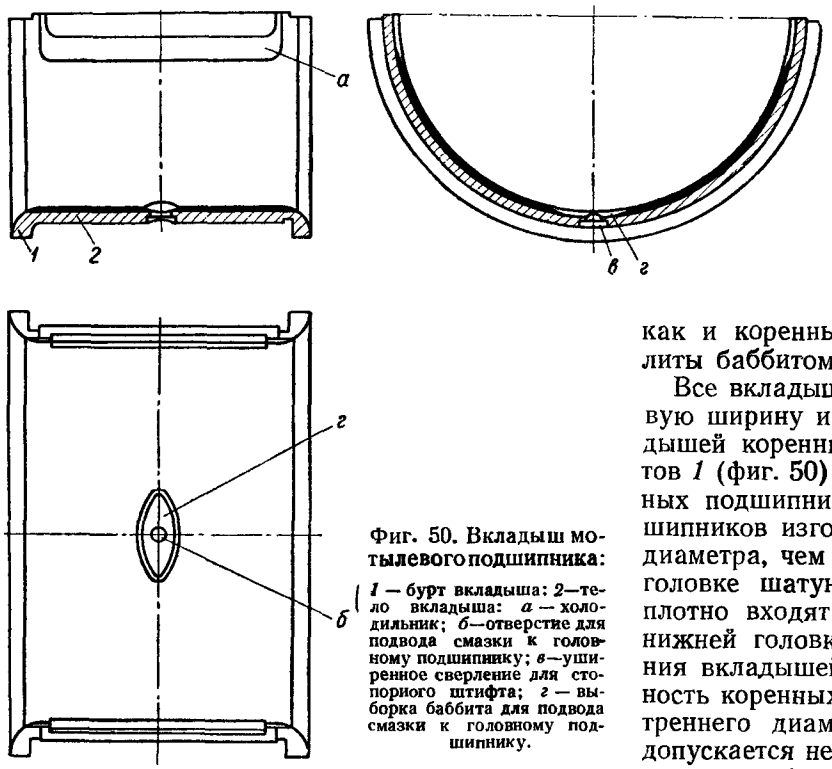
1 — тело вкладыша; *2* — баббитовая заливка; *3* — выступ, предохраняющий вкладыш от смещения; *а* — кольцевая канавка; *б*—отверстие для подвода смазки к шейке вала; *в* — холодильники.

к последним предъявляются повышенные требования. Так, овальность и нецилиндричность наружной поверхности вкладыша не должна превышать 0,02 *мм;* непараллельность торцевой поверхности вкладыша и образующей на длине 140 *мм* не должна превышать 0,03 *мм*; разность в толщине тела вкладыша не должна превышать 0,04 *мм;* прилегание наружной поверхности вкладыша, проверенное по краске, должно быть не менее 70% полной поверхности вкладыша.

Толщина тела вкладыша равна 6,75 *мм*, толщина баббитового слоя — 0,75 *мм*. Вкладыш изготовляется несколько большего диаметра, чем постель, и при постановке на место обжимается верхней крышкой, благодаря чему

плотно прилегает к ней и к постели в раме дизеля.

Вкладыши всех подшипников, за исключением седьмого, буртов не имеют. Вкладыши удерживаются от проворачивания выступом *3*, который входит в соответствующее углубление, имеющееся в постели и в крышке подшипника. Эти же выступы предохраняют вкладыш от осевого смещения. Углубления в постели и крышке расположены с одной стороны с целью



Фиг. 50. Вкладыш мотылевого подшипника:

1 — бурт вкладыша; *2*—тело вкладыша: *а* — холодильник; *б*—отверстие для подвода смазки к головному подшипнику; *в*—уширенное сверление для стопориого штифта; *г* — выборка баббита для подвода смазки к головному подшипнику.

предохранения подшипников от проворачивания при покачиваниях вала во время остановки дизеля.

Крышка подшипника имеет нарезанное отверстие, в которое сверху ввертывается штуцер; к отверстию подходит трубка, подводящая смазку от масляной магистрали.

В каждом вкладыше имеется отверстие *б*, совпадающее с отверстием в крышке подшипника. Через это отверстие масло проходит внутрь подшипника, заполняя в первую очередь кольцевую канавку *а* и холодильники *в*.

Во время работы дизеля часть масла проходит по зазорам между валом и вкладышами и сливается в маслосборник рамы, другая часть масла проходит к мотылевому подшипнику и далее к головному подшипнику шатуна.

Величина зазора между вкладышами коренного подшипника и шейкой вала имеет большое значение, так как при чрезмерно большом зазоре ухудшаются условия работы вала и подшипника и, кроме того, через увеличенный зазор сливается слишком большое количество масла. Вследствие этого давление в масляной системе падает настолько, что работа дизеля становится небезопасной и реле масляного давления выключает электромагнит регулятора, останавливая дизель. Зазор в коренном подшипнике должен быть равен 0,15—0,20 *мм*. Предельный допускаемый зазор — 0,35 *мм*.

Седьмой подшипник является фиксирующим, остальные подшипники позволяют валу свободно удлиняться при нагревании.

Мотылевые подшипники. Мотылевые подшипники так же, как и коренные, выполнены из бронзы и залиты баббитом Б83 или Б2.

Все вкладыши подшипников имеют одинаковую ширину и диаметр и отличаются от вкладышей коренных подшипников наличием буртов *1* (фиг. 50). Так же как и вкладыши коренных подшипников, вкладыши мотылевых подшипников изготовляются несколько большего диаметра, чем диаметр отверстия в мотылевой головке шатуна, и при постановке на место плотно входят в тело шатуна и крышку его нижней головки. Степень точности изготовления вкладышей поэтому такая же, как и точность коренных подшипников. Овальность внутреннего диаметра мотылевого подшипника допускается не более 0,02 *мм*, конусность, корсетность и бочкообразность — не более 0,01 *мм*, прилегание вкладышей к шатуну проверяется по краске, при этом должно обеспечиваться прилегание не менее 85% полной поверхности. Зазор между мотылевым подшипником и шейкой вала должен быть в пределах 0,12—0,10 *мм*. Предельный допускаемый зазор 0,30 *мм*. Зазор между внутренней стороной бурта вкладыша и мотылевой головкой 0,15—0,545 *мм* на обе стороны.

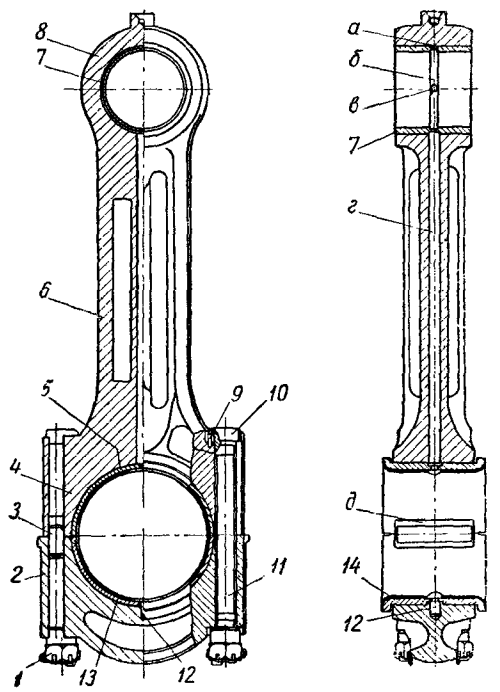
Подвод смазки к мотылевому подшипнику осуществляется через отверстие в валу. Равномерное распределение смазки по ширине подшипника обеспечивается наличием холодильников *а*.

Для подвода масла к головному подшипнику во вкладыше имеется отверстие *б*, кругом которого с внутренней стороны вкладыша сде-

лана выборка *г*. Когда вкладыш служит верхней половиной подшипника, отверстие служит только для пропуска масла. Если вкладыш служит нижней половиной подшипника, то в отверстие, имеющее с наружной стороны вкладыша несколько больший диаметр, входит верхняя часть стопорного штифта, предохраняющего вкладыш от проворачивания во время работы дизеля.

ШАТУН

Шатун (фиг. 51 и 52) передает на коленчатый вал усилия от газов горящего в цилиндрах топлива, действующих на поршень. Он же



Фиг. 51. Шатун:

1 — корончатая гайка шатунного болта; *2* — крышка нижней головки шатуна (мотылевого подшипника); *3* — контрольный штифт; *4* — верхняя половина мотылевой головки; *5* — верхний вкладыш мотылевой головки; *6* — стержень шатуна; *7* — втулка верхней головки шатуна; *8* — верхняя головка шатуна; *9* — стопорный штифт шатунного болта; *10* — головка шатунного болта; *11* — шатунный болт *12* — стопорный штифт; *13* — нижний вкладыш; *14* — бурт: *а* — наружная кольцевая канавка головной втулки; *б* — внутренняя кольцевая канавка головной втулки; *в* — отверстие для прохода масла к поршневому пальцу; *г* — сверление в теле шатуна; *д* — холодильники вкладышей мотылевого подшипника.

превращает возвратно-поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала.

При движении шатуна вверх во второй половине хода инерционные силы стремятся оторвать поршень и стержень шатуна от крышки нижней головки, т. е. стремятся разорвать мотылевые болты, поэтому как мотылевые болты, так и шатун изготовляются из стали повышенного качества.

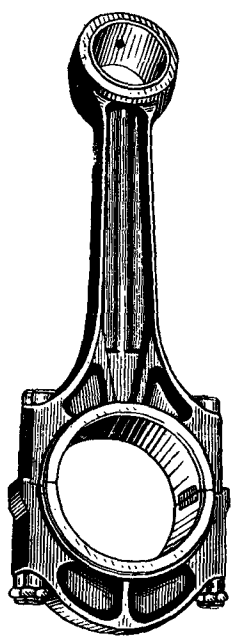
Для изготовления шатуна и его нижней крышки применяется сталь марки 30ХМА твердостью $H_B = 241 \div 285$.

Шатун состоит из двух частей: собственно шатуна *6* и крышки *2* нижней головки (фиг. 51).

В собственно шатуне имеется верхняя головка *8*, в которую впрессовывается втулка *7*, стержень шатуна *6* и верхняя половина мотылевой головки *4*.

Втулка *7* головного подшипника изготовляется из бронзы марки БрОЦСН-3-7-5-1 твердостью $H_B = 65 \div 80$.

Для подвода масла между втулкой и поршневым пальцем (на внешней и внутренней поверхности втулки) имеются кольцевые канавки *а* и *б*, соединенные между собою четырьмя отверстиями *в*. По этим отверстиям масло, подаваемое под давлением по внутреннему сверлению *г* стержня шатуна к втулке *7*, подводится к поршневому пальцу.



Фиг. 52. Шатун.

Наличие канавки на внешней поверхности втулки обеспечивает поступление масла к поршневому пальцу даже в том случае, если втулка по какой-либо причине провернется в головке.

Зазор между поршневым пальцем и головной втулкой должен быть равен 0,08—0,12 *мм*; предельный допустимый зазор 0,20 *мм*.

Зазор между торцами втулки и торцами гнезд поршневого пальца (осевой разбег) равен 13—14,5 *мм* на обе стороны (суммарный).

Нижняя головка шатуна охватывает вкладыши мотылевого подшипника. Требования, предъявляемые к монтажу вкладышей мотылевого подшипника, изложены на стр. 67.

От проворачивания вкладыши предохраняет штифт *12*, впрессовываемый в отверстие крышки нижней головки шатуна. Осевое смещение вкладышей невозможно из-за наличия буртов *14*.

Верхняя часть нижней головки шатуна и крышка соединяются четырьмя шатунными

болтами *11*. От проворачивания шатунный болт предохраняется вырезом, имеющимся в его верхней головке *10*. Вырез охватывает стопорный штифт *9*, впрессованный в тело шатуна. Таким образом штифт предохраняет от проворачивания шатунный болт, а шатунный болт в свою очередь предохраняет штифт от выпадания из гнезда.

Шатунные болты свободно входят в отверстия, имеющиеся в теле мотылевой головки. Точная установка крышки в необходимое положение относительно верхней половины мотылевой головки осуществляется при помощи контрольных штифтов *3*, впрессованных в крышку. Контрольных штифтов два, по одному на каждой стороне.

Шатунные болты изготовляются из хромоникелевой стали марки 18ХНВА твердостью $H_{RC} = 33 \div 37$. После окончательной обработки болты должны проверяться дефектоскопом. Торец головки болта, его стержень и резьба должны полироваться. Удлинение болта свыше 1,6 *мм* не допускается.

Все болты, как и гайки к ним, имеют нумерацию, и замена гайки одного болта гайкой другого болта не допускается.

Затяжка гайки должна производиться одним человеком при помощи ключа с длиной плеча, равной 75 *см*.

Шплинты должны входить в отверстия плотно, без зазора.

Вес одного из шатунов комплекта не должен отличаться от веса остальных более чем на 200 *г*.

ПОРШЕНЬ

Поршень цилиндра дизеля Д-50 (фиг. 53 и 54) неохлаждаемый, т. е. в его головке нет циркулирующей воды или масла, несмотря на то, что в каждом цилиндре развивается мощность, равная примерно 170 *л. с.*

В целях обеспечения улучшенной теплопроводимости поршень изготовлен из алюминиевого сплава, имеющего следующие составляющие в %: алюминий — 83,3; кремний — 11,35; никель 2,69; медь — 0,92; марганец — 0,5; магний — 0,82; железо — 0,42. Твердость сплава $H_B = 80 \div 100$.

В стенках массивной головки поршня (фиг. 53) размещены пять уплотнительных поршневых колец *2* и одно маслосрезывающее кольцо *1*. Верхняя часть головки поршня имеет чашеобразную выемку *б*, образующую вместе с днищем цилиндровой крышки камеру сгорания цилиндра. Вырезы *а* позволяют клапанам быть открытыми при верхнем положении поршня, благодаря чему обеспечивается возможность продувки при одновременном открытии впускных и выпускных клапанов.

В средней части поршня имеются приливы (бобышки), в которых проточены отверстия для размещения поршневого пальца *5*.

Поршневой палец — так называемого плавающего типа, т. е. не связан жестко с телом поршня и, следовательно, имеет возможность некоторого перемещения как в осевом направлении, так и вокруг своей оси. Такое расположение пальца устраняет одностороннюю (местную) выработку его.

От осевого перемещения пальца, которое могло бы вызвать задир втулки, предохраняют заглушки *7*, изготовляемые из сплава марки ПС-12 и запрессовываемые с натягом 0,04—0,11 *мм*.

Заглушки имеют по наружной поверхности форму поршня, вследствие чего повернуться вокруг своей оси не могут. Однако для дополнительного их укрепления имеется стопор *3*, впрессованный в заглушку и входящий в соответствующий вырез *м* в теле поршня. Хотя стопор и пригоняется вплотную к верхней части выреза *м*, не редки случаи, когда он ослабевает и, выпадая из гнезда, царапает или задирает втулку и тело поршня. При осмотрах следует обращать особое внимание на плотную посадку стопора. Нарезанное сверление *ж* служит для ввертывания болта при выпрессовке заглушки.

В нижней части поршня расположены два маслосрезывающих кольца *1*. Маслосрезывающие кольца проточены посередине, причем дно канавки, кроме того, профрезеровано насквозь так, что остаются только соединительные перегородки верхней и нижней частей кольца.

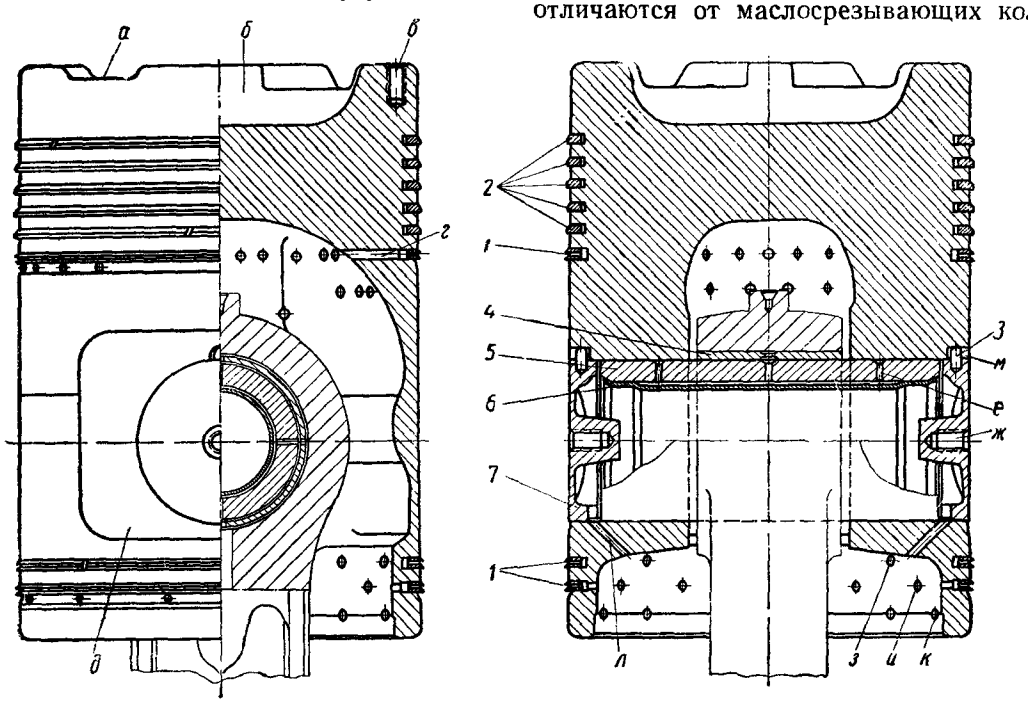
Верхние кромки нижней и верхней частей кольца срезаны на конус так, что нижняя кромка почти острая. Благодаря такой конструкции при движении поршня вверх маслосрезывающее кольцо как бы скользит по маслу, не соскабливая его со стенок по направлению к камере сгорания. При движении же поршня вниз острая кромка кольца соскабливает масло со стенки цилиндровой втулки.

Малая высота кромки создает удельное давление у такого кольца большее, чем у кольца с цилиндрической поверхностью. При износе кромки более чем до половины высоты кольцо должно быть сменено.

Масло, срезаемое кромкой верхней половины кольца, по прорезам, имеющимся в середине кольца и по сверлениям *г, з* и *и* в теле поршня, стекает в картер. Масло, срезаемое кром-

кой нижней половины кольца, попадает в проточку поршня, имеющуюся под этой кромкой, и по сверлениям *к* также сливается в картер.

Маслосрезывающие кольца изготовлены из специального чугуна с твердостью $H_{R_B} = 94 \div 99$ и термически обработаны. В последнее время применяется специальный чугун. Замок



Фиг. 53. Поршень:

1 — маслосрезывающие кольца; *2* — уплотнительные (компрессионные) кольца; *3* — стопорный штифт; *4*—головная втулка; *5* — палец; *6* — кожух пальца; *7* — заглушка; *а* — вырезы; *б* —чашеобразная выемка, образующая камеру сгорания; *в* — отверстия для ввертывания рымов; *г* — сверления для слива масла, срезанного кольцом в картер; *д* — впадина в теле поршня; *е* — отверстие для смазки пальца в бобышках поршня; *ж* — сверление с резьбой для выемки заглушки; *з, и, к* — сверления для слива масла, срезанного кольцами; *л* — отверстие для слива масла из бобышек поршня; *м* — вырезы.

кольца прямой, нормальный зазор в кольце равен 1,5—2 *мм*, предельный зазор — 3 *мм*. Замеры зазоров производятся щупом, при поставленных в цилиндровую втулку кольцах. Зазор между кольцом и ручьем для маслосрезывающих колец принимается равным 0,15—0,19 *мм*, предельно допустимый зазор 0,27 *мм*. При изготовлении кольца должны проверяться и на упругость.

Уплотнительные кольца *2* также имеют небольшой срез, причем срез направлен так, что кольцо имеет бóльший диаметр внизу. Однако величина уклона среза уплотнительного кольца значительно меньше, нежели маслосрезывающего кольца и назначение этого среза иное. Уклон среза уплотнительного кольца делается равным 2° по отношению к образующей цилиндрической поверхности, а назначение его — дать возможность кольцу быстрее приработаться к поверхности втулки, поэтому отсутствие уклона у уплотнительных колец, проработавших некоторое время, не может служить признаком для их браковки.

Уплотнительные кольца по своим размерам отличаются от маслосрезывающих колец. Высота уплотнительного кольца равна 5 *мм*, ширина — 10 *мм*, а высота маслосрезывающего кольца равна 8 *мм* и ширина — 11 *мм*.

Замок уплотнительных колец — косой срез. Величина замка равна 1,4—1,75 *мм*, предельная величина — 3,5 *мм*.

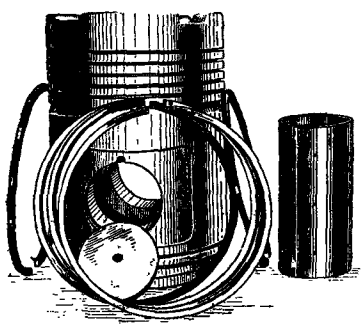
Для соединения поршня с верхней головкой шатуна служит поршневой палец *5*. Палец изготовляется из стали марки 12ХН2А и термически обрабатывается до твердости $H_{R_C} = 58 \div 52$ и затем шлифуется. Палец проточен внутри и имеет три ряда сверлений *е*. Средний ряд имеет четыре отверстия, два крайних — по восемь отверстий.

В палец вставляется внутренний кожух *6*, который затем развальцовывается с обеих сторон, благодаря чему образуется кольцевая по-

лость между внутренней поверхностью пальца и наружной поверхностью кожуха. В теле поршня палец должен иметь незначительный зазор (зазор 0,1 *мм* уже является недопустимым)

Смазка пальца производится маслом, подводимым под давлением по сверлению в теле шатуна к сверлениям в головной втулке и затем смазывающим всю ее рабочую поверхность

Часть масла проходит по сверлениям по середине втулки в кольцевое пространство между пальцем и кожухом, и по сверлениям *е* поступает к гнездам в бобышках поршня. Масло, просачивающееся через зазоры между пальцами и поверхностями отверстий в бобышках, сливается через отверстия *л* в картер.



Фиг. 54. Поршень.

Так как верхняя часть поршня работает в зоне высоких температур, то расширение этой части поршня значительно больше, чем расширение нижней части, служащей направляющим ползуном, поэтому зазор между поршнем и цилиндровой втулкой вверху головки делается значительно большим, чем внизу поршня: по диаметру в верхней части зазор должен быть в пределах 3,08—3,37 *мм*, у основания поршня — 0,4—0,50 *мм*; предельный зазор — 0,62 *мм*. Указанные зазоры имеют большое значение для предупреждения при загорании колец в ручьях. В связи с этим в настоящее время проводится большая производственная и исследовательская работа по определению наивыгоднейшей величины этих зазоров.

Для того чтобы при возможном нагреве пальца и бобышек поршня не произошло выпучивания стенки поршня, что могло бы вызвать заедание его, поверхность вокруг пальца при отливке поршня выполняется несколько утопленной относительно остальной поверхности.

При разборке или сборке поршень вынимается при помощи рымов, ввертываемых в отверстия *в*. Следует отметить, что при надевании или снятии колец необходимо стремиться к наименьшему их разводу.

На фиг. 54 хорошо видны прорези в маслосрезывающих кольцах, сверления в проточках под этими кольцами, а также выемки для клапанов в головке поршня.

Каждый поршень имеет свой номер, который ставится на утопленной поверхности впадины *д* со стороны топливных насосов

Поршни, так же как и шатуны, должны иметь одинаковый вес. Разница в весах поршней одного комплекта разрешается не более 200 *г*. Нарушение этого требования может привести к неуравновешенности двигателя вследствие возникающего различия инерционных сил шатунных механизмов отдельных цилиндров.

КРЫШКА ЦИЛИНДРА И КОРОБКА ПРИВОДА КЛАПАНОВ

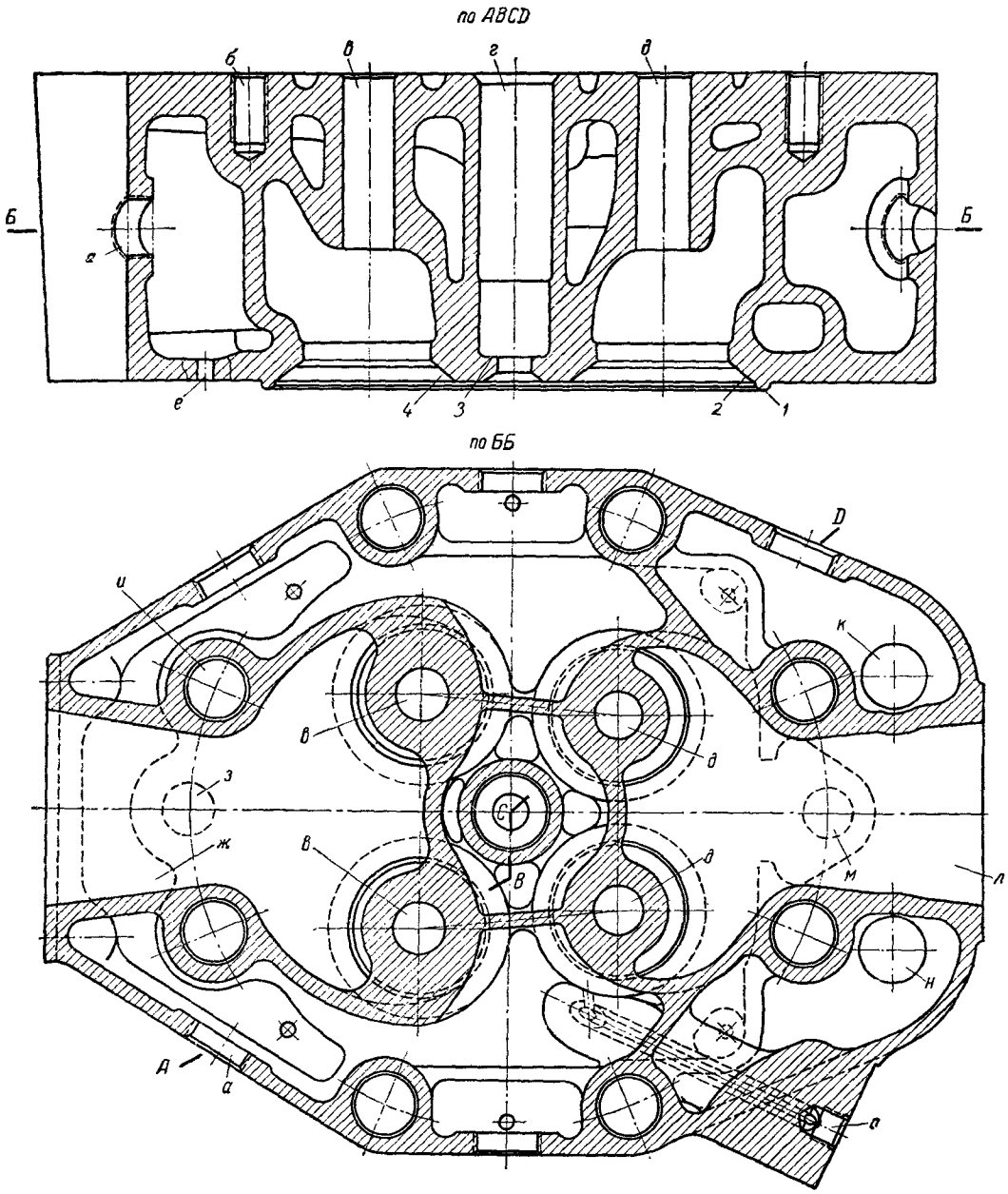
Крышка цилиндра. Крышка цилиндра (фиг. 55 и 56) отлита из чугуна марки СЧ 21-40. Она представляет собой плоскую полую коробку. Во внутренней полости крышки имеются каналы: *л*, по которому проходит воздух, и канал *ж*, по которому отводятся отработавшие газы. Стенки каналов охлаждаются циркулирующей в крышках водой.

Вода в крышку поступает по отверстиям *м*, *з* и *е* из соответствующих сверлений цилиндрового блока (см. фиг. 45) после охлаждения цилиндровых втулок.

Наиболее широкий проход из блока находится со стороны впуска, поэтому основная масса воды входит в крышку через отверстие *м* и проходит к стороне выпуска, последовательно охлаждая тело крышки в местах, где размещены впускные клапаны, форсунка и выпускные клапаны (см. фиг. 33, поперечный разрез). Из крышки вода переходит в водяной коллектор через патрубок, который крепится шпильками, ввернутыми в крышку.

Для очищения полостей, по которым циркулирует вода, от формовочной земли после отливки в крышке делается девять отверстий *а*, заглушаемых после очистки пробками. В отверстия *в* и *д* впрессовываются направляющие двух впускных и двух выпускных клапанов, отлитые из чугуна марки СЧ36ХН (см. фиг. 33).

В отверстие *г* впрессовывается гильза форсунки. В крышке прорезаны два отверстия *к*



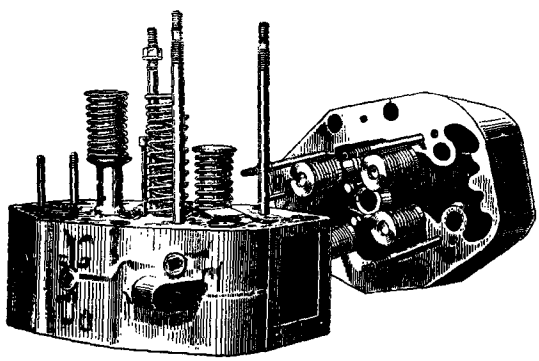
Фиг. 55. Крышка цилиндра:

1 — кольцевой уплотнительный бурт крышки; *2* — конусное посадочное кольцо впускного клапана; *3* — уплотнительный бурт гильзы форсунки; *4* — посадочное кольцо выпускного клапана; *а* — отверстия для пробок; *б* — отверстия для шпилек крепления корпуса коробки привода клапанов; *в* — отверстие для запрессовки втулки выпускного клапана; *г* — место для запрессовки гильзы форсуики; *д* — отверстие для запрессовки втулки выпускного клапана; *е* — малое водоперепускное отверстие (шесть отверстий); *ж* — выпускиой канал; *з* — водоперепускное отверстие; *и* — отверстия для шпилек крепления крышки (восемь отверстий); *к* — отверстие для пропуска штанги толкателя впускного клапана; *л* — впускной канал; *м* — водоперепускное отверстие (большое); *н* — отверстие для пропуска штанги толкателя выпускного клапана; о—индикаторное отверстие и место постановки индикаторного крана.

и *н*, служащие для прохода штанг толкателей клапанных рычагов в коробку привода рычагов, а также восемь сквозных отверстий *и* для шпилек крепления крышки к блоку.

В верхней части крышки нарезаны четыре отверстия *б* для шпилек крепления коробки привода клапанов. Шпильки имеют хвостовики меньшего диаметра, которые используются для крепления крышки коробки привода клапанов.

Со стороны впускного канала *л* крышка при помощи фланца соединяется с впускным (всасывающим) коллектором, а со стороны выпускного канала *ж* — с выпускным (выхлопным) коллектором. Между всасывающим коллектором и крышкой ставится картонная прокладка, между выхлопным коллектором и крышкой — прокладка из асбестового картона, облицованного с обеих сторон тонкой листовой медью.



Фиг. 56. Крышки цилиндров.

Между блоком и кольцевым буртом *1* крышки прокладка не ставится, а уплотнение создается притиркой.

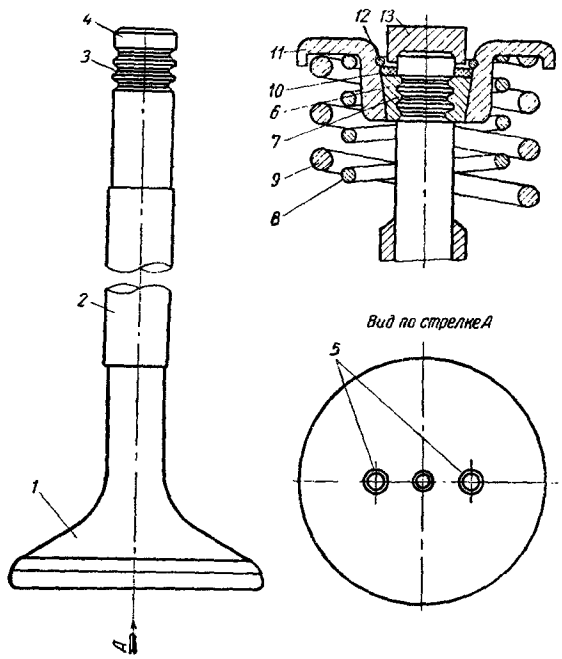
Для снятия индикаторных диаграмм в крышке имеется индикаторное отверстие *о*, в нарезанную торцевую часть которого ввертывается кран *85* (см. фиг. 33).

Клапаны притираются к конусному посадочному кольцу, проточенному в теле крышки. Конусность посадочного кольца 45°. Сборка клапанов производится до постановки крышки на место.

Плотность притирки клапанов проверяется либо по исчезновению карандашных линий, нанесенных на конусную притирочную поверхность клапана по образующей притирочной поверхности, при повороте клапана на 5°, либо по отсутствию пропуска керосина, налитого в углубление в крышке, причем клапан должен прижиматься к крышке собственным весом.

Впускной и выпускной клапаны отличаются друг от друга только высотой стержня (см. фиг. 33 и 59). Клапан (фиг. 57) состоит из двух частей: стержня *2* и тарелки *1*, сваренных стыковой сваркой. Тарелка изготовляется из стали марки ЭЯ1Т, стержень изготовляется из стали марки 45. После сварки клапан отжигается, стержень закаливается. Для изготовления клапанов применяется также сталь марки 30СХ10МА.

После того как клапан притерт, крышка поворачивается днищем вниз и на направляющую втулку клапана надеваются две пружины *8* и *9*, на которые устанавливают тарелку



Фиг. 57. Впускной и выпускной клапаны:

1 — тарелка клапана; *2* — стержень клапана; *3* — кольцевые проточки для постановки конусного сухаря; *4* — торец стержня; *5* — отверстия для пальцев притирочного приспособления; *6* — половинка конусного сухаря; *7* — кольцевые выступы сухаря; *8* — внутренняя пружина; *9* — наружная пружина; *10* — фибровая прокладка; *11* — тарелка пружин; *12* — стопорное пружинное разводное кольцо; *13* — колпачок.

пружины *11*. Рычагом, закрепляемым на шпильках крепления коробки привода клапанов, отжимают вниз пружины вместе с тарелкой и надевают на верхнюю часть стержня клапана обе половины конусного сухаря *6*. Постепенно отпуская рычаг и придерживая половинки сухаря, надевают тарелку пружин конусным отверстием на конусную часть сухаря.

Половинки сухаря *6* разойтись не могут, так как их сжимает тарелка *11*, которую стре-

мятся поднять кверху пружины *8* и *9*. Тарелка не может подняться и прижимает к посадочному седлу клапан, так как сухарь своими внутренними кольцевыми выступами *7* зашел в соответствующие кольцевые проточки *3* стержня клапана.

На сухарь сверху накладывается фибровая прокладка *10*, которая прижимается стопорным разводным пружинным кольцом *12*, входящим в кольцевую проточку тарелки *11*.

На торец стержня надевается колпачок *13* с полированной верхней поверхностью, изготовленный из стали марки 12ХН2А. Твердость полированной поверхности колпачка $H_{R_C} = 60$.

Крышки цилиндров в собранном виде показаны на фиг. 56. На крышке хорошо виден прилив с индикаторным отверстием; пружины одного из всасывающих клапанов не сжаты. Сзади крышки видны шпильки крепления патрубка для отвода воды.

На боковой стенке крышки, расположенной сзади, видны фланец форсунки и углубление в верхней плоскости крышки, имеющее уклон в сторону отверстий для прохода штанг толкателей, куда сливается масло, смазавшее рычаги и торцы стержней клапанов. Затягивать гайки во время крепления крышки следует, переходя от одной гайки к другой, находящейся напротив. При этом рекомендуется начинать крепление с боковых сторон крышки. Для крепления нужно применять ключ, длина рукоятки которого равна примерно 300 *мм*.

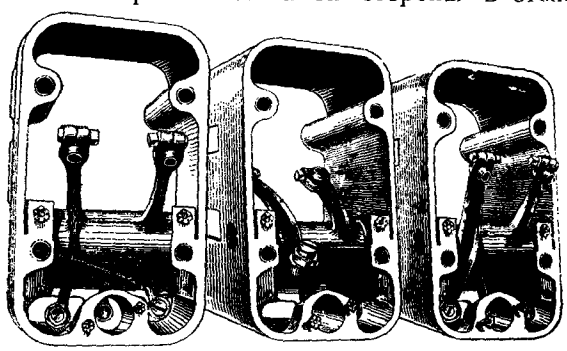
После того как четыре боковые гайки будут затянуты до упора, следует повернуть эти же гайки на $^1/_4$—$^1/_2$ грани ключом, длина рукоятки которого равна 1200 *мм*. Потом необходимо затянуть до упора остальные четыре гайки, отпустить ранее завернутые и снова затянуть их до упора, после чего затянуть все гайки на 1—1,5 грани в четыре-шесть приемов в указанной ранее последовательности.

Во время затяжки необходимо проверять зазор между крышкой и блоком, причем зазор не должен превышать 0,5 *мм*, а разность величины зазоров в различных местах крышки должна быть не более 0,25 *мм*. После окончательного закрепления на гайках и на крышке наносятся риски, смещение которых во время работы будет свидетельствовать об ослаблении затяжки и самоотвертывании гаек.

Коробка привода клапанов. На крышку цилиндра на картонной прокладке устанавливается коробка привода клапанов (фиг. 58).

Коробка имеет две пары приливов, находящихся один под другим на двух стенках коробки в половине ее, расположенной со стороны впуска. Большая часть прилива не связана со стенкой коробки и, кроме того, разрезана по горизонтальной плоскости, проходящей через геометрическую ось валика рычага. Благодаря этому прилив после постановки в него валика может зажимать последний при помощи стяжного болта, хорошо видимого на фиг. 58.

Верхние приливы служат опорами для валика рычага выпускных клапанов, нижние приливы — для валика рычага впускных клапанов. Валики вставляются через отверстия в боковой стенке коробки. Отверстия затем закрываются крышками, плотно входящими на место. С противоположной стороны в стенке



Фиг. 58. Коробка привода клапанов.

коробки, против каждого валика, имеется небольшое отверстие. Через это отверстие валик при разборке может быть выбит бородком из коробки после того, как будет вынут стяжной болт. Вынуть стяжной болт при разборке необходимо потому, что он входит в вырез, имеющийся на цилиндрической части валика, и тем самым не дает валику выйти из прилива или провернуться.

В коробке имеется еще один прилив, расположенный на стенке со стороны впуска. В приливе расточено отверстие, в котором помещается дополнительная пружина рычага впускных клапанов. Зажимается пружина сверху фланцем, на который навито несколько витков пружины. Фланец крепится к коробке двумя шпильками.

Внизу, со стороны выхлопа, коробка имеет два прилива с отверстиями. В отверстия вставлены резиновые разрезные пробки. Через эти пробки проходят внутрь коробки трубки: нагнетательная — от топливного насоса к форсунке и сливная — от форсунки для слива просочившегося топлива в общую сливную магистраль. Сверху коробка закрыта крышкой, поставленной на картонной прокладке.

ПРИВОД КЛАПАНОВ

Рычаги и штанги толкателей клапанов. Приведение в действие впускных и выпускных клапанов на дизеле Д-50 осуществляется механизмом, изображенным на фиг. 59. Механизм состоит как бы из двух узлов: а) рычагов и штанг толкателей клапанов, приводимых в движение кулаками *45* распределительного вала, и б) толкателей и рычагов привода клапанов, приводимых в движение штангами толкателей

Первый узел для каждого цилиндра состоит из кронштейна *1*, который четырьмя болтами *19* крепится к цилиндровому блоку (см. фиг. 46). В середине и с боков кронштейн имеет приливы *21* со сквозными сверлениями, в которые входит ось *47* рычагов толкателей. Приливы кронштейна имеют прорези, благодаря чему ось прочно зажимается стяжными болтами *20*. Болты *20*, расположенные по краям, частично заходят в вырезы на оси и тем самым предохраняют ее от проворачивания и продольного смещения. Ось имеет сквозное сверление *и*, с торцов заглушенное пробками и сообщающееся в трех местах с наружной поверхностью радиальными сверлениями *ж* и *к*. Сверление *к* совпадает с осью штуцера, к которому подходит трубка *50*, подводящая масло от масляной магистрали, проходящей внутри картера (см. фиг. 33).

Масло, поступающее под давлением, проходит внутрь оси и по сверлениям *и* и *д* подходит к бронзовым втулкам *48*, впрессованным в рычаги толкателей *2* и *22*. Втулки имеют кольцевые проточки по внутренней и наружной цилиндрическим поверхностям, соединенные радиальными сверлениями. Проточки совпадают со сверлениями в оси рычагов толкателей и в самих рычагах и обеспечивают проход масла через сверление *д* к трущимся поверхностям.

Рычаги литые (из стали марки 40) свободно качаются на оси *47*, один конец рычага образует две щеки *42*, между которыми помещается ролик *43*. Ролик вращается на валике *44*, изготовленном из бронзы. Оба конца валика лежат в отверстиях щек рычага и зажаты стяжными болтами *46*. Одна щека рычага так же, как и приливы кронштейна, имеет разрез. Валик ролика предохранен от проворачивания и продольного смещения тем, что стяжной болт частично проходит через прорезь в теле валика. Валик ролика просверлен несколько больше, чем наполовину длины (сверление *е*) и имеет, кроме того, два радиальных сверления: одно из этих сверлений (не сквозное) совпадает со сверлением, которое выполнено в щеке рычага и соединяется с маслоподводящим каналом *д*, а другое сверление (сквозное) подводит масло к внутренней поверхности скольжения ролика *43*. Отверстие с торца валика ролика закрыто заглушкой.

Ролик, изготовленный из стали марки 20, цементированный и шлифованный, лежит без зазора на рабочей поверхности шайбы распределительного вала. В конец рычага над роликом впрессована пята *41*, рабочая сферическая поверхность которой цементирована и притирается к головке *40* штанги.

В центре сферической поверхности просверлено отверстие, через которое проходит масло, поступающее из сверления *д*.

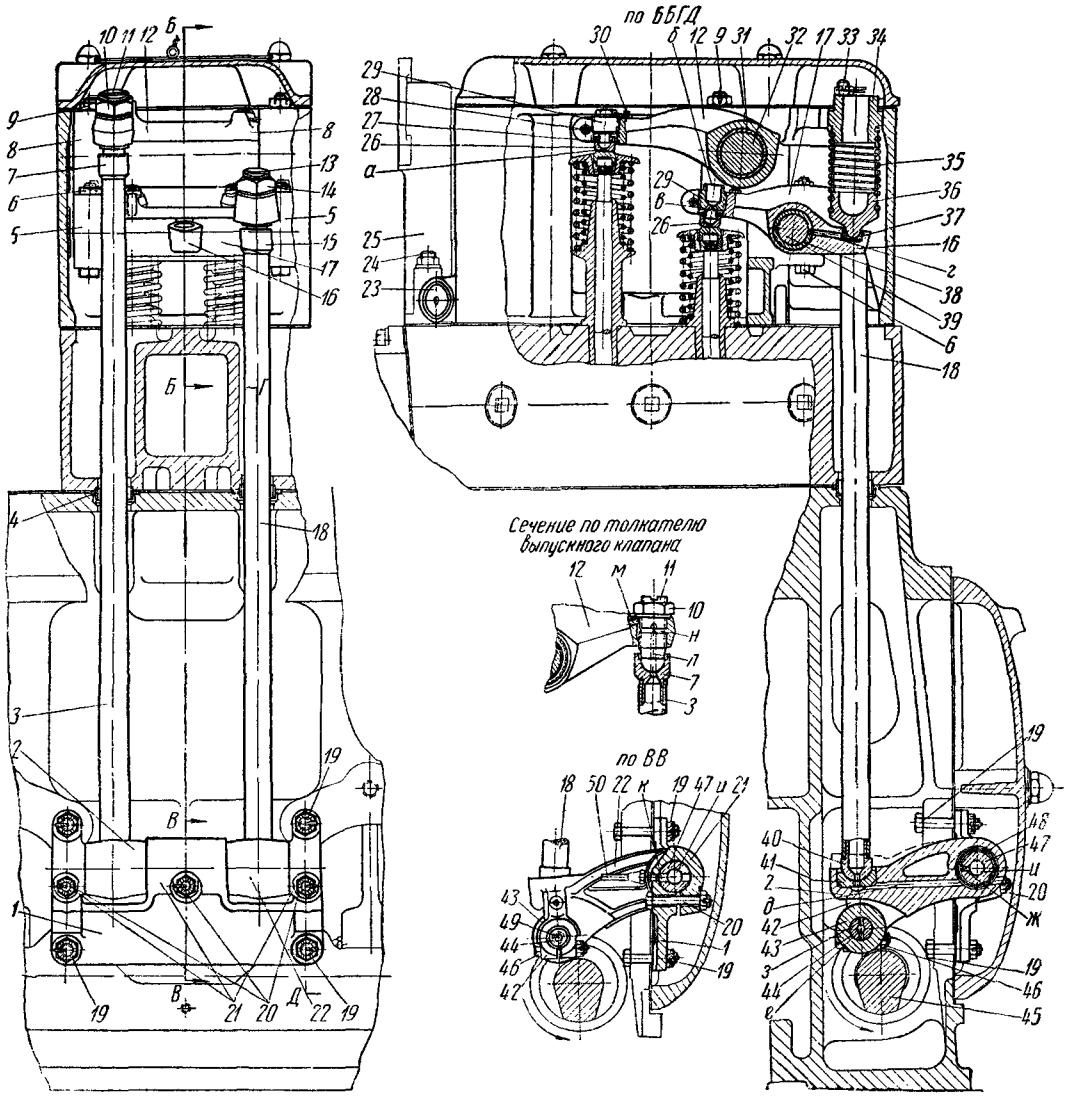
Небольшая часть масла расходуется на смазку нижней головки *40* штанги *18*, а основная часть проходит через сверление в головке по внутренней полости штанги к верхней головке *7*. Как верхняя, так и нижняя головки штанги изготовлены из стали марки 20 и цементированы до твердости $H_{R_C} = 58 \div 62$.

В центре верхней головки имеется отверстие, через которое масло проходит в сверление толкателя *11*.

Рычаги клапанов и толкатели. Сферическая поверхность верхней чашки головки штанги упирается в сферическую же поверхность толкателя *11* (фиг. 59), ввернутого в рычаг выпускных или впускных клапанов. Толкатель представляет собой стальной винт с цементированной шаровой головкой, изготовленный из стали марки 45. Через центр шаровой головки проходит сверление *л*, которое пересекается диаметральным сверлением, выходящим в кольцевую канавку *н* толкателя. Масло, поступившее через сверление *л*, проходит по диаметральному сверлению и кольцевой канавке *н* в продольный паз, прорезанный в теле рычага, и по сверлению *м* идет во внутреннюю полость рычагов клапанов *12* и *17*.

Во внутреннюю полость рычага масло поступает через канавку *у* фиг. 60. На этой фигуре изображен рычаг впускного клапана, отличающийся от рычага выпускного клапана меньшими размерами и наличием дополнительного плеча *12*, а в остальном имеющий ту же конструкцию.

Из внутренней полости масло по продольным канавкам *о* поступает на смазку втулок *3* и по сверлениям *п* проходит в кольцевую выточку *р* и далее по сверлению *т* поступает к жиклерам *5*.



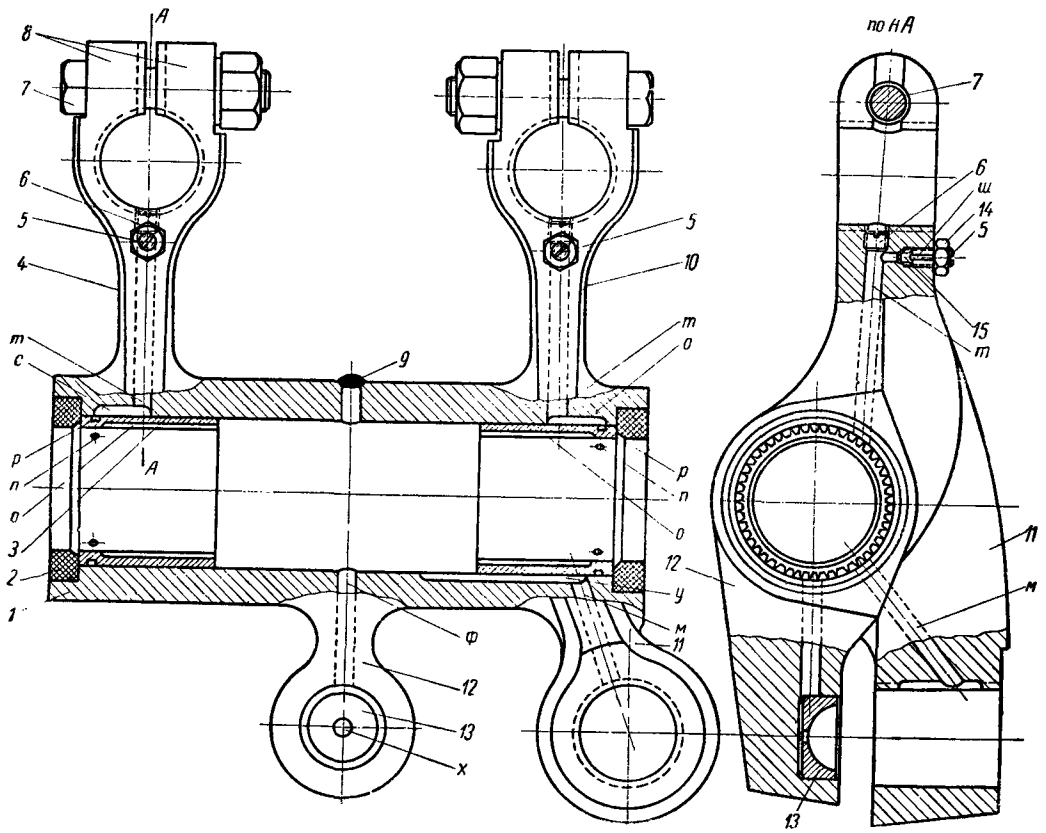
Фиг. 59. Привод клапанов:

1 — кронштейн рычагов толкателей; *2* — рычаг толкателя выпускного клапана; *3* — штанга толкателя; *4* — уплотнительное кольцо; *5* — прилив коробки (крепление оси рычага впускного клапана); *6* — стяжной болт прилива коробки; *7* — верхняя головка штанги; *8* — прилив коробки (крепление оси рычага выпускного клапана); *9* — стяжной болт; *10* — контргайка толкателя; *11* — толкатель; *12* — рычаг выпускных клапанов; *13* — толкатель рычага; *14* — контргайка толкателя; *15* — верхняя головка штанги; *16* — дополнительное плечо рычага; *17* — рычаг впускных клапанов; *18* — штанга; *19* — болты крепления; *20* — стяжные болты; *21* — разрезные прливы кронштейна; *22* — рычаг; *23* — резиновый сальник топливного трубопровода; *24* — шпилька; *25* — патрубок; *26* — боек; *27* — пружинное разрезное кольцо бойка; *28* — стяжной болт рычага клапана; *29* — ударник; *30* — жиклер; *31* — втулка оси рычага выпускных клапанов; *32* — ось рычага; *33* — шпилька; *34* — фланец; *35* — дополнительная пружина; *36* — упор; *37* — пята рычага впускных клапанов; *38* — втулка оси рычага впускных клапанов; *39* — ось рычага; *40* — нижняя головка штанги толкателя; *41* — пята рычага толкателя; *42* — щека рычага толкателя; *43* — ролик; *44* — валик ролика; *45* — кулак распределительного вала; *46* — стяжной болт оси крепления ролика; *47* — ось; *48* — втулка рычага толкателя; *49* — заглушка; *50* — маслоподводящая трубка; *а* — сверление в бойке; *б* — цилиндрическая выточка ударника; *в, г, д, е, ж, з, и, к, л* и *м* — сверления; *к* — кольцевая канавка толкателя.

Для впускных рычагов зазор между втулкой и осью установлен в пределах 0,07—0,12 *мм*, для выпускных — 0,10—0,15 *мм*. Предельный зазор соответственно равен 0,15 и 0,20 *мм*.

Втулки, изготовленные из бронзы марки Бр АЖМц 10-3-1,5, запрессованы в рычаг. От скаясь, падает в цилиндрическую выточку ударника.

Из внутренней полости рычага масло по сверлению *ф* попадает также к пяте *13* и через торцевые крестообразные прорези ее и сверление *х* поступает на смазку упора пружины.



Фиг. 60. Рычаг впускных клапанов:

1 — тело рычага; *2* — уплотнительный сальник; *3* — втулка рычага; *4* — плечо рычага (к клапану); *5* — жиклер; *6* — заглушка сверления; *7* — стяжной болт крепления ударника; *8* — щеки крепления ударника; *9* — заварка сверления; *10* — плечо рычага (к клапану); *11* — плечо рычага (к штанге); *12* — дополнительное плечо рычага (к пружине); *13* — пята; *14* — контргайка жиклера; *15* — регулирующий хвостовик жиклера; *о* — канавки (две) втулки; *п* — сверления (три) втулки; *м* — сверление для подвода масла от толкателя к рычагу; *р* — кольцевая канавка втулки, *с* — канавка в рычаге; *т* — сверление к жиклеру; *у* — канавка в теле рычага; *ф* — сверление; *х* — сверление в пяте; *ш* — боковая канавка жиклера.

пропуска масла через зазоры в торцах рычага предохраняют манжетные сальники *2*. Жиклер *5* имеет хвостовик *15*, с помощью которого можно регулировать поступление масла к продольной боковой прорези *ш*. Из жиклера масло струйкой вылетает над клапаном и, опу-

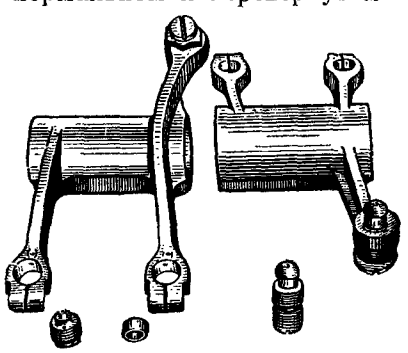
Из ударника масло по двум сверлениям *в* (фиг. 59) стекает внутрь бойка и через сверление в центре его, а также по его наружной поверхности, подходит к торцевым шлифованным поверхностям бойка и колпачка клапана.

Ударник *29* (фиг. 59) ввернут в нарезанное отверстие конца рычага клапана. Конец рычага прорезан, благодаря чему стяжной болт *28* прочно стягивает и контрит ударник.

Ударник почти полностью высверлен, а шаровой хвостовик его цементирован и точно обработан. На этот шаровой хвостовик свободно надет боек *26*, изготовленный из бронзы марки Бр ОС 8-12 (или Бр АЖМц 10-3-1,5), твердостью $H_B = 65 \div 75$. Боек удерживается на хвостовике ударника разрезным пружинным кольцом *27*, закладываемым в паз бойка.

Дополнительная пружина *35* с упором *36* служит для усиления основных пружин впускных клапанов и закрепляется при помощи фланца *34* и двух шпилек *33*.

На фиг. 61 изображен рычаг выпускных клапанов в нормальном и перевернутом положениях. Слева направо изображены отдельно ударник, боек и толкатель.



Фиг. 61. Рычаг выпускных клапанов.

Так как во время работы детали привода клапанов от нагревания расширяются, а клапан в верхнем положении должен быть надежно закрыт, то между колпачком клапана и бойком должен быть определенный зазор. Однако этот зазор не должен быть чрезмерно большим, так как большой зазор поведет к быстрому износу деталей вследствие ударных нагрузок и, кроме того, вызовет излишний шум во время работы дизеля.

Зазор может измеряться между роликом рычага толкателя и цилиндрической частью кулака распределительного вала при помощи щупа, но удобнее измерять его тем же щупом между бойком и колпачком. При этом следует слегка нажимать на конец рычага с толкателем. Регулировка зазора может быть произведена двумя способами: а) если зазоры у обоих клапанов одинаковы, но, предположим, велики, то в этом случае следует освободить контргайку *10* толкателя (см. фиг. 59) и ввертывать отверткой толкатель до тех пор, пока зазор не станет нормальным, после чего следует закрепить гайку и снова проверить величину зазора, б) если зазоры у клапанов разные, то в этом случае следует ослабить стяжной болт *28* и ввертывать ударник до получения необходимого зазора, после закрепления стяжного болта следует снова проверить величину зазора.

Ввертывание в рычаг как толкателя, так и ударника, уменьшает зазор, вывертывание — увеличивает его. Нормальная величина зазора по заводской инструкции для выпускного и впускного клапанов должна быть в пределах $0{,}5 \mp 0{,}05$ *мм* для холодного дизеля и $0{,}4 \mp 0{,}15$ *мм* для горячего дизеля. Разность в зазорах одноименных клапанов должна быть не более 0,05 *мм*.

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ВАЛЫ КЛАПАНОВ И ТОПЛИВНОГО НАСОСА И ИХ ПРИВОД

Распределительный вал клапанов. Распределительный вал клапанов лежит в семи опорных подшипниках блока цилиндров. Размеры подшипников таковы, что вал с кулаками свободно может быть вынут после распрессовки шестерни привода.

Вал состоит из трех частей (каждая часть — на два цилиндра), которые стягиваются в одно целое при помощи восьми болтов, соединяющих фланцы *1* (фиг. 62). Фланцы точно центрируются выточкой в одном отрезке вала и заходящим в эту выточку цилиндрическим выступом второго отрезка.

Материал вала — сталь марки 12ХН3А. Твердость цементированных поверхностей кулаков $H_{R_C} = 58 \div 62$. Кулаки откованы заодно с валом. Кулаки выпускных клапанов отличаются по форме от кулаков впускных клапанов, необходимость чего будет объяснена при разборе диаграммы распределения дизеля.

На фиг. 62 показан отрезок распределительного вала первых двух цилиндров (со стороны масляного насоса). Хорошо видны удлиненная опорная шейка и подвод смазки по кольцевым проточкам подшипника. Вал может свободно удлиняться при нагревании, так как крышка *7* не является упорной.

О втором конце распределительного вала дает представление фиг. 63, на которой изображен привод вала топливного насоса. Он отличается от привода распределительного вала лишь следующими особенностями:

а) вместо корпуса *9* подшипника *10*, прикрепляемого к корпусу привода *8*, для распреде-

лительного вала клапанов имеется такой же подшипник, но впрессованный в тело блока (см. фиг. 45);

б) верхняя часть (начиная с позиции *20* и по *28*, т. е. привод водяного насоса и фильтр) у распределительного вала клапанов отсутствует. Стенка крышки корпуса *19* продолжена, как это показано на фиг. 63 пунктиром;

в) крышка *36* выполнена цельной без дополнительной пробки *35*;

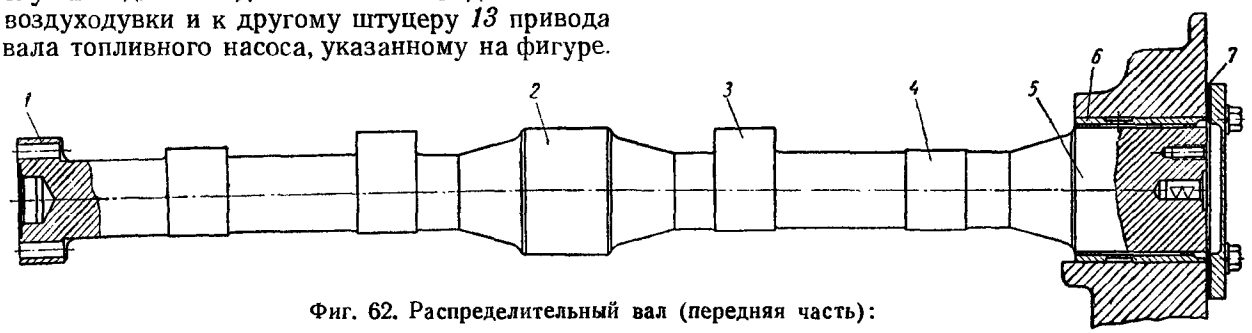
г) сверление *в* в валу заканчивается после пересечения с радиальным сверлением *г*;

д) в распределительном валу штуцер *13* служит для отвода смазки к подшипникам воздуходувки и к другому штуцеру *13* привода вала топливного насоса, указанному на фигуре.

шестерни обязательно должна быть сделана проверка совпадения отверстий *и* и *ж*. Бурт *15* шестерни является упором для всего распределительного вала и устанавливается упорными кольцами *14* и *16*.

Упорные кольца бронзовые, с баббитовой заливкой, разрезаны пополам. В верхние половины колец впрессованы штифты *17*, которые входят в прорезь *п* крышки привода и стопорят кольца.

Осевой разбег бурта шестерни допускается в пределах от 0,15 до 0,20 *мм* и устанавливается подгонкой толщины полуколец *14* и *16*.



Фиг. 62. Распределительный вал (передняя часть):

1 — фланец, соединяющий переднюю и среднюю части вала; *2* — опорная шейка второго подшипника; *3* — кулачок выпуска; *4* — кулачок впуска; *5* — первая шейка; *6* — втулка первого подшипника; *7* — крышка.

В остальном конструкции приводов распределительного вала клапанов и вала топливного насоса одинаковы.

Таким образом седьмая опорная шейка распределительного вала лежит в подшипнике *10*, имеющем по наружной цилиндрической поверхности кольцевую проточку *е*, в которую попадает масло так же, как и в остальные подшипники распределительного вала, по сверлению в блоке (см. фиг. 45).

В подшипнике просверлены два радиальных отверстия, которые сообщают канавку *е* (фиг. 63) с холодильниками *з* и с кольцевой проточкой вала *д*.

Масло, попавшее в проточку *д*, по диаметральному сверлению *г* и осевому сверлению *в* проходит через сверления *и* и *ж* к упорным кольцам *14* и *16*, а часть масла идет по осевому сверлению *в* дальше и по каналу *к* смазывает дополнительный восьмой опорный подшипник *33*.

В картер масло сливается по сверлениям *б* и *м*. Шестерня распределительного вала *18* напрессовывается на конический конец вала гайкой *30* и при помощи шпонки *29* устанавливается на валу в определенном положении относительно сверления *и*. После напрессовки

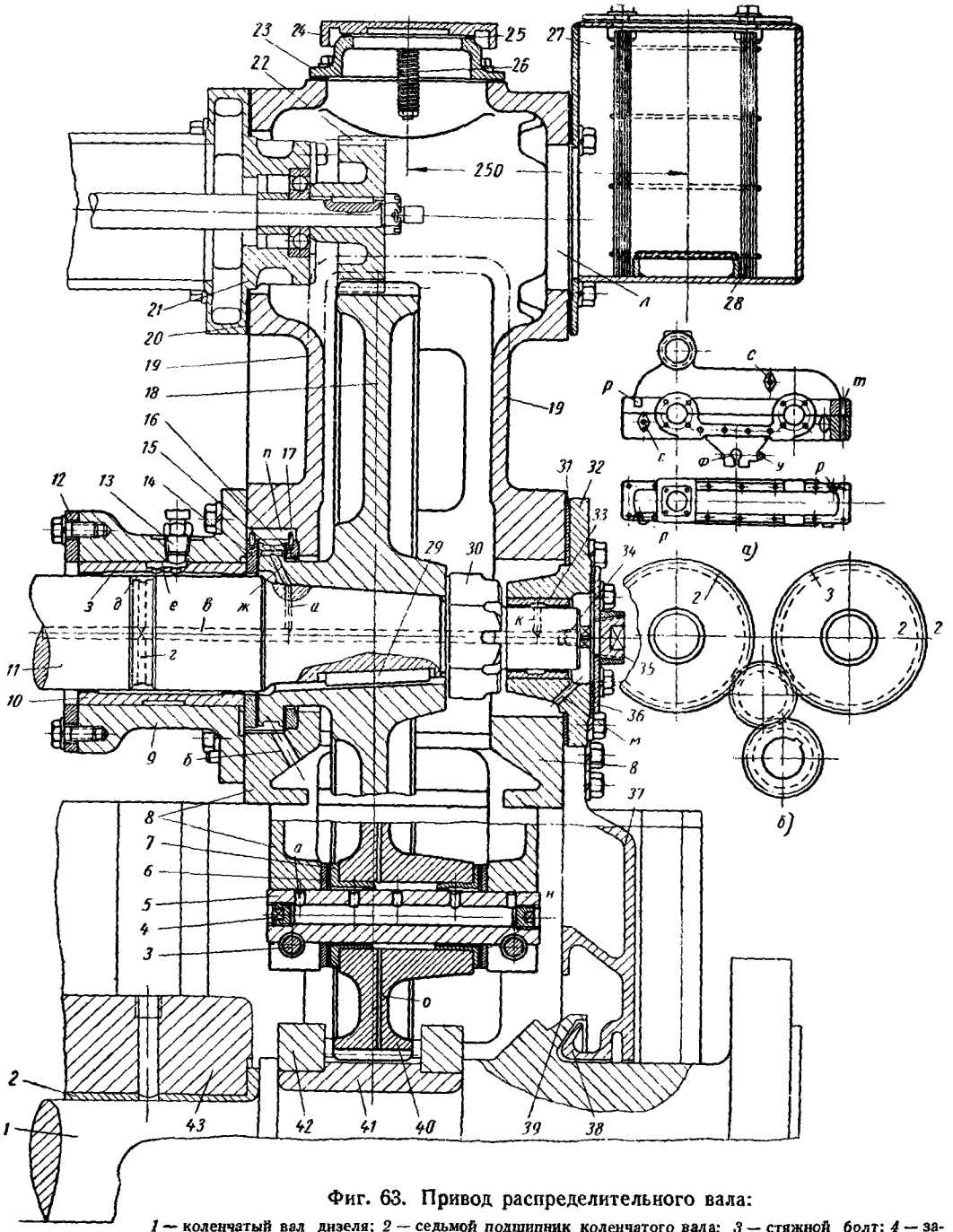
Цилиндрический хвостовик вала представляет собой восьмую шейку вала, хвостовик должен иметь одинаковый круговой зазор во втулке *33* для всех положений вала, равный 0,095—0,175 *мм*.

Опора *32* ставится на контрольных штифтах и закрывается крышкой *36*.

Привод распределительных валов. Шестерни привода распределительного вала клапанов и топливного насоса расположены в корпусе привода *8* и его крышке *19*. Корпус привода и его крышка соединены с рамой дизеля десятью длинными стяжными болтами, ввертываемыми в тело рамы. Отверстия *т* для болтов показаны на фиг. 63, *а*.

Правильность установки корпуса на раме фиксируется двумя длинными коническими штифтами; правильность установки крышки на раме фиксируется двумя короткими штифтами. Выемки *р* для иарезанной головки штифта показаны на внешнем виде корпуса (фиг. 63, *а*). Корпус и крышка привода связаны с блоком дизеля короткими болтами, на фиг. 63 не показанными.

Все привалочные (стыковые) поверхности, не имеющие прокладок, ставятся на специальном лаке, называемом герметиком.



Фиг. 63. Привод распределительного вала:

1 — коленчатый вал дизеля; *2* — седьмой подшипник коленчатого вала; *3* — стяжной болт; *4* — заглушка; *5* — валик паразитной шестерни; *6* — регулирующее кольцо; *7* — втулка паразитной шестерни; *8* — щеки корпуса привода; *9* — корпус подшипника вала привода топливного насоса; *10* — подшипник вала привода топливного насоса; *11* — вал привода топливного насоса; *12* — защитный фланец; *13* — штуцер подвода масла; *14* — упорное кольцо (разрезное); *15* — упорный бурт шестерни; *16*—упорное кольцо (разрезное); *17* — стопорный штифт; *18*—большая шестерня; *19* — крышка корпуса привода; *20* — прокладка; *21* — корпус водяного насоса; *22* — шестерня водяного насоса; *23* — корпус предохранительного клапана; *24* — предохранительный клапан; *25* — манжет; *26* — пружина; *27* — фильтр (суфлер); *28* — сетка фильтра; *29* — шпонка, *30* — гайка крепления шестерни; *31* — прокладка; *32* — опора; *33* — втулка (подшипник); *34* — заглушка; *35* — пробка (для распределительного вала крышка *36* цельная); *36* — крышка опоры; *37* — уплотнение коленчатого вала; *38* — маслоуловливающий бурт уплотнения; *39* — фасонный бурт коленчатого вала; *40* — паразитная шестерня; *41* — ведущая шестерня коленчатого вала; *42* — бугель шестерни; *43* — крышка седьмого подшипника коленчатого вала; *а, б, в, г* — сверления; *д, е* — кольцевая проточка; *з* — продольная канавка (холодильник); *ж, и, к* — сверления; *л* — отверстие для прохода воздуха; *м, н, о* — канавки; *п* — канавка; а)— корпус привода до сборки; *р* — углубление для контрольного штифта; *с* — отверстие для трубок слива масла из подшипников турбовоздуходувки; *т* — отверстия для болтов; *у* — штуцер; *ф* — отверстие для оси паразитной шестерни; б) — схема установки шестерен привода.

Всего шестерен в приводе (не считая шестерни водяного насоса) четыре. Две из них (шестерни распределительных валов клапанов и топливного насоса) изготовлены из стали марки 45 и термически обработаны. Размер шестерни по внешнему диаметру равен 631,2 *мм*, модуль — 5, шестерня имеет 120 зубьев, зуб косой (угол наклона 15°), угол зацепления 20°.

Ведущая шестерня коленчатого вала изготовлена из стали марки 45, твердость $H_B = 241 \div 207$, термически обработана, размер шестерни по внешнему диаметру 320,6 *мм*; шестерня имеет 60 зубьев.

Между ведущей шестерней коленчатого вала и шестернями распределительных валов установлена паразитная шестерня *40* (фиг. 63). Внешний диаметр шестерни равен 284,35 *мм*; шестерня имеет 58 зубьев; остальные данные паразитной шестерни такие же, как и у шестерен распределительных валов. Материал шестерни — сталь марки 50.

Паразитная шестерня размещена между щеками корпуса привода *8* и вращается на валике *5*, вставленном в отверстия *ф* щек корпуса. Валик изготовлен из стали марки 20, цементированный, твердость $H_{R_C} = 56 \div 62$.

Осевое сверление проходит через весь валик и на концах закрыто заглушками *4*. В нижней части валика имеются два выреза, через которые проходят стяжные болты *3*, удерживающие валик от поворота и осевого смещения.

К одной из щек корпуса привода подведена трубка от масляной магистрали. Через штуцер *у* и горизонтальное сверление в щеке масло подходит к радиальному сверлению *а* в теле валика. Масло, проходящее по двум радиальным отверстиям, смазывает втулки шестерни. По среднему отверстию масло проходит через радиальные сверления *о* в шестерне на смазку зубьев. Пятое сверление является предохранительным, благодаря чему процесс смазки не будет нарушен даже при постановке валика, повернутого на 180°.

Втулки *7* паразитной шестерни выполнены из бронзы Бр ОЦС 6-4-3 (или Бр ОЦС 3-11-5). Цилиндрическая и торцевые части втулок залиты баббитом.

В каждой втулке прорезаны две канавки, по которым масло подходит на смазку торцевой поверхности втулки, и стального регулировочного кольца *6*.

Осевой зазор паразитной шестерни должен быть в пределах 0,04—0,08 *мм*. Зазор устанавливается регулировкой толщины колец.

Зазор между втулкой и валиком должен находиться в пределах 0,06—0,12 *мм*.

Установка шестерен распределения производится по схеме, представленной на фиг. 63, *б*. Поршень шестого цилиндра при установке должен находиться в верхней мертвой точке. При этом метка *2*, имеющаяся на шестерне распределительного вала, должна совпадать с горизонтальной плоскостью корпуса привода (плоскость разъема корпуса и крышки) в месте, где нанесена цифра *2*.

Метка *3* шестерни привода топливного насоса (на чертеже не показанная) должна совпадать с плоскостью разъема корпуса и крышки в месте, где нанесена цифра *3*.

Вал привода топливного насоса, показанный на фиг. 63, является приводным для кулачкового вала топливного насоса, с которым он соединяется фланцем (см. фиг. 67).

Между топливным насосом и корпусом подшипника *9* вал заключен в защитную трубу, фланец *12* которой виден на фиг. 63. Другой конец защитной трубы входит во второй, более короткий отрезок трубы немного большего диаметра с резиновым уплотнительным кольцом в месте соединения. Соединение вала привода с кулачковым валом топливного насоса должно производиться также по нанесенным меткам. При метках на шестерне и корпусе привода, поставленных, как указано выше, метка *3* на фланце вала должна совпадать с меткой 0 на торце картера насоса. При этом допускаемое несовпадение меток *3—3* не должно превышать ± 5 *мм* ($\pm 1°$ поворота вала).

Требования, предъявляемые к шестерням собранного привода, заключаются в следующем.

Боковые зазоры в шестернях должны находиться в пределах 0,10—0,30 *мм;* длина линии соприкосновения зубьев должна составлять не менее 70% от длины зуба; прилегание упорных поверхностей шестерен к упорным кольцам должно быть не менее чем на 85% ширины кольца и 100% по окружности; ступенчатость между шестернями не допускается более 1,0 *мм*. Зазор в седьмом подшипнике должен быть в пределах 0,08—0,16 *мм*.

С шестерней *18* привода топливного насоса находится в постоянном зацеплении шестерня *22* водяного насоса *21*. Шестерня *22* изготовлена из бронзы марки АЖМц 10-3-1,5, внешний диаметр шестерни равен 139 *мм*, шестерня закреплена на валу водяного насоса гайкой и шпонкой.

Корпус водяного насоса поставлен на прокладке *20* и закреплен болтами на крышке корпуса привода. В верхней части крышки

корпуса, над шестерней водяного насоса, расположен предохранительный клапан *24*. Клапан двумя пружинами *26*, упирающимися в головки шпилек клапана, прижимается через пробковый манжет *25* к корпусу клапана *23*. Небольшое повышение давления в картере или в корпусе привода заставит клапан сработать.

Отсасывание масляных паров из картера и корпуса привода осуществляется через боковое отверстие *л* в крышке корпуса. Воздух отсасывается во всасывающий патрубок воздуходувки, но предварительно проходит через фильтр (суфлер) *27* с набором сеток *28*. Фильтр служит для отделения масляных брызг, которые могли бы проходить в большом количестве с воздухом во впускной коллектор. Фланец трубы для отсасывания воздуха крепится к верхней плоскости фильтра.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДИЗЕЛЯ Д-50

Рабочий цикл двигателя, периодически повторяющийся в каждом цилиндре и обусловливающий работу двигателя, по ГОСТ 2674-44 для четырехтактного дизеля составляется из следующих тактов:

1) такт впуска, в течение которого происходит впуск воздуха в цилиндр дизеля;

2) такт сжатия, в течение которого происходит сжатие воздуха в цилиндре;

3) такт расширения, в течение которого вначале происходит горение впрыснутого в цилиндр топлива, а затем расширение газов сгоревшего топлива;

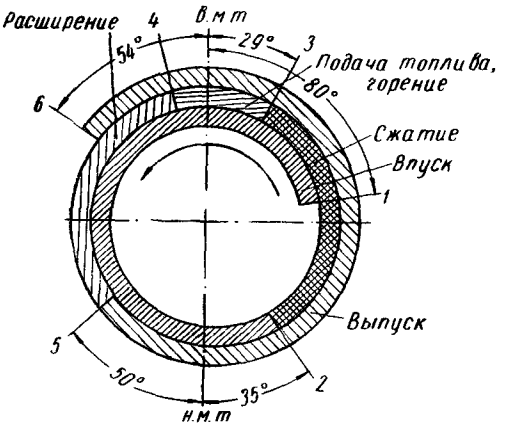
4) такт выпуска, в течение которого происходит удаление из цилиндра продуктов сгорания и который может быть разделен на два периода: в первом периоде удаление продуктов сгорания обусловливается избыточным давлением отработавших газов; во втором периоде — вытесняющим действием поршня или продувочного воздуха.

Такт по указанному выше ГОСТ определяется как часть цикла, происходящая в интервале, ограниченном двумя смежными точками минимального и максимального объемов, т. е. для нашего случая, как часть цикла между верхним и нижним положением поршня.

В действительности процессы впуска, выпуска и впрыска топлива начинаются и заканчиваются не в мертвых точках, а с некоторым опережением и запаздыванием, которые отсчитываются в углах поворота коленчатого вала по отношению к верхней или нижней мертвым точкам.

В дизеле Д-50 в связи с наличием наддува и сравнительно большим числом оборотов коленчатого вала двигателя опережение и запаздывание открытия и закрытия органов распределения достигает значительной величины.

Впуск воздуха (фиг. 64) в цилиндр двигателя происходит с опережением в 80°, т. е. фактический впуск начинается, когда поршень еще не дошел до крайнего верхнего положения (до в. м. т.) на величину, которой соответствует поворот коленчатого вала на 80°. Впуск продолжается в течение поворота вала на указанные 80°, затем в течение всего такта



Фиг. 64. Диаграмма распределения двигателя Д-50:

1 — начало впуска; *2* — конец впуска, начало сжатия; *3* — начало впрыска топлива и горения; *4*—начало (условное) расширения; *5*—начало выпуска, конец расширения: *6* — конец выпуска.

впуска, т. е. во время поворота вала на 180° (от в. м. т. до н. м. т.), и затем в течение поворота вала на 35° после н. м. т., т. е. с запаздыванием в 35° после н. м. т.

Сжатие воздуха продолжается до верхней мертвой точки; но уже за 29° до в. м. т. по углу поворота кривошипа коленчатого вала топливный насос начинает подавать топливо, которое попадает в цилиндр в распыленном виде и самовоспламеняется от высокой температуры сжатого воздуха. Конец периода подачи топлива и его горения зависит от нагрузки дизеля, т. е. от количества топлива, которое будет подано в цилиндр.

Такт расширения газов сгоревшего топлива заканчивается раньше, чем поршень достигнет в. м. т. вследствие того, что процесс выпуска начинается с опережением в 50° до н. м. т. Опережение выпуска выбирается таким, чтобы была получена наибольшая работа от газов

сгоревшего топлива и затрачена наименьшая работа на выталкивание газов поршнем.

Заканчивается выпуск с запаздыванием в 54° после в. м. т. Величина запаздывания закрытия выпускных клапанов выбрана из условий наиболее полного очищения цилиндра от газов и невозможности обратного попадания их в цилиндр из выпускного коллектора.

Таким образом во время поворота коленчатого вала на 134°, начиная с 80° до в. м. т. и кончая 54° после в. м. т. в каждом цилиндре одновременно открыты как выпускные, так и впускные клапаны. Такой большой период перекрытия впуска и выпуска (134° вместо обычных 40—80° для дизелей без наддува) оказывается возможным благодаря тому, что наддув в дизеле Д-50 происходит при переменном давлении газов в выпускном коллекторе. Для этого выпускной трубопровод разделен на два самостоятельных коллектора. К каждому коллектору присоединены три цилиндра, выпуск из которых происходит через равные увеличенные промежутки времени (240° по углу поворота кривошипа коленчатого вала).

С одним коллектором соединены первый, четвертый и пятый цилиндры, с другим — второй, третий и шестой цилиндры. Вследствие этого давление в каждом коллекторе то нарастает, то падает, причем во время падения давления величина его становится значительно меньше, чем во впускном коллекторе.

Открытие впускного клапана начинается в тот момент, когда давление в соответствующем коллекторе становится минимальным; закрытие же впускного клапана происходит тогда, когда давление в выпускном коллекторе еще не стало больше давления воздуха во впускном коллекторе. Благодаря этому в цилиндре происходит как бы продувка, причем часть воздуха выходит вместе с отработавшими газами в выпускной коллектор. Такая продувка благоприятно влияет на работу дизеля, так как продувочный воздух охлаждает головку поршня дизеля и, кроме того, уменьшает температуру выпускных газов перед газовым колесом турбовоздуходувки, облегчая работу его лопаток.

Указанные выше величины опережения и запаздывания фаз газораспределения дают действительное значение начала и конца открытия и закрытия клапанов с учетом температурного зазора. Однако если считать за начало действительного открытия клапана момент почти незаметного подъема штанги толкателя после выборки зазора, то эти величины будут значительно больше приведенных выше как для выпускного, так и для впускного клапанов.

Для выпускного клапана опережение будет в этом случае равным 65° до н. м. т., запаздывание — равным 95° до в. м. т. Для впускного клапана опережение будет равным 120° до в. м. т., запаздывание равным 75° после н. м. т. Существенное различие между приведенными величинами объясняется тем, что на довольно значительной части кулака имеется подъем, измеряемый долями миллиметра, но по углу поворота вала весьма заметный.

Для регулировки дизеля следует руководствоваться рекомендуемыми заводом величинами при условии точной установки температурного зазора.

Проверку газораспределения завод-изготовитель рекомендует производить следующим образом.

Установить распределительный вал так, чтобы ролик качающегося рычага впуска шестого цилиндра лежал на цилиндрической части кулака. До установки штанг ввернуть в отверстия пят обоих рычагов болты и установить над болтом рычага впускных клапанов индикатор (ножка индикатора должна стоять вертикально). Провернуть коленчатый вал в рабочем направлении до подъема головки болта на 5 *мм*. Угол поворота коленчатого вала, определяемый по градуированному диску, должен быть в пределах $32 \pm 3°$ до в. м. т.

То же необходимо проделать и с рычагом выпускных клапанов. При подъеме головки болта рычага выпускных клапанов на 5 *мм* кривошип коленчатого вала шестого цилиндра должен быть в н. м. т., причем отклонение допускается в пределах $\pm 3°$.

Опережение подачи топлива дано в диаграмме распределения (фиг. 64) по тому моменту, когда плунжер топливного насоса начнет подавать топливо к форсунке. Все регулировки подачи топлива производятся по указанной величине опережения.

Следует, однако, указать, что действительное начало впрыска топлива в цилиндр и начало горения произойдет несколько позднее, так как нужно некоторое время для того, чтобы поднять давление в нагнетательном трубопроводе, соединяющем насос с форсункой, и некоторое время для того, чтобы мельчайшие капли топлива, впрыснутые в цилиндр, смогли прогреться и самовоспламениться.

Опережение впрыска по форсунке, т. е. по моменту подъема иглы форсунки, согласно данным заводских испытаний двигателя меньше опережения по насосу примерно на 10—12°.

ФОРСУНКА

Впрыск топлива в цилиндр дизеля осуществляется через форсунку закрытого типа с гидравлическим управлением иглой. Основной частью форсунки является распылитель, состоящий из прецизионной пары — корпуса *21* и иглы *20* (фиг. 65). Эта пара, изготовленная из качественной стали, должна применяться только комплектно, так как в процессе изготовления игла и корпус распылителя подбираются по размерам и пришлифовываются совместно.

Игла изготовляется из стали марки Р. Игла имеет цилиндрическую направляющую и уплотняющую часть, пришлифованную к цилиндрическому отверстию корпуса распылителя. В нижней части игла имеет два участка меньших диаметров, которые образуют кольцевой уступ, причем участок меньшего диаметра на конце имеет конус с углом между образующими конуса, равным $60° {}^{+10'}_{+30'}$.

Конусная часть иглы плотно притирается к посадочному пояску корпуса распылителя. Начальная конусность пояска до притирки равна $59° \pm 10'$. Нижняя часть иглы (выше конусного окончания) находится в расточенной камере *в*, куда по сверлению *г* проходит топливо.

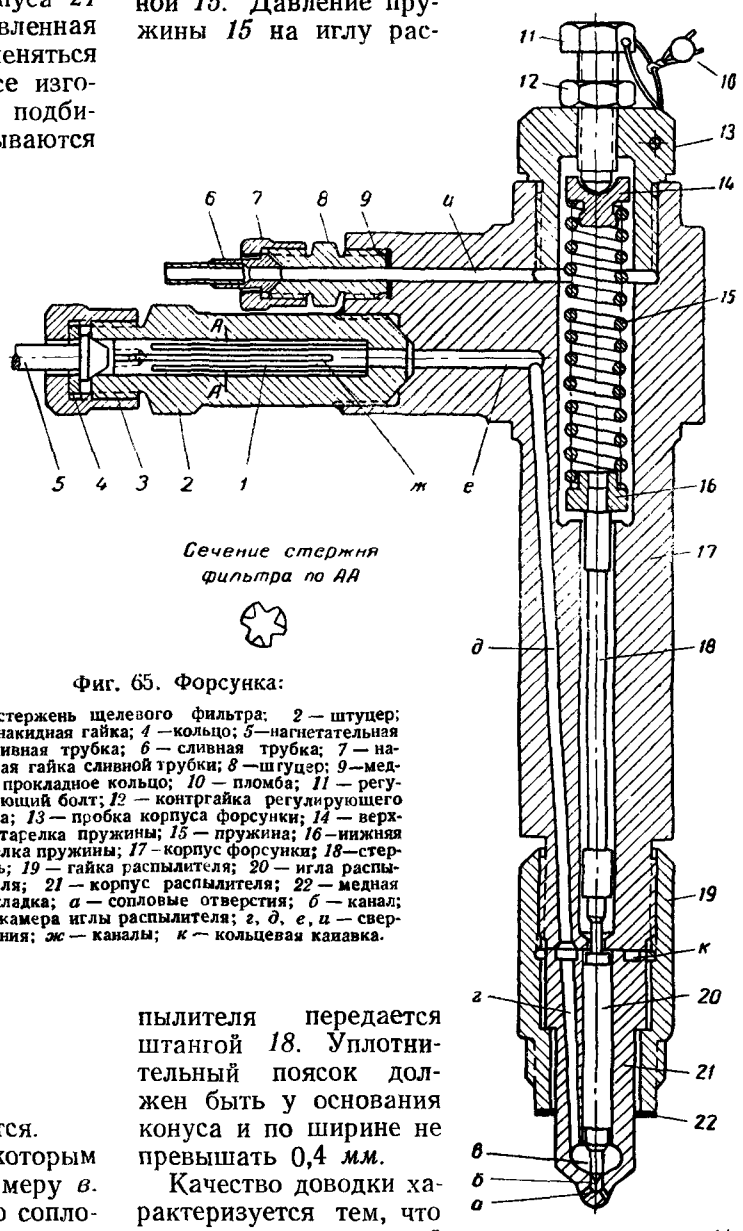
В верхней части игла также имеет два участка уменьшенного диаметра, причем концевой участок (хвостовик) выходит за пределы корпуса распылителя, а поясок второго участка не доходит до торца корпуса на 0,45 *мм*.

Корпус распылителя изготовляется из стали 18ХНВА или 20ХНФА и так же, как и игла, термически обрабатывается и шлифуется.

Корпус имеет три сверления *г*, по которым топливо подводится в расточенную камеру *в*. После камеры *в* сверление *б* доходит до соплового окончания распылителя, в котором просверлены девять сопловых отверстий *а* с диаметром $0{,}35 \pm 0{,}02$ *мм*. Угол между факелами топлива равен $155 \pm 2°$.

В верхней части корпуса распылителя имеется кольцевая канавка *к*. Весь торец корпуса прошлифован и затем притерт совместно с торцом корпуса форсунки.

Игла плотно прижимается конусным притирочным пояском к своему гнезду в корпусе распылителя пружиной *15*. Давление пружины *15* на иглу распылителя передается штангой *18*. Уплотнительный поясок должен быть у основания конуса и по ширине не превышать 0,4 *мм*.



Фиг. 65. Форсунка:

1 — стержень щелевого фильтра; *2* — штуцер; *3* — накидная гайка; *4* — кольцо; *5* — нагнетательная топливная трубка; *6* — сливная трубка; *7* — накидная гайка сливной трубки; *8* — штуцер; *9* — медное прокладное кольцо; *10* — пломба; *11* — регулирующий болт; *12* — контргайка регулирующего болта; *13* — пробка корпуса форсунки; *14* — верхняя тарелка пружины; *15* — пружина; *16* — нижняя тарелка пружины; *17* — корпус форсунки; *18* — стержень; *19* — гайка распылителя; *20* — игла распылителя; *21* — корпус распылителя; *22* — медная прокладка; *а* — сопловые отверстия; *б* — канал; *в* — камера иглы распылителя; *г*, *д*, *е*, *и* — сверления; *ж* — каналы; *к* — кольцевая канавка.

Качество доводки характеризуется тем, что игла, промытая в газойле и выдвинутая на $^1/_3$ длины из распылителя, должна опускаться под влиянием собственного веса, будучи наклонена под углом 45° к вертикали. С другой стороны при опрессовке понижение давления с 380 до 330 *ати* должно происходить за время, не боль-

шее. 18—28 сек. Пружина *15* сжата между нижней *16* и верхней *14* тарелками; изменение усилия, с которым пружина давит на иглу, осуществляется регулирующим болтом *11*.

Корпус форсунки плотно и прочно стягивается с распылителем гайкой *19*, затягиваемой мощным торцевым ключом.

Работа форсунки протекает следующим порядком. Топливо поступает от топливного насоса по нагнетательной трубке *5*, имеющей на конце конусное утолщение. Нажимным кольцом *4* и накидной гайкой *3* трубка плотно притягивается к штуцеру *2*. Штуцер ввернут в корпус форсунки, прижат конусным окончанием к конусному седлу и дополнительно обварен. В цилиндрическое отверстие штуцера поставлен щелевой фильтр *1*, представляющий собой шлифованный стержень, в котором прорезаны канавки.

Зазор между стержнем фильтра и отверстием штуцера должен быть равен 0,02—0,03 *мм*. Топливо может проходить из одной канавки в соседнюю только по этому зазору. Мелкие частицы, оставшиеся в топливе после предварительной фильтрации, задерживаются щелевым фильтром.

После фильтра топливо по каналам *е*, *д* и *г* проходит в камеру *в* и заполняет ее.

По мере возрастания давления топлива, усилие, действующее на кольцевой поясок иглы распылителя, также возрастает и, наконец, становится больше усилия, с которым пружина *15* давит на иглу форсунки. В этот момент игла поднимается, топливо устремляется в канал *б* и с большой скоростью проходит через сопловые отверстия в камеру сгорания цилиндра. В тот момент, когда игла лишь немного стронется со своего седла, действующее на нее усилие значительно возрастает, так как в этот момент добавляется площадь (соответствующая диаметру конусной части иглы), на которую начинает давить топливо.

Подъем иглы определяется зазором, имеющимся между торцом ее верхнего пояска и торцом корпуса распылителя. Торец корпуса форсунки, в котором отверстие сделано меньшим пояска иглы, не даст подняться игле более, чем на указанную величину зазора ($0{,}45 \pm 0{,}05$ *мм*).

Ранее в верхней части форсунки имелся запорный болт со вставленным в торец шариком, который служил для спуска воздуха, попавшего в каналы после длительной стоянки или ремонта форсунки. В последних выпусках дизелей запорный болт в связи с малым использованием его не ставится.

Несмотря на тщательную притирку иглы к распылителю, немного топлива все же проходит в полость над иглой. Небольшой пропуск топлива даже полезен, так как оно смазывает трущиеся поверхности иглы и распылителя. Большой же пропуск топлива нарушает работу форсунки и поэтому недопустим.

О величине пропуска топлива можно судить по количеству капель, выходящих из трубки *6*, куда оно проходит по каналу *и* через штуцер *8*. Нормальным можно считать пропуск, при котором из трубки просачивается 2—3 капли в минуту.

Форсунка ставится в гильзу цилиндровой крышки на медной прокладке *22*. Крепится форсунка фланцем, который затягивается двумя шпильками, ввернутыми в цилиндровую крышку.

Нагнетательная и сливная трубки проходят внутрь коробки привода клапанов и выходят из нее через разрезные резиновые пробки — сальники.

Правильная работа форсунки имеет особенно важное значение для нормальной и экономичной работы дизеля; поэтому на регулировку ее и исправность следует обращать особое внимание. Все соединения форсунки должны быть плотны и, в частности, должны хорошо держать конусное уплотнение иглы, торцевое соединение корпуса распылителя и корпуса форсунки, штуцер щелевого фильтра и запорный болт. Проверка производится на специальном стенде для регулировок и опрессовки форсунок.

Стенд для проверки форсунок представляет собой насос, плунжер которого получает движение от ручного рычага. На нагнетательном трубопроводе устанавливается тройник, один конец которого соединен с регулируемой форсункой, а другой — с манометром.

Для проверки плотности соединений форсунки ее вначале заполняют топливом, прокачивая его насосом при отвернутом болте *11*, а затем заворачивают его и, поддерживая давление в 250—300 *ати*, проверяют, нет ли где пропуска. После этого производится регулировка форсунки на давление открытия иглы и на качество распыливания топлива.

Игла должна открываться при давлении топлива в 275^{+5} *ати*. Для этого, медленно прокачивая топливо, следует отвертывать регулировочный болт *11* до момента, когда при давлении на манометре, равном 275 *ати*, из отверстий распылителя появятся факелы распыленного топлива.

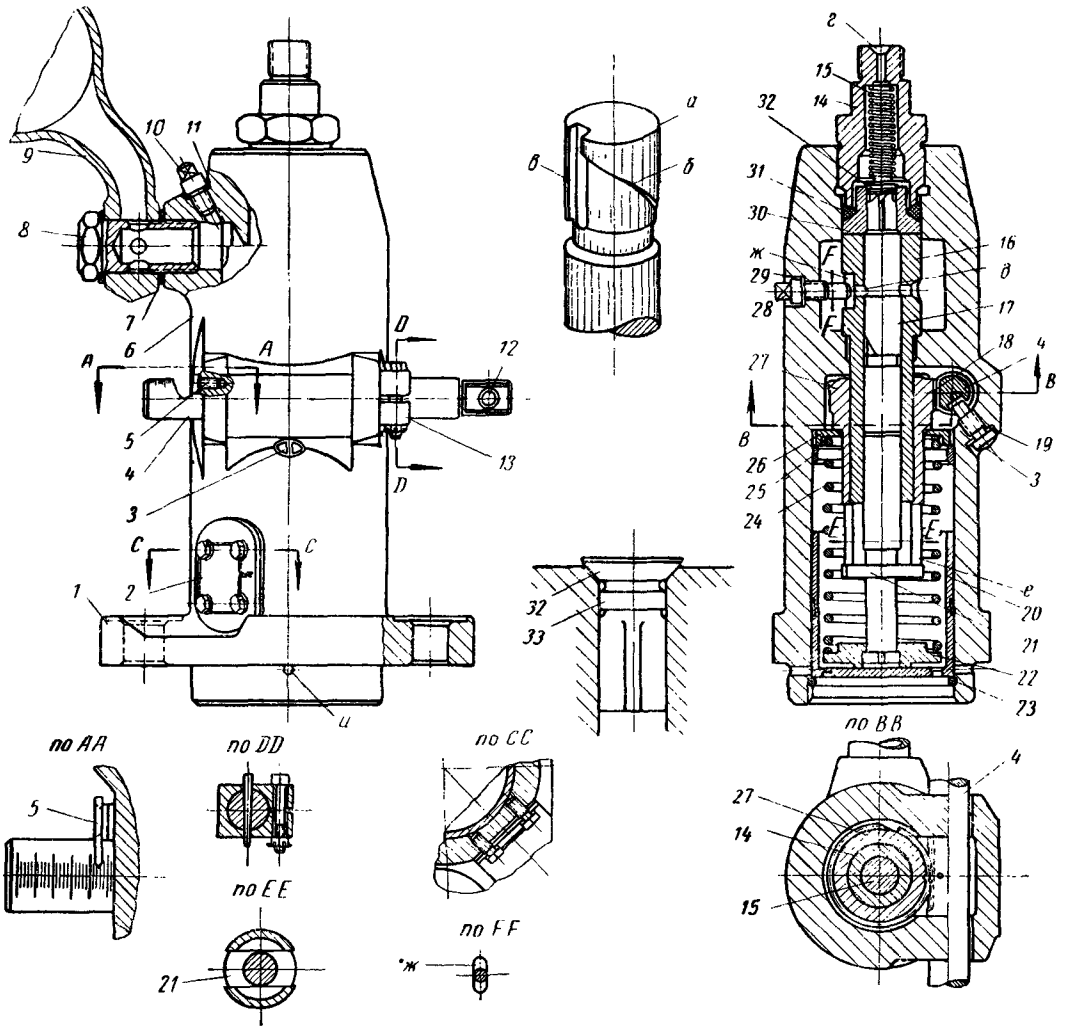
Факелы топлива должны отрываться от наконечника распылителя, не оставляя подтекающей капли.

ТОПЛИВНЫЙ НАСОС

Секция топливного насоса. Подача топлива к форсунке каждого цилиндра осуществляется отдельной секцией топливного насоса.

Весь топливный насос, состоящий из шести установленных на общем блоке секций, шесть форсунок и вспомогательное оборудование (фильтры, подкачивающий вспомогательный насос, трубопроводы) представляют собой топливную систему дизеля.

Значение топливной системы дизеля весьма велико, так как она в большой степени определяет качество работы двигателя, его надежность и экономичность. Топливный насос должен подводить к форсунке определенное количество топлива. Для дизеля Д-50 максимальная подача топлива на один рабочий ход



Фиг. 66. Секция топливного насоса:

1 — фланец крепления секции к корпусу топливного насоса; *2* — смотровой лючок секции; *3* — стопорный винт регулирующей рейки; *4* — регулирующая рейка; *5* — указатель выхода рейки; *6* — корпус секции топливного насоса; *7* — прокладка; *8* — штуцер подвода топлива; *9* — топливный коллектор; *10* — заглушка для спуска воздуха; *11* — прокладка; *12* — хвостовик регулирующей рейки; *13* — контрольный хомутик; *14* — нажимной штуцер; *15* — пружина нагнетательного клапана; *16* — гильза плунжера; *17* — плунжер; *18* — зубчатое соединение рейки и поворотной гильзы; *19* — прокладка; *20* — стакан пружины; *21* — выступы плунжера, входящие в прорези поворотной гильзы; *22* — нижняя тарелка пружины; *23* — стопорное разрезное проволочное кольцо; *24* — пружина плунжера; *25* — стопорное разрезное кольцо; *26* — верхняя тарелка пружины; *27* — поворотная гильза; *28* — стопорный винт гильзы плунжера; *29* — прокладка; *30* — корпус нагнетательного клапана; *31* — медная прокладка; *32* — нагнетательный клапан; *33* — разгрузочный поясок нагнетательного клапана; *а* — рабочая кромка головки плунжера; *б* — отсечная кромка головки плунжера; *в* — вертикальная канавка; *г* — нагнетательный канал; *д* — окно гильзы плунжера; *е* — прорези поворотной втулки; *ж* — прорезь гильзы плунжера; *и* — сверление для постановки стопорного штифта при разборке секции.

одной секцией насоса при восьмом положении рукоятки контроллера (740 об/мин) составляет 1,44 *г*, минимальная подача (при холостой работе дизеля и 275 об/мин) — 0,16 *г*. Давление подводимого топлива должно изменяться по определенному закону. Для дизеля Д-50 давление впрыска должно возрастать, начиная от 275 *ати*, т. е. от давления открытия иглы форсунки. Начало подачи топлива, также определяемое топливным насосом, должно происходить в строго определенный момент по углу поворота коленчатого вала. Топливный насос совместно с форсункой должен обеспечивать отсутствие дополнительных впрысков и остаточной капли на распылителе.

Количество подаваемого топлива и начало подачи определяются плунжером секции топливного насоса. Топливный насос дизеля Д-50 золотникового типа, т. е. такой, в котором и начало подачи и отмеривание порции топлива осуществляются непосредственно плунжером без дополнительных клапанных устройств.

Секция топливного насоса представлена на фиг. 66, отдельно показана головка плунжера.

Секция топливного насоса состоит из корпуса *6*, который фланцем *1* крепится к картеру блока топливных насосов. Корпус соединяется с общим для всех секций топливным коллектором при помощи патрубков коллектора *9* и штуцеров *8* подвода топлива. Торцы патрубка коллектора уплотняются медными прокладками *7*. Таким образом, топливо из коллектора по радиальным и осевому сверлениям штуцера *8* проходит в полость, окружающую гильзу *16* плунжера.

Топливо в коллекторе находится под давлением 2,5 *ати*, и поэтому оно заполняет весь объем всасывания внутри корпуса, а также через окна *д* стремится заполнить гильзу. Заглушка *10* служит для выпуска воздуха после длительной стоянки или ремонта дизеля.

Гильза *16* плунжера вставлена в корпус сверху и прижата притертым заплечиком к корпусу *6*. На верхний торец гильзы, также шлифованный и притертый совместно с корпусом нагнетательного клапана *30*, давит через медное конусное кольцо нажимной штуцер.

Для того чтобы гильза стала во вполне определенное положение, имеется стопорный винт *28*, цилиндрическая ненарезанная часть которого входит в прорезь *ж* гильзы с зазором 0,25—0,05 *мм*.

Снизу на гильзу *16* надета поворотная гильза *27*, свободно поворачивающаяся вокруг гильзы *16* (зазор 0,077—0,025 *мм*). Поворотная гильза удерживается на месте от падения вниз верхней тарелкой пружины плунжера *26*, упирающейся в кольцевой бурт корпуса. Тарелка в свою очередь кроме пружины удерживается еще разрезным стопорным кольцом *25*.

Поворотная гильза в нижней части имеет две диаметрально расположенные прорези *е*, в которые входят с зазором 0,103—0,036 *мм* плоские выступы *21* плунжера *17*.

Нижняя торцевая часть плунжера имеет головку, на которую надевается нижняя разрезная тарелка пружины *22* и стакан *20*.

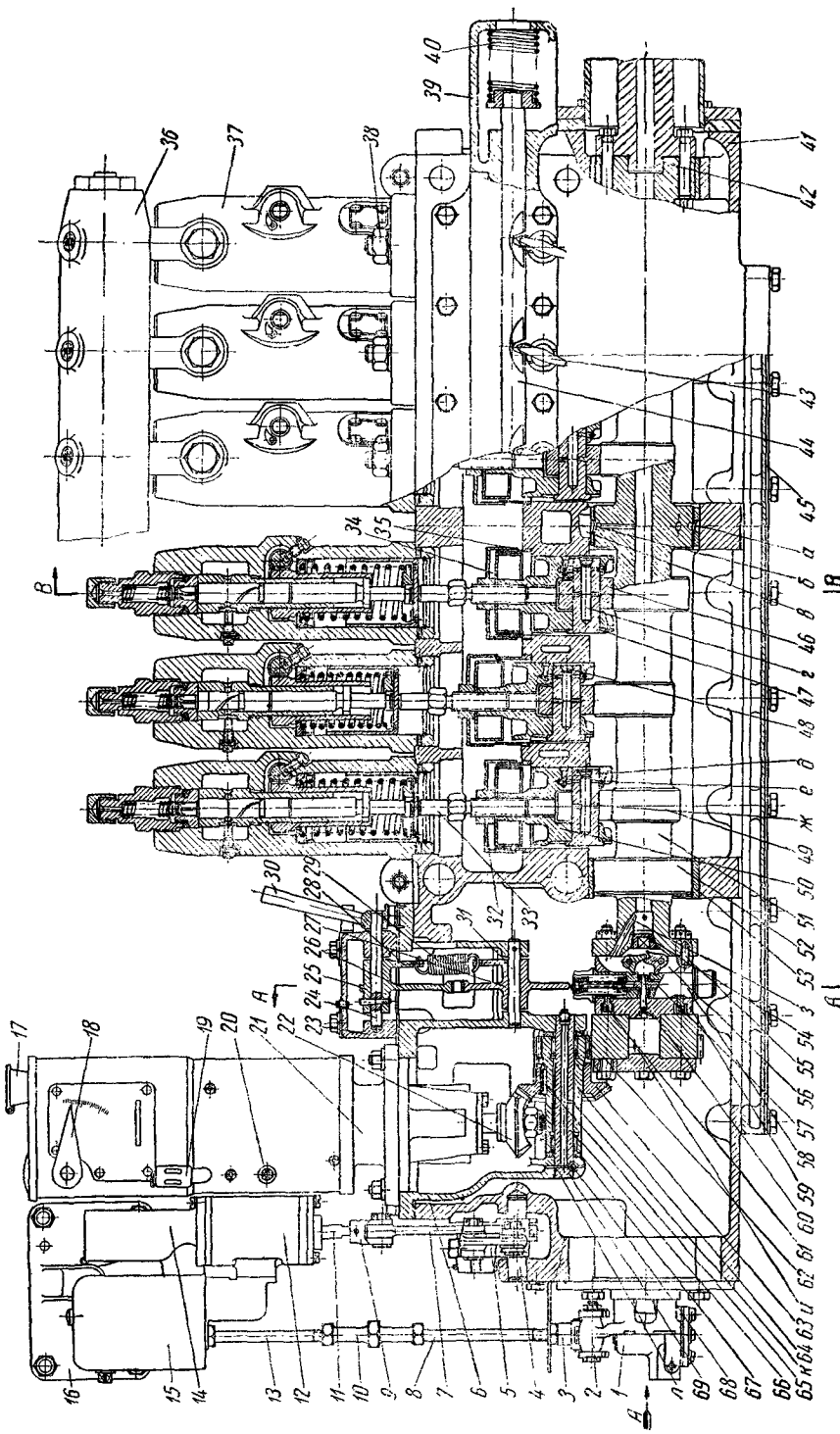
Предварительная затяжка пружины устанавливается при помощи стопорного разрезного проволочного кольца *23*, входящего в соответствующую проточку корпуса. Топливо, просачивающееся через неплотные соединения, попадает в стакан *20* и через четыре отверстия в его днище сливается в верхнюю полость картера топливного насоса.

Основными частями секции топливного насоса являются гильза плунжера и плунжер, которые изготовляются и подбираются комплектно и не могут быть заменены деталью другой такой же пары.

Материалом для изготовления плунжера и гильзы служит сталь марки ШХ15. После изготовления эти детали подвергаются термической обработке, шлифовке и доводке, твердость плунжера $H_{R_C} = 61 \div 63$.

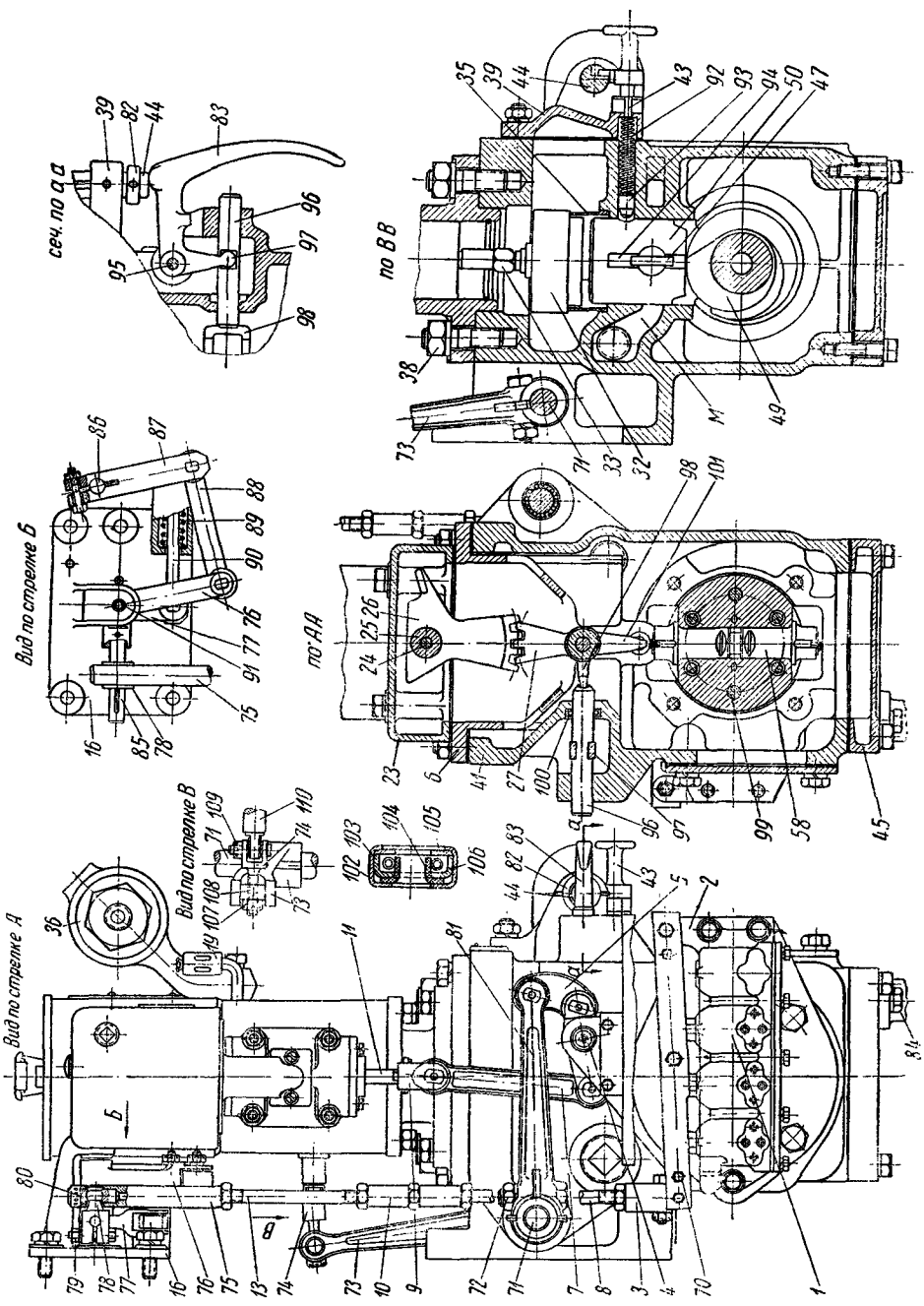
Гильза и плунжер, представляющие собой пару, притираются совместно до состояния, при котором плунжер свободно перемещается в гильзе, но плотность обеспечивается по соответствующим техническим условиям приемки пары. В частности, к доведенной поверхности плунжера и втулки предъявляются следующие требования в отношении чистоты: а) поверхность не должна иметь следов шлифовки и должна давать ровный отблеск; б) промытый в топливе совместно с гильзой плунжер при выходе из гильзы на 30 *мм*, в вертикальном положении должен под влиянием собственного веса без задержки плавно опуститься до упора; в) при опробовании гильзы и плунжера на специальном приспособлении, в котором на плунжер давит груз определенного веса, а под плунжером имеется замкнутый объем топлива, опускание плунжера должно произойти в течение определенного времени (60—120 сек.).

Конусность плунжера при большем диаметре конуса со стороны рабочей плоскости плунжера разрешается не больше 0,004 *мм*. При обратно направленной конусности допускается величина конусности не больше 0,001 *мм*.



Фиг. 67а. Топливный насос (продольный разрез):

1 — воздушные цилиндры электропневматического механизма регулятора; *2* — кронштейн; *3* — вилка; *4* — ось промежуточного рычага; *5* — промежуточная тяга; *6* — корпус привода регулятора; *7* — тяга; *8* — вилка штока; *10* — муфта с правой и левой резьбой; *11* — шток сервомотора регулятора; *12* — сервомотор регулятора (масляный); *13* — шток; *14* — корпус пружины сервомотора регулятора; *15* — крышка электромагнита выключения подачи топлива; *16* — кронштейн; *17* — масленка; *18* — указатель затяжки пружины регулятора; *19* — указатель уровня масла; *20* — заглушка отверстия компенсирующей иглы; *21* — нижний корпус регулятора; *22* — ведомая коническая шестерня; *23* — крышка механизма экстренной остановки дизеля; *24* — ось трехплечего зубчатого сектора; *25* — трехплечий зубчатый сектор; *26* — плечо с зубцами сектора *25*; *27* — четырехплечий зубчатый сектор; *28* — плечо натяжной пружины трехплечего зубчатого сектора; *29* — пружина; *30* — рукоятка экстренного выключения дизеля; *31* — ось четырехплечего зубчатого сектора; *32* — контргайка со стаканом; *33* — регулировочный винт толкателя; *34* — внутренний стакан толкателя; *35* — гильза; *36* — топливный коллектор; *37* — корпус секции топливного насоса; *38* — шпилька; *39* — крышка картера; *40* — пружина тяги экстренного выключения насоса; *41* — картер топливного насоса; *42* — фланец; *43* — рукоятки выключения одной секции топливного насоса; *44* — тяга экстренного выключения топливного насоса; *45* — поддон; *46* — ролик толкателя; *47* — направляющий выступ валика; *48* — заглушка; *49* — кулак; *50* — толкатель; *51* — кулачковый вал; *52* — передняя опорная шейка кулачкового вала; *53* — втулка подшипника; *54* — пробка; *55* — контрольный штифт; *56* — рычажки грузов регулятора предельного числа оборотов вала дизеля; *57* — стержень; *58* — груз; *59* — корпус регулятора предельного числа оборотов; *60* — шестерня привода регулятора; *61* — ограничитель хода груза; *62* — регулирующая шайба; *63* — шестерня; *64* — шестерня; *65* — шпонка; *66* — игольчатый подшипник; *67* — регулирующая шайба; *68* — стяжной болт; *69* — ось; *а* и *б* — кольцевые проточки; *в* — полость в теле картера; *г*, *д*, *е*, *ж*, *з*, *и*, *к* и *л* — сверления.



Фиг. 676. Топливный насос (поперечный разрез):

70 — рычаг электропневматического механизма; *71* — вал подачи топлива; *72* — стяжной болт; *73* — рычаг управления регулирующей рейкой топливного насоса; *74* — серьга; *75* — гильза шарнира; *76* и *77* — плечи трехплечего рычага; *78* — хомут шарнира; *79* — стяжной болт хомута шарнира; *80* — верхняя опора шарнира; *81* — рычаг вала подачи; *82* — упорная шайба; *83* — рукоятка восстановления рабочего положения тяги *44*; *84* — сливной патрубок; *85* — стержень трехплечего рычага; *86* — шлицевой валик сектора; *87* — рычаг; *88* — тяга; *89* — пружина; *90* — шток; *91* — ось трехплечего рычага; *92* — пружина выключателя; *93* — стержень выключателя; *94* — прорезь в толкателе; *95* — ось рукоятки восстановления; *96* — валик; *97* — упоры рычага; *98* — опорное плечо зубчатого сектора *27*; *99* — болт; *100* — самоустанавливающийся сальник; *101* — плечо четырехплечего сектора *27*; *102* — корпус сальника; *103* — кольцевая пружина; *104* — кожаная манжета; *105* — кольцо; *106* — зажимное кольцо; *107* — контргайка серьги; *108* — ось серьги; *109* — валик; *110* — регулирующая рейка; *м* — полость для подвода смазки к толкателям.

Поворотная гильза *27* в верхней части по наружной поверхности имеет зубчатый сектор *18,* входящий в зацепление с зубцами регулирующей рейки *4.* Последняя, как будет видно из дальнейшего, соединена хвостовиком с рычажным механизмом сервомотора регулятора дизеля. Перемещение рейки вызывает поворот на некоторый угол поворотной гильзы, и так как гильза соединена с плунжером выступами *21,* входящими в соответствующие прорези поворотной гильзы, то на соответственный угол поворачивается и плунжер.

При повороте плунжера на некоторый угол изменяется расположение его головки (вернее той части ее, на которой выфрезерован винтовой вырез) относительно окна *д* гильзы плунжера. При этом будет меняться расстояние между точками кромок *а* и *б,* приходящимися против окна *д* гильзы *16.*

Работа насоса протекает следующим образом. Вначале плунжер под действием пружины *24* идет вниз, и весь объем во втулке над его верхним торцом заполняется через окно *д* топливом. Дойдя до нижнего положения, плунжер начинает подниматься кулачком вала и вытесняет через окно *д* и через второе, диаметрально расположенное, окно часть топлива обратно в патрубок *9* коллектора. После того как окна *д* будут полностью перекрыты кромкой *а* головки плунжера, топливо под действием продолжающего подниматься плунжера преодолеет давление пружины нагнетательного клапана *32* и пройдет через нагнетательный канал *г* в трубопровод форсунки. Подача топлива прекратится в тот момент, когда окно *д* начнет снова открываться кромкой *б* винтового выреза на плунжере. Так как вырез под кромкой соединен вертикальной канавкой *в* с полостью над плунжером, то нагнетаемое топливо устремится вместо нагнетательного трубопровода обратно в коллектор, и подача его в цилиндр дизеля прекратится. При обратном движении плунжера цикл повторится.

Таким образом, количество топлива, поданного плунжером за один ход, зависит от расстояния между кромками *а* и *б,* расположенными в плоскости окна *д* для данного хода плунжера. Расстояние это меняется при повороте гильзы *27* и плунжера.

Для того чтобы рейка *4* не могла повернуться относительно своей оси и нарушить зацепление с поворотной гильзой, на рейке профрезерована канавка, в которую входит хвостовик винта *3.* Рейка ставится в корпус насоса с зазором 0,09—0,04 *мм.* Перемещение рейки должно быть настолько плавным, чтобы при наклоне в 30° к горизонтали она под влиянием собственного веса при любом положении плунжера не имела бы задержек и опустилась бы до упора.

На конце рейки, со стороны топливного коллектора, нанесены деления, а на корпусе, над рейкой, установлен указатель выхода ее, что дает возможность судить о повороте плунжера и величине подачи топлива.

Изменение величины выхода рейки может быть произведено вывертыванием или ввертыванием серьги *74* в ее ось *108* (см. фиг. 67), для чего предварительно необходимо снять валик *109,* соединяющий хвостовик рейки и серьгу, а также ослабить затяжку контргайки хвостовика серьги.

Взаимная установка плунжера, поворотной гильзы и регулирующей рейки при сборке секции насоса должна производиться так, чтобы риска на выступе плунжера совпала с риской, имеющейся на вырезе гильзы, а точка на рейке (на шестой впадине) совпала бы с меткой на шестом зубе сектора поворотной гильзы.

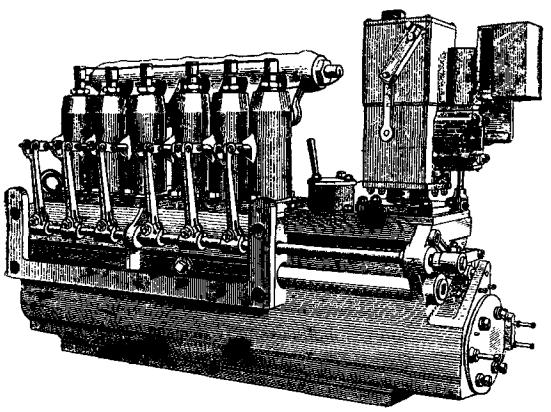
Для того чтобы проверить правильность сборки насоса, надо снять смотровой лючок *2* (фиг. 66) и, поднимая плунжер, убедиться в том, что риска, нанесенная на корпусе смотрового отверстия, совпадает с риской, нанесенной на стакане *20* плунжерной пружины. При этом кромка *а* плунжера должна полностью перекрыть окно *д* гильзы. В последнем можно убедиться, вывернув винт *28,* после чего через окно *д* будет видно положение кромки плунжера.

Для правильной работы системы насос-форсунка важное значение имеет состояние нагнетательного клапана *32.* Конструкция клапана характерна наличием разгрузочного пояска *33.* При нагнетании топлива в трубопровод, идущий к форсунке, клапан поднимается вверх до положения, при котором разгрузочный поясок *33* окажется выше посадочного седла. После падения давления в насосе, когда топливо перестанет поступать к форсунке, а в нагнетательном трубопроводе сохранится еще некоторое давление, клапан под действием этого давления и пружины *15* резко сядет в гнездо. При посадочном ходе, как только нижняя кромка разгрузочного пояска войдет в цилиндрическую часть корпуса нагнетательного клапана, сообщение нагнетательного трубопровода с рабочей полостью насоса прекратится, и в трубопроводе вследствие продолжающейся посадки клапана будет образовы-

ваться дополнительный объем, разгружающий трубопровод от остаточного давления. Разгрузка трубопровода уменьшает возможность образования остаточной капли на распылителе форсунки.

Плотность нагнетательного клапана проверяется опрессовкой топливом в течение 2 мин. при температуре 10—30° при давлении, равном 8 *ати*. Возможна опрессовка воздухом с контролем плотности по числу воздушных пузырьков, пропущенных клапаном в течение указанного выше времени.

Картер топливного насоса. Картер топливного насоса (фиг. 67 и 68) представляет собой отливку из чугуна марки СЧ 18-36. Картер



Фиг. 68. Общий вид (вид сзади) топливного насоса и регулятора перед постановкой на дизель.

соединяется с блоком цилиндров четырьмя болтами; точность установки его гарантируется контрольными штифтами.

Картер топливного насоса (фиг. 67) разделен на две половины. В первой (правой) половине картера размещен кулачковый вал топливного насоса и толкателя плунжеров, установленных сверху секций. Во второй (левой) половине на продолжении кулачкового вала закреплен регулятор предельного числа оборотов и цилиндрическая шестерня привода регулятора. Далее на картере закреплен корпус привода регулятора числа оборотов с механизмом экстренного выключения дизеля, а на передней торцевой стенке установлен электропневматический механизм и механизм управления насосами. На передней стенке картера ставится его крышка с тягой экстренного выключения насосов и рукоятками выключения отдельных секций. Кулачковый вал лежит в трех подшипниках-втулках *53* (см. фиг. 67). Диаметр втулки таков, что кулачок проходит через втулку свободно.

Опорные втулки подшипников выполнены из бронзы марки Бр ОЦС 3-11-5 с баббитовой заливкой, зазор по диаметру равен 0,08—0,16 *мм*. Кулачковый вал соединен болтами с фланцем приводного вала, получающего вращение от шестерни привода распределительных валов. В изображенном на фиг. 67 соединении роль фланца выполняет третья опора кулачкового вала (в машинах первых выпусков). В выпускаемых в настоящее время дизелях кулачковый вал имеет фланец, вынесенный за пределы насоса и соединяющийся с приводным валом в защитной трубе.

Кулачковый вал топливного насоса с регулятором предельного числа оборотов и цилиндрической шестерней привода регулятора показан на фиг. 69.

Кулачки вала выполнены из одной поковки (вал изготовлен из стали 20), термически обработаны и отшлифованы на специальных станках.

Расположение кулачков соответствует расположению колен коленчатого вала двигателя, но так как вал топливных насосов вращается с оборотами в два раза меньшими оборотов коленчатого вала, то угол между кулачками равен не 120, а 60°.

Подшипники кулачкового вала смазываются маслом, которое подводится по сверлению в приводном валу к осевому сверлению в кулачковом валу топливного насоса. По радиальным сверлениям в каждой опоре масло проходит на смазку втулок подшипников. Вторая опора вала имеет в месте выхода радиального сверления кольцевую проточку *б* (фиг. 67а),



Фиг. 69. Кулачковый вал топливного насоса с регулятором предельного числа оборотов и цилиндрической шестерней привода регулятора.

совпадающую со сверлениями и кольцевой проточкой *а* втулки подшипника. Масло, проходящее по радиальному сверлению этого подшипника, лишь частично используется на смазку втулки, основная же часть масла идет в полость *в* картера, откуда по каналам *м* (фиг. 67б) проходит на смазку толкателей плунжеров и далее на смазку конических и цилиндрических шестерен привода регулятора.

Все шесть секций топливного насоса устанавливаются на картере и закрепляются шпильками *38*.

Пружина плунжера каждой секции через донышко стакана и регулировочный винт *33* прижимает ролик *46* толкателя к рабочей поверхности кулака. Толкатель *50*, изготовленный из стали *20*, цементированный и отшлифованный, перемещается в вертикальном направлении под воздействием кулачка вала и пружин плунжера и передает возвратно-поступательное перемещение плунжеру секции топливного насоса. Диаметральный зазор толкателя равен 0,03—0,09 *мм*.

Ролик толкателя, изготовленный из стали марки 12ХН3А, вращается на валике, изготовленном из бронзы Бр ОС 8-2 (или Бр АЖМц 10-3-1,5), имеющем осевое сверление *г*, заглушенное с торца пробкой *48*. Со стороны, противоположной заглушке, валик имеет направляющий выступ *47* прямоугольной формы. Головка перемещается по канавке, прорезанной в цилиндрической поверхности отверстия для толкателя, и частично заходит в канавку, прорезанную на самом толкателе. Благодаря этому предупреждается проворачивание как самого толкателя, так и валика в толкателе.

В толкателе, на высоте горизонтального сверления *д*, прорезана канавка на длине дуги, немного меньшей полуокружности. В канавку заходит масло из полости *м* и по сверлениям *д* и *е* проникает в осевое сверление валика, откуда по радиальному сверлению *ж* проходит на смазку ролика. Совпадение радиальных сверлений в толкателе и валике обеспечивается невозможностью поворота валика вследствие наличия направляющего выступа *47*.

Зазор между роликом и валиком должен быть равен 0,02—0,064 *мм*. В верхнюю часть толкателя ввертывается регулировочный болт *33*. Ввертывая или вывертывая болт, можно изменять положение плунжера (по высоте) относительно окна в гильзе плунжера секции и этим изменять начало подачи топлива относительно положения кулачкового вала, а следовательно, и поршня цилиндра дизеля.

Момент начала подачи топлива плунжером топливного насоса, т. е. угол опережения подачи должен быть около 29° до в. м. т. с допустимым отклонением в обе стороны на $\pm$ 1,5°. Отклонение величины опережения для отдельных цилиндров не должно превышать 1° по углу поворота кривошипа коленчатого вала.

Проверка угла опережения подачи топлива производится следующим образом. На переднем конце вала привода вентилятора устанавливают градуированный диск, проверяя правильность его установки по в. м. т. шестого цилиндра. Отнимают нагнетательную трубку шестой секции топливного насоса и на ее место устанавливают стеклянную трубку с внутренним диаметром не более 2 *мм*. Удаляют из топливной системы воздух и, проворачивая коленчатый вал двигателя, устанавливают уровень топлива примерно на половине высоты стеклянной трубки. Затем, медленно вращая коленчатый вал по ходу, замечают момент начала подъема мениска топлива в стеклянной трубке. Угол, определяемый по градуированному диску или угломеру, устанавливаемому на щеке кривошипа соответствующего цилиндра, соответствует началу подачи топлива шестым плунжером топливного насоса к форсунке этого цилиндра. При несоответствии угла опережения на величину, меньшую 5°, регулировка должна производиться регулировочным болтом толкателя. При несоответствии угла на величину, большую 6° по углу поворота коленчатого вала, регулировку следует производить перестановкой шестерни привода топливного насоса на один зуб относительно паразитной шестерни.

Для закрепления регулирующего болта служит контргайка *32*, имеющая стакан, закрывающий верхнюю часть толкателя. Стакан охватывает гильзу *35*, впрессованную в тело картера. Изнутри в гильзу входит второй стакан *34* толкателя, закрепленный между корпусом толкателя и контргайкой регулирующего болта. Стакан и гильза служат для того, чтобы топливо, стекающее из секции через отверстия в стакане пружины, не попало в масло, а по сливной трубе было удалено в топливный бак и могло затем использоваться, а с другой стороны, чтобы масло также не попадало в топливо.

На цилиндрической части толкателя, с лицевой стороны, имеется отверстие. При верхнем крайнем положении толкателя это отверстие находится против соответственного отверстия в картере и против расположенного в этом отверстии конусного окончания ручного выключателя отдельной секции топливного насоса.

Ручные выключатели расположены в крышке *39* картера, которая прикреплена к картеру на прокладке болтами. В крышке просверлены отверстия и сделаны прорези, в которые могут входить выступы выключателей. Пружина *92* отжимает выключатель по направлению к толкателю, и если выступ выключателя совпадает

с прорезью в крышке, то конус стержня выключателя под действием пружины войдет в отверстие толкателя и задержит его в верхнем положении, т. е. выключит секцию топливного насоса из работы.

Нормально выключатель расположен так, что конусное окончание его стержня втянуто в отверстие крышки, а выступ выключателя повернут в сторону, входит в прорезь тяги *44* экстренного выключения и упирается в бурт крышки, который и задерживает выключатель в нормальном положении.

Для выключения отдельной секции следует оттянуть выключатель за рукоятку *43* на себя, повернуть его так, чтобы выступ вошел в прорезь крышки и затем отпустить выключатель.

Для экстренного выключения всех насосов служит тяга *44*, пружина *40* которой стремится сдвинуть тягу влево. Передний конец тяги *44* упирается в выступ рукоятки *83* восстановления рабочего положения тяги *44*. Второй упорный конец *97* рукоятки входит в вырезы валика *96*. Валик *96* упирается в горизонтально расположенное опорное плечо *98* зубчатого сектора, которое не позволяет валику войти внутрь, рукоятке восстановления повернуться вокруг оси *95* и тяге сдвинуться влево.

Тяга *44* экстренного выключения дизеля может сработать только в двух случаях.

Первый случай. Выключение произошло вследствие поворота рукоятки *30* ручного экстренного выключения дизеля. В этом случае рукоятка *30* повернет ось трехплечего зубчатого сектора *25*. Плечо *26* с зубцами, удерживаемое в нижнем положении пружиной *29*, повернется настолько, что нижний четырехплечий сектор *27*, зубчатое плечо которого удерживается в верхнем положении той же пружиной *29*, освободит своим плечом *98* валик *96*. Тяга *44* немедленно сдвинется пружиной *40* влево и повернет рукоятки *43* всех выключателей, выступы которых зайдут в прорези крышки картера, а конусные окончания стержней — в отверстия толкателей, выключив тем самым все топливные насосы.

Второй случай. Выключение произошло вследствие превышения дизелем максимально допустимых оборотов. При этом грузы *58* регулятора предельного числа оборотов раздвинутся, повернут плечо *101* и освободят валик *96*.

Нормальное рабочее положение тяги *44* восстанавливается в следующем порядке. Все выключатели поочередно вытягивают из прорезей крышки и поворачивают на некоторый угол так, чтобы выступ выключателя вошел не в прорезь тяги, а в секторовидный вырез ее. Затем рукоятку восстановления *83* оттягивают на себя, перемещая тягу вправо до тех пор, пока опорное плечо *98* четырехплечего зубчатого сектора *27* станет горизонтально, не позволяя валику *96* сдвинуться внутрь корпуса привода регулятора. После этого следует вручную поставить все рукоятки выключателей *43* нормально в прорези тяги.

Привод регулятора предельного числа оборотов и регулятора оборотов вала дизеля. Передний конец кулачкового вала имеет фланец, к которому шестью болтами (два — призонные) крепится корпус регулятора предельного числа оборотов *59* и цилиндрическая шестерня *60* привода регулятора оборотов вала дизеля. Ведущая цилиндрическая шестерня *60* входит в зацепление с шестерней *64*, вращающейся на оси *69*. Шестерня *64* имеет удлиненную втулку, по концам которой поставлены игольчатые подшипники *66*. Шестерни изготовлены из стали марки 40СХ.

Ось ведомой шестерни закрепляется в отверстиях корпуса *6* привода регулятора при помощи стяжного болта *68* и устанавливается так, что радиальное сверление в ней совпадает со сверлением в корпусе привода.

На удлиненный конец втулки ведомой цилиндрической шестерни *64* напрессована коническая шестерня *63*, являющаяся ведущей по отношению к находящейся с нею в зацеплении шестерне *22*, которая приводит во вращение вал регулятора числа оборотов вала дизеля.

Нижний корпус *21* регулятора ставится на прокладке в корпус привода с зазором по направляющей части 0,05—0,13 *мм*. Установка зазора в зубьях конических шестерен производится изменением толщины регулировочных шайб *67* на оси ведущей шестерни и регулировочного кольца на валу регулятора.

Цилиндрические шестерни смазываются маслом, проходящим из осевого сверления кулачкового вала по сверлениям *з* через головку регулятора во внутреннюю полость шестерни *60* и по радиальным сверлениям и, поступающим на смазку зубьев шестерен *60* и *64*. Конические шестерни смазываются маслом, подводимым от полостей толкателей плунжеров.

Масло, разбрызгиваемое зубьями конической шестерни *22*, частично попадает в ванночку, образованную стенкой корпуса привода и буртом, идущим параллельно стенке. Из ванночки масло по сверлению *л* идет на смазку игольчатых подшипников *66*.

Нижний корпус *21* регулятора несет на себе основной и верхний корпусы регулятора, а также масляный сервомотор *12*, корпус *14* пружины сервомотора и электромагнит выключения регулятора.

Механизм управления насосами. Шток *11* сервомотора соединен вилкой *9* с тягой *7*, соединенной с промежуточным двухплечим рычагом, ось *4* которого поставлена на игольчатых подшипниках в отверстиях картера насоса. Второе плечо двухплечего рычага соединено промежуточной тягой *5* с рычагом вала подачи *71*. Вал подачи *71* лежит в подшипниках, один из которых хорошо виден на разрезе *АА*. От осевого смещения вал подачи защищен упорными шайбами.

На валу, против каждой секции (с задней стороны топливного насоса), при помощи стяжных болтов закреплены рычаги *73* управления регулирующими рейками. В вилку, образованную концом рычага, вставлена ось *108*, в нарезанное отверстие которой ввернут стержень серьги *74* и закреплен контргайкой *107*. Вилка серьги валиком *109* соединена с хвостовиком регулирующей рейки секции топливного насоса. Таким образом, перемещение штока масляного сервомотора передается через тягу *7*, промежуточный двухплечий рычаг, тягу *5*, рычаг *81*, вал подачи *71*, рычаг *73* и серьгу *74* на регулирующую рейку секции топливного насоса, что вызывает необходимый поворот плунжера и соответствующее изменение подачи топлива.

Рычажный механизм управления регулятором. С передней стороны картера топливного насоса к его торцевому фланцу тремя болтами присоединен корпус электропневматического механизма регулятора. На фиг. 67 показаны воздушные цилиндры *1* со снятыми электромагнитными клапанами управления. Механизм и его рычажная система будут рассмотрены ниже. Задний конец рычага *70*, соединенный с вилкой *3* тяги *8*, может в зависимости от порядка включения воздушных цилиндриков занимать по высоте восемь последовательных положений.

Тяга *8* соединена муфтой *10*, имеющей с одного конца правую, а с другого левую резьбу, со штоком *13*. С обоих концов муфты имеются контргайки.

Шток *13* ввернут в гильзу *75* шарнира. В верхний конец гильзы вставлены верхняя *80* и нижняя опоры шарнира, причем верхняя опора поставлена на резьбе и после установки шарнира закреплена шплинтом, входящим в прорези опоры и сверления гильзы.

Между опорами поставлена шаровая головка хомута *78* шарнира, который своей разрезной частью надет на стержень *85* трехплечего рычага. Стержень имеет врезную шпонку, по которой при установке перемещается канавка хомута. С противоположной стороны стержень имеет срез, в который заходит стяжной болт *79* хомута. Таким образом, хомут шарнира прочно закреплен на стержне и провернуться или сдвинуться не может.

Плечо *77* трехплечего рычага, качающегося на оси кронштейна *16*, скрепленного с блоком дизеля четырьмя болтами, соединено штоком *90* с пружиной *89*, помещенной в приливе кронштейна. Предварительное сжатие пружины производится гайкой штока *90*.

Пружина стремится повернуть рычаг и поставить гильзу *75* шарнира, шток *13* и тягу *8* в нижнее положение, тем самым выбирая зазоры в шарнирах рычажного механизма. Плечо *76* трехплечего рычага соединено тягой *88* с рычагом *87*. Рычаг своим разрезным окончанием надет на шлицевой валик *86*, на который надет зубчатый сектор регулятора и поворот которого изменяет степень затяжки пружины регулятора, что изменяет и устанавливает число оборотов вала дизеля.

Изменение положения оси шарнира по высоте изменит затяжку регулятора пружины. Опускание шарнира ослабит затяжку пружины, что поведет к уменьшению числа оборотов вала дизеля. Если же шарнир будет поднят, то пружина будет затянута сильнее и число оборотов вала дизеля возрастет. Для установления необходимых чисел оборотов вала двигателя пользуются указанным свойством механизма, для чего применяют муфту *10*, вращение которой изменяет общую длину тяги *8* и штока *13* и тем самым изменяет по высоте положение хомута шарнира *78*.

Удлинение тяги повышает число оборотов вала двигателя, а укорочение ее — понижает их. Кроме положения шарнира по высоте, имеет значение расстояние, на которое он удален от оси вращения трехплечего рычага. Для одной и той же величины подъема шарнира угол, на который повернется трехплечий рычаг, будет больше, если расстояние оси хомута шарнира *78* от оси вращения трехплечего рычага будет меньше; этот угол поворота будет меньше, если расстояние между осями шарнира и рычага увеличится. Поэтому при регулировке числа оборотов вала дизеля следует для крайнего нижнего положения шарнира, когда не сработал ни один воздушный цилиндр электропневматического механизма,

установить муфтой *10* число оборотов вала при холостом ходе (275 об/мин), а затем для крайнего верхнего положения шарнира (когда сработали все три воздушных цилиндра электропневматического механизма) установить полное число оборотов (740 об/мин), перемещая хомут шарнира по стержню *85* трехплечего рычага.

В шарнирных соединениях рычажного механизма не должно быть заеданий и механизм должен перемещаться легко. Для этой цели некоторые рычаги (*76, 77, 88*) выполнены из бронзы марки БрОЦС 3-11-5, а остальные имеют бронзовые втулочки.

На фиг. 68, на которой дан вид насоса и регулятора сзади, видны только рычаг *87* и тяга *88* (фиг. 67), так как весь механизм еще не установлен. Хорошо видны болты крепления механизма, а также вал подачи *71* с рычагами *73* (фиг. 67). На нажимных штуцерах секций навернуты предохранительные колпачки, которые после установки насоса на место снимаются и заменяются накидными гайками нагнетательного трубопровода, такими же, как у форсунок (см. фиг. 65).

Самоуплотняющийся сальник *100* (фиг. 67) состоит из корпуса *102*, в который ставится кожаная манжета *104*. Зажимное кольцо *106* прижимает нерабочую часть манжеты к корпусу. Зажимное кольцо прижато через кольцо *105* буртом, который получается от загиба края корпуса. Манжета прижимается к валу кольцевой пружиной *103*.

Сальник ставится свободным концом манжеты к той полости, в которой давление будет больше, например, в сторону подшипника, смазываемого маслом под давлением. Тогда масло, заходя в сальник, будет дополнительно прижимать манжету к валу, автоматически улучшая уплотнение сальника.

Подобные сальники установлены на клапанных рычагах, в регуляторе оборотов дизеля, в компрессоре и т. п.

ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ РЕГУЛЯТОРА

Изменение затяжки всережимной пружины регулятора осуществляется электропневматическим механизмом, связанным через рычажную передачу с зубчатым сектором верхнего корпуса регулятора.

Электропневматический механизм регулятора числа оборотов вала двигателя (фиг. 70) состоит из двух основных частей: электропневматической (управляющей) и пневматической (исполнительной). Рассмотрим пневматическую часть механизма и частично воздушную часть электропневматического вентиля.

Корпус *6* пневматической части механизма имеет три колодца, в которых перемещаются поршеньки с манжетными уплотнениями *2*. На болт *3*, головка *7* которого упирается в бурт корпуса, а стержень проходит внутрь колодца, ставятся регулировочные прокладки *4*, которые упираются в бурт стержня *3*. Шайбы прижаты к болту через ступенчатую втулку *5*, кожаные манжеты *2*, шайбу *36* и разрезную пружинную шайбу *37* гайкой *1*. Гайка предохранена от самоотвертывания разведением пропиленного конца стержня *3*.

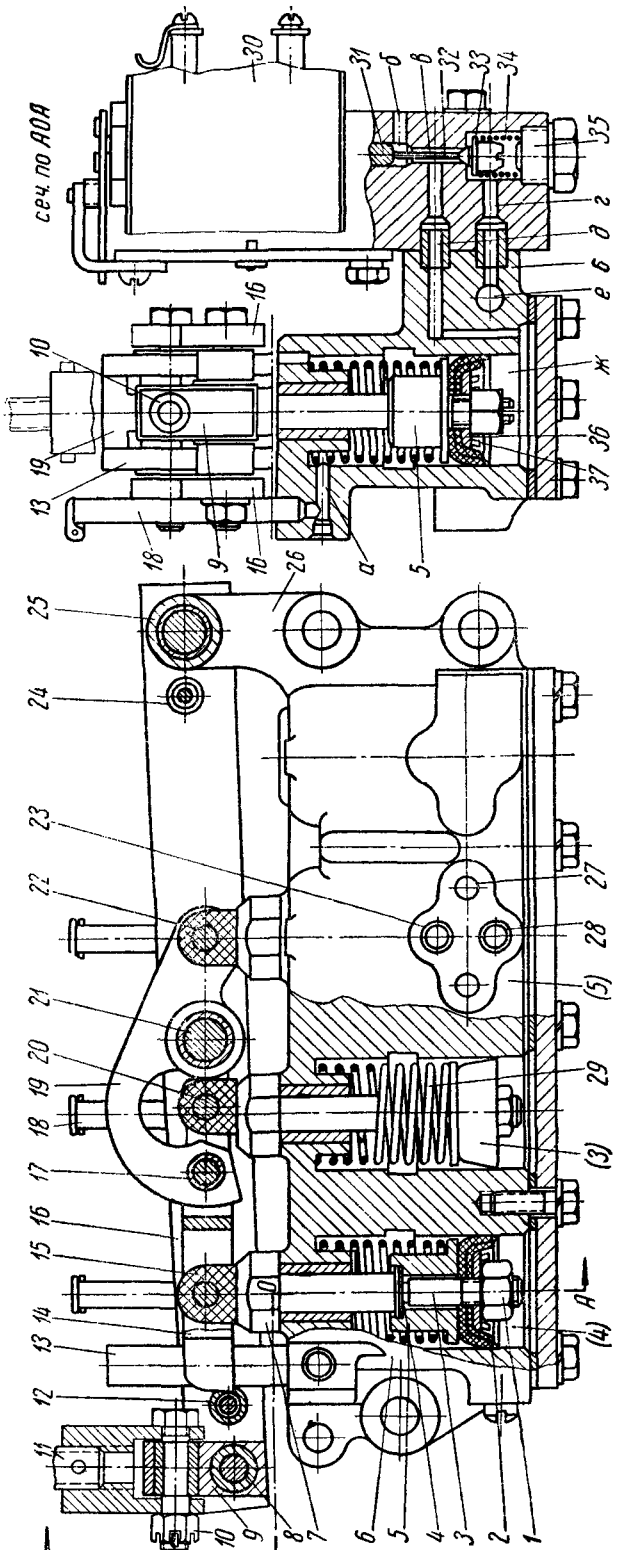
Ход поршенька воздушного цилиндра определяется расстоянием между верхним днищем колодца и торцом ступенчатой втулки *5*. Величина этого расстояния должна быть равна 13,2 *мм* с допуском + 0,3 *мм*. Устанавливается указанное расстояние изменением толщины регулировочных прокладок *4*.

На верхнюю плоскость головки болта опирается текстолитовый ролик *15*, имеющий плоскую опорную поверхность. Два ролика посредством валиков *20* связаны с рычагом *14*, а третий ролик посредством валика *22* связан с рычагом *19*. Рычаг *19* при помощи валика *21* соединен с двумя планками *16* главного рычага, который качается вокруг валика *25* и кронштейна *26*. От перемещения в сторону и от перекоса главный рычаг предохранен направляющими планками *13* и распорными втулками *12* и *24*. Задний конец планки *16* (ближний к блоку цилиндра дизеля) соединен валиком *8* через призму *9* и валик *10* с вилкой тяги *11* рычажного управления регулятором (фиг. 67, стр. 88).

Поршеньки смазываются через масленки *18* (фиг. 70) по каналу *а*, по которому верхняя полость колодца сообщается также и с атмосферой.

К фланцам каждого цилиндра болтами *27* присоединяется электропневматический вентиль *30*, воздушная часть которого каналами *г* и *д* соединяется с соответствующими каналами корпуса: канал *г* соединяется с продольным каналом *е*, по которому подводится воздух из воздушной магистрали, канал *д* соединяется с полостью под поршеньком цилиндра.

Воздушная часть вентиля *30* состоит из игольчатого впускного клапана *33*, нижняя часть которого притерта к посадочному пояску, а верхняя, представляющая собой стержень *32*, упирается в торец стержневого клапана *31*.



Фиг. 70. Электропневматический механизм регулятора числа оборотов вала двигателя:

1 — гайка крепления манжеты; *2* — кожаная манжета; *3* — стержень болта; *4* — регулировочные прокладки; *5* — ступенчатая втулка; *6* — корпус пневматической части механизма; *7* — головка болта поршня; *8* — валик; *9* — соединительная призма; *10* — валик призмы; *11* — тяга; *12* — направляющая планка; *13* — распорная втулка; *14* — рычаг; *15* — ролик; *16* — боковая планка главного рычага; *17* — валик шарнирного соединения рычагов *14* и *19*; *18* — масленка; *19* — рычаг; *20* — палик ролика; *21* — валик шарнирного соединения рычагов *19* и *16*; *22* — валик ролика; *23* — переходная втулка; *24* — распорная втулка; *25* — валик; *26* — кронштейн; *27* — болт крепления магнитного клапана; *28* — переходная втулка; *29* — пружина поршня; *30* — электропневматический вентиль; *31* — стержневой выпускной клапан; *32* — стержень впускного клапана *33*; *33* — пружина; *34* — пружина; *35* — пробка и ограничитель хода клапана *33*; *36* — шайба; *37* — разрезная пружинная шайба; *а*, *б*, *в*, *г*, *д* и *е* — каналы; *ж* — рабочая полость цилиндра.

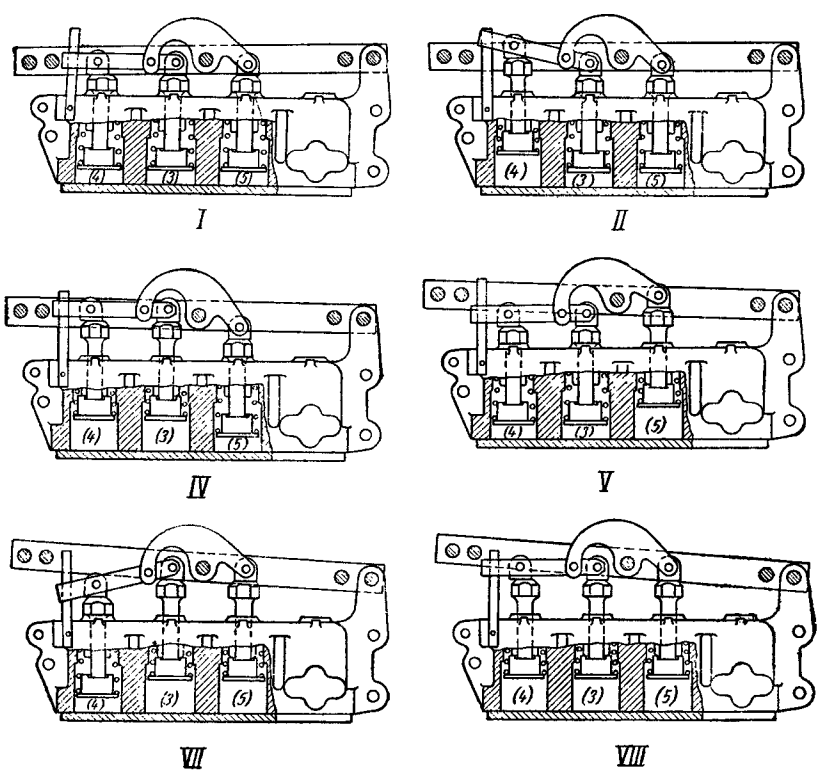
Цифры на цилиндрах означают нумерацию проводов согласно электросхеме № ОА-1022 завода „Динамо" им. Кирова.

Клапан *33* пружиной *34* прижимается к седлу, закрывая проход воздуху из каналов *е* и *г* в каналы *в* и *д* и далее в полость *ж* цилиндра, которая в этом случае соединена сверлением *б*, с атмосферой. Такое положение клапан имеет в том случае, когда катушка магнитного клапана обесточена. Если же катушка клапана возбуждена, то стержень выпускного клапана *31* будет прижат книзу, закроет отверстие *б* и опустит вниз впускной клапан *31*. Воздух из канала *е* через канал *г* и *в* пройдет по каналу *д* в полость *ж* под поршенек цилиндра и поднимет его до упора в днище колодца, а вместе с ним и тот конец рычага, с которым головка болта *7* соединена роликом *15*.

Изменение последовательности возбуждения катушек магнитных клапанов вызывает соответствующую последовательность срабатывания пневматических цилиндров. Это позволяет получить постепенный подъем конца планки *16* главного рычага, а следовательно, и тяги *11*.

На фиг. 71 даны схемы последовательности включения цилиндров (катушек магнитных клапанов) в зависимости от положения рукоятки контроллера машиниста. Нумерация цилиндров дана согласно электросхеме тепловоза (см. фиг. 34), по которой цилиндр, ближайший к тяге *11* (фиг. 70), имеет № 4, следующий за ним — № 3 и последний — № 5 (фиг. 71).

Ниже приведены положения рукоятки контроллера номера цилиндров, в которые подается воздух, и числа оборотов вала дизеля с допускаемыми отклонениями. Напомним, что вся система рычагов отжимается вниз пружиной 89 трехплечего рычага, расположенной на кронштейне *16* (см. фиг. 67).



Фиг. 71. Схема работы-электропневматического механизма регулятора:

I — схема работы цилиндров и рычажной системы для положения холостого хода и первого поездного положения рукоятки контроллера машиниста; *II* — *VIII* — схемы работы цилиндров и рычагов рычажной системы для указанных под фигурами соответствующих положений рукоятки контроллера машиниста.

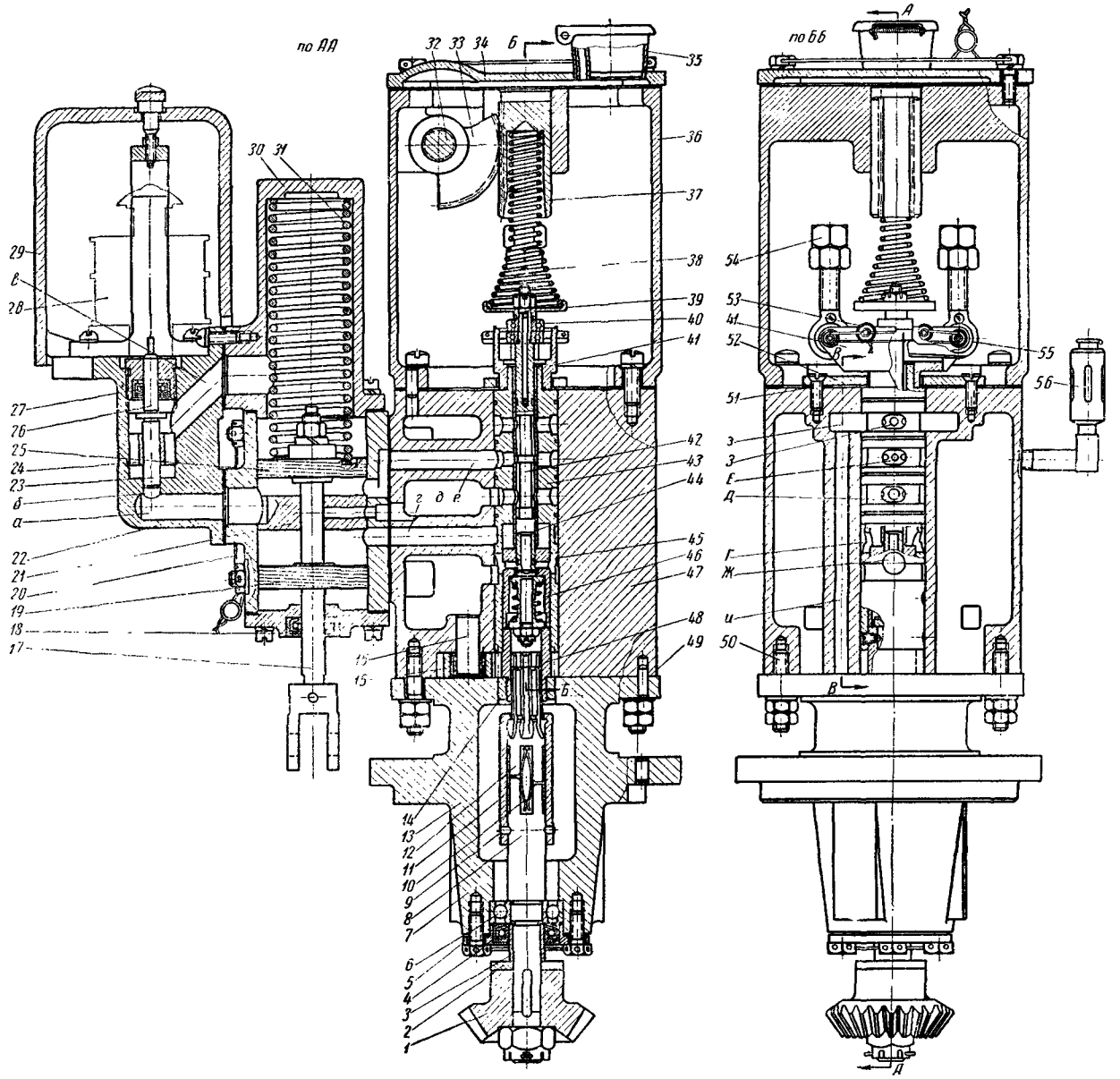
Положение рукоятки контроллера машиниста	Номер возбужденного электропневматического вентиля	Число оборотов дизеля с допускаемыми отклонениями
0	—	270^{+15}
I	—	270^{+15}
II	4	$355^{\pm 10}$
III	3	$430^{\pm 10}$
IV	4—3	$495^{\pm 10}$
V	5	$555^{\pm 10}$
VI	4—5	$615^{\pm 10}$
VII	3—5	$675^{\pm 10}$
VIII	4—3—5	$740^{\pm 5}$

РЕГУЛЯТОР

Основные свойства регулятора. Для того, чтобы установить необходимое число оборотов дизеля и для того чтобы затем поддерживать это установленное число оборотов постоянным при любой переменной нагрузке, служит регулятор дизеля. По своей конструкции регулятор всережимный, т. е. он мог бы работать на любом числе оборотов в диапазоне от минимальных до полных. Однако в связи с принятой системой рассмотренного ранее управления регулятором при помощи электропневматического механизма он используется как восьмирежимный.

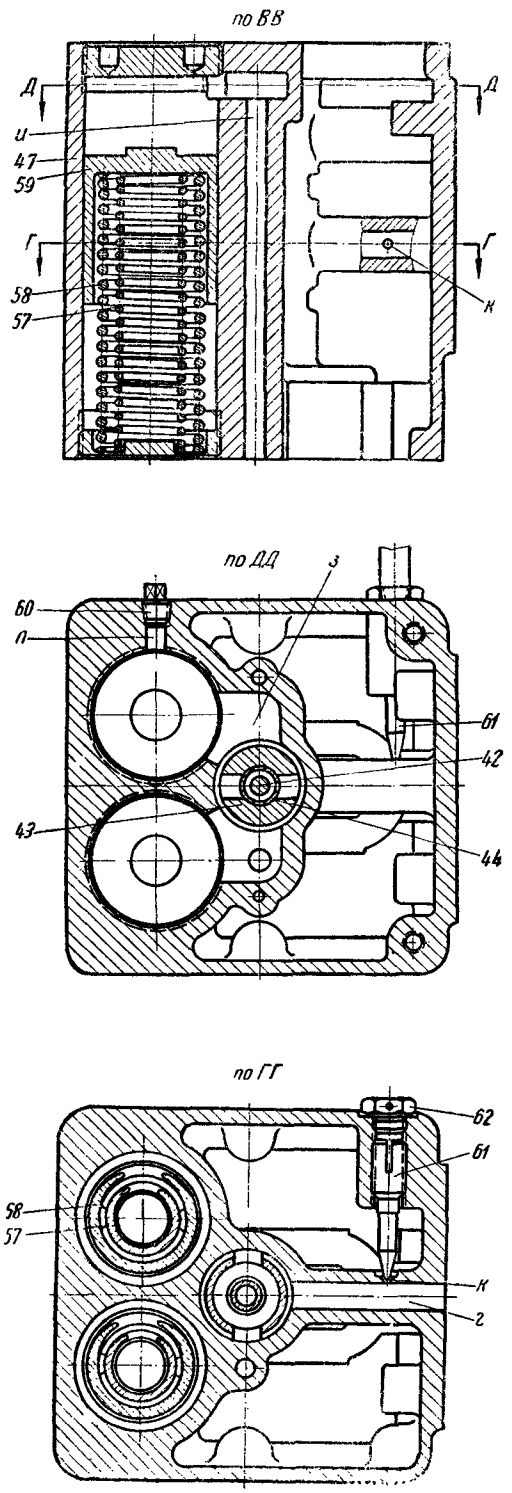
Регулятор гидромеханического типа, т. е. в нем центробежная сила, развиваемая вращающимися массами (грузами), воздействует не непосредственно на привод вала, управляющего подачей топлива, а на органы, управляющие гидравлической системой регулятора, во взаимодействии с которой осуществляется регулирование, что в конечном счете ведет к изменению положения регулирующих реек топливных насосов.

Отличительной особенностью данного регулятора является то, что в нем устранено отри-



Фиг. 72. Регулятор (нумерация общая с фиг. 73 и 74):

1 — коническая шестерня; *2* — регулировочное кольцо; *3* — проставочная втулка; *4* — сальник; *5* — фланец; *6* — шарикоподшипник; *7* — нижний корпус регулятора; *8* — вал привода; *9* — штифт; *10* — пакет рессорных пластин; *11* — втулка; *12* — шлицевой валик; *13* — нижний фланец корпуса; *14* — втулка; *15* — ведомая шестерня; *16* — валик шестерни; *17* — шток сервомотора; *18* — сальник; *19* — компенсирующий поршень; *20* — корпус масляного сервомотора; *21* — перегородка; *22* — корпус золотника автоматического выключения дизеля; *23* — золотник автоматического выключения; *24* — направляющая крестовина; *25* — силовой поршень масляного сервомотора; *26* — толкатель; *27* — сальник; *28* — катушка электромагнита автоматического выключения дизеля; *29* — крышка электромагнита; *30* — корпус пружины сервомотора; *31* — пружина сервомотора; *32* — шлицевой вал; *33* — зубчатый сектор управления регулятором; *34* — крышка; *35* — горловина для залнвки масла; *36* — верхний корпус; *37* — валик-рейка; *38* — пружина регулятора; *39* — тарелка; *40* — подшипник плунжера; *41* — траверса; *42* — плунжер. *43* — букса; *44* — золотник; *45* — поршень золотника; *46* — втулка компенсирующего элемента; *47* — корпус регулятора; *48* — ведущая шестерня масляного насоса; *49* — прокладка; *50* — шпилька; *51* — регулировочные прокладки осевого зазора золотникового элемента; *52* — фланец; *53* — шайба ограничителя рычага грузов; *54* — грузы; *55* — рычаг; *56* — указатель уровня масла; *57* — внутренняя пружина масляного аккумулятора; *58* — наружная пружина масляного аккумулятора; *59* — поршень аккумулятора; *60* — пробка; *61* — игла; *62* — пробка иглы; *63* — гайка хвостовика золотника; *64* — конусный винт; *65* — нижняя тарелка пружины; *66* — пружина; *67* — хвостовик золотника; *68* — конусный винт; *69* — верхняя тарелка пружины; *70* — регулировочные прокладки; *71* — регулировочные прокладки; *72* — ограничитель рычага грузов; *73* — шарикоподшипник; *74* — ось шарикоподшипника; *75* — гайка плунжера; *76* — верхний диск плунжера; *77* — рабочий диск плунжера; *78* — направляющий диск плунжера; *а, б, в, г, д, е, з, и* — каналы и полости; *к* — отверстие для иглы компенсирующей системы; *л* — отверстие для замера давления в аккумуляторах; *м* — метка на шестерне; *н* — радиальное сверление в плунжере, сообщающееся с его осевым сверлением; *о* — осевое сверление; *п* — диаметральное сверление в хвостовике золотника; *р* — торцы тарелок; *с* — сверление в теле корпуса регулятора, сообщающее аккумуляторы с масляной ванной; *Г, Д, Е, Ж, З* — окна буксы; *δ, ε, z* — окна золотника, соединяющиеся с окнами буксы.



Фиг. 72а.

цательное качество так называемой обратной связи, характеризующейся тем, что при регулировании установленных оборотов с изменением нагрузки они также несколько изменяются. Указанное отрицательное качество регулятора с обратной связью (например, в дизеле тепловоза Э^{эл}) вызывается тем обстоятельством, что муфта регулятора при изменении нагрузки должна занимать при одном и том же числе оборотов разное по высоте положение. В регуляторе же дизеля Д-50 муфта регулятора для установленного числа оборотов занимает постоянное положение вне зависимости от изменения нагрузки. Система, позволяющая добиться этого положения, состоящая из поршней *19* и *45* (фиг. 72), золотника *44*, пружины *66* и иглы *61*, связанных каналами, называется изодромной, а сам регулятор — изодромным.

Основное свойство изодромного регулятора заключается в том, что он абсолютно точно поддерживает установленное число оборотов вала двигателя независимо от его нагрузки.

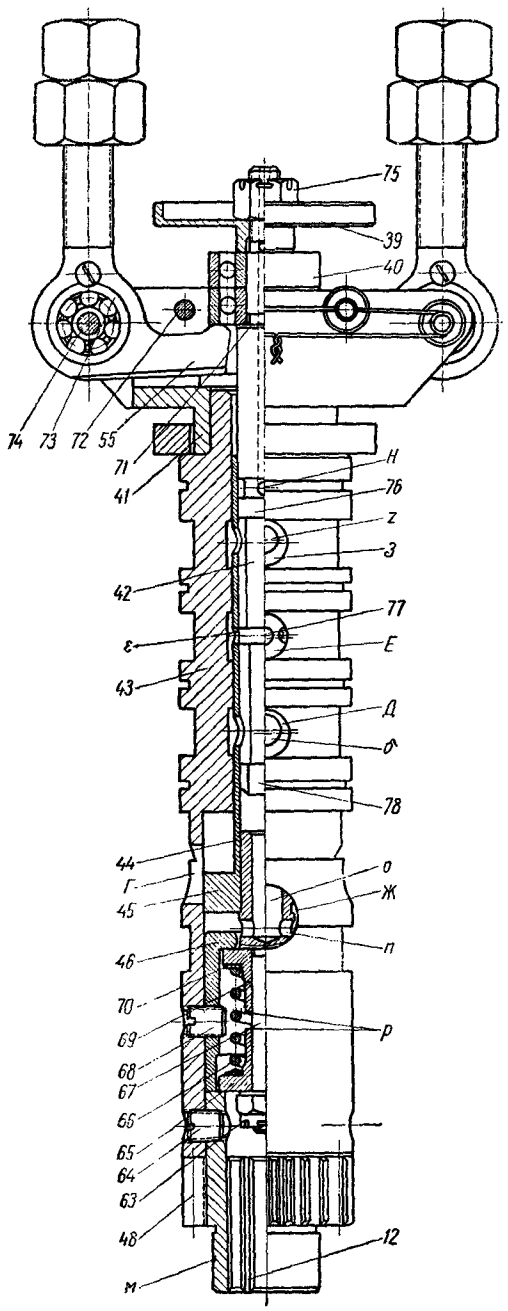
Конструкция. Регулятор имеет три основных узла: собственно регулятор, сервомотор и механизм автоматического выключения. Собственно регулятор состоит из трех частей: нижнего корпуса с приводом вращающихся частей регулятора, среднего корпуса, в котором расположены основные регулирующие элементы, и верхнего корпуса или головки, в котором расположен механизм управления регулятором.

Нижний корпус *7* (фиг. 72) установлен в корпусе привода регулятора, поставленном на картер топливного насоса. Коническая шестерня *1* вала регулятора входит в зацепление с шестерней, посаженной на втулку цилиндрической ведомой шестерни привода. Передаточное отношение конических шестерен (ведущей и ведомой) составляет 33 : 23, передаточное отношение цилиндрических шестерен 61 : 27. И так как вал топливного насоса вращается с числом оборотов вдвое меньшим числа оборотов коленчатого вала, то регулятор будет иметь число оборотов в 1,62 раза превышающее число оборотов вала дизеля.

Взаимное положение конических шестерен устанавливается, как указывалось выше, регулирующими шайбами на валу привода (см. фиг. 67) и регулировочным кольцом *2* (фиг. 72); боковой зазор между зубьями должен быть в пределах 0,25—0,3 *мм* при несовпадении затылков шестерен не более 0,2 *мм*.

Шестерня крепится гайкой, которая через втулку *3* прижимает подшипник *6* к бурту вала *8* привода.

Установка вала *8* с подшипником *6* на место осуществляется фланцем *5*, который ставится с натягом в 0,04—0,06 *мм* в корпус регулятора. Так как вся нижняя полость корпуса регулятора заполнена маслом, проходящим из среднего корпуса через косое сверление, то для уплотнения вала привода поставлен самоуплотняющийся сальник *4*.



Фиг. 73. Золотниковая часть регулятора (нумерация общая с фиг. 72).

Верхняя часть вала привода имеет четыре прорезн и четыре выступа, причем два из них более высокие. Такие же прорези и выступы имеет шлицевой вал *12*. В прорези обоих валов (при этом более длинные выступы должны приходиться против коротких) ставятся с предварительным натягом рессорные пластины *10*. В две прорези ставится по четыре, а в две других прорези — по две пластины, и затем на рессорное соединение валов надевается втулка *11*. Верхний бурт втулки и конический штифт *9* фиксируют это упругое соединение. Нижний корпус соединяется со средним четырьмя шпильками 50.

Плоскости соединяемых корпусов должны быть проверены по плите на краску. Между плоскостями корпусов ставится прокладка, которую рекомендуется предварительно пропитать в насыщенном мыльном растворе при температуре в 40—60° С в течение 30 мин. и просушить. Плотность соединения плоскостей корпуса проверяется затем наливанием в корпус керосина. Если в течение 30 мин. следов просачивания керосина не наблюдается, то это свидетельствует о необходимой плотности соединения.

Имеющаяся на соединительной плоскости корпуса узкая канавка глубиной 0,5 *мм*, соединяющая полости масляной ванны, и как бы окружающая нагнетательную полость масляного насоса, служит для улавливания масла, которое может случайно пробиться под давлением из полости масляного насоса, и для отвода его в ванну.

Шлицевой валик *12* входит в шлицевые вырезы ведущей шестерни *48* масляного насоса регулятора. Шестерня плотно входит в буксу *43* золотниковой части регулятора и соединяется с ней двумя конусными винтами *64*. Нижний бурт шестерни опирается на бронзовую втулку *14*, впрессованную в нижний корпус. Шестерня *48* приводит во вращение ведомую шестерню *15*, размещенную, как и ведущая шестерня, в вырезах среднего корпуса.

Зазор между торцом ведомой шестерни и корпусом должен быть равен 0,031—0,083 *мм*; зазор в зубьях шестерен — 0,04—0,17 *мм*; радиальный зазор при разведенных шестернях — 0,03—0,08 *мм*; зазор на валике приводной шестерни — 0,016—0,032 *мм*. Шестеренчатый масляный насос, образованный шестернями *48* и *15*, надежно поддерживает необходимое давление масла в гидравлической системе регулятора.

Масляный насос подает масло под давлением по каналу *и* в полость *з*, сообщающуюся с двумя аккумуляторами давления. Аккумуляторы представляют собой два колодца, сверху плотно закрытые пробками, а снизу имеющие нажимные гайки с отверстиями для свободного прохода масла. В каждом колодце перемещается поршень *59*, который двумя пружинами *57* и *58* прижимается к верхней пробке. Когда давление масла в нагнетательном трубопроводе превышает нормальное, поршень, сжимая пружины, своей верхней кромкой приоткроет отверстие *с* в стенке аккумулятора (фиг. 74, *а*), выходящее в масляную ванну регулятора, и тем самым понизит давление в нагнетательных каналах до нормальной величины. Одновременно

аккумуляторы являются резервуарами для масла, расходуемого при резких изменениях нагрузки для заполнения объема над силовым поршнем сервомотора.

Масло засасывается шестеренчатым насосом из внутренней полости регулятора, которая заполнена маслом по высоте до середины маслоуказательного стекла.

На фиг. 72 показан регулятор последних выпусков. В более ранних конструкциях регулятора насос имел два канала, в которых были установлены по два шариковых клапана, что давало возможность применять регулятор как для правого, так и для левого вращения машин. На фиг. 76 показано расположение шариковых клапанов одного из каналов такого регулятора.

Букса *43* вращается с числом оборотов, равным числу оборотов вала *8* привода. На буксу напрессована бронзовая траверса *41*, служащая опорой двух шариковых подшипников *40* угловых рычагов грузов *55* (см. также фиг. 73). Угловые рычаги *55* выступами своих горизонтально расположенных плеч упираются в нижнюю торцевую плоскость наружной обоймы шарикоподшипника *40*, который гайкой *75* (см. также фиг. 73) через тарелку *39* пружины *38* прижат к борту плунжера *42*.

На тарелку плунжера давит всережимная пружина *38* регулятора, затяжка которой определяется положением валика-рейки *37*, в свою очередь перемещаемой зубчатым сектором *33*, жестко связанным со шлицевым валиком *32*. Давление пружины через тарелку и шарикоподшипники передается на выступы горизонтальных плеч рычагов грузов и стремится отжать их (и плунжер) в крайнее нижнее положение. При этом, так как плунжер связан с внутренней обоймой шарикоподшипника, а рычаги — с наружной обоймой, вращение буксы и рычагов не будет передаваться плунжеру, который, следовательно, будет неподвижен относительно пружины и корпуса регулятора.

Букса, вращающаяся в колодце корпуса регулятора, должна иметь диаметральный зазор, равный 0,045—0,030 *мм*, а продольный — 0,08—0,03 *мм*. Зазор в продольном (осевом) направлении устанавливается набором прокладок *51* и фланцем *52*. Зазор в продольном направлении является, очевидно, также и торцевым зазором ведущей шестерни масляного насоса.

Букса имеет по высоте пять кольцевых проточек, в которых имеются окна, совпадающие с соответствующими каналами в корпусе регулятора. Так, окно *З* сообщено с каналом *з*, идущим от нагнетательной полости масляного насоса и аккумуляторов, окно *Е* — с каналом *е*, ведущим к полости под силовым поршнем масляного сервомотора, окно *Д* — с внутренней полостью регулятора и каналом *д*, ведущим в смазочное сверление перегородки *21* сервомотора, окно *Г* — с каналом *г*, идущим в пространство над компенсирующим поршнем *19* сервомотора, и через отверстие *к*, проходное сечение которого регулируется иглой *61*, соединяется с масляной ванной регулятора; наконец, окно *Ж* буксы выходит непосредственно в масляную ванну регулятора.

Соответствующие окна δ, ε и *z* прорезаны в золотнике *44*, представляющем собой тонкостенную гильзу, установочный диаметральный зазор которой в буксе составляет 0,045—0,094 *мм*, а диаметральный зазор плунжера (дисков) в гильзе — 0,03—0,04 *мм*.

В нижнюю часть золотника, представляющую собой поршень *45*, запрессован хвостовик *67*, имеющий на нижнем конце нарезку. Хвостовик гильзы входит во втулку *46* и на нем закреплены верхняя *69* и нижняя *65* тарелки пружины *66*, стянутые гайкой *63* и закрепленные шплинтом с тщательно загнутыми концами.

Гайка *63* должна быть затянута настолько, чтобы внешний торец тарелки *65* при вынутой из буксы и перевернутой кверху хвостовиком гильзе был бы на одном уровне с нижним торцом втулки *46*, также вынутой из буксы. При этом держать следует втулку, а гильза должна лежать опираясь буртом тарелки *69* на внутренний бурт втулки *46*. Предварительная затяжка пружины, составляющая $1^{+0,2}$ *кг*, устанавливается прокладками *70*.

В буксе *43* втулка *46* закреплена конусным винтом *68*, головка которого при завинчивании до отказа, так же как головки винтов *64*, должна быть утоплена в буксе, но не более чем на 2 *мм*.

В верхней части хвостовика *67* имеются осевое сверление *о* и диаметральное сверление *п*, соединяющие полость внутри золотника через окно *Ж* с масляной ванной регулятора.

В среднем ряду окон в золотнике имеется восемь, а в крайних — по четыре окна. С наибольшей точностью должны быть выполнены средние окна, играющие особо важную роль в процессе регулирования, это также относится и к рабочему диску плунжера, имеющему высоту, равную диаметру отверстия. Так, перекрытие наибольшего отверстия ε золотника кромками диска *77* плунжера не должно быть

более 0,10 *мм* на обе стороны, а зазор между кромками всех отверстий и кромками диска должен составлять не более 0,08 *мм* на обе стороны.

Плунжер *42* имеет три уплотняющих диска: средний диск является рабочим; нижний диск служит для направления, причем имеет срез, через который сообщаются полости сверху диска и под ним; верхний диск служит только для уплотнения. Над верхним диском имеется диаметральное сверление *н*, пересекающееся с осевым сверлением; причем осевое сверление вновь пересекается над подшипниками вторым диаметральным сверлением.

По перечисленным сверлениям масло, просочившееся через неплотности диска *76*, проходит к шарикоподшипникам *40* и на тарелку *39*, откуда попадает также и на шарикоподшипники рычагов грузов регулятора.

Материалом для изготовления золотниковой части регулятора служат: для плунжера — сталь марки 12 ХН3А; для золотника — сталь марки 40Х; для буксы — отливка из серого чугуна марки СЧ 24-44; шестерни масляного насоса изготовлены из стали марки 40Х. Детали подвергаются термической обработке, шлифуются и доводятся притиркой до необходимых размеров и необходимой чистоты поверхности.

Материалом для изготовления иглы *61* служит сталь марки *40*. Назначение иглы — создать такое проходное сечение для перетекания масла из канала *г* через сверление *к* в масляную ванну регулятора (и наоборот), чтобы действие изодромной системы было наиболее эффективным. Регулируется игла с наружной стороной корпуса при вывернутой пробке *62*.

С корпусом регулятора соединен корпус масляного сервомотора *20*. При этом канал *е* корпуса регулятора соединяется с каналом, идущим из полости под силовым поршнем *25*, канал *г* — с полостью над компенсирующим поршнем *19*, а канал *д* входит в вырезы, образующие на привалочной плоскости корпуса сервомотора подобие буквы *Н*. В центре перекладины этой буквы в перегородке *21* имеется сверление, по которому масло поступает на смазку штока *17*, а по концам вертикальных вырезов имеются сверления, по которым масло проходит в масляную ванну регулятора: а) при движении компенсирующего поршня сервомотора вниз; б) при срабатывании золотника автоматического выключения дизеля; в) просочившееся между поршнями *19* и *25* и корпусом сервомотора.

Для уплотнения штока сервомотора служит самоуплотняющийся сальник *18*. В нижней части шток вилкой связан с тягами управления топливными насосами (см. фиг. 67).

Сверху корпуса сервомотора поставлен корпус *30* (фиг. 72) пружины *31*, усилие от которой действует на силовой поршень и направлено постоянно вниз. Пружина поставлена с предварительной затяжкой.

На корпусе сервомотора устанавливается корпус золотника автоматического выключения дизеля. Канал *а* этого корпуса соединяет пространство под силовым поршнем со сверлением *б*, в котором ходит золотник выключения *23*. На верхнюю торцевую поверхность золотника давит толкатель *26*, который проходит через сальник *27* и упирается своим верхним торцом в сердечник электромагнита выключения регулятора (соленоида) *28*. Если по катушке электромагнита протекает ток, то толкатель *26* отжимает золотник *23* вниз в положение, при котором цилиндрическая часть золотника закрывает выход маслу, несмотря на то, что в процессе работы в полости *а* всегда имеется давление. Если же катушка *28* электромагнита обесточится, то давлением масла снизу золотник будет поднят, по сверлению *б* и каналу *в* масло перейдет из-под силового поршня в масляную ванну регулятора, и поршень опустится под воздействием пружины *31* в крайнее нижнее положение, т. е. выключит подачу топлива в цилиндры дизеля.

К монтажным размерам золотниковой части регулятора предъявляются следующие требования.

Полный ход плунжера равен $6{,}4^{+0{,}1}$ *мм*. Ход золотника от среднего положения равен $3{,}2^{0{,}05}$ *мм* (устанавливается подбором тарелок *65* и *69*, причем допускается зачистка торцов *р*). В нижнем крайнем положении плунжера и золотника окна *е* должны быть перекрыты диском *77* плунжера. При этом поршень золотника верхней кромкой должен открывать отверстие *Ж* буксы на 0,2—0,4 *мм*. Указанное требование выполняется постановкой прокладок *71* между буртом плунжера и шарикоподшипником *40*. Если окна *е* не перекрыты нижней кромкой диска *77*, то следует отвернуть гайку *75*, снять тарелку *39* пружины и шарикоподшипник *40*, затем снять регулировочную прокладку *71*, равную по толщине высоте неперекрытого окна, и снова собрать плунжер и золотник. Если окно не перекрыто верхней кромкой плунжера, то следует не снять, а добавить прокладку под шарикоподшипник

с тем, чтобы после сборки диск плунжера перекрывал бы окна ε золотника.

В нижнем крайнем положении золотника зазор между поршнем золотника и торцом втулки *46* должен быть не менее 0,1 *мм*. В обоих (верхнем и нижнем) крайних положениях золотника окна *Ж* или *Г* должны быть открыты соответственно нижней или верхней кромкой поршня по высоте на 0,9—1,8 *мм* в верхнем положении и на 0,6—1,5 *мм* — в нижнем положении.

Ход штока масляного сервомотора составляет $26^{\pm 0,5}$ *мм*.

Работа регулятора. Работа регулятора схематически изображена на фиг. 74 (нумерация на фиг. 74 — общая с фиг. 72 и 73).

На фиг. 74, *а* изображено положение деталей регулятора при установившихся числах оборотов вала и неизменной нагрузке двигателя.

Геометрическая ось, проходящая через центры поворота рычагов грузов регулятора, точно совпадает с нижней торцевой поверхностью шарикоподшипника плунжера, что свидетельствует о полном равновесии сил, развиваемых вращающимися грузами *54*, и усилия, развиваемого пружиной *38* регулятора. При данном положении подшипника (муфты) плунжер своим диском *77* перекрывает окно ε золотника, и масло, нагнетаемое шестеренчатым насосом, не может пройти по каналу *з* и *е* в пространство под силовой поршень *25* сервомотора, а по сверлению *с* в теле корпуса регулятора отводится в масляную ванну.

Золотник *44* и его поршень *45* находятся в среднем положении, при котором пружина компенсирующего элемента сжата предварительной затяжкой гайки *63*, а торцы тарелок *65* и *69* только касаются бурта втулки *46* и торца втулки шестерни *48*.

Над компенсирующим поршнем *19* сервомотора нет ни давления, ни разрежения, так как полость над ним сообщена отверстием иглы *61* с масляной ванной регулятора, с которой сообщена также и полость над поршнем *45* золотника. Усилие, развиваемое пружиной *31* сервомотора, не может переместить силовой поршень, так как масло под ним не имеет выхода ни через канал *е*, ни через канал *а*.

При уменьшении нагрузки на дизель до того, как регулятор сработает, топливные насосы будут продолжать подавать установленное для них количество топлива. Вследствие этого число оборотов коленчатого вала дизеля возрастет, одновременно возрастет и число оборотов вала регулятора и грузов *54*. Грузы начнут расходиться на величину, пропорциональную ускорению вращения вала, горизонтальные плечи их поднимутся, сжимая пружину *38* и заставляя подняться тарелку *39* и плунжер *42*.

Рабочий диск плунжера *77* откроет окно ε золотника, и масло из полости под поршнем *25* начнет протекать по каналу *е* через окно *Е* буксы *43*, через окно ε золотника *44* между стержнем плунжера и золотником, через окна *ё* и *Д* золотника и буксы в полость *д* и масляную ванну регулятора. Одновременно будет происходить перетекание масла по осевому и диаметральному сверлениям в хвостовике золотника через окна *Ж* буксы в масляную ванну.

Силовой поршень *25* сервомотора начнет опускаться и вместе с ним будет опускаться и компенсирующий поршень *19*.

В полости над компенсирующим поршнем при движении его вниз образуется разрежение, которое не может быть сразу ликвидировано притоком масла из масляной ванны через отверстие *к* иглы *61* вследствие незначительной величины проходного сечения. Разрежение передается в полость над поршнем *45* золотника через окно *Г* буксы *43*, и поршень начинает подниматься, сжимая пружину *66* компенсирующего элемента (фиг. 74, *б*). Вместе с поршнем *45* поднимается и золотник *44*, причем его отверстие ε будет постепенно перекрываться диском *77* плунжера, что вызовет уменьшение утечки масла из-под силового поршня сервомотора.

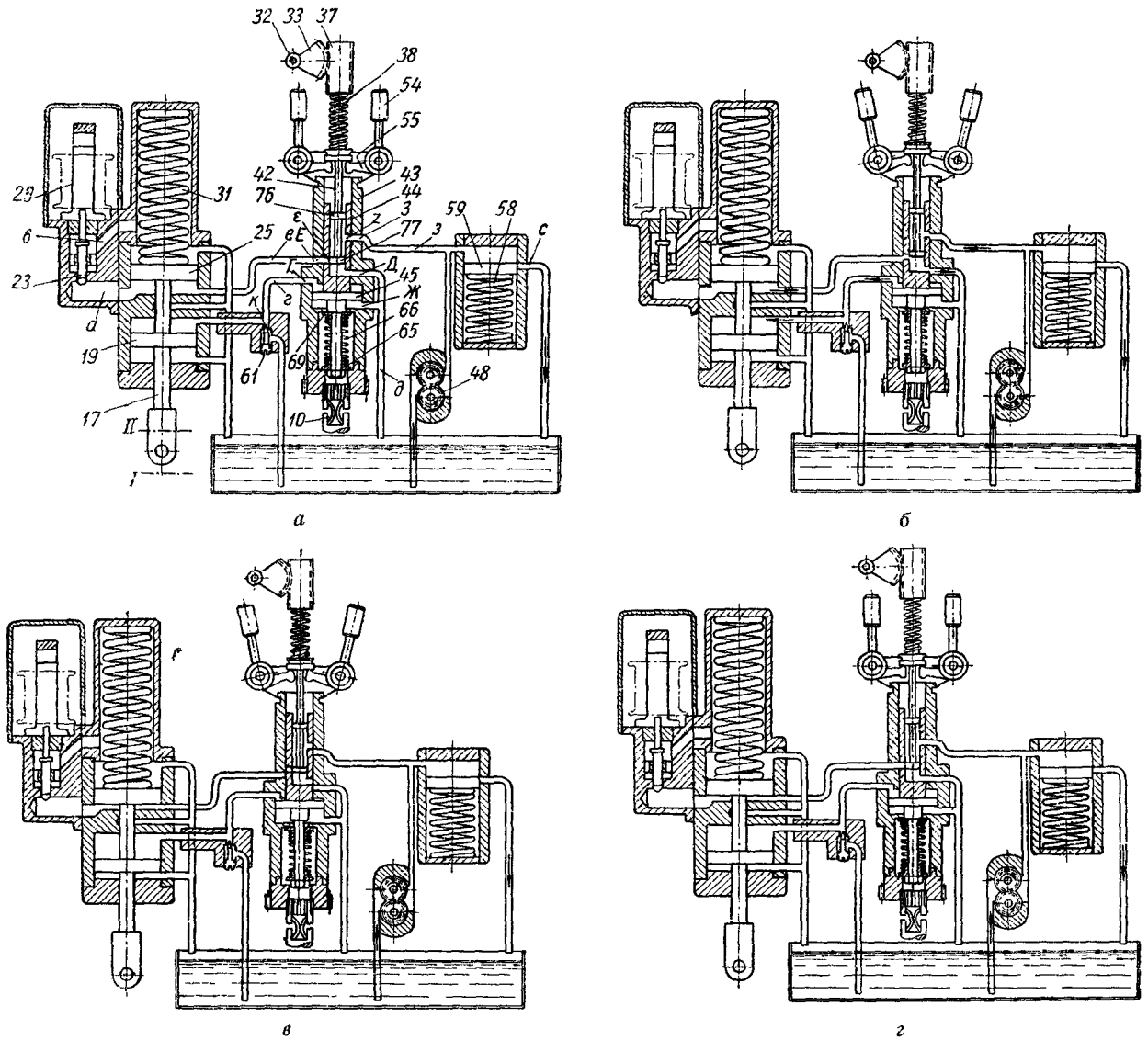
По мере увеличения подъема поршня *45* золотника сжатие пружины *66* будет увеличиваться, все более замедляя движение поршня *45*.

В некоторый момент число оборотов вала дизеля достигает наибольшего значения (для данного процесса регулирования), грузы при этом расходятся на наибольшую величину, а затем вследствие продолжающегося уменьшения подачи топлива (так как масло хотя и замедленно, но продолжает вытекать через неполностью закрытое окно ε, заставляя опускаться шток сервомотора), число оборотов вала дизеля начинает уменьшаться. Одновременно начнут сходиться и грузы регулятора, перемещая плунжер вниз, вследствие чего окно ε золотника начнет быстро закрываться, прекращая вытекание масла из-под силового поршня.

Когда окно золотника полностью закроется и силовой поршень остановится, прекратится

изменение подачи топлива (фиг. 74, *в*), при этом число оборотов вала дизеля будет несколько больше установленного для данного положения сектора затяжки пружины. Так как

ника, но уже с верхней стороны, сообщая полость *з*, где находится масло под давлением, через окно *З* и *г*, и канал *е* — с полостью под силовым поршнем *25*. Поршень *25* несколько



Фиг. 74. Схемы работы регулятора (нумерация общая с фиг. 72 и 73):

а — число оборотов установилось; *б* — нагрузка понизилась, число оборотов возросло, регулятор уменьшает подачу топлива; *в* — подача топлива уменьшена, число оборотов начинает уменьшаться до установленных; *г* — обороты установились, подача топлива соответствует уменьшенной нагрузке; *I* — положение штока регулятора (оси валика вилки) при выключенной подаче топлива; *II* — положение штока регулятора при наибольшей подаче топлива.

уменьшение подачи топлива во время процесса регулирования оказывается большим, чем это необходимо для восстановления нужного числа оборотов, то и после закрытия окон *е* золотника грузы продолжают сходиться. Рабочий диск *77* плунжера открывает окна *е* золот-

переместится вверх, увеличивая подачу топлива, вследствие чего задержится уменьшение числа оборотов вала и опускание плунжера. Одновременно пружина *66* компенсирующего элемента, а также уменьшение разрежения в изодромной системе, вследствие подсоса масла

через отверстие *к* иглы *61* заставят поршень *45*, а следовательно, и золотник *44* опускаться вниз и догонять плунжер.

Перемещение плунжера и золотника прекратится, когда они займут среднее положение, а поршень сервомотора установится в такое положение, при котором подача топлива топливными насосами будет такой величины, какая необходима для поддержания установленного для данного положения числа оборотов (фиг. 74, *г*).

Так как объем полости над компенсирующим поршнем в процессе описанного выше регулирования увеличивался, и в системе изодрома имелось разрежение, то через отверстие *к* иглы *61* происходило непрерывное подсасывание масла из масляной ванны регулятора, так что к концу процесса в изодромной системе устанавливалось нормальное атмосферное давление.

От величины проходного сечения отверстия *к*, устанавливаемого иглой *61*, в большой степени зависят скорость восстановления числа оборотов при изменении нагрузки, а также устойчивая работа регулятора. Малое проходное сечение замедляет действие регулятора, увеличивает время перехода с одного режима на другой.

Слишком большое проходное сечение может вызвать неустойчивую работу регулятора на холостых оборотах.

Нами рассмотрена схема работы регулятора при уменьшении нагрузки и вызванном этим временном увеличении числа оборотов вала двигателя. Примерно такая же связь между элементами регулятора, но в обратном порядке, будет иметь место при повышении нагрузки на дизель.

Увеличение нагрузки на дизель вызовет понижение числа оборотов коленчатого вала, а следовательно, и вала регулятора. Грузы начнут сближаться, и плунжер переместится вниз, открывая при этом верхней кромкой рабочего диска *77* окно золотника, давая возможность маслу протекать под давлением по каналам и окнам буксы и золотника *з*, *З*, *г*, *Е* и *е* под силовой поршень *25* сервомотора, заставляя его подниматься вверх и тем самым увеличивать подачу топлива насосами.

Поднимаясь, силовой поршень заставляет подниматься и компенсирующий поршень *19*. Над компенсирующим поршнем возникает давление и, так как масло, вытесняемое поршнем *19*, не успевает перетекать в ванну по каналу иглы *61*, то, проходя по каналу *г* в полость над поршнем золотника, оно заставляет опускаться поршень и связанный с ним золотник. Так как при увеличивающейся подаче топлива повышается число оборотов вала дизеля, то наступит момент, когда отверстия золотника будут закрыты диском плунжера *77* и начнется возвращение золотника совместно с плунжером в среднее положение.

Излишек масла (вначале под давлением, создаваемым поднимающимся компенсирующим поршнем сервомотора, а затем — поршнем золотника, поднимаемого пружиной *66* компенсирующего элемента) будет вытекать через отверстие *к* до тех пор, пока в изодромной системе установится нормальное атмосферное давление, а золотник, плунжер и грузы возвратятся в среднее положение. При этом число оборотов вала дизеля также достигнет установленного значения, но поршень сервомотора будет находиться в новом положении, обеспечивающем подачу топлива, необходимую для поддержания числа оборотов в условиях повышенной нагрузки.

Несколько иначе работает регулятор при переводе рукоятки контроллера из положения холостого хода или близкого к нему в положение бóльших чисел оборотов дизеля. При этом электропневматический механизм регулятора, срабатывая, вызывает заметное увеличение затяжки пружины в сравнительно короткий промежуток времени и грузы регулятора сближаются почти до упоров. Плунжер регулятора перемещается в крайнее нижнее положение, силовой поршень сервомотора резко поднимается, вызывая резкое повышение числа оборотов вала дизеля, а компенсирующий поршень сервомотора, поднимаясь с силовым поршнем, вызывает резкое повышение давления в изодромной системе и заставляет поршень опуститься в крайнее нижнее положение.

Совместное возвращение в среднее положение грузов и золотника облегчается тем, что в нижнем положении поршень золотника своей верхней кромкой сообщает каналы изодромной системы с масляной ванной регулятора не только через отверстие иглы *к*, но и непосредственно через окно *Ж* буксы (см. фиг. 73). Благодаря этому возможно согласованное возвращение плунжера и золотника в среднее положение, несмотря на большие отклонения от последнего, происшедшие вследствие резкого увеличения затяжки всережимной пружины регулятора и вызванного этим резкого изменения числа оборотов, с последующим переходом к вновь установленному числу оборотов вала дизеля.

При переходе с бóльшего числа оборотов на меньшее происходит обратное перемещение

деталей регулятора, грузы расходятся до упоров, плунжер поднимается в крайнее верхнее положение, масло из-под силового поршня устремляется в масляную ванну, позволяя пружине сервомотора быстро опустить силовой и компенсирующий поршень вниз. Вызванное этим уменьшение числа оборотов заставит грузы регулятора сходиться, а резкое возрастание разрежения в изодромной системе заставит поршень золотника резко подняться в верхнее крайнее положение для того, чтобы закрыть окна *е* золотника.

Возвращение грузов плунжера в среднее положение вследствие уменьшения подачи топлива происходит описанным выше порядком, а одновременное возвращение с ними золотника облегчается тем, что в своем верхнем крайнем положении поршень золотника сообщает систему изодрома с масляной ванной. При этом поршень открывает своей нижней кромкой окно *Г* буксы, тем самым давая возможность маслу из ванны перетекать непосредственно через окно *Ж* в канал *г* и в полость над компенсирующим поршнем *19*.

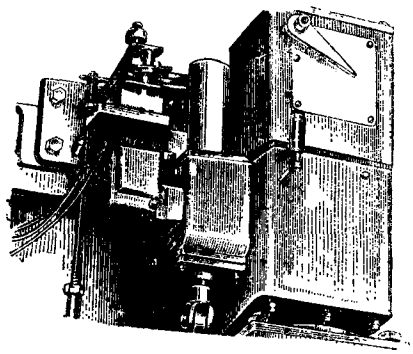
Перетекание масла из ванны в изодромную систему (и наоборот) через окно *Ж* происходит в начальный момент возвращения золотника в среднее положение. После перекрытия верхней кромкой поршня золотника окна *Ж*, или нижней кромкой — окна *Г*, сообщение каналов изодрома с масляной ванной происходит, как было указано выше, через отверстие *к*, регулируемое иглой *61*.

Рассмотрим также положение и работу деталей регулятора при пуске дизеля.

Когда дизель не работает, то грузы регулятора сведены к оси всережимной пружиной, имеющей предварительную затяжку холостого хода. Плунжер регулятора, а также силовой поршень сервомотора находятся в крайнем нижнем положении, поршень золотника — в среднем. Во время пуска двигателя масло под давлением начинает подаваться шестеренчатым насосом в полость под силовым поршнем, заставляя его подниматься, сжимать пружину сервомотора и переводить рейки топливных насосов в положение подачи топлива. Одновременно с этим в системе изодрома возникает давление, которое заставляет золотник опускаться, и далее процесс установления числа оборотов протекает описанным выше порядком.

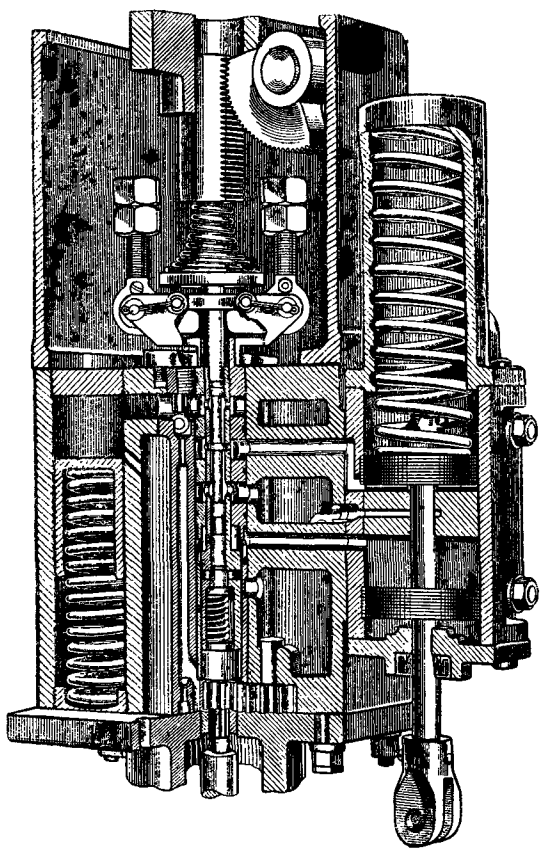
На фиг. 75 показан общий вид регулятора, установленного на дизеле Д-50, а на фиг. 76 показан тот же регулятор в разрезе со снятым механизмом автоматического выключения.

Регулировка. Метод установки наименьших и наибольших чисел оборотов коленчатого



Фиг. 75. Общий вид регулятора, установленного на дизеле Д-50.

вала двигателя изложен на стр. 94. Промежуточные числа оборотов вала двигателя, в соответствии с промежуточными положениями рукоятки контроллера машиниста опреде-



Фиг. 76. Регулятор дизеля Д-50 (со снятым механизмом автоматического выключения).

ляются характеристикой пружины и ходом поршня сервомотора, и не регулируются.

Регулировка иглы заключается в следующем. После того как двигатель достаточно прогреется на холостых оборотах, вывертывают иглу на 1—2 оборота и дают двигателю поработать при неустойчивых числах оборотов 2—3 мин. После этого начинают медленно ввертывать иглу до прекращения неустойчивой работы двигателя. Нормальное открытие иглы — $^1/_4$ оборота от полностью закрытого положения. Чрезмерно большое открытие иглы влечет неустойчивую работу двигателя на холостом ходу и колебания штока сервомотора при изменениях режима. Чрезмерно малое открытие иглы вызывает увеличение времени, необходимого для изменения режима работы двигателя и затрудняет его пуск.

Перед регулировкой иглы следует проверять, не загрязнено ли масло в регуляторе. Так как в большинстве случаев причиной неудовлетворительной работы регулятора является именно загрязненное масло, то его необходимо сменить. После спуска всего масла следует залить в регулятор дизельное топливо, на котором дать двигателю поработать несколько минут. Затем спустить дизельное топливо, залить масло, дать поработать двигателю снова несколько минут, снова спустить масло и затем окончательно заполнить регулятор свежим маслом.

Для удаления воздуха из сервомотора после смены масла следует отсоединить от рычага шток сервомотора и переместить его несколько раз в верхнее и нижнее положения.

Если регулировка иглы не улучшает работу двигателя, заедания в рычажной системе привода топливного насоса и масляного сервомотора отсутствуют, золотник автоматического выключения и электромагнит его работают нормально, масло чистое и в надлежащем количестве, то допускается регулировка золотниковой части регулятора. Регулировка взаимного положения плунжера и золотника и требуемые при этом зазоры даны выше в описании конструкции золотниковой части регулятора. Также даны указания по сборке компенсирующего элемента.

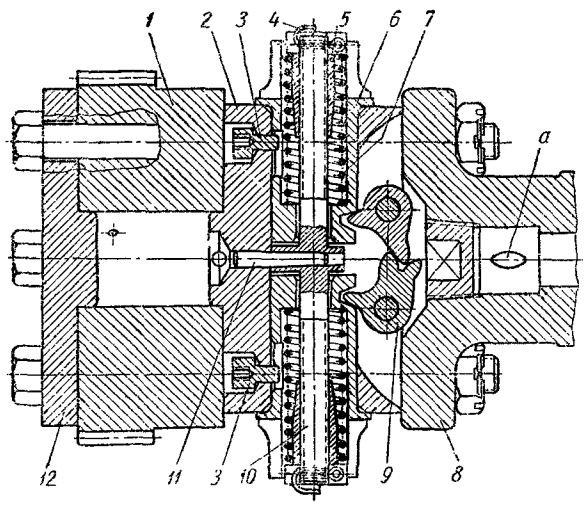
Уменьшение предварительной затяжки пружины компенсирующего элемента, осуществляемое удалением прокладок *70*, устраняет плавные колебания штока сервомотора, вызывающие неустойчивость оборотов холостого хода. Добавление прокладок, т. е. увеличение предварительной затяжки пружины, устраняет неровную, пульсирующую работу регулятора.

РЕГУЛЯТОР ПРЕДЕЛЬНОГО ЧИСЛА ОБОРОТОВ

Для экстренной автоматической остановки дизеля в случае разноса или какой-либо неисправности, вызывающей повышение числа оборотов выше предельно допустимого, служит регулятор предельного числа оборотов (фиг. 77).

Регулятор предельного числа оборотов установлен в картере топливного насоса (см. также фиг. 67) и соединяется болтами с фланцем кулачкового вала насоса.

Корпус *2* регулятора зажат между торцом фланца *8* и торцом цилиндрической шестерни *1*



Фиг. 77. Регулятор предельного числа оборотов:

1 — цилиндрическая шестерня привода регулятора предельного числа оборотов дизеля; *2* — корпус регулятора предельного числа оборотов; *3* — ограничитель хода груза; *4* — шплинт; *5* — регулирующая гайка; *6* — груз регулятора; *7* — пружина груза; *8* — фланец кулачкового вала насоса; *9* — рычаг; *10* — стержень; *11* — конусный штифт; *12* — крышка.

привода, причем допускается притирка этих поверхностей с целью предотвращения пропуска масла в месте их стыка. Перед постановкой корпуса регулятора на место в цилиндрический колодец его устанавливается стержень *10*, на который затем надеваются грузы *6* регулятора, пружины *7* и завертываются регулирующие гайки *5*. После этого ставятся рычаги *9*, которые входят в соответствующие прорези грузов и обеспечивают совершенно одинаковый выход грузов при больших числах оборотов дизеля, даже при недостаточно одинаковой затяжке пружин регулятора. Грузы должны плотно входить в колодец так, чтобы из внутренней полости корпуса регулятора про-

сачивалось не более восьми капель масла в минуту.

Стержень *10* регулятора центрируется конусным штифтом *11* со стороны шестерни; отсюда же ставятся и ограничители *3* хода грузов. Смазка грузов регулятора осуществляется через сверление *а*, по которому масло проходит во внутреннюю полость корпуса регулятора, обеспечивая смазку грузов и бронзовых рычагов *9*.

При превышении наибольших нормальных оборотов дизеля на 15% грузы *6*, преодолевая усилие предварительной затяжки пружин *7*, выйдут из своих гнезд и верхней частью ударят по рычагу рычажного механизма экстренного выключения дизеля, прекратив этим подачу топлива насосами. После остановки двигателя регулятор предельного числа оборотов принимает нормальное рабочее положение. Восстановление рабочего положения механизма экстренного выключения описано на стр. 93.

Регулирование регулятора предельного числа оборотов заключается в предварительной затяжке пружин *7* гайками *5*, в проверке числа оборотов дизеля, при которых регулятор сработает, и в дополнительной затяжке или ослаблении пружин, если срабатывание происходит при слишком больших числах оборотов.

ТУРБОВОЗДУХОДУВКА

Турбовоздуходувка (фиг. 78) использует энергию отработавших газов, вращающих колесо турбины и связанное с ним колесо воздуходувки. При этом создается поток воздуха, который под давлением поступает в цилиндры дизеля. Благодаря этому в цилиндры подается для каждого цикла бóльший заряд воздуха, чем при обычном всасывании, что позволяет сжигать бóльшее количество топлива и, следовательно, получать бóльшую мощность. Достоинством применяемого метода повышения цилиндровой мощности является то, что в процессе заполнения цилиндра зарядом воздуха происходит продувка, охлаждающая поршень и клапаны, и в значительной степени очищается камера сжатия от остаточных продуктов сгорания.

Отработавшие газы поступают к приемной части турбовоздуходувки по двум отдельным коллекторам, концы которых присоединяются к торцу верхней части корпуса турбины *1*. По каналу приемной части корпуса *32* (фиг. 79) газы проходят в кольцевую полость *к* направляющего соплового аппарата *2*, который направляет поток газов в лопатки *18* колеса *3* турбины.

Ввиду того что температура газов, находящихся перед турбовоздуходувкой, доходит до 535° С, а в отдельных случаях и выше, необходимо применение высококачественных материалов для деталей газовой турбины и соблюдение точности при ее изготовлении.

Вал ротора изготовлен из стали марки ЭЯ1Т, лопатки из стали марки ЭЯ1М, корпус турбины, так же как и сопловой аппарат, из чугуна марки СЧ 15-32.

Лопатки, каждая в отдельности, закреплены в пазах колеса (фиг. 80). Группы лопаток (по 3—5 шт. в группе) связаны между собой проволокой, которая припаяна к каждой лопатке специальным припоем.

После постановки лопаток в пазы яблочки лопаток также припаиваются и колесо протачивается и балансируется. На фиг. 80 показаны вал и колесо турбовоздуходувки после постановки лопаток и проверки на балансировочном станке.

Осевой зазор между колесом турбины и направляющим аппаратом составляет 1,27—2,10 *мм*, радиальный зазор — 0,55—1 *мм*. Диаметр колеса равен $330^{\pm 0.1}$ *мм*.

На одном валу с колесом турбины посажено колесо *6* турбовоздуходувки (фиг. 78). Колесо отлито из алюминия марки АЛ5, причем в колесо залито кольцо и запрессованы стальные втулки. В шпоночные канавки кольцá и втулок заходят при постановке на вал четыре шпонки *14*. Колесо прижато к бурту вала гайкой *9*, надежно зашплинтованной.

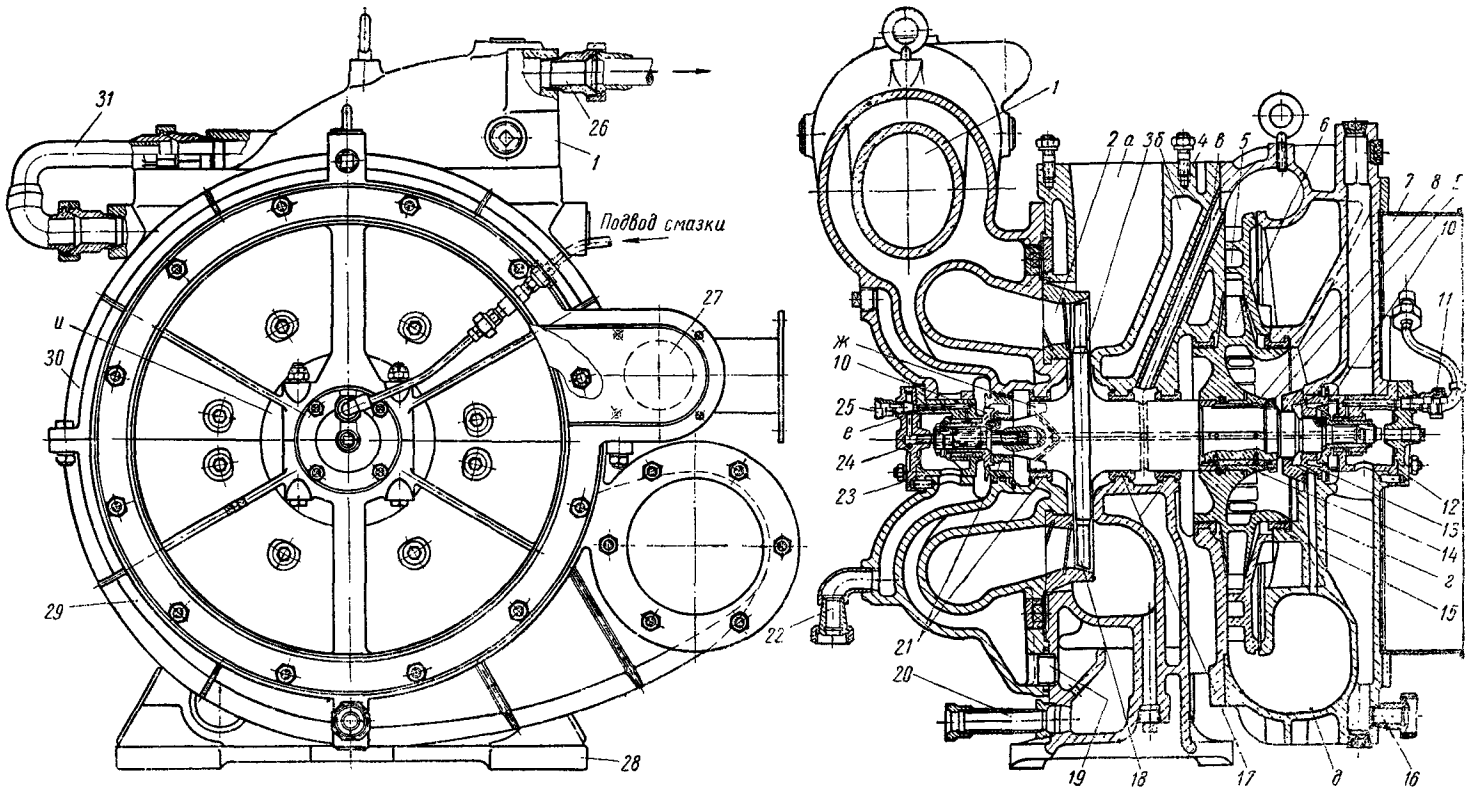
Вал лежит на двух подшипниках, в которые впрессованы бронзовые втулки (бронза марки БрОС 8-12). Подшипник *23* опорно-упорный, а подшипник *12* опорный, позволяющий валу при нагревании расширяться в сторону крышки подшипника.

На цапфы вала напрессованы с обеих сторон термически обработанные и шлифованные ступицы 10, изготовленные из стали 20.

Оба подшипника прижаты к буртам корпуса турбины и воздуходувки крышками, в которые ввернуты штуцеры *11* и *25* для подвода масла из общей смазочной системы дизеля.

Осевой зазор между торцом подшипника турбины и упорным кольцом должен быть в пределах 0,1—0,22 *мм* и не более 0,3 *мм*.

Величину зазора можно проверять индикатором при снятой крышке подшипника. Крепится упорное кольцо гайкой и замочной шайбой.

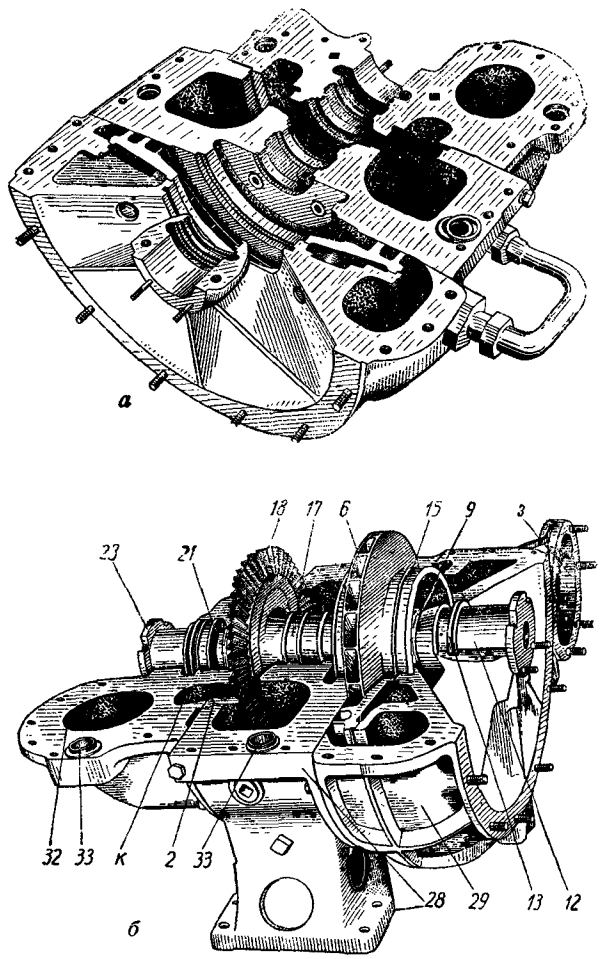


Фиг. 78. Турбовоздуходувка (иумерация, общая с фиг. 79):

1 — верхняя приемная часть корпуса турбины (газовый канал); *2* — направляющий сопловой аппарат; *3* — колесо турбины и вал; *4* — верхняя часть корпуса турбовоздуходувки; *5* — диффузор воздуходувки; *6* — колесо воздуходувки; *7* — соединительный рукав фильтра: *8* — втулка колеса воздуходувки; *9* — гайка: *10* — ступица; *11* — штуцер; *12* — опорный подшипник; *13* — лабиринтовое уплотнение вала со стороны воздуходувки; *14* — шпонки колеса воздуходувки; *15* — лабиринтовое уплотнение колеса воздуходувки; *16* — штуцер; *17* — лабирииты средией части вала; *18* — лопатки колеса турбины; *19* — водоперепускная втулка с резииовым уплотнительным кольцом: *20* — штуцер для подвода волы; *21* — лабиринтовое уплотнение вала со стороны турбиины; *22* — штуцер; *23*—опорно-упорный подшипиик; *24*—трубка; *25* — штуцер; *26* — штуцер для отвода воды; *27* — коробка для присоединеиия патрубка отсоса воздуха из картера дизеля; *28* — нижняя часть корпуса турбовоздуходувки; *29* — иижняя часть корпуса воздуходувки; *30* — верхняя часть корпуса воздуходувки; *31* — труба для перехода охлаждающей воды; *32* — нижняя (приемная) часть корпуса турбины; *33* — водоперепускная втулка с резиновым уплотнительиым кольцом; *а* — выпускной газовый каиал; *б* — полость для охлаждающей воды; *в* — воздушный канал; *г* — сверление для подвода воздуха; *д* — нагнетательный канал; *е* — сверление; *ж* — сверлеиия; *з* — выходной воздушный канал; *и* — кольцевой каиал; *к* — кольцевая полость.

Зазор между подшипником и валом составляет 0,15—0,22 *мм*.

Масло под давлением поступает к трущимся поверхностям ступиц, и затем по зазорам в подшипнике сливается через штуцеры



Фиг. 79. Внешний вид турбовоздуходувки (нумерация общая с фиг. 78):

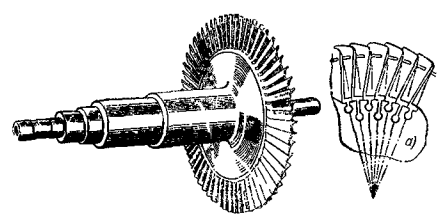
а — верхняя часть корпуса; *б* — нижняя часть корпуса с ротором и лабиринтами.

16 и *22* и маслоотводные трубки в корпус привода распределительных валов для дополнительной смазки шестерен.

Масло, подводимое по штуцеру *25*, поступает по сверлению *е* к ступице подшипника для его смазки, а по трубке *24* проходит в сверление вала, охлаждая конец его со стороны турбины.

Для того чтобы предохранить подшипники от проникновения к ним газов, а также для того, чтобы отделить газовую часть турбовоздуходувки от воздушной, на валу поставлены лабиринтовые уплотнения, представляющие собой полукольца из бронзы БрОС 8-12 (для концевых лабиринтов применяется также БрОЦС 3-11-5, для среднего — БрАЖ 9-4), плотно заходящие в соответствующие кольцевые выступы корпуса и охватывающие шейки вала с зазором, равным 0,15—0,20 *мм*. Для лучшего выполнения указанных выше требований к каждой паре лабиринтов подведен воздух из нагнетательного канала воздуходувки; к лабиринтам средней части вала воздух подводится по каналу *в*; к лабиринтам турбинного конца воздух проходит по осевому сверлению в валу и затем по двум сверлениям *ж*; во внутреннюю полость лабиринта воздуходувки воздух проходит через канал *г*. В концевых лабиринтах находящийся под давлением воздух служит не только для предохранения масла от загрязнения (при прорыве газа через лабиринт газовой стороны турбовоздуходувки), но и для того, чтобы не дать маслу пройти в газовую и воздушную полости. В воздушную полость воздуходувки проход масла был бы вполне возможен вследствие имеющегося в ней некоторого разрежения (до 20—25 *мм* вод. ст. при открытых жалюзи перед фильтрами и до 150 *мм* при закрытых жалюзи).

Воздух подсасывается к колесу воздуходувки через фильтр, представляющий собой набор сеток, покрытых слоем масла и по рукаву *7* поступает к кольцевому каналу *и* колеса. Через диффузор *5* (фиг. 78, 79), направляющие лопатки которого служат для понижения скорости воздуха и повышения его давления, воздух направляется в улиткообразный канал *д* корпуса воздуходувки и по выходному каналу *з* проходит во впускной коллектор дизеля.



Фиг. 80. Вал турбовоздуходувки с установленными лопатками колеса турбины:

а — крепление лопаток в колесе.

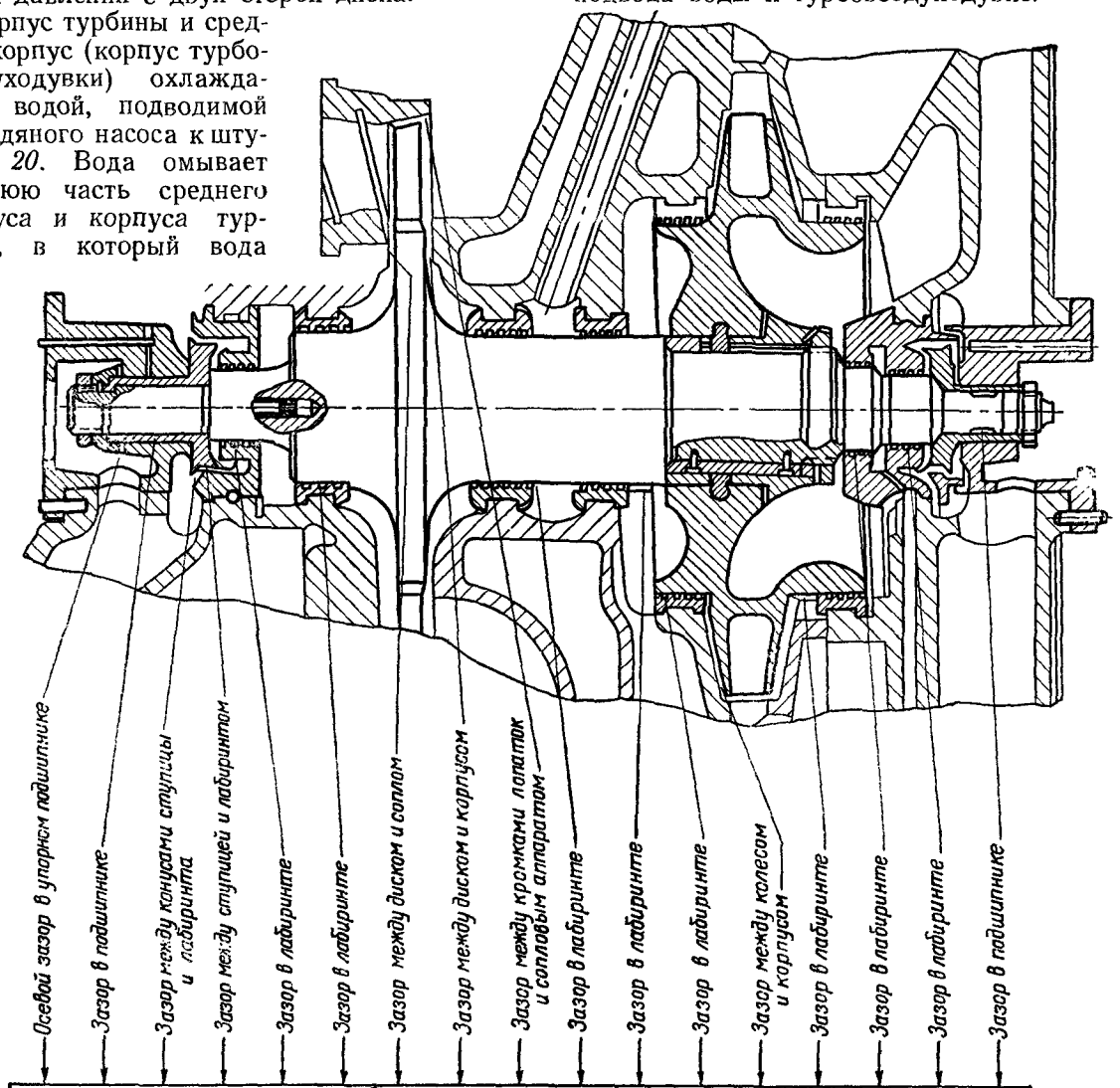
Для предотвращения утечек воздуха из нагнетательной полости во всасывающую служат лабиринтовые уплотнения *15*. Лабиринтовое уплотнение со стороны диафрагмы тем более

необходимо, что в диске колеса прорезаны два отверстия, сообщающие полости с обеих сторон колеса с тем, чтобы не создавать осевого усилия, которое могло бы возникнуть из-за разности давлений с двух сторон диска.

Корпус турбины и средний корпус (корпус турбовоздуходувки) охлаждаются водой, подводимой от водяного насоса к штуцеру *20*. Вода омывает нижнюю часть среднего корпуса и корпуса турбины, в который вода проходит через водоперепускную втулку *19*. В верхнюю часть корпуса вода проходит через водоперепускные втулки *33*.

Из верхней полости *б* диафрагмы корпуса турбовоздуходувки вода переходит в верхнюю часть корпуса турбины по трубе *31*, откуда через штуцер *26* сливается в карман, расположенный на задней стенке блока дизеля.

Для сливания воды при длительной стоянке на морозе служит спускная пробка на трубе подвода воды к турбовоздуходувке.



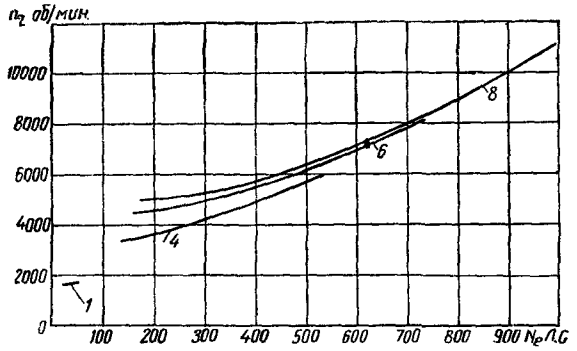
Допускаемые зазоры																
0,10	0,15	1,00	0,20	0,15	0,20	1,27	2,00	0,55	0,20	0,20	0,25	0,45	0,25	0,20	0,15	0,15
0,22	0,22	2,00	0,25	0,20	0,25	2,10	3,00	1,00	0,25	0,25	0,30	1,80	0,30	0,25	0,20	0,22

Фиг. 81. Схема размещения зазоров в турбовоздуходувке.

Корпус турбовоздуходувки состоит из шести частей (верхней и нижней частей корпуса турбины, верхней и нижней частей среднего корпуса турбовоздуходувки и двух частей корпуса воздуходувки), соединенных друг с другом болтами и шпильками, причем плоскости со-

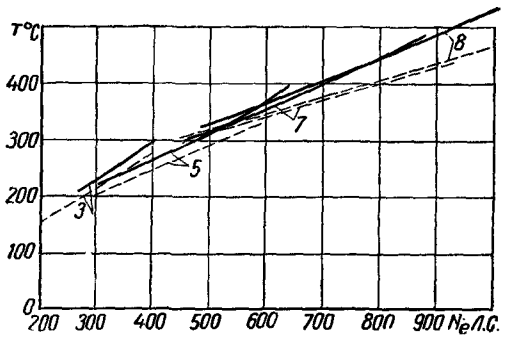
единения частей тщательно обработаны и поставлены на специальном лаке-герметике.

Обычно не требуется разъединять три нижние и три верхние части, так как верхнюю



Фиг. 82. Обороты ротора турбовоздуходувки n_T — в зависимости от мощности на валу дизеля N_e — при разных положениях рукоятки контроллера машиниста.

половину корпуса можно снимать целиком (фиг. 79). При этом открываются для осмотра почти все детали (лабиринты, подшипники, лопатки турбины, колесо воздуходувки и направляющий аппарат, диффузор).



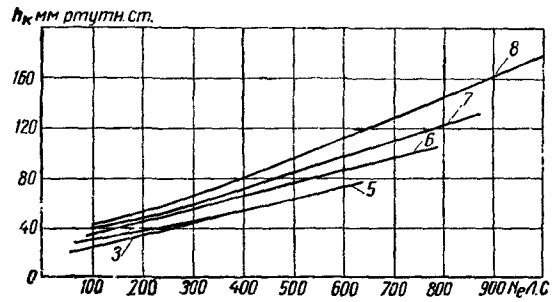
Фиг. 83. Средняя температура газов T в выпускных коллекторах перед турбиной и в выпускных патрубках цилиндров, в зависимости от мощности N_e на валу дизеля, при разных положениях рукоятки контроллера машиниста.

Схема размещения зазоров вращающихся деталей турбовоздуходувки и допускаемые величины этих зазоров даны на фиг. 81.

В собранной турбовоздуходувке ротор должеи вращаться совершенно свободно и после выключения дизеля, работавшего на холостых оборотах, причем вращение ротора должно продолжаться в течение 2,5—3 мин. до полной остановки.

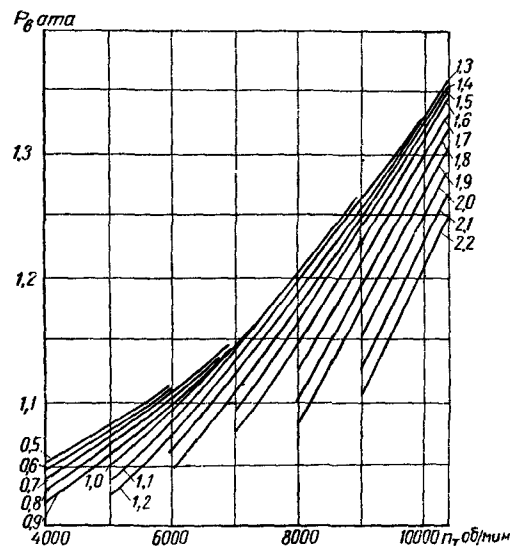
Максимально допустимое кратковременное число оборотов ротора равно 13 000 в минуту, нормальное число оборотов при полной нагрузке — немного более 10 000.

Ниже приведены некоторые данные, полученные при паспортном испытании дизеля и турбовоздуходувки на опытном кольце ЦНИИ и на Харьковском тепловозостроительном заводе. На фиг. 82 приведены числа оборотов ротора турбовоздуходувки в зависимости от нагрузки дизеля и от числа оборотов его вала.



Фиг. 84. Среднее давление выпускных газов перед турбиной $h_к$ в нижнем коллекторе в зависимости от мощности на валу дизеля N_e — при разных положениях рукоятки контроллера машиниста.

Величина последних определяется положениями рукоятки контроллера машиниста, указанными на кривых. Числа оборотов вала дизеля, соответствующие положениям рукоятки, даны на стр. 97. По оси абсцисс дана нагрузка дизеля, по оси ординат — числа оборотов воздуходувки.



Фиг. 85. Характеристика воздуходувки; кривые на фигуре показывают количество воздуха в *кг*, подаваемого воздуходувкой в 1 сек. для данных оборотов и давлений.

Средняя температура газов в выпускных патрубках и коллекторах перед турбовоздуходувкой для разных чисел оборотов и нагрузок, а также давление газов приведены на кривых фиг. 83 и 84. Здесь T — температура в °С, h_k — высота ртутного столба в *мм*.

На фиг. 83 сплошными линиями даны кривые температур газов в коллекторах перед турбиной; пунктирными — кривые температур газов в выпускных патрубках цилиндров.

Характеристика воздуходувки приведена на фиг. 85, где по оси абсцисс отложены числа оборотов ротора и по оси ординат — давление в *ата*. Цифры на кривых дают количество воздуха G в *кг/сек*, подаваемого воздуходувкой при различном сопротивлении на выходе.

ГЛАВА II

ТРУБОПРОВОДЫ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДИЗЕЛЯ

МАСЛЯНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СХЕМА МАСЛОПРОВОДА

Привод масляного насоса и вентилятора. На передней торцевой стенке дизеля установлен корпус привода масляного насоса и вентилятора и корпус конической передачи к валу масляного насоса (см. фиг. 31 и 33).

Корпус привода масляного насоса представляет собой открытую со стороны картера дизеля плоскую литую коробку, которая шпильками крепится к раме и блоку цилиндров. В нижней части корпуса; слева (если смотреть со стороны холодильника), имеется прилив, к которому присоединен фланец трубы, подводящей охлажденное масло; несколько выше в отливке имеется полость, в которой размещены два масляных щелевых фильтра.

Фильтры ставятся с наружной стороны корпуса и через них проходит все поступающее на смазку дизеля масло. К внутренней стороне полости фильтров присоединяется труба масляной магистрали, проходящей внутри картера дизеля.

К корпусу *17* привода (фиг. 86) болтами *16* крепится корпус *25* конической передачи, в котором размещены горизонтальный вал *21* и вертикальный валик с нарезанной на его верхнем конце конической шестерней *30*.

Горизонтальный вал *21* лежит в двух подшипниках и имеет со стороны дизеля шпонку *44*, которой он соединен с поводком привода *45*. Кроме шпоночного соединения поводок стянут болтом *46*.

Головка поводка, изготовленного из стали марки *20*, цементирована и закалена до твердости $H_{RC} = 60$. Она входит с зазором 0,2—0,4 *мм* между головками кулачков *42*, причем зазор устанавливается с помощью прокладок *43* между головками и ушками поворотного диска *20* коленчатого вала (см. также фиг. 47). Поводок изготавливается также из стали марки 20Х2Н4А.

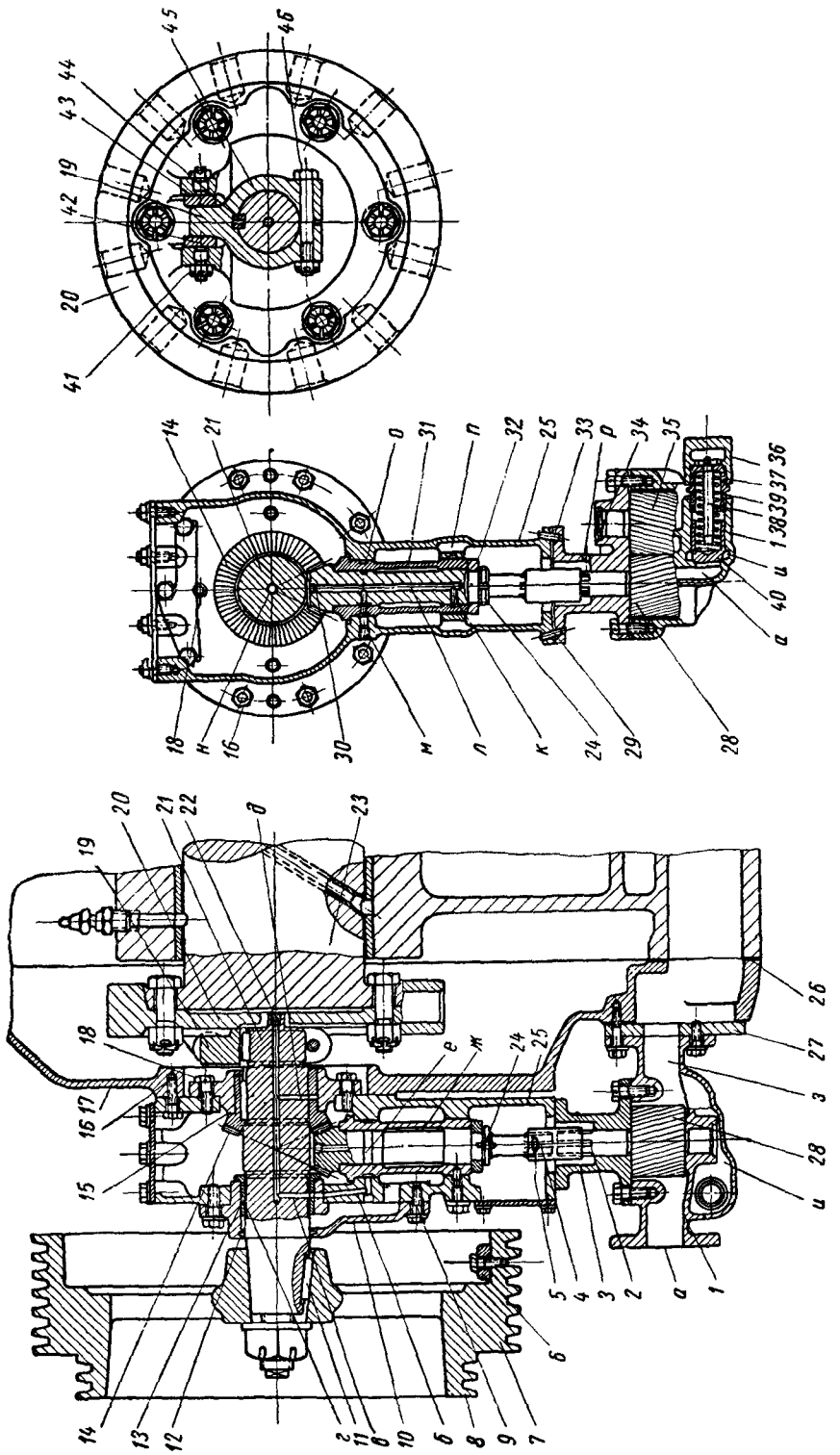
На горизонтальном валу *21* за поводком посажена на шпонке коническая шестерня *14*, упирающаяся в бурт вала *21*. Цилиндрическая часть шестерни образует цапфу, которая лежит в бронзовой втулке фланца-подшипника *15* (материал втулки — бронза марки ОЦСН-3-7-5-1).

С передней стороны вал также лежит в бронзовом подшипнике *13*, предварительно запрессованном в крышку конической передачи *10*. Подшипник *13* в отличие от подшипника *15* имеет баббитовую заливку по цилиндрической и опорной торцевой поверхности. Со стороны шкива на валу поставлен уплотняющий сальник. Конец вала имеет конус со шпонкой *11*, на который надет шкив *7* привода вентилятора холодильника дизеля. На поверхности шкива имеются шесть ручьев для клиновидных ремней привода муфты вентилятора холодильника и два ручья *8* для привода вентилятора охлаждения тяговых электродвигателей передней тележки тепловоза.

С конической шестерней *14* входит в зацепление шестерня *30* вертикального валика передачи. Обе шестерни изготовляются из стали марки 12ХН2А и после термической обработки должны иметь твердость $H_{RC} = 58 \div 62$.

Вертикальный валик шестерни *30* вращается в бронзовой втулке *31*. Втулка *31* впрессована в корпус: при этом верхний бурт втулки лежит в выточке корпуса. От провертывания втулка предохранена стопорным болтом.

Взаимное расположение конических шестерен регулируется прокладочными кольцами, помещенными под бурт втулки и фланца-подшипника *15*, а также шабровкой торца последнего.



Фиг. 86. Привод масляного насоса и вентилятора:

1 — корпус масляного насоса; *2* — шлицевой конец цапфы ведущей шестерни масляного насоса; *3* — крышка корпуса насоса; *4* — шлицевая муфта; *5* — шплинт муфты; *6* — балансировочный груз шкива; *7* — шкив привода вентилятора; *8* — ручьи для ремней привода вентилятора тяговых электродвигателей; *9* — стопорный болт втулки *31*; *10* — крышка корпуса конической передачи; *11* — шпонка конуса горизонтального вала привода вентилятора; *12* — самоуплотняющийся сальник; *13* — подшипник; *14* — коническая шестерня; *15* — подшипник-фланец; *16* — болт; *17* — корпус привода; *18* — болт крепления подшипника фланца к корпусу конической передачи; *19* — головка поводка; *20* — поворотный диск коленчатого вала; *21* — горизонтальный вал привода; *22* — заглушка осевого отверстия горизонтального вала; *23* — первая щека коленчатого вала; *24* — замочная шайба; *25* — корпус конической передачи; *26* — прокладка; *27* — проставка; *28* — ведущая шестерня масляного насоса; *29* — контрольные штифты; *30* — коническая шестерня вертикального валика; *31* — втулка вертикального валика; *32* — проставочное кольцо; *33* — прокладка; *34* — диск-заглушка; *35* — ведомая шестерня; *36* — глухая контргайка; *37* — регулирующий корпус разгрузочного клапана масляного насоса; *38* — стержень пружины; *39* — пружина разгрузочного клапана; *40* — разгрузочный клапан; *41* — кулачок поводка привода кулачка; *42* — головка кулачка; *43* — регулировочные прокладки кулачка; *44* — шпонка поводка привода; *45* — поводок привода масляного насоса и вентилятора; *46* — стяжной болт поводка; *а* — нагнетательная полость масляного насоса; *б*, *в*, *г*, *д*, *е*, *ж*, *з*, *и*, *к*, *л*, *м*, *н*, *о*, *п* и *р* — полости, сверления, каналы и кольцевые канавки в деталях привода.

С нижней стороны валик имеет резьбу, на которую навертывается фасонная гайка, устанавливающая проставочное кольцо *32*. Отворачивание гайки предотвращается замочной шайбой *24*, которая внутренним усом входит в шпоночную канавку валика, а наружным — заходит в прорези гайки.

Конец валика имеет шлицы, на которые надета муфта *4*, связанная с валиком шплинтом *5*.

Смазка трущихся частей привода конической передачи осуществляется следующим путем.

К каналу *м* от общей смазочной магистрали подведена трубка, по которой масло под давлением проходит в кольцевую канавку *о* втулки *31* и по радиальному сверлению во втулке и вертикальном валике, а также кольцевой канавке *е* проходит в осевое сверление вертикального валика. По осевому сверлению *л* и радиальному сверлению *к* масло проходит к нижней подшипниковой части втулки, смазывает ее и сливается через зазор в нижнюю часть корпуса передачи.

Из кольцевой канавки *о* масло идет на смазку верхней подшипниковой части втулки, а также проходит под опорный бурт валика.

Выходящее из-под бурта валика масло сливается по двум отверстиям в корпус привода. Из полости *ж* по втулке масло через сверление в стенке и каналы *п* проходит в нижнюю часть корпуса передачи, откуда по сверлению *р*, через трубку проходит в нижнюю часть корпуса привода и в картер дизеля.

Из кольцевой канавки *е* масло, кроме сверления в валике шестерни *30*, проходит также по сверлению *б* к наружной и внутренней кольцевым канавкам втулки подшипника *13*, а также по сверлению *в* проходит в осевое сверление горизонтального вала *21* и по радиальному сверлению *д* поступает на смазку подшипника *15*.

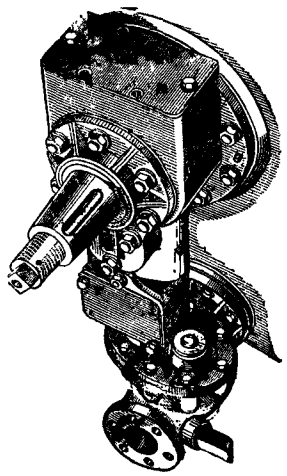
Масло, прошедшее через зазоры подшипников горизонтального вала, сливается по указанным выше сверлениям во фланце-подшипнике *15*, а также по каналу в крышке корпуса передачи.

Внешний вид корпуса передачи со снятым шкивом виден на фиг. 87.

Масляный насос. На фиг. 87 внизу виден масляный насос, который верхней крышкой соединен с корпусом конической передачи, а фланцем присоединен к нижней части корпуса привода и через него соединен с масляной ванной картера дизеля.

Ко второму фланцу присоединяется фланец трубопровода, ведущего к холодильнику.

В корпусе *1* масляного насоса (см. фиг. 86) размещены две шестерни, одна из которых ведущая, соединена с валиком конической передачи шлицами, имеющимися на ее цапфе, и муфтой *4*. Вторая шестерня, так же как и ведущая, своими цапфами входит в отверстия, просверленные в корпусе масляного насоса и его крышке. Корпус и крышка выполнены литыми из бронзы. Зазор в гнездах цапф шестерен допускается на новом насосе от 0,04 до 0,077 *мм*. Шестерни изготовлены из стали марки 12ХН2А.



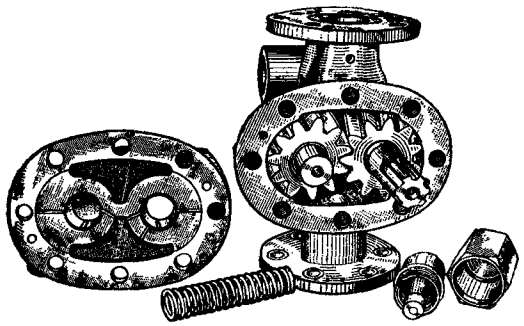
Фиг. 87. Корпус конической передачи и масляный насос (шкив привода вентилятора снят; верхняя и боковая крышки поставлены на два болта).

Для того чтобы из торцевых отверстий гнезд не было течи масла, в них ставятся вогнутые пластинки из стали 10, которые затем ударами молотка выпрямляются до полного устранения течи.

Так как нагнетаемое шестеренчатым насосом масло проходит в нагнетательную полость во впадинах, ограниченных зубьями, торцами крышки и корпуса и боковой стенкой корпуса то зазор между торцами корпуса насоса и торцами шестерен, а также между цилиндрическими поверхностями стенок корпуса и вершинами зубьев должен быть наименьшим. В противном случае масло при нагнетании будет переходить по этим зазорам обратно во всасывающую полость, и подача его будет происходить в недостаточном количестве и при недостаточном давлении. Торцевой зазор должен быть в пределах 0,095—0,175 *мм*, радиальный зазор (между вершиной зуба и боковой поверхностью корпуса) при раздвинутых шестернях — 0,0875—0,05 *мм*, зубья должны соприкасаться на 80% длины всех зубьев, что должно проверяться после опробования насоса.

Непосредственно на корпусе насоса установлен разгрузочный клапан *40*. При повышении давления в нагнетательной полости насоса сверх допустимого клапан должен понижать его, отливая избыток масла во всасывающую полость через канал *и*. Клапан *40* нагружен пружиной *39*, натяжение которой производится регулирующим корпусом *37*.

Для направления пружины в корпусе клапана предусмотрен стержень *38*. Для закрепления корпуса клапана в установленном положении, а также для предупреждения течи масла через неплотности резьбы, ставится на прокладке контргайка *36*. Для смазки внутренней части корпуса, в котором размещается



Фиг. 88. Масляный насос (сняты верхняя крышка и разгрузочный клапан).

клапан, в последнем просверлено отверстие, сообщающее внутреннюю полость клапана со всасывающей полостью насоса.

Плоскости прилегания крышки насоса и его корпуса хорошо видны на фиг. 88. Эти плоскости шабрятся, а при сборке между шпильками кладется узкая прокладка из тонкой бумаги для устранения просачивания масла. На крышке видны канавки, по которым масло проходит к кольцевым проточкам гнезд, и продольные канавки, по которым масло проходит на смазку цапф шестерен. На фигуре показаны детали клапана: пружина, регулирующий корпус и глухая гайка. Отверстие нагнетательного канала корпуса насоса при работе закрыто пробкой и может служить для проверки давления в маслонасосе.

Производительность масляного насоса и давление масла перед дизелем (после холодильника и фильтров) в зависимости от температуры масла и числа оборотов вала дизеля (положений рукоятки контроллера машиниста) представлены кривыми на фиг. 89. Производительность насоса увеличивается при повышении температуры, так как вязкость масла уменьшается и сопротивление протеканию его в трубопроводах и через зазоры трущихся частей уменьшается; одновременно падает давление масла, что может в летнее время при применении масла с недостаточной вязкостью привести к остановке дизеля из-за срабатывания реле масляного давления. Максимальная производительность насоса при температуре масла 75° С составляет 18 000 *л/час*.

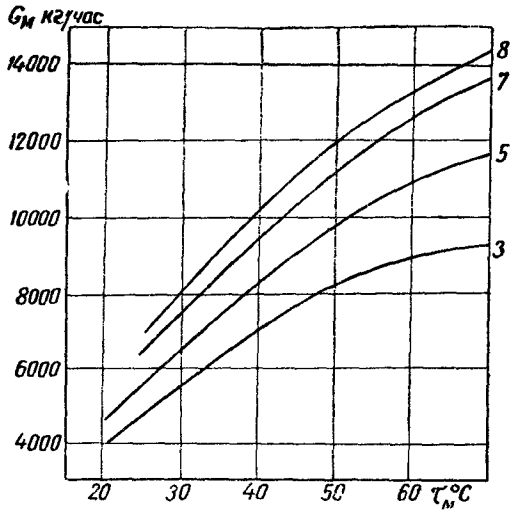
Масла, применяемые для смазки дизеля Д-50, и требования, предъявляемые к ним, приведены в табл. 3.

Основным является дизельное масло ГОСТ 1600-46, в качестве заменителя используются авиационные масла МК-22 или МС-20 ГОСТ 1013-49 с добавлением машинного масла СУ ГОСТ 1707-42. При этом берут 70% масла МК-22 или МС-20 и 30% масла СУ.

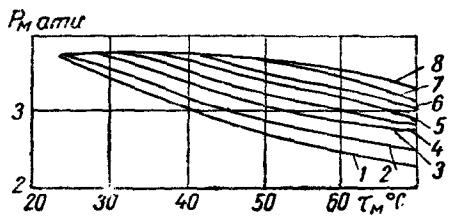
Таблица 3

Масла, применяемые для смазки дизеля Д-50

Физико-химические свойства	Дизельное ГОСТ 1600-46	Авиационное МК-22 ГОСТ 1013-49	Авиационное МС-20 ГОСТ 1013-49	Машинное СУ ГОСТ 1707-42
Вязкость при 50° С:				
кинематическая в *сст.*, не более	77	—	—	45—57
условная в °Е, не более	10,4	—	—	6—7,5
Вязкость при 100° С:				
кинематическая в *сст.*, не менее	10,5	22	20	—
условная в °Е, не менее	1,9	—	—	—
Отношение кинематической вязкости при 50° С к кинематической вязкости при 100° С, не более	—	8,75	7,85	—
Коксуемость по Конрадсону в %, не более	0,4	0,7	0,3	0,2
Кислотное число в *мг* КОН на 1 *г* масла, не более	0,15	0,10	0,05	0,15
Температура вспышки в °С, не ниже:				
по Мартенс-Пенскому	—	230	225	—
по Бренкену	210	—	—	200
Разность температур вспышек по Бренкену и Мартенс-Пенскому, не более	—	20	20	—
Температура застывания в °С, не выше	—10	—14	—18	—20
Золы в %, не более	0,005	0,004	0,003	0,005
Механических примесей в %, не более	Отсутствие			0,007
Воды	Отсутствие			
Водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие			
Селективных растворителей	Отсутствие			
Плотность	—	0,905	0,895	—



Фиг. 89а. Производительность масляного насоса $G_м$ в зависимости от температуры масла $\tau_м$ и положений рукоятки контроллера машиниста.



Фиг. 89б. Давление масла перед дизелем $p_м$ в зависимости от температуры масла $\tau_м$ и положений рукоятки контроллера машиниста.

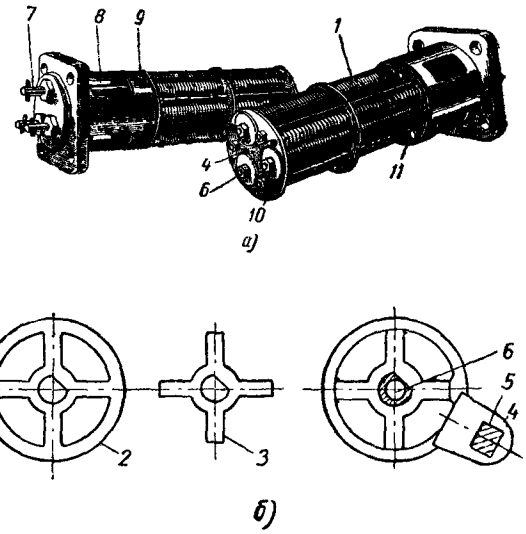
Фильтры. Масляные фильтры, устанавливаемые в корпусе привода, щелевые, т. е. в них масло пропускается через узкие щели. Находящиеся в масле посторонние частицы, имеющие размеры, большие этих щелей, остаются на поверхности фильтрующего элемента. В каждом фильтре имеются три таких элемента.

Элемент фильтра состоит из рабочих пластинок *2* толщиной 0,3 *мм*. Несколько сот таких пластинок надето на пустотелый стержень (фиг. 90). Между пластинками на стержень поставлены проставки *3*, толщина которых, равная 0,15 *мм*, определяет величину щели фильтра.

В щели между рабочими пластинками входят концы пластин *4*, надетых на стойку *5*, неподвижно закрепленную между корпусом *9* и фланцем *10* фильтра. Эти пластины образуют подобие гребенки. Толщина пластин гребенки равна 0,1 *мм*.

Пустотелый стержень *6* фильтра можно вращать вокруг его геометрической оси рукояткой, выходящей наружу корпуса фильтра. Вместе со стержнем будут поворачиваться и рабочие пластинки фильтра с проставками. Так как пластины гребенки не поворачиваются, то они будут счищать грязь, застрявшую на гранях и между пластинками фильтра.

Каждый элемент имеет свою рукоятку *7*. Стержень уплотнен в корпусе фильтра саль-

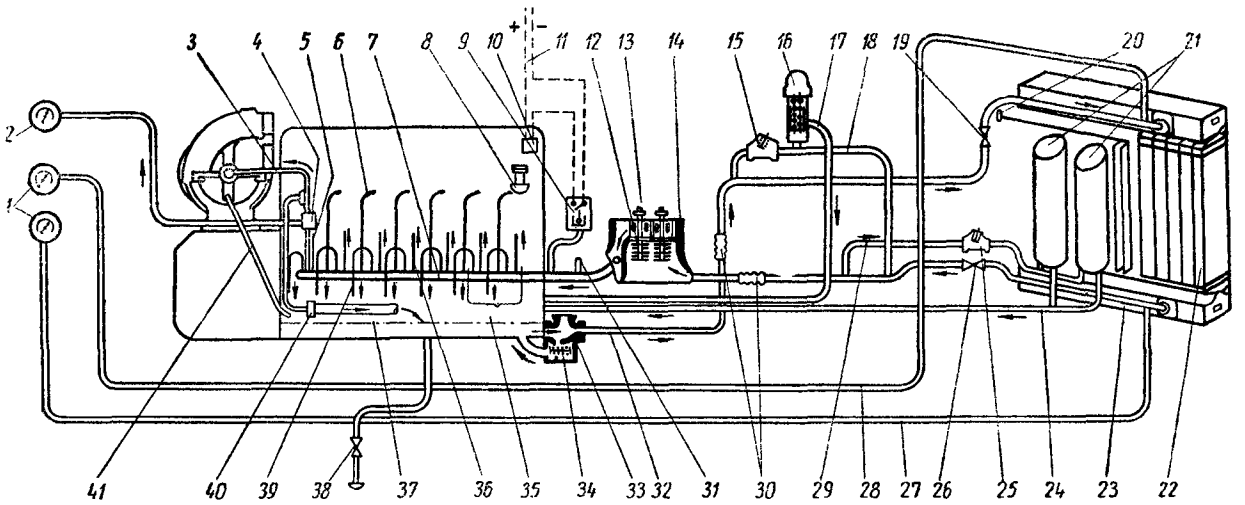


Фиг. 90. Пластинчатые масляные фильтры:

а — общий вид; *б* — пластинки фильтра и гребенки; *1* — фильтрующие элементы; *2* — рабочая пластинка фильтра; *3* — проставка; *4* — пластинка гребенки; *5* — стойка гребенки; *6* — пустотелый стержень фильтрующего элемента; *7* — рукоятка; *8* — окна корпуса; *9* — корпус фильтра; *10* — фланец фильтра; *11* — уплотнительная часть корпуса фильтра.

ником. В фильтрах прежних выпусков концы стержней были соединены шестеренками на фланце *10* и поворачивались одной рукояткой. Для поворота рукояток следует применять специальный ключ.

Фильтр ставится в корпус привода так, что нижней уплотнительной частью корпуса *11* он входит в цилиндрическое отверстие перегородки корпуса привода, отделяющей полость неочищенного масла от полости, куда масло проходит после очистки его в фильтрах. Масло, поступившее под давлением из холодильника в первую полость, проходит в щели между рабочими пластинками, по внутреннему каналу в стержне *6* идет внутрь корпуса *9* и далее через окна *8* поступает в смазочную магистраль.



Фиг. 91. Схема масляного трубопровода:

1 — аэротермометр для замера температуры масла до и за холодильником; *2* — манометр; *3* — трубка для подвода смазки к подшипнику воздуходувки; *4* — седьмая опора распределительного вала; *5* —трубка, подающая масло к валику паразитной шестерни; *6* — трубка для подвода масла к рычагу толкателя и далее через штангу к толкателю и рычагам впускному и выпускному; *7* — масляная труба (магистраль), проходящая внутри блока дизеля; *8* — горловина для заливки масла; *9* — реле давления масла; *10* — электромагнит у регулятора числа оборотов; *11* — провода от клеммника высоковольтной камеры; *12* — фильтрующие элементы масляного фильтра; *13* — рукоятка щелевого фильтра; *14* — фильтр; *15* — вспомогательный байпасный клапан; *16* — регулирующий клапан; *17* — сливная труба; *18* — перепускная труба; *19* — вентиль отключения холодильника; *20* — рукоятка управления жалюзи; *21* — фильтры; *22* — масляные секции; *23* — труба для охлажденного масла; *24* — трубка для сливания прошедшего волокнистые фильтры масла в картер; *25* — разгрузочный обратный клапан; *26* — вентиль отключения холодильника; *27* — трубка аэротермометра; *28* — труба; *29* — труба для перепускания масла к волокнистым фильтрам; *30*—соединительный резиновый шланг; *31*—трубка, подводящая масло к приводу масляного насоса; *32* — нагнетательная труба масляного насоса; *33* — масляный насос; *34* — разгрузочный клапан; *35* — трубопроводы; *36* — трубка, подводящая масло к подшипнику распределительного вала; *37* — масляная ванна в картере дизеля; *38* — вентиль и глухая гайка для сливания масла из дизеля; *39* — трубка, подводящая масло к коренному подшипнику коленчатого вала и далее к мотылевому и головному подшипникам; *40* — трубка, подводящая масло к подшипникам топливного насоса; *41* — трубка для сливания масла из подшипника воздуходувки.

Масляный трубопровод. Масляный насос засасывает масло непосредственно из масляной ванны картера дизеля *37* (фиг. 91), куда сливается все масло, смазывающее трущиеся части дизеля, а после остановки дизеля сливается также и масло, заполняющее секции холодильника.

О количестве находящегося в картере масла можно судить по масломерной рейке, имеющейся с левой стороны рамы дизеля. На рейке нанесены две отметки: низшая, указывающая минимально допустимый уровень масла, и высшая, указывающая наибольший уровень масла.

В картере дизеля должно быть 348 *л* масла. Если в картере будет находиться большее количество масла, будет происходить загорание колец поршней и большой расход масла. Если масла будет меньше, то может произойти остановка дизеля из-за падения давления масла и вследствие недостаточной смазки. Если при пониженном давлении не сработает реле давления масла, трущиеся детали будут быстро срабатываться, а также возможен задир их и авария.

Замерять уровень масла в картере следует спустя 10—15 мин. после остановки дизеля, т. е. когда масло полностью стечет из трубопроводов и секций холодильника.

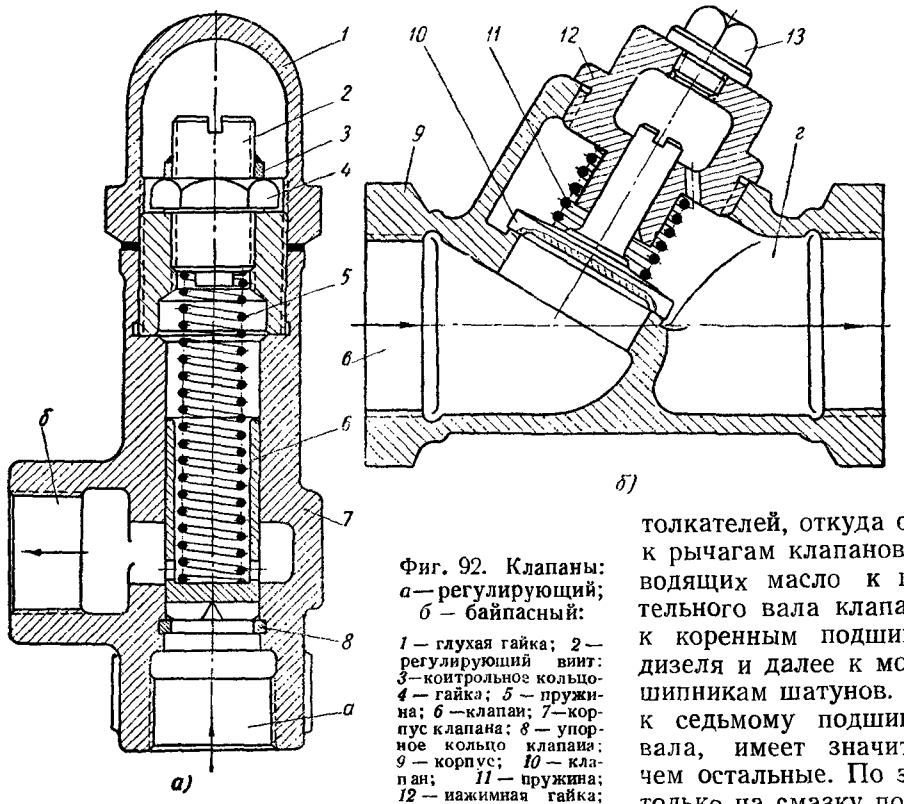
Масло нагнетается насосом по трубе *32* в верхний коллектор масляных секций *22* холодильника. Давление масла за насосом поддерживается равным 5,3 *ати* разгрузочным клапаном *34*.

Пройдя через секции холодильника (в секции масло поступает параллельно), охлажденное масло проходит по трубе *23* к масляным фильтрам *14*, расположенным в корпусе привода вентилятора, и далее поступает в трубу масляной магистрали, которая проходит внутри блока дизеля.

Наибольшее давление масла в трубопроводе до фильтров, равное 2,5 *ати*, поддерживается регулирующим клапаном *16*, перепускающим избыточное количество масла через трубу *17* в картер дизеля.

Трубы горячего и охлажденного масла соединены перепускной трубой *18*, на которой установлен вспомогательный байпасный клапан *15*, отрегулированный на разность давлений в 1 *ат*.

При чрезмерном охлаждении масло настолько загустеет, что протекание его через узкие трубки секций холодильника будет за-



Фиг. 92. Клапаны: *а* — регулирующий; *б* — байпасный:

1 — глухая гайка; *2* — регулирующий винт; *3* — контрольное кольцо; *4* — гайка; *5* — пружина; *6* — клапан; *7* — корпус клапана; *8* — упорное кольцо клапана; *9* — корпус; *10* — клапан; *11* — пружина; *12* — нажимная гайка; *13* — контрольный болт; *а* — вход масла; *б* — перепуск масла; *в* — вход масла; *г* — выход масла.

труднено. Вследствие этого давление перед холодильником возрастает, а за холодильником уменьшается, и байпасный клапан начинает пропускать основное количество охлаждающего масла, минующего холодильник. Однако не следует допускать чрезмерное понижение температуры масла, для чего необходимо своевременно прикрывать жалюзи холодильника.

От трубы *23* охлажденного масла отходит также труба *29*, соединенная с двумя фильтрами *21*, служащими для параллельной очистки масла. Фильтры наполнены чистыми хлопчатобумажными концами, хорошо очищающими масло от посторонних примесей. Масло, прошедшее эти фильтры, сливается в картер дизеля, не поступая на смазку трущихся деталей.

На пути масла к фильтрам стоит обратный клапан *25*, установленный на давление 2,5 *ати*. *Наличие обратного клапана обеспечивает* первоочередную подачу масла в смазочную систему дизеля при падении давления ниже 2,5 *ати*. Кроме того, обратный клапан не дает возможности грязному маслу стекать из фильтров в картер после остановки дизеля. Следует обращать внимание на то, чтобы давление, на которое отрегулирован обратный клапан *25*, было не выше давления регулирующего клапана *16*, так как в противном случае масло вообще не будет поступать в фильтры.

Масляная магистраль *7* доходит до задней стороны дизеля. К трубе приварены бонки. В бонки ввернуты штуцеры трубок *6*, по которым масло идет на смазку рычагов толкателей, откуда оно проходит через штанги к рычагам клапанов, штуцеры трубок *36*, подводящих масло к подшипникам распределительного вала клапанов, и штуцеры трубок *39* к коренным подшипникам коленчатого вала дизеля и далее к мотылевым и головным подшипникам шатунов. Трубка, подводящая масло к седьмому подшипнику распределительного вала, имеет значительно больший диаметр, чем остальные. По этой трубке масло идет не только на смазку подшипника распределительного вала, но по трубке *40* также идет и к валу топливного насоса, на смазку упорных полуколец и дополнительных валов, а также по двум трубкам *3* идет к двум подшипникам турбовоздуходувки.

От нагнетательной магистрали отходят трубка *5*, подводящая масло к валику паразитной шестерни (см. фиг. 63), трубка *31*, по которой масло идет на смазку привода масляного насоса и вентилятора холодильника, и трубка, идущая к реле *9* масляного давления.

Температура масла перед холодильником и после него замеряется аэротермометром *1*, давление в смазочной магистрали — манометром *2*, присоединенным к трубопроводу седьмого подшипника распределительного вала.

Сливание масла при его смене производится по трубе, имеющей запорный вентиль и предохранительную глухую гайку *38*. Предельная температура масла составляет 75° С.

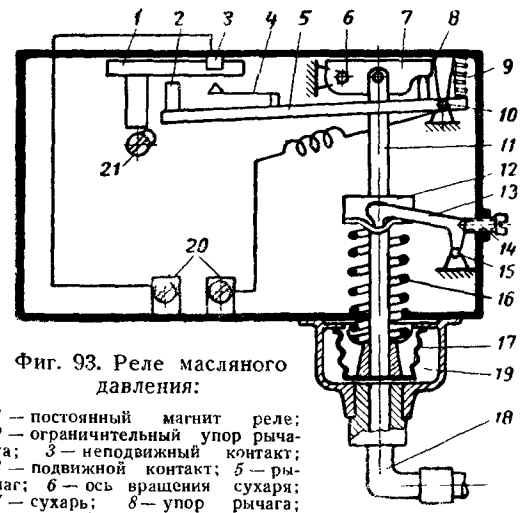
На фиг. 92, *а* показан регулирующий клапан, на фиг. 92, *б* — байпасный.

Реле масляного давления. Реле масляного давления предназначено для остановки дизеля при понижении давления масла в масляной системе ниже предельно допустимой величины. Осуществляется это совместным дей-

ствием реле и электромагнита регулятора оборотов дизеля (см. фиг. 72).

Реле, схема которого дана на фиг. 93, состоит из системы рычагов и контактов, разрывающих цепь питания катушки электромагнита, и из воспринимающей части, реагирующей на изменение давления масла в масляной магистрали и воздействующей на рычажную систему реле.

Воспринимающая часть реле состоит из корпуса, образующего масляную камеру *19*, к которой проведена трубка *18* масляной магистрали (см. фиг. 91 и 34). Внутри масляной камеры помещена гофрированная трубка *17*, которая своим верхним концом припаяна ко дну корпуса, а нижним концом спаяна с опорной шайбой вертикального стержня *11*.



Фиг. 93. Реле масляного давления:

1 — постоянный магнит реле; *2* — ограничительный упор рычага; *3* — неподвижный контакт; *4* — подвижной контакт; *5* — рычаг; *6* — ось вращения сухаря; *7* — сухарь; *8* — упор рычага; *9* — пружина (сжатая); *10* — ось вращения рычага; *11* — стержень; *12* — упорная шайба пружины; *13* — рычаг-вилка; *14* — регулировочный винт; *15* — ось рычага; *16* — пружина; *17* — гофрированная упругая трубка; *18* — трубка, подводящая масло от масляной магистрали; *19* — масляная камера; *20* — клеммы для присоединения проводов от катушки электромагнита регулятора оборотов; *21* — регулировочный винт с эксцентриком.

На опорную шайбу давит пружина *16*, которая своим верхним витком опирается на фасонную упорную шайбу *12*. Упорная шайба опирается на упоры вилки-рычага *13*, один конец которого закреплен неподвижно, но может поворачиваться на некоторый угол вокруг оси *15*. Поворот рычага осуществляется винтом *14*, что вызывает перемещение конца рычага, служащего опорой для шайбы *12*, и увеличивает или уменьшает натяжение пружины.

Изменение давления масла в масляной камере *19* вызывает перемещение стержня *11*, верхний конец которого шарнирно соединен с сухарем *7*. Сухарь *7* может поворачиваться на некоторый угол вокруг неподвижной оси *6*, причем свободный конец сухаря упирается в упор *8* рычага *5*, отжимая его при своем движении вниз. Пружина *9* заставляет рычаг *5* поворачиваться по часовой стрелке вокруг неподвижной оси *10*.

На левом свободном конце рычага *5* поставлен подвижной контакт *4*, который должен быть замкнут на неподвижный контакт *3*. При этом замыкается цепь питания катушки электромагнита выключения регулятора оборотов дизеля.

Рычаг *5* изготовлен из немагнитного материала, поэтому на него не действует постоянный магнит *1*, который воздействует на подвижной контакт *4*, удерживая его в замкнутом положении. Упор *2* ограничивает нажатие контакта *4*.

Работа реле протекает следующим образом. При давлении в масляной магистрали, большем 1,8 *ати*, усилие, действующее на шайбу стержня *11*, преодолевает сопротивление пружины *16* и гофрированной трубки *17* и поднимает стержень *11*, поворачивая сухарь *7* против часовой стрелки. Свободный конец сухаря поднимается, освобождая упор *8* рычага *5*, и позволяет пружине *9* повернуть рычаг *5* вокруг оси *10* по часовой стрелке. При повороте рычага контактный палец замкнется на неподвижный контакт *3* и замкнет цепь питания катушки электромагнита регулятора, провода которой присоединены к клеммам *20*.

При понижении давления ниже 1,8 *ати* усилие пружины *16* окажется больше усилия, действующего на шайбу стержня *11*, и последний начнет опускаться, заставляя поворачиваться и сухарь *7* и рычаг *5* (последний будет теперь поворачиваться против часовой стрелки). В начальный момент контакт *4*, удерживаемый постоянным магнитом *1*, несмотря на некоторый поворот рычага *5*, не отрывается от контакта *3* и лишь при дальнейшем опускании рычага разрывает цепь питания электромагнита выключения регулятора.

Установка реле на выключение и включение контактов при заданном давлении масла производится при помощи винтов *14* и *21*. Поворачивая вправо винт *14*, увеличивают этим силу, с которой пружина нажимает на шайбу стержня. Вследствие этого включение реле произойдет при большем давлении масла в трубопроводе. Разрыв контактов будет происходить также при большем давлении.

Поворот винта *21* по направлению движения часовой стрелки приближает магнит *1* к контакту *4* и, следовательно, увеличивает усилие, удерживающее контакт во включенном

положении. Вследствие этого разрыв цепи будет происходить при меньшем давлении масла.

Поворот винта *21* против часовой стрелки заставляет контакты разрываться при большем давлении масла в масляном трубопроводе дизеля.

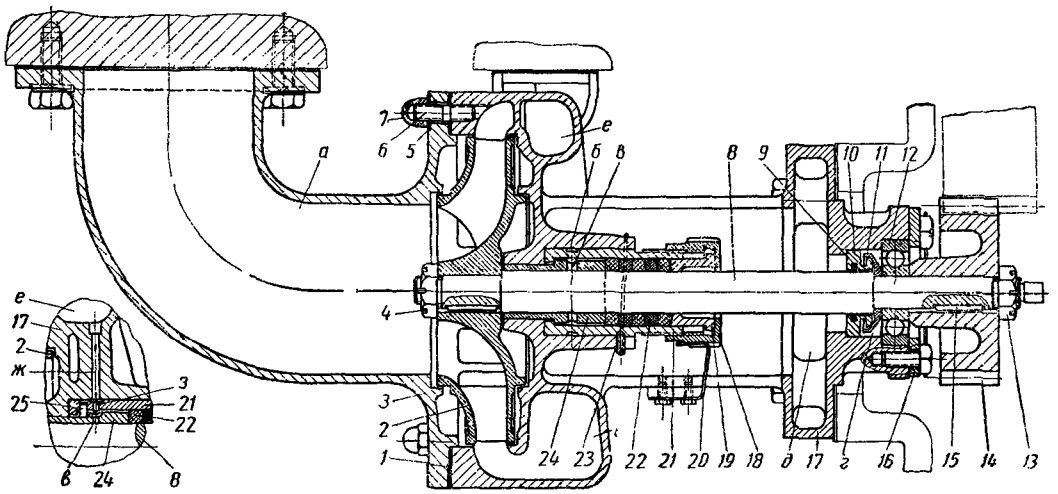
ВОДЯНОЙ НАСОС И СХЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ДИЗЕЛЯ

Водяной насос. При описании конструкции цилиндрового блока (см. фиг. 45) было подробно рассмотрено прохождение в нем охлаждающей воды, поэтому ограничимся лишь напоминанием, что к водяному насосу вода подходит по внутреннему каналу, имеющемуся в блоке дизеля с левой стороны. В канал вода поступает из холодильника. Всасывающий патрубок *3* (фиг. 94) водяного насоса своим фланцем присоединяется к отверстию в стенке блока.

Корпус насоса, кроме фланца всасывающего патрубка, присоединен вторым фланцем нагнетательного канала к окну в блоке и третьим фланцевым приливом крепится к корпусу привода распределительных валов. Все фланцы ставятся на прокладки из паранита.

Вал *8* водяного насоса получает вращение через шестерню *14* от шестерни привода топливного насоса. Шестерня ставится на шпонке и притягивается корончатой гайкой *13*. Одновременно гайка прижимает к бурту вала шарикоподшипник *12* и фасонную шайбу *11*. Материал шестерни — бронза БрАЖМц-10-3-1,5; материал вала — сталь марки 18Х14А. Смазывается шестерня масляными брызгами и маслом от зубьев большой шестерни распределительного вала.

Для того чтобы предупредить проникновение масла по валу в сторону водяного колеса, в корпус за подшипником запрессован сальник *10* с уплотнительным фетровым кольцом *9*. Масло, захватываемое шайбой *11*, сбрасывается с нее на стенки кольцевого канала *г* и по сверлению поступает в картер дизеля.



Фиг. 94. Водяной насос:

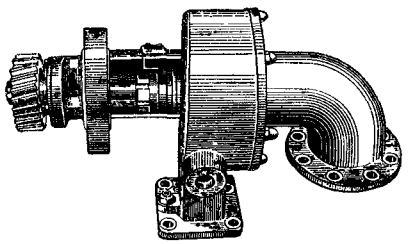
1 — прокладка; *2* — крыльчатка; *3* — всасывающий патрубок; *4* — корончатая гайка; *5* — шайба; *6* — шпилька; *7* — глухая гайка; *8* — вал; *9* — уплотнительное кольцо; *10*—сальник; *11* — шайба; *12*—шарикоподшипник; *13* —корончатая гайка; *14* — шестерня; *15*— шпонка; *16* — фланец; *17* — корпус насоса; *18* — зажимная гайка; *19* — нажимная грундбукса; *20* — стопорная планка; *21* — втулка; *22* — набивочные кольца сальника; *23* — стопорный штифт; *24* — подшипник-грундбукса; *25* — штифт; *а* — всасывающий канал: *б* — кольцевая канавка втулки; *в* — кольцевая канавка в канал грундбуксы; *г* — кольцевой канал за подшипником; *д* — кольцевое пространство и спускное отверстие; *е* — нагнетательная камера водяного насоса; *ж* — канал, соединяющий нагнетательную камеру насоса со сверлениями грундбуксы; *з* — радиальные сверления втулки.

На противоположный от шестерни конец вала посажена на шпонке крыльчатка *2* насоса, закрепленная корончатой гайкой *4*. Со стороны крыльчатки вал лежит в бронзовом подшипнике-грундбуксе *24*, запрессованной вместе со втулкой *21* в корпус насоса. Материал втулки и нажимной грундбуксы *19* — бронза БрАЖ-9-4, материал грундбуксы *24* — бронза БрОС-5-25.

Для того чтобы предотвратить проникновение воды по зазору, имеющемуся в грундбуксе, вал уплотнен сальниковыми кольцами *22* из набивки «Рациональ». Сальники уплотняются нажимной бронзовой грундбуксой *19* и зажимной гайкой *18*. Самоотвертывание гайки *18* предотвращается стопорной планкой *20*, входящей в прорези гайки.

Смазка сальникового уплотнения осуществляется водой, которая подводится к уплотнительным кольцам из нагнетательной камеры насоса по сверлению *ж*, кольцевым канавкам и сверлениям *в* и *з*. Сальник должен быть зажат так, чтобы через его набивку проходило 10—15 капель в минуту и при этом сальниковая втулка и грундбукса не нагревались бы. От провертывания втулка и грундбукса предохранены штифтами *23* и *25*. Зазор вала в грундбуксе равен 0,087—0,04 *мм*, зазор между торцом крыльчатки и корпусом насоса (температурный зазор) равен 0,74—1,96 *мм*; радиальные зазоры: по верхней окружности крыльчатки между крыльчаткой и корпусом насоса — 0,062—0,89 *мм*, по окружности кольцевого бурта — 0,38—0,25 *мм*. Материал крыльчатки — бронза марки БрОЦС 3-11-5.

Для того чтобы избежать возникновения осевого усилия, в диске крыльчатки прорезаны



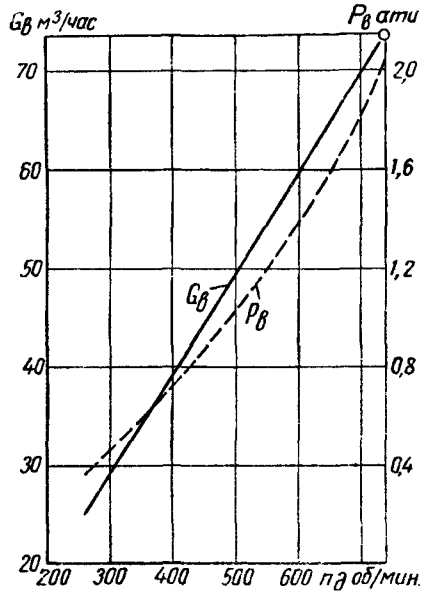
Фиг. 95. Водяной насос.

два окна так, что с обеих сторон диска вода имеет одинаковое давление. Спуск воды из насоса (при длительной стоянке на морозе без поддерживания тепловоза в горячем состоянии) осуществляется автоматически при спуске воды из блока дизеля через сверление в нижней части нагнетательной камеры, сообщенное с таким же сверлением в блоке. Кроме того, на корпусе насоса имеется пробка для спуска воды.

Общий вид водяного насоса представлен на фиг. 95.

Производительность водяного насоса и давление в водяной системе приведены на фиг. 96 в зависимости от числа оборотов вала дизеля (числа оборотов вала насоса в 2,4 раза превышают числа оборотов вала дизеля). При испытаниях других насосов этой марки была получена производительность до 92 000 *л/час* при предусмотренной техническими условиями производительности, равной 80 000 *л/час*.

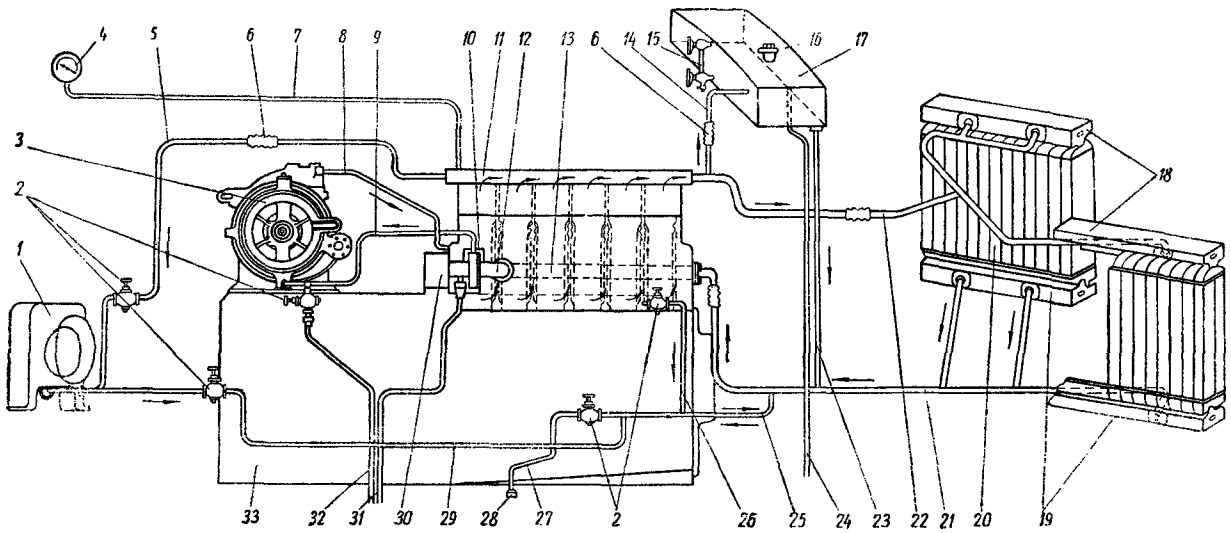
Водяной трубопровод. Система водяного охлаждения дизеля Д-50 характерна тем, что она постоянно заполнена водой, причем образование воздушных или паровых мешков в трубопроводах исключено наличием расширительного бака, из которого пополняются утечки. Положительным качеством системы является продолжающееся термосифонное



Фиг. 96. Производительность водяного насоса $G_в$ и давление в водяной системе $p_в$ в зависимости от оборотов дизеля.

охлаждение дизеля после остановки машины, возможное благодаря замкнутому кругу обращения воды в трубопроводах, а также и то, что насос, всегда заполненный водой, начинает нагнетать ее, приводя в действие систему охлаждения, с первых же оборотов коленчатого вала дизеля.

Насос засасывает воду из канала *13* (фиг. 97) через всасывающий патрубок *12* и подает ее в систему через нагнетательный патрубок *10*. Вода через вертикальный канал в блоке цилиндров подходит к цилиндровым втулкам, омывает каждую из них параллельными потоками, переходит затем в цилиндровые крышки через отверстия в верхней плоскости блока, охлаждает их и по патрубкам переходит в коллектор для горячей воды *11*, из которого по трубе *22* поступает для охлаждения в холодильник *20*. В холодильник вода поступает по разветвлениям трубы *22*, которые подходят к верхним коллекторам *18*. По секциям холодильника (тринадцать секций с левой стороны тепловоза и восемь — с правой) вода проходит в нижний коллектор,



Фиг. 97. Схема водяного трубопровода:

1 — обогреватель (в кабине машиниста); *2* — вентили; *3* — турбовоз-духодувка; *4* — аэротермометр; *5* — труба для подвода воды к обогревателю; *6* — соединительный резиновый шланг; *7* — трубка к аэротермометру; *8* — труба для сливания горячей воды из турбовоздуходувки; *9* — труба для охлажденной воды; *10* — нагнетательный патрубок водяного насоса; *11* — коллектор для горячей воды; *12* — всасывающий патрубок водяного насоса; *13* — канал для охлажденной воды в блоке дизеля; *14* — труба для перепускания горячей воды в водяной бак; *15* — водомерное стекло; *16* — горловина для набора воды ; *17* — водяной расширительный бак; *18* — верхние коллекторы водяных секций холодильника; *19* — нижние коллекторы; *20* — водяные секции холодильника; *21* — труба для охлажденной воды; *22* — труба для горячей воды; *23* — труба; *24* — контрольная труба; *25* — труба для отвода воды, прошедшей через обогреватель *1*, а также для набора воды через трубу *27*; *26* — труба для сливания воды из блока дизеля; *27* — труба для сливания, а также для набора воды под давлением; *28* — глухая гайка; *29* — труба для отвода воды из обогревателя; *30* — водяной насос; *31* — трубка для сливания воды; *32* — трубка для сливания воды из турбовоздуходувки; *33* — дизель.

охлаждаясь по пути воздухом, просасываемым вентилятором.

Из нижних коллекторов холодильника вода по трубе *21* идет к патрубку, находящемуся на передней торцевой стенке дизеля, соединенному с каналом *13* в блоке, откуда снова попадает в водяной насос.

Труба для горячей воды *22* соединена трубой *14* с расширительным баком *17*, и так как в баке давления нет, то часть горячей воды проходит в него. Бак соединен трубой *23* с трубой для охлажденной воды.

Термосифонное охлаждение дизеля происходит следующим образом: через трубу *14*, нагретая вода проходит в бак *17*, а более холодная вода по трубам *23* и *21* и через водяной насос входит в еще не остывший блок дизеля.

Из нагнетательного патрубка насоса часть воды идет на охлаждение турбовоздуходувки по трубе *9*; возвращается вода из турбовоздуходувки по трубе *8*, поступает в сливной карман на торцевой стенке дизеля и входит в полость охлаждения цилиндровых втулок.

Температуру воды на выходе ее из дизеля указывает аэротермометр *4*, дистанционная трубка которого проведена от коллектора горячей воды в будку машиниста.

Для обогревания будки машиниста в ней установлен обогреватель *1*, к которому подходит вода из коллектора горячей воды по трубе *5*. Количество воды, проходящей через обогреватель, регулируется вентилями *2*.

Система наполняется водой через горловину *16* расширительного бака, расположенную на крыше капота тепловоза, или через трубы *27* и *26*, если имеется насос в депо или в мастерских.

Всего в систему водяного охлаждения дизеля входит около 945 *л* воды. О заполнении системы можно судить по вытеканию воды из контрольной трубы *24*, по которой сливается лишняя вода. Эта же труба служит для сообщения бака с наружным воздухом с тем, чтобы в баке не создавалось разрежения или повышенного давления.

Температура охлаждающей воды во время работы дизеля должна быть в пределах 65—70° С, максимально допустимая температура воды 85° С, минимально допустимая 40° С.

Добавлять воду во время работы машины надо небольшими порциями и по возможности подогретой. Если подогретой воды нет, необходимо следить за тем, чтобы не произошло резкого понижения температуры. Вода для

охлаждения должна применяться дистиллированная, с антикоррозийными присадками, предупреждающими разъедание втулок и блока.

Во время работы дизеля необходимо проверять, не перегрелись ли какие-либо части.

Сливание воды из системы охлаждения производится по трубам *25* и *27*, через вентиль *2* — из холодильника и расширительного бачка, по трубе *26* — из блока дизеля и по трубе *32* — из турбовоздуходувки.

ТОПЛИВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СХЕМА ТОПЛИВОПРОВОДА

Вспомогательный топливоподкачивающий насос. Для подвода к главному топливному насосу топлива под давлением применяется вспомогательный топливоподкачивающий насос, расположенный внизу высоковольтной камеры тепловоза рядом с топливным фильтром для грубой очистки.

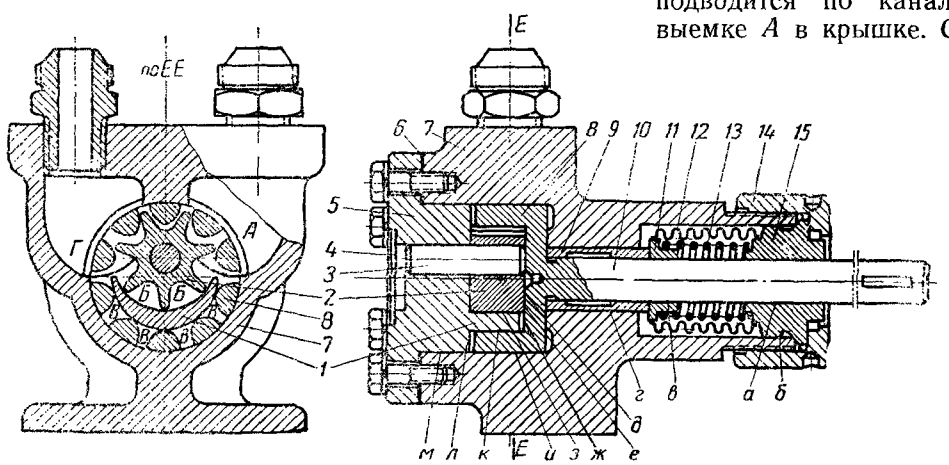
Вспомогательный топливоподкачивающий насос (фиг. 98) установлен на одной плите с электродвигателем и соединен с ним при помощи кулачковой муфты с крестообразной текстолитовой проставкой. Пуск электродвигателя производится от аккумуляторной батареи нажатием кнопочного выключателя на пульте управления машиниста при включенном рубильнике батареи.

Наличие в топливной системе топливоподкачивающего агрегата обеспечивает лучшее заполнение рабочего пространства золотниковых насосов и фильтрацию топлива через щелевые и войлочные фильтры.

Вал *10* топливоподкачивающего насоса изготовлен из стали марки 12ХН3А. Конец вала выполнен в виде шестерни *8* с внутренним зацеплением (фиг. 98 и 99). Вал ставится в корпус со стороны крышки *5*. Шестерня *8* плотно прилегает наружной поверхностью к корпусу *7*. С внутренней стороны зубья шестерни также плотно прилегают к наружной поверхности выступа *1*, имеющего серповидную форму. К внутренней стороне этого серповидного выступа плотно прилегают зубья малой шестерни *2*, сидящей на оси *3*, впрессованной в отверстие крышки. Ось расположена эксцентрично относительно геометрической оси вала насоса, но так, что зубья ведомой малой шестерни входят в зацепление с шестерней вала.

Взаимное расположение шестерен показано на фиг. 98 (разрез *ЕЕ*). К шестерням топливо подводится по каналу в корпусе насоса и выемке *А* в крышке. Оно заходит во впадины зубьев *Б* и *В* ведущей и ведомой шестерен и проходит в выемку *Г*. Здесь зубья шестерен *8* и *2* выдавливают из впадин масло, которое выходит через выемку *Г* в крышке и штуцер в нагнетательную трубу, ведущую через фильтры к топливным насосам дизеля. Невозможность обратного протекания масла из нагнетательной полости насоса во всасывающую обеспечивается точностью пригонки шестерен к корпусу, крышке и ее серповидному выступу.

Уплотнение вала выполнено следующим образом. В корпус вставлена втулка *9*, изготовленная из стали марки 12Н3А, плотно



Буквенные обозначения зазоров	*а*	*б*	*в*	*г*	*д*	*е*	*ж*	*з*	*и*	*к*	*л*	*м*
Величина зазора в *мк*	120 252	25 130	120 252	16 52	30 170	13 43	75 21	20 63	25 77	20 63	21 94	25 77

Фиг. 98. Вспомогательный топливоподкачивающий насос:

1 — серповидный выступ крышки; *2* — малая (ведомая) шестерня; *3* — ось малой шестерни; *4* — крышка *пластина*; *5* — крышка; *6* — прокладки свинцовые и бумажные; *7* — корпус насоса; *8* — ведущая шестерня с внутренним зацеплением; *9* — втулка вала ведущей шестерни; *10* — вал ведущей шестерни; *11* — втулка; *12* — гофрированная трубка; *13* — пружина; *14* — накидная гайка; *15* — уплотнительная втулка; *А* — выемка в крышке; *Б* и *В* — впадины в шестернях насоса; *Г* — выемка в крышке.

охватывающая вал *10*. На торец втулки *9* опирается торец латунной втулки *11*, изготовленной из латуни марки ЛС 59-1. Торцы эти прошлифованы и проверены по краске. К бурту втулки *11* припаяна латунная гофрированная трубка *12*, которая другой стороной также припаяна к латунной уплотнительной втулке *15* (для изготовления втулок *11* и *15* применяется также бронза БрОС 8-12). Внутри гофрированной трубки поставлена пружина *13*, стремящаяся раздвинуть втулки в стороны.

Втулка *15* входит в отверстие накидной гайки *14*, которая своим буртом прижимает конический, притертый к пояску корпуса бурт втулки *15*. Пружина *13* прижимает торец втулки *11* к торцу втулки *9*, тем самым не давая возможности топливу, просочившемуся через зазор между втулкой *9* и корпусом *7*, войти внутрь уплотнительного элемента.

Проверка плотности прилегания обеих уплотнительных поверхностей проверяется при давлении 10 *ати* в течение 10 мин. При этом топливо не должно просачиваться.

Для установки торцевого зазора между шестернями насоса и корпусом служат свинцовые и бумажные прокладки, которые ставятся между крышкой и корпусом. Уже указывалось, что величина зазоров в шестеренчатом насосе имеет очень важное значение. В подписи под фиг. 98 даны в качестве примера размеры основных зазоров топливоподкачивающего насоса.

Цианирование валов и электродвигателя производится при помощи прокладок между корпусом насоса и общей плитой насоса и электродвигателя.

Фильтры. На всасывающей трубе перед топливным насосом поставлен двойной сетчатый набивной фильтр грубой очистки.

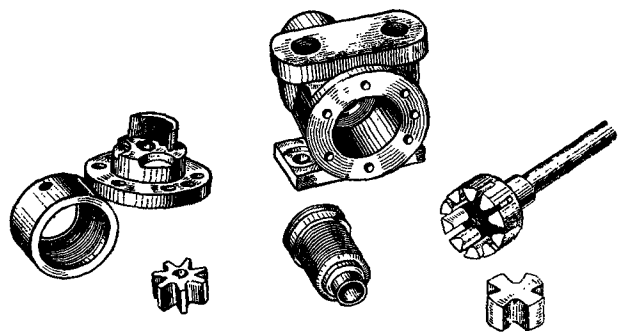
Фильтр имеет два цилиндрических сосуда — корпуса, в каждом из которых имеются вставленные одна в другую цилиндрические металлические сетки. Снизу и сверху сетки закрыты фланцами, а полость между ними заполнена хлопчатобумажными концами (обрезками пряжи). По середине внутренней сетки проходит пустотелый стержень с прорезанными в нем отверстиями.

Топливо поступает в корпус фильтра со стороны наружной сетки, проходит через нее, затем через набивку и внутреннюю сетку и через отверстия в стержне выходит во всасывающую трубу топливоподкачивающего насоса.

Весь фильтрующий элемент, состоящий из сеток, набивки и стержня, прижимается к гнезду в крышке пружиной.

Корпусы фильтра соединены общей крышкой, имеющей по середине общий переключательный кран, который может быть поставлен в три положения: горизонтальное левое, горизонтальное правое и вертикальное — рукояткой книзу. При вертикальном положении рукоятки топливо проходит одновременно через оба корпуса фильтра. При рукоятке, повернутой вправо, работает левый фильтр; при этом правый фильтр может быть разобран, сетки его могут быть очищены и промыты, набивка также промыта или сменена.

Для разборки фильтра следует отнять от крышки корпус совместно с сетками, снять верхний фланец наружной сетки, вынуть набивку и внутреннюю сетку. После очистки



Фиг. 99. Детали вспомогательного топливоподкачивающего насоса.

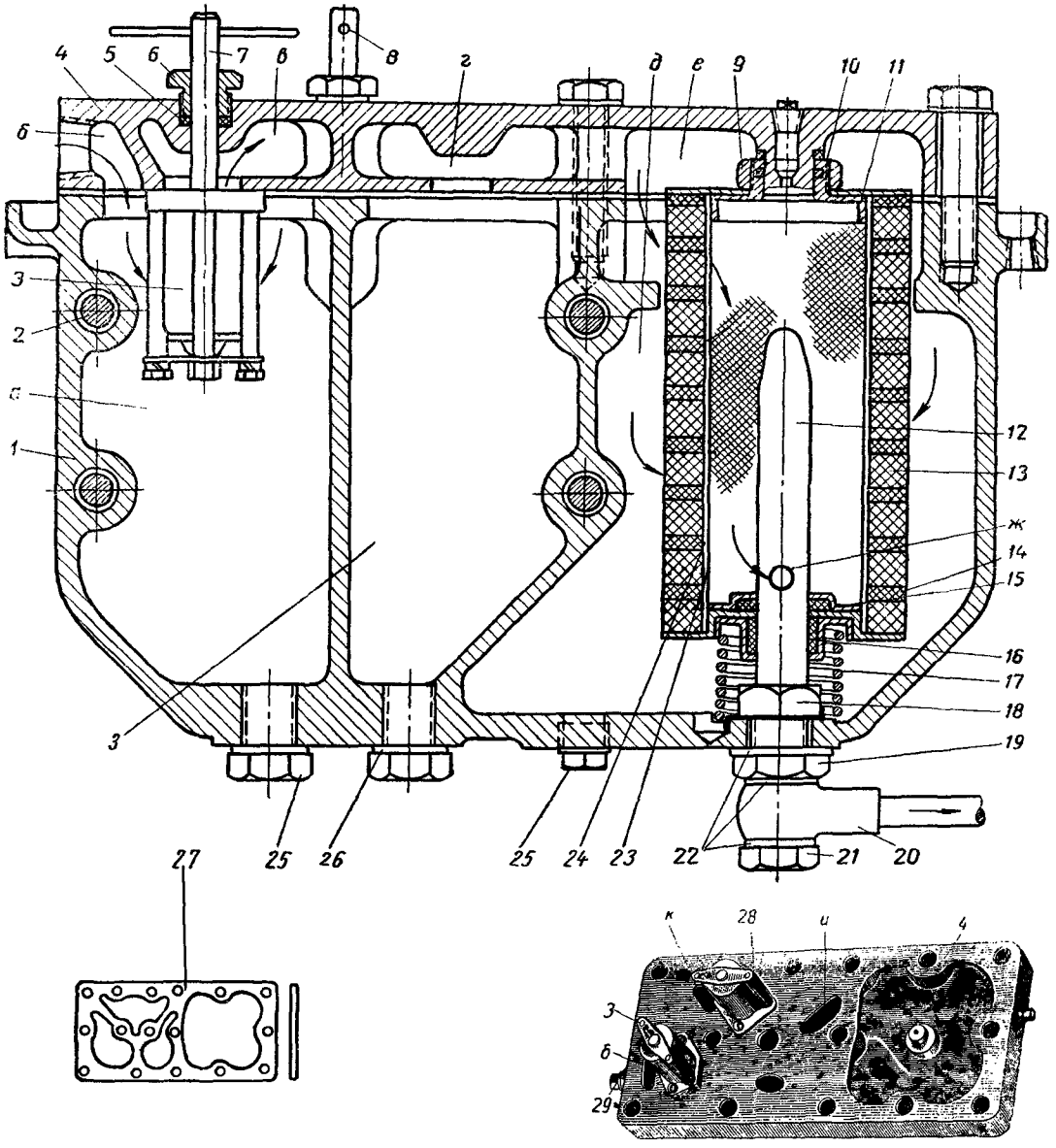
фильтра и постановки его на место можно поворотом рукоятки переключить промытый корпус фильтра в рабочее положение.

Рекомендуется работать сразу на обоих фильтрах, так как при загрязнении одного фильтра топливо будет проходить через второй, не вызывая подсасывания воздуха в топливопровод через уплотнение вспомогательного топливного насоса.

Основным топливоочистительным фильтром является топливный войлочно-щелевой фильтр, установленный перед топливным насосом дизеля на левой стороне блока.

Фильтр, прикрепленный к приливу блока четырьмя шпильками, представляет собой три заключенных в одном корпусе фильтра, из которых два — щелевого типа, а один — сетчато-войлочный.

Корпус *1* фильтра (фиг. 100) разделен на четыре отсека, сообщающиеся между собой через каналы в пустотелой крышке *4*. В двух первых отсеках расположены щелевые фильтры, третий отсек — запасной, в четвертом размещен сетчато-войлочный фильтр.



Фиг. 100. Щелевой и войлочный топливные фильтры:

1 — корпус фильтра; *2* — шпильки крепления корпуса фильтра к блоку цилиндров; *3* — первый щелевой фильтр; *4* — крышка корпуса фильтра; *5* — шайба и набивка сальника стержня фильтра; *6* — нажимная гайка сальника первого щелевого фильтра; *7* — стержень с рукояткой первого фильтра; *8* — стержень с рукояткой второго щелевого фильтра; *9* — гайка; *10* — верхняя крышка сетки; *11* — нажимная пластина войлочного фильтра; *12* — стержень; *13* — войлочная пластина фильтра; *14* — войлочная пластина фильтра (тонкая); *15* — пластинка сальника фильтра с войлочным кольцом; *16* — тарелка пружины и оправка сальника с войлочным кольцом: *17* — пружина; *18* — гайка; *19* — головка стержня; *20* — штуцер; *21* — штуцер; *22* — медные шайбы; *23* — металлическая сетка; *24* — шелковый чехол; *25* — спускная пробка; *26* — медная шайба; *27* — прокладка крышки фильтра; *28* — второй щелевой фильтр; *29* — штуцер для подвода топлива; *а* — полость первого щелевого фильтра; *б* — канал и окно для подвода топлива; *в* — канал в крышке, подводящий топливо к окну *к*; *г* — канал для перехода топлива в полости *д* и *е*; *д* и *е* — полости войлочного фильтра в крышке и корпусе; *жс* — отверстие в стержне *12* для прохода топлива к штуцеру *20*; *з* — запасная полость фильтра; *к* — окно для подвода топлива ко второму щелевому фильтру; *и* — окно выхода топлива в запасную полость фильтра.

Щелевой фильтр представляет собой набор рабочих пластинок толщиной 0,3 *мм*, набранных на пустотелый стержень. Между каждыми двумя пластинками помещена проставка, представляющая собой также пластинку толщиной 0,1 *мм*. Частицы, имеющие бо́льшие размеры, чем ширина щели между рабочими пластинками, оседают на гранях пластинок и частично между пластинками.

Для очистки щелей в промежутки между рабочими пластинками входят концы пластин гребенки, толщина которых равна 0,08 *мм*. Пластины гребенки неподвижны, пластины же фильтра могут поворачиваться вместе со стержнем *7* и, таким образом, фильтр после одного-двух оборотов стержня очищается от механических примесей. Грязь при этом падает на дно полости корпуса фильтра и может быть удалена оттуда через спускные пробки *25*.

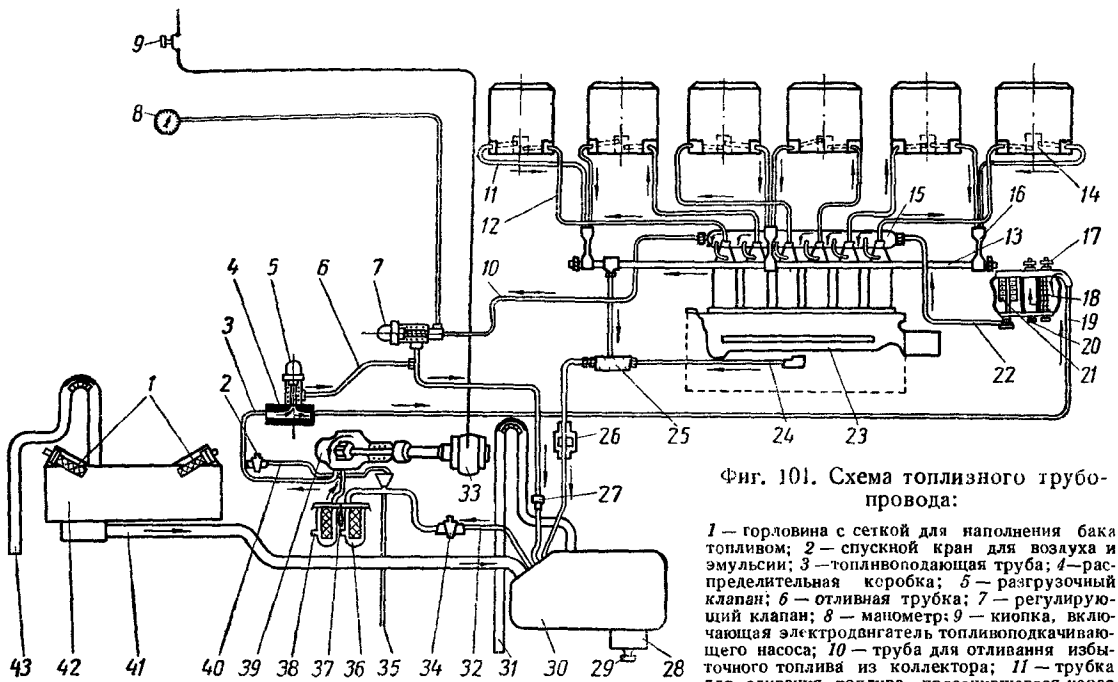
Конструкция фильтрующих элементов щелевого топливного фильтра почти ничем не отличается от конструкции элементов масляного фильтра.

Отличие состоит лишь в том, что в каждом топливном фильтре применен один элемент, причем на каждом элементе поставлено немного более ста рабочих и столько же проставочных пластинок и пластин гребенки.

Для того чтобы не дать топливу, находящемуся под давлением в корпусе фильтра, просачиваться по верхней части стержня, последний заключен в сальник с нажимной сальниковой гайкой *6* и подкладочной шайбой.

Топливо подводится к фильтру от вспомогательного топливоподкачивающего насоса через штуцер *29* и по каналу и окну *б* входит в полость *а*. Пройдя через щели первого щелевого фильтра *3*, топливо по каналу *в* и окну *к* входит в полость второго щелевого фильтра, где, проходя через щели между его пластинами, очищается и поступает через каналы *г* и *е* в полость *д* войлочного фильтра.

Войлочный фильтр представляет собой металлическую сетку *23*, на которую надет шелковый чехол *24* с парусиновыми днищами. Верхняя крышка *10* входит внутрь сетки. Ниж-



Фиг. 101. Схема топливного трубопровода:

1 — горловина с сеткой для наполнения бака топливом; *2* — спускной кран для воздуха и эмульсии; *3* — топливоподающая труба; *4* — распределительная коробка; *5* — разгрузочный клапан; *6* — отливная трубка; *7* — регулирующий клапан; *8* — манометр; *9* — кнопка, включающая электродвигатель топливоподкачивающего насоса; *10* — труба для отливания избыточного топлива из коллектора; *11* — трубка для сливания топлива, просочившегося через неплотности форсунки; *12* — нагнетательная топливная трубка; *13* — сливная магистраль просочившегося топлива; *14* — форсунка; *15* — топливный коллектор; *16* — приемник просочившегося из форсунок топлива; *17* — рукоятка щелевого топливного фильтра; *18* — щелевой фильтрующий элемент; *19* — трубка для подвода топлива от топливоподкачивающего насоса к фильтрам; *20* — щелевые и войлочный топливные фильтры; *21* — войлочный фильтрующий элемент; *22* — трубка для подвода топлива к коллектору топливного насоса; *23* — картер топливного насоса; *24* — трубка для сливания топлива, просочившегося через неплотности плунжеров насосов; *25* — сливная коробочка; *26* — обратный клапан; *27* — труба для отливания топлива; *28* — отстойник; *29* — клапан для сливания топлива; *30* — нижний топливный бак; *31* — вентиляционная труба; *32* — всасывающая труба; *33* — электродвигатель топливоподкачивающего насоса; *34* — кран для отключения подачи топлива; *35* — сливная труба; *36* — двойной сетчато-набивной фильтр для грубой очистки; *37* — рукоятка отключения одного из фильтров; *38* — сливная трубка; *39* — топливоподкачивающий насос; *40* — спускная трубка для воздуха и эмульсии; *41* — соединительная труба верхнего и нижнего топливных баков; *42* — верхний топливный бак; *43* — вентиляционная труба.

няя крышка своими буртами образует фланец, на который опираются войлочные пластины *13* и *14*, сверху прижатые стальной пластиной *11* и гайкой *9*. В нижней крышке имеется фасонная пластина *15*, внутри которой помещено уплотнительное войлочное кольцо, охватывающее пустотелый стержень *12*. В тарелке *16* пружины *17* имеется второе войлочное уплотнительное кольцо, также охватывающее стержень *12*.

Стержень *12* ставится в корпус снизу и гайкой *18* притягивается к днищу корпуса. В стержень ввертывается штуцер *21*, зажимающий между двумя медными шайбами *22* головку штуцера *20*, по которому топливо отводится к коллектору топливного насоса дизеля.

Верхняя крышка войлочного фильтра надета горловиной на выступ крышки корпуса и прижата к бурту выступа пружиной *17*.

Топливо проходит через войлочные пластины, шелковый чехол и сетку и по двум отверстиям *ж* в стержне *12* идет к штуцеру *20* и далее — к топливному насосу.

Крышка корпуса фильтра ставится на паранитовой прокладке и крепится шестнадцатью болтами с обязательной постановкой медных уплотнительных шайб.

Рукоятки щелевых фильтров следует проворачивать через каждые 25—30 мин. работы дизеля. При этом, если произошло заедание, следует осмотреть и промыть фильтр, но не стараться ключом или трубкой обязательно повернуть рукоятку.

Схема топливной системы. На тепловозе ТЭ1 топливо размещается в двух баках — верхнем *42* и нижнем *30* (фиг. 101).

Заполнение баков топливом производится через горловины *1* верхнего бака, расположенные для удобства набора топлива с двух сторон тепловоза.

Оба бака имеют вентиляционные трубы *31* и *43*, в верхних коленах которых просверлены дополнительные отверстия. В трубах поставлены перегородки, препятствующие выбрасыванию топлива из баков.

Баки соединяются трубой *41* и имеют отстойники, причем в отстойниках нижнего бака *28* поставлен клапан *29* для сливания топлива.

В верхнем баке помещается 3250 *л*, а в нижнем 2800 *л* топлива.

Топливо засасывается топливоподкачивающим насосом *39* по трубе *32*. Пройдя сетчато-набивной фильтр, топливо по трубе *3* подходит к разгрузочному клапану, отрегулированному на давление 5,3 *ати*. Основная часть топлива направляется по трубе *19* к войлочно-щелевым фильтрам *20*, а излишнее топливо отливается по трубам *6* и *27*. Очистившееся в щелевых фильтрующих элементах и войлочном фильтре *21* топливо проходит в топливный коллектор *15*, откуда поступает в секции топливных насосов, подающих его под давлением в форсунки цилиндров дизеля.

Топливоподкачивающий насос *39* подает примерно в три раза большее количество топлива, чем необходимо для поддержания полной мощности дизеля, поэтому значительная часть топлива отливается в топливный бак через трубы *10* и *27*. Давление в топливной магистрали после фильтров поддерживается регулирующим клапаном *7*, равным 2,5 *ати*. Конструкция регулирующего и разгрузочного клапанов незначительно отличается от конструкции регулирующего клапана масляного трубопровода.

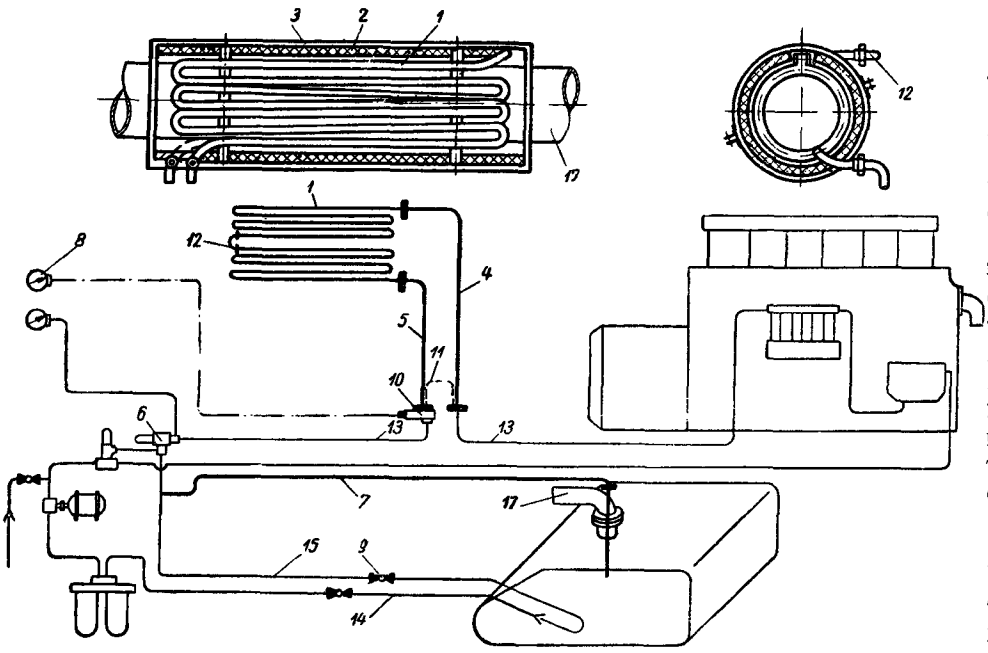
От топливных насосов по нагнетательным трубкам *12* топливо подается к форсункам под давлением в несколько сот атмосфер, благодаря чему оно в мелкораспыленном состоянии впрыскивается в камеру сгорания цилиндров. Топливо, просочившееся через притирочные поверхности игл и распылителей форсунок, по трубкам *11* сливается в магистраль *13* через приемники *16* и через сливную коробочку *25* и обратный клапан *26* поступает в топливный бак. По этому же трубопроводу и трубе *24* сливается топливо, просочившееся через притирочные поверхности плунжеров и гильз топливных насосов.

По трубке *40* через кран *2* производится спуск воздуха и эмульсии из нагнетательного трубопровода в сливную воронку и трубу *35*. В эту же воронку сливается топливо, просочившееся через неплотности сальника вспомогательного топливоподкачивающего насоса.

Для надежной работы тепловоза при низких температурах наружного воздуха нельзя допускать значительного понижения температур топлива как в топливных трубопроводах, так и баках. В противном случае увеличение вязкости топлива может привести к прекращению его подачи к насосам и остановке дизеля.

При очень низких температурах это может произойти не только из-за возрастающего сопротивления в трубопроводах, но и вследствии того, что топливо в баках потеряет текучесть и не сможет всасываться вспомогательным подкачивающим насосом. Для того, чтобы не допустить снижения температуры топлива в трубопроводах и баках ниже допустимой величины, на тепловозах ТЭ1 устанавливается

газовый подогреватель (фиг. 101, *а*). Газовый подогреватель представляет собой змеевик, охватывающий часть нижнего выпускного коллектора двигателя. Змеевик с горизонтально расположенными стальными трубками *1* состоит из двух полуцилиндров, наложенных на оголенную наружную поверхность коллектора и закрытых асбестовыми листами *2* и кожухом *3*. Обе части змеевика соединяются между собой трубкой *12*, соединительные муфты которой расположены снаружи кожуха коллектора.



Фиг. 101, а. Схема топливоподогревающего устройства:
1 — трубки змеевика; *2* — изоляционный слой (асбест); *3* — кожух; *4* — труба для топлива, входящего в подогреватель; *5* — труба для топлива, выходящего из подогревателя; *6* — клапан; *7* — труба для дополнительного сливания подогретого топлива; *8* — аэротермометр; *9* — кран; *10* — штуцер; *11* — перемычка; *12* — соединительная трубка; *13* — труба; *14* — всасывающая труба вспомогательного насоса; *15* — сливная труба; *16* — труба; *17* — нижний выпускной коллектор дизеля

Включение змеевика подогревателя в топливный трубопровод осуществлено по следующей схеме. На трубе *13*, по которой сливается в бак избыточное топливо, поданное вспомогательным насосом, снимается ранее установленная перемычка *11*. Вместо концов перемычки присоединяются концы трубок *4* и *5* змеевика подогревателя. В штуцере *10* устанавливается датчик аэротермометра *8*. Кроме имеющейся в обычной схеме трубы *15*, конец которой входит в раструб всасывающей трубы *14* эжекционного устройства вспомогательного насоса, устанавливается также труба *7* для дополнительного слива топлива.

Труба *7* вварена в трубу *16* большего диаметра, расположенную с левой стороны тепловоза и соединяющую верхний и нижний баки.

Во время работы двигателя избыточное топливо, поданное вспомогательным насосом, проходит через трубки змеевика подогревателя, нагревается в них за счет тепла отработавших газов и может поступить в бак по сливной трубе *15* или по трубе *7*.

Количество топлива, проходящего по трубам *7* и *15*, регулируется открытием крана *9*. При полностью открытом кране *9* топливо по трубе *7* почти не поступает.

При сливе через эжекционное устройство, т. е. только по трубе *15*, в системе подогревателя циркулирует ограниченное количество топлива, пополняемое только топливом, поступающим в трубопровод взамен сжигаемого в двигателе. Поэтому топливо в трубопроводе, циркулирующее по замкнутой системе, быстро подогревается. Давление в трубе *13*, а следовательно и в змеевике поддерживается равным 2,5 *ати* с помощью регулировочного клапана *6*. Подогрева топлива в баке при этом практически не происходит. При сливе через трубу *7* происходит перемешивание подогретого топлива с находящимся в нижнем баке холодным.

Проведенные опыты и расчеты показали, что температура топлива в нижнем баке, который дополнительно изолируется теплоизоляционной прокладкой (войлоком), помещенной в кожухе из листового железа, не должна понизиться даже при температуре наружного воздуха минус 40° С.

Требования, предъявляемые к применяемому в дизелях Д-50 топливу (ГОСТ 305-42), приведены в табл. 4. Топливо это делится на летнее и зимнее, отличающиеся лишь температурой застывания.

При работе на летнем дизельном топливе в зимних условиях на тепловозах, не оборудованных топливоподогревательным устройством, рекомендуется при температурах наружного воздуха ниже —10° С добавлять в топливо осветительный керосин. Керосин должен добавляться в количестве, обеспечивающем сохранение вязкости топлива в пределах 1,4—1,7° Е.

Таблица 4

Топливо, применяемое для дизеля Д-50

Физико-химические свойства	Дизельное автотракторное топливо (ГОСТ 305-42)	
	Летнее	Зимнее
Фракционный состав:		
до 300° С выкипает в %, не менее	50	50
до 350° С выкипает в %, не менее	85	85
Вязкость при 20° С:		
кинематическая в *сст*	5,0—8,5	5,0—8,5
условная в °Е	1,4—1,7	1,4—1,7
Температура вспышки по Мартенс-Пенскому в °С, не ниже	65	65
Температура застывания в °С, не выше	—10	—35
Кокса в %, не более	0,1	0,1
Воды в %, не более	0,025	0,025
Воды в %, не более	Отсутствие	
Серы в %, не более	0,2	0,2
Механических примесей	Отсутствие	
Сероводорода	Отсутствие	
Водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	
Кислотность в *мг* КОН на 100 *мл* дизельного топлива, не более	10	10

КОМПРЕССОР И СХЕМА ВОЗДУХОПРОВОДОВ АВТОМАТИКИ ТЕПЛОВОЗА

Корпус, вал, цилиндры. Характеристика компрессора тепловоза ТЭ1 приведена на стр. 57. Компрессор снабжает воздухом систему автотормозов, систему управления песочницами, систему электропневматических вентилей контакторов, реверсора, привода управления регулятором оборотов, а также привода стеклоочистителей.

Компрессор установлен непосредственно за генератором и связан с его валом полужесткой муфтой (фиг. 102).

Муфта состоит из двух фланцев *47* и *48*, имеющих по четыре лапы. Лапы одного фланца сдвинуты относительно лап другого фланца на 45°. Между лапами фланцев поставлены кольца *46* из листовой стали, имеющие по окружности восемь отверстий. Через эти отверстия кольца скреплены с лапами фланцев болтами.

Такая конструкция муфты позволяет компенсировать незначительное взаимное смещение валов компрессора и генератора.

Вал компрессора лежит в двух шарикоподшипниках, один из которых *30* запрессован в корпус *23*, а второй расположен в крышке *51*. Со стороны холодильника и в крышке корпуса вал уплотнен от проникновения смазки наружу самоуплотняющимися сальниками *31*.

Вал имеет один кривошип, на шейку которого надеты мотылевые головки трех шатунов: одного *33* — высокого давления и двух *15* — низкого давления. На щеках кривошипа установлены противовесы *1*, которые закреплены двумя круглыми шпонками *2* и, кроме того, приварены к щекам вала.

Вал изготовлен из стали марки 40Х.

Корпус *23* компрессора отлит из чугуна и имеет форму пятиугольной призмы, на трех верхних гранях которой прорезаны круглые окна, сообщающие между собой цилиндры первой и второй ступени.

Цилиндры соединяются с картером шпильками *17*. Оси цилиндров первой ступени установлены под углом 55° к вертикально расположенной оси цилиндра второй ступени и смещены вдоль оси вала так, что мотылевые головки всех шатунов расположены на шейке коленчатого вала. Фланцы цилиндров ставятся на прокладках, толщиной которых можно регулировать величину камеры сжатия.

Выемка поршней и шатунов первой ступени возможна через цилиндры. Для выемки шатуна и поршня второй ступени необходимо предварительно снять цилиндр.

Крышки цилиндров *4* и *7*, в которых размещены по два всасывающих *8* и *14* и по одному нагнетательному *43* и *13* клапану, отлиты из чугуна и так же, как и цилиндры, имеют ребра, для лучшего охлаждения воздухом. Крепление крышек к цилиндрам производится шестью шпильками, ввернутыми в цилиндр.

Холодильник. Воздух засасывается всасывающими клапанами через фильтры *44* и после первой ступени попадает в воздушный промежуточный холодильник, состоящий из верхнего *10* и двух нижних *19* коллекторов и двух рядов тонкостенных медных трубок *36*, концы

которых ввальцованы в отверстия отдельных решеток коллекторов.

Трубки имеют ребра, выполненные либо из спиральной медной ленты, либо в виде отдельных пластинок подобно трубкам секций холодильника тепловоза.

Решетки холодильников левого и правого цилиндров объединены коллекторами. Верхний коллектор, соединенный патрубками с нагнетательными каналами крышек цилиндров первой ступени, разделен перегородками на три части. В полости двух крайних частей входит половина трубок холодильника. Воздух, поступив из цилиндров первой ступени, проходит по этим трубкам в два нижних коллектора, не имеющих перегородок. По остальным трубкам воздух поднимается снова в верхний коллектор, откуда по патрубку проходит в нагнетательную полость крышки цилиндра.

На патрубке перехода поставлен предохранительный клапан первой ступени, отрегулированный на 4,2 *ати*. Клапан — нормальной конструкции, с выпуском воздуха через сверления в корпусе *38*. Для спуска конденсата на нижних коллекторах имеются спускные краники, которые необходимо регулярно открывать для удаления скопившейся влаги и масла.

Масляный насос. Смазка трущихся деталей производится маслом, подаваемым под давлением масляным насосом, расположенным в картере компрессора, и частично за счет разбрызгивания этой смазки, сливающейся из зазоров мотылевых и головных подшипников.

Масло заливается в картер компрессора через отверстие в приливе *21*, закрываемое пробкой. Возможно также заливание масла через отверстие, закрываемое штуцером сапуна. Количество масла, необходимое для нормальной работы, составляет 15 *л*. Для наблюдения за уровнем масла на люке корпуса компрессора имеется прилив для масломериого щупа *22*, на котором нанесены деления высшего и низшего уровня масла в картере. Спуск масла производится через спускное отверстие в нижней части картера.

Устройство масляного насоса следующее.

Плунжер *49* насоса изготовлен совместно с хомутом *28* из бронзы марки БрОСЦ 6-6-3. Хомут надет на эксцентрик вала *27* и притерт к нему. Проверка прилегания хомута к эксцентрику производится по краске.

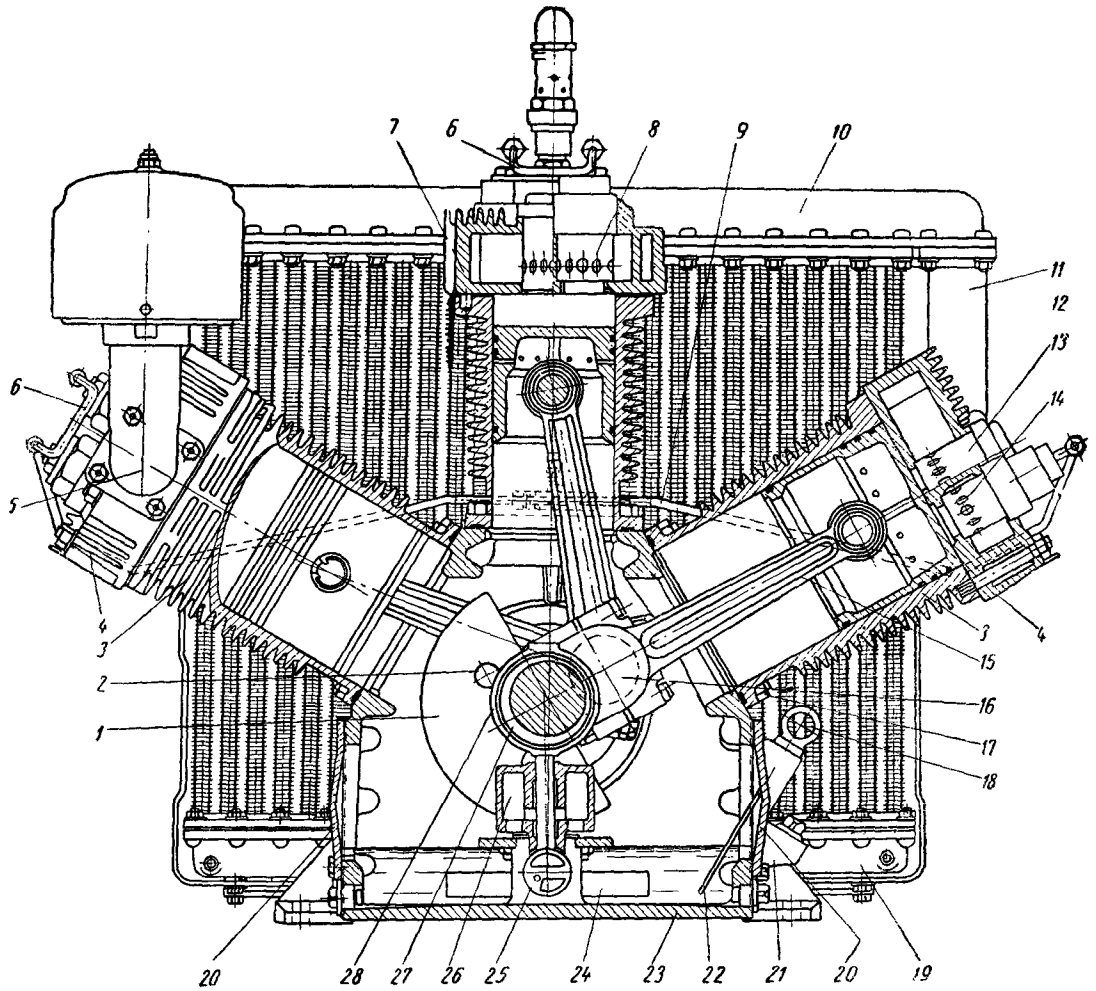
Перед постановкой хомута на место через отверстие, нормально закрытое пробкой, во внутреннее сверление плунжера *49* опускается шаровой клапан *50*, который садится в свое конусное гнездо. После шарика в сверление опускается сухарик клапана. Сухарик укрепляется шпилькой, которая забивается и расклепывается с внешней стороны плунжера. Сухарик в работе является ограничителем хода шарика.

Далее хомут плунжера с шаровым клапаном надевается на вал и вместе с корпусом насоса ставится на место. В связи с тем, что во время работы компрессора хомут, а вместе с ним и плунжер, будут иметь колебательные движения, то такие же движения должен совершать и корпус насоса. Для этого нижняя часть корпуса имеет цапфы *25*, которые входят в соответствующие гнезда корпуса компрессора и, таким образом, обеспечивают возможность колебательных движений корпуса насоса.

В цапфе, направленной внутрь компрессора, в нижней части имеются три сверления, соединяющие рабочую цилиндрическую полость корпуса с каналом *в* в днище картера. Второй выход канала совпадает с отверстием в цапфе диска *24* сетчатого фильтра, которая входит в соответствующее гнездо прилива корпуса. Верхняя часть стенки гнезда разрезана, и стенки стянуты болтом *54*, который плотно зажимает цапфу диска. Для точной фиксации отверстия цапфы диска относительно выхода канала стяжной болт проходит через цилиндрическую канавку, прорезанную в цапфе, и устанавливает диск во вполне определенное положение. Сетка *55* фильтра поставлена в диск *24* снизу и соединена с ним упругим стопорным проволочным кольцом *56*, заходящим в кольцевую проточку диска. Фильтр может быть снят для очистки через открытый лючок корпуса компрессора.

Работа масляного насоса происходит так. При движении плунжера *49* вверх шаровой клапан *50* своим весом и давлением масла, находящегося в смазочной системе, прижимается к седлу в теле плунжера, прекращая тем самым сообщение между рабочей полостью насоса и смазочной магистралью компрессора через сверление в торце плунжера под шариком *50*. Одновременно в рабочей полости создается разрежение, так как нижняя кромка плунжера в начале хода вверх не сразу открывает сверлеиия, сообщающие канал *в* с рабочей полостью насоса, а лишь после некоторого продвижения плунжера.

После того как кромка плунжера откроет сверления цапфы *25* полость под плунжером начнет заполняться маслом. При обратном (нагнетательном) ходе плунжера вниз масло вначале будет вытесняться плунжером во всасывающие каналы цапфы *25*, и лишь после



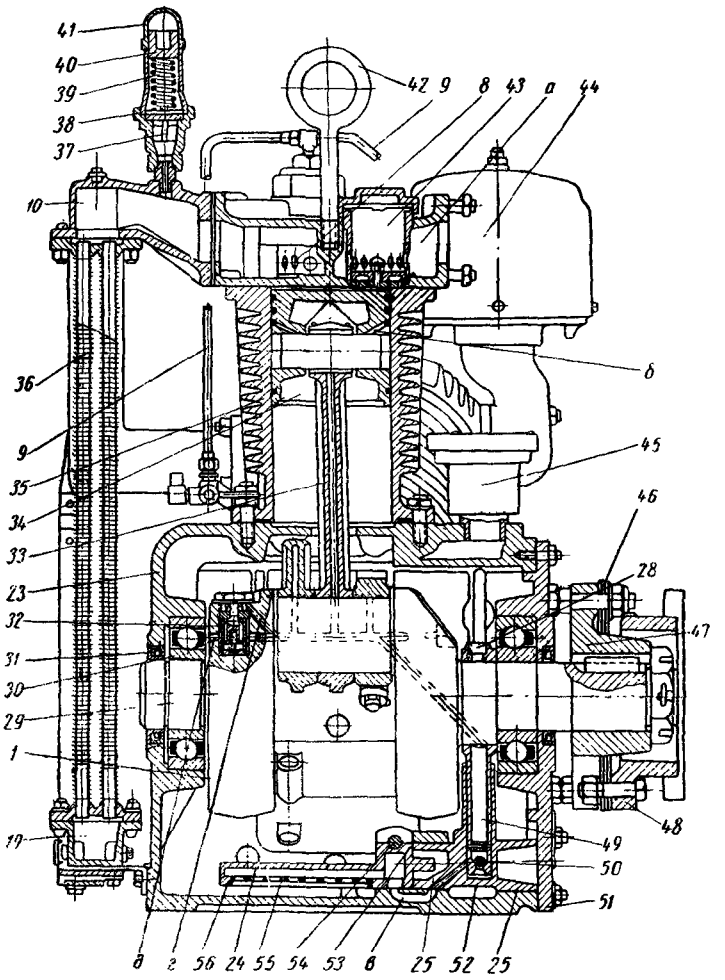
Фиг. 102. Ком

1 — противовес; *2* — круглая шпонка крепления противовеса; *3* — цилиидр первой ступени; *4* — крышка цилиндра первой способлений всасывающих клапанов компрессора; *7* — крышка цилиндра второй ступени; *8* — всасывающий клапан вто единительная труба; *12* — головная втулка шатуна; *13* — нагнетательный клапан первой ступени; *14* — всасывающий клапан *17* — шпильки; *18* — головка масломерного щупа; *19* — нижний коллектор холодильника; *20* — люк; *21* — прилив с отверстием пус компрессора; *24* — диск фильтра; *25* — цапфа корпуса масляного насоса; *26* — коробчатые пустотелые приливы корпуса мут плунжера масляного насоса; *29* — цапфа коленчатого вала; *30* — шарикоподшипник; *31* — самоуплотняющийся сальник; рой ступени; *34* — поршень второй ступени; *35* — цилиндр второй ступени; *36* — ребристые трубки холодильника; *37* — клапан; клапана; *40* — регулирующая гайка; *41* — колпачковая контргайка; *42* — болт; *43* — нагнетательный клапан второй ступени; *47* — фланец муфты со стороны компрессора; *48* — фланец муфты со стороны генератора; *49* — плунжер масляного насоса; *52* — корпус масляного иасоса; *53* — цапфа диска фильтра; *54* — стяжной болт; *55* — сетка диска фильтра; *56* — пружиниое ступени; *б* — сверления для подвода смазки к гнезду пальца поршня; *в* — всасывающий канал

того, как кромка плунжера перекроет эти отверстия и плунжер начнет сжимать оставшееся в рабочей полости масло, последнее поднимет шарик *50* и будет поступать в смазочную систему компрессора.

Путь смазочного масла таков. Из плунжера через сверление в эксцентрике и щеке вала компрессора масло проходит в осевое сверление шейки вала. В шейке выполнены три радиальных сверления, которые подводят масло к мотылевым подшипникам шатунов первой и второй ступени. Часть масла идет на смазку подшипников и через зазоры сливается в картер, а также разбрызгивается на стенки цилиндров и другие части компрессора. Остальное масло через сверления в шатунах проходит к головным втулкам *12* и через кольцевые выточки, сверления и продольные канавки втулок смазывает поршневые пальцы.

Корпус насоса представляет собой отливку из чугуна, имеющую, кроме цилиндрической части, два дополнительных пустотелых коробкообразных прилива *26*, сообщающихся с рабочей цилиндрической частью корпуса насоса



прессор:

ступени; *5* — патрубок фильтра; *6* — воздушная трубка выключающих при-рой ступеней; *9* — трубка; *10* — верхний коллектор холодильника; *11* — со-первой ступени; *15* — шатун цилиндра первой ступени; *16* — кривошип; для заливки масла в картер и пробка; *22* — масломерный щуп: *23* — кор-масляного насоса; *27* — эксцентрик коленчатого вала компрессора; *28* — хо-*32* — регулирующий клапан масляного давления; *33* — шатун цилиндра вто-*38* — корпус предохранительного клапана; *39* — пружина предохранительного *44* — фильтр; *45* — сапун; *46* — соединительные кольца полужесткой муфты; *50* — шаровой клапан плунжера; *51* — крышка корпуса компрессора; стопорное кольцо сетки фильтра; *а* — нагнетательный канал крышки второй масляного насоса; *г* и *д* — сверления в теле вала.

двумя сверлениями. Примерно против этих сверлений в плунжере насоса также. имеется сквозное сверление, через которое масло под давлением заполняет пустоты приливов, образуя запас для смазки плунжера. Одновременно эти заполненные маслом камеры поглощают гидравлические удары, смягчая работу насоса.

Регулятором давления в смазочной системе компрессора является клапан *32*. Клапан состоит из корпуса, ввертываемого в вал. Корпус пустотелый, с кольцевой заточкой под верхним уплотнительным буртом. В верхней части корпуса, к гнезду, расположенному ниже заточки, прижимается снизу пружиной клапан. Пружина опирается на тарелку, которая лежит на стопорном пружинном кольце, заложенном в кольцевой выточке внизу корпуса клапана.

Сверление *г* в щеке вала соединяет кольцевую заточку корпуса клапана со смазочной магистралью, а радиальные сверления в корпусе клапана сообщают кольцевую заточку с полостью над клапаном и со сверлением *д* в щеке вала, выходящим непосредственно в картер сбоку шарикоподшипника *30*. При повышении давления в смазочной системе выше допустимого (1,75 *ати* для холостого хода; 3,5 *ати* — для полного числа оборотов) масло отжимает клапан и частично уходит через сверление *д*, снижая тем самым давление в масляной магистрали. Особенность клапана состоит в том, что к усилию, с которым он прижимается пружиной к своему седлу, добавляется усилие от центробежной силы клапана. И так как с увеличением числа оборотов вала усилие это увеличивается, то с увеличением числа оборотов также увеличивается и давление масла, необходимое для открытия клапана.

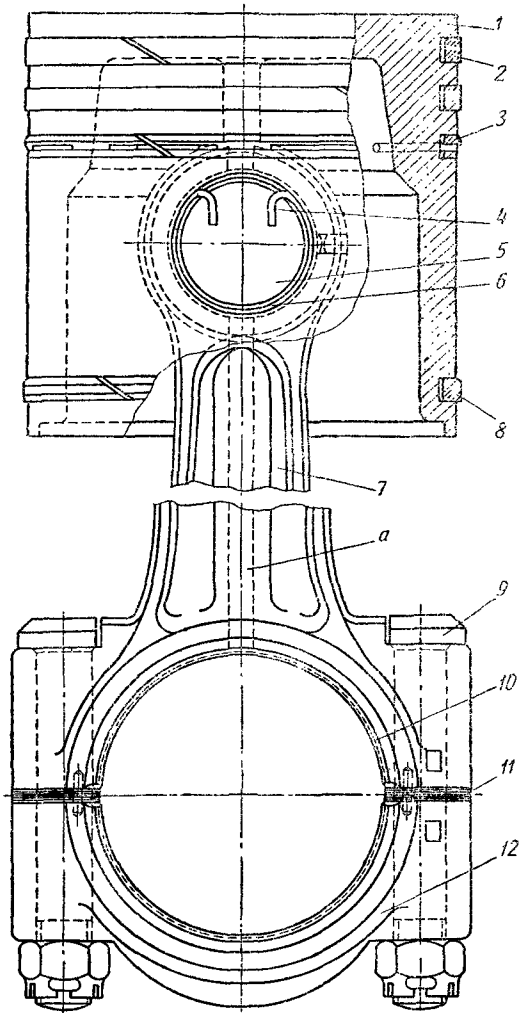
Шатуны и поршни. Мотылевые головки шатунов, размещенные на одной шейке вала, смещены по его оси. Отдельных вкладышей шатуны не имеют, и баббит залит непосредственно в нижнюю крышку *12* и в тело мотылевой головки (фиг. 103). Шатуны штампованные из стали марки 40Х; баббит марки Б83.

В мотылевой головке имеются латунные прокладки *11*, изменяя общую толщину которых можно установить желаемый зазор между шейкой вала и баббитовой заливкой. Мотылевые болты *9*, стягивающие крышку и верхнюю половину головки шатуна, изготовлены также из стали марки 40Х. Головка болта частично срезана и опирается плоскостью среза на плоскость среза шатуна, вследствие чего не может повернуться.

В баббитовой заливке проточена кольцевая канавка *10*, по которой масло подходит к сверлению *а* в шатуне и идет далее к головной бронзовой втулке, также имеющей кольцевую канавку и внизу три продольных канавки, не доходящие до торцов втулки. Втулка предохраняется от проворачивания стопором, кото-

рый ставится на место с наружной стороны верхней головки шатуна.

С поршнем *1* шатуны соединяются пальцами *5* плавающего типа. При этом пальцы



Фиг. 103. Шатун и поршень второй ступени компрессора:

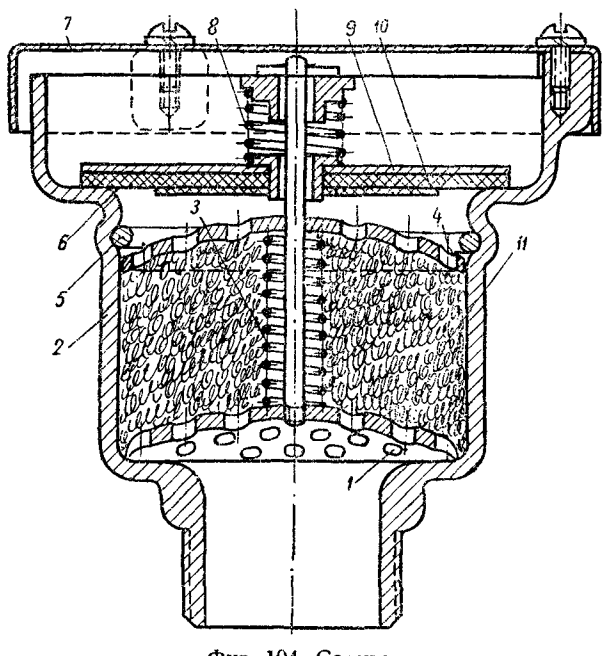
1 — поршень; *2* — уплотнительное кольцо; *3* — маслосбрасывающее кольцо; *4* — запорное кольцо поршневого пальца; *5* — поршневой палец; *6* — бронзовая втулка головного подшипника с кольцевой канавкой; *7* — шатун; *8* — маслосрезывающее кольцо; *9* — шатунный болт; *10* — баббитовая заливка с кольцевой канавкой, *11* — прокладки; *12* — крышка; *а* — осевое сверление в шатуне.

первой ступени полые, а палец второй ступени — цельный. Пальцы, изготовленные из стали марки 20, цементированы и шлифованы. От перемещения в осевом направлении пальцы предохраняются двумя стопорными пружинными кольцами *4*, закладываемыми в кольцевые канавки, проточенные в гнездах поршня.

Смазка той части пальца, которая работает в гнезде поршня, осуществляется через сверления *б* (фиг. 102), идущие от маслосбрасывающего кольца *3* поршня (фиг. 103). Кроме того, в поршнях цилиндров первой ступени имеются сверления большего диаметра со стороны картера (с нижней стороны гнезда пальца), через которые брызги масла могут также попадать на палец. Поршни выполнены из чугуна марки СЧ 18-36 и должны иметь твердость $H_B = 180 \div 229$.

Поршни имеют по два уплотнительных кольца *2*, по одному маслосбрасывающему кольцу *3* обычного типа, расположенному над пальцем, и по одному маслосрезывающему кольцу *8* прямоугольного сечения с небольшим срезом, расположенному в нижней части юбки поршня. Кольца изготовлены из чугуна марки СЧ 21-40 и подвергаются термической обработке.

Сапун и воздушный фильтр. Для вентиляции картера компрессора служит сапун *45* (фиг. 102). Корпус сапуна (фиг. 104) ввертывается на резьбе в компрессор. В корпусе



Фиг. 104. Сапун:

1 — нижняя решетка; *2* — корпус; *3* — разжимная пружина; *4* — верхняя решетка; *5* — стопорное проволочное кольцо; *6* — фетровая пластина клапана; *7* — крышка; *8* — пружина клапана; *9* и *10* — стальные пластины клапана; *11* — набивка (коиский волос).

установлены две решетки, имеющие вид сегмента. Решетки удерживаются пружиной и стопорным проволочным кольцом.

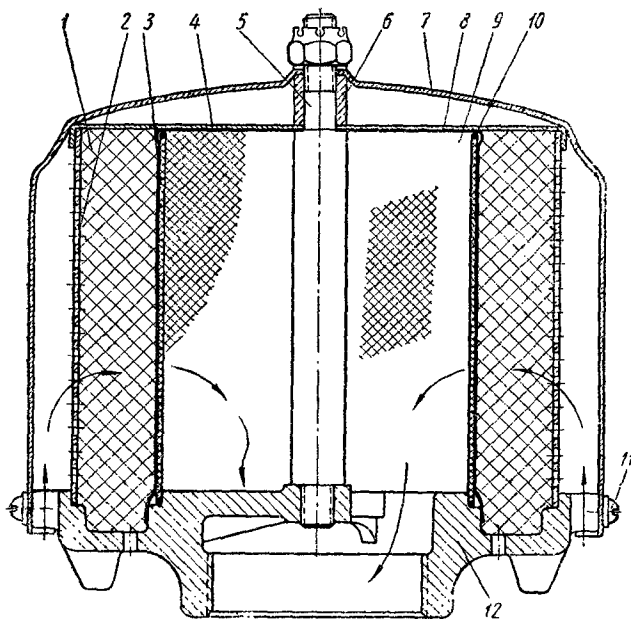
Между решетками заложена набивка *11* (конский волос), назначение которой — задерживать масло при выходе воздуха из картера компрессора.

Над верхней решеткой расположен пластинчатый клапан из фетровой или войлочной пластины *6*, зажатой в стальных пластинах *9* и *10* (последняя меньшего диаметра). Сверху клапан прижимается к опорному пояску корпуса сапуна слабой пружиной *8*.

При повышении давления в картере компрессора клапан немного приподнимется возросшим давлением и выпустит некоторое количество воздуха, предварительно профильтрованного набивкой. В картер пластинчатый клапан воздух не пропускает.

Для фильтрации воздуха, засасываемого в цилиндры компрессора и подвергающегося там сжатию, служат два воздушных фильтра (фиг. 105), установленных на входе во всасывающие каналы цилиндровых крышек.

На патрубок *5* (фиг. 102) навернуто днище *12* (фиг. 105), к которому шурупами *11* прикреплен внешний кожух *7*. Между кожухом



Фиг. 105. Фильтр компрессора:

1 — набивка (конский волос); *2* — цилиндр с отверстиями; *3* — войлочный колпак или чехол из фильтровальной материи; *4* — крышка фильтра; *5* — стяжная шпилька; *6* — проставка; *7* — кожух; *8* — днище матерчатого чехла; *9* — сетка; *10* — проволочное кольцо; *11* — шуруп; *12* — днище фильтра.

и днищем фильтра образуется кольцевой проход, через который воздух проходит во внутреннюю полость кожуха.

Воздух проходит через многочисленные сверления цилиндра *2* к набивке фильтра (конский волос или латунная проволока диаметром 0,05 *мм*). Пройдя через набивку и, предварительно очистившись, воздух подходит к матерчатому чехлу или войлочному колпаку *3*. Колпак покрывает проволочную сетку *9*, стянутую проволочными кольцами *10*.

Цилиндр *2*, колпак *3* и сетка *9* прижаты к выточке в днище фильтра через крышку *4* и проставку *6* корончатой гайкой стяжной шпильки *5*.

Фильтр следует продувать сжатым воздухом. Если же набивка чрезмерно просалена, то необходимо промыть сетку и наполнитель в бензине или керосине. Перед укладкой следует слегка смазать наполнитель машинным маслом.

Для набивки одного фильтра требуется 0,15 *кг* конского волоса.

Всасывающий и нагнетательный клапаны. Очищенный в фильтрах воздух поступает к четырем всасывающим клапанам (по два на каждом цилиндре первой ступени).

Седло *3* пластинчатых клапанов всасывающего клапана (фиг. 106) стянуто гайкой *21* шпильки *4* с обоймой *26*.

Седло изготовлено из стали марки *35*, закалено в масле и должно иметь твердость $H_{R_C} = 40 \div 50$. К его кольцевым буртам притерты наружная *2* и внутренняя *1* пластины клапана.

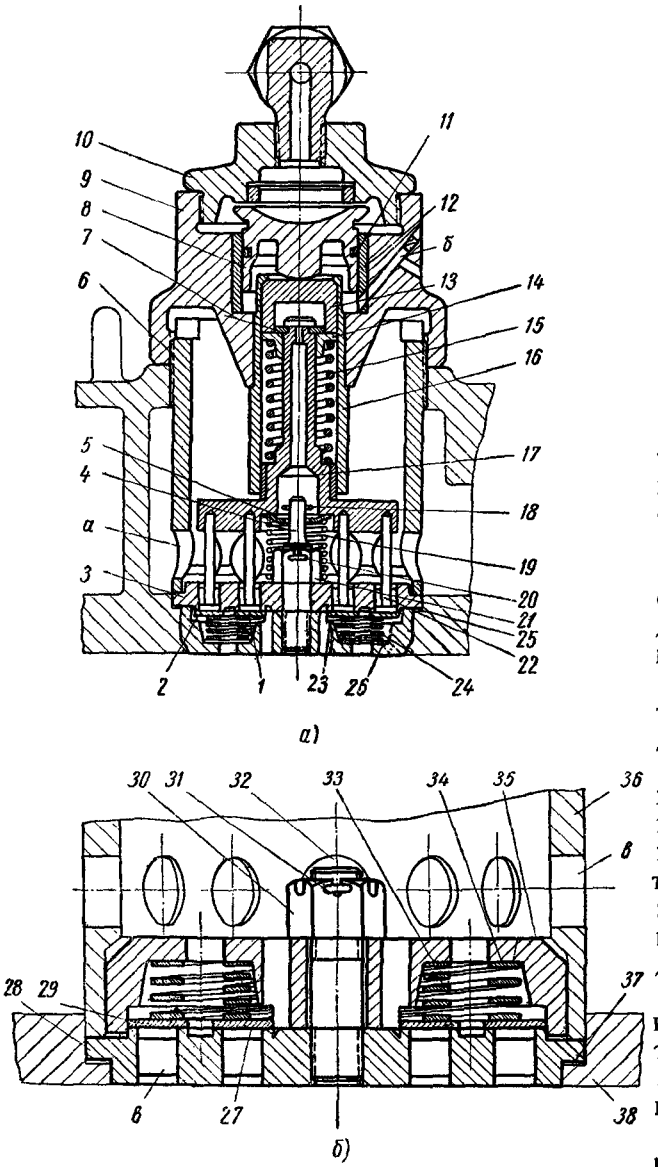
Пластины клапана, изготовленные из стали марки ЭЯ2 или ЭЖ2, должны калиться в масле при температуре 1050° и отпускаться при температуре 500° С, после чего твердость их должна быть $H_{R_C} = 30 \div 45$. Толщина пластин равна 1,5 *мм* с допуском 0,12 *мм*.

Пластины прижаты к посадочным буртам пружинами *23* и *24*. Величина подъема пластины (ход клапана) должна быть в пределах 1,5—1,87 *м*.

Устройство всасывающих клапанов первой и второй ступени одинаково.

Нагнетательные клапаны имеют ту же конструкцию, что и всасывающие, с той лишь разницей, что седло пластинчатых клапанов находится под пластинами, которые прижаты вниз пружинами *33* и *34*. Кроме того, на каждом цилиндре поставлен один нагнетательный клапан.

Отличие между всасывающими и нагнетательными клапанами заключается еще в том, что стакан нагнетательного клапана закрыт сверху крышкой, в то время как на всех вса-



Фиг. 106. Клапаны компрессора: *а* — всасывающий, *б* — нагнетательный:

1 — внутренняя пластина клапана; *2* — наружная пластина клапана; *3* — седло клапана; *4* — шпилька обоймы; *5* — шайба пружины возврата; *6* — стакан; *7* — замочная шайба; *8* — разгрузочный клапан выключающего устройства; *9* — корпус разгрузочного клапана; *10* — крышка-гайка; *11* — уплотнительное кольцо разгрузочного клапана; *12* — бронзовая втулочка; *13* — поршень разгрузочного клапана; *14* — упорная шайба пружины клапана; *15* — пружина разгрузочного клапана; *16* — бронзовая втулочка; *17* — плунжер разгрузочного клапана; *18* — шплинт; *19* — пружина для возврата плунжера; *20* — шплинт гайки; *21* — корончатая гайка шпильки обоймы; *22* — штифты плунжера; *23* — пружина внутренней пластины клапана; *24* — пружина наружной пластины клапана; *25* — прокладка медная; *26* — обойма всасывающего клапана; *27* — внутренняя пластина нагнетательного клапана; *28* — седло нагнетательного клапана; *29* — наружная пластина нагнетательного клапана; *30* — корончатая гайка стяжной шпильки клапана; *31* — шплинт; *32* — стяжная шпилька; *33* — пружина внутренней пластины клапана; *34* — пружина наружной пластины клапана; *35* — обойма нагнетательного клапана; *36* — стакан нагнетательного клапана; *37* — прокладка; *38* — крышка цилиндра; *а* — окна, сообщающие клапан со всасывающим каналом в крышке; *б* — канал, соединенный с атмосферой; *в* — окна, сообщающие клапан с нагнетательным каналом.

сывающих клапанах стоит приспособление для выключения их регулятором давления.

Приспособление для выключения состоит из корпуса разгрузочного клапана *9*, в который впрессованы две бронзовые втулочки *12* и *16*. К втулочке *12* притерт разгрузочный клапан *8*, имеющий латунное уплотнительное кольцо *11* (размеры кольца 3×1 *мм*).

Внутренний выступ разгрузочного клапана опирается на поршень *13*, который опирается на упорную шайбу пружины *15* разгрузочного клапана. Пружина сжата между шайбой *14* и буртом плунжера *17* и удерживается в таком положении замочной шайбой *7*.

Плунжер разгрузочного клапана имеет запрессованные в него штифты *22*, которые при нажатии плунжера вниз опираются на пластины клапана *1* и *2* и отжимают их до упора в обойме *26*.

Расстояние между верхней торцевой плоскостью упорной шайбы *14* и концами штифтов *22* должно быть в пределах 79,5—80 *мм* и устанавливается подбором толщины шайбы *7*.

Расстояние между верхней плоскостью тарелки плунжера *17* и торцом втулки *16* должно быть в пределах 3,56—1,98 *мм*.

В нерабочем состоянии плунжер *17* поднят вверх пружиной *19* до упора поршенька *13* в бурт втулки *16*. Посадочные пояски поршенька и втулки должны быть взаимно притерты и проверены; при этом верхняя плоскость поршенька должна быть или вровень с верхней плоскостью втулки или утоплена на величину до 0,3 *мм*.

В корпус разгрузочного клапана ввернута крышка-гайка *10* с запрессованной предохранительной сеточкой и штуцером, по которому подводится воздух от регулятора давления при выключении всасывающих клапанов.

При повышении давления воздуха в главных резервуарах выше предельной нормы (8 *ати*) воздух поступает через штуцер и сетку к разгрузочному клапану *8* и заставляет его опуститься до торцевой втулочки *12*. При посадке клапан *8* своим внутренним выступом сжимает через поршень *13* пружины *15* и *19*, заставляет опуститься плунжер *17* и штифтами *22* отжать пластины клапана компрессора. Вследствие этого воздух будет засасываться в цилиндры первой ступени компрессора, но сжиматься там не будет, так как может свободно выходить через отжатые пластины всасывающих клапанов обратно.

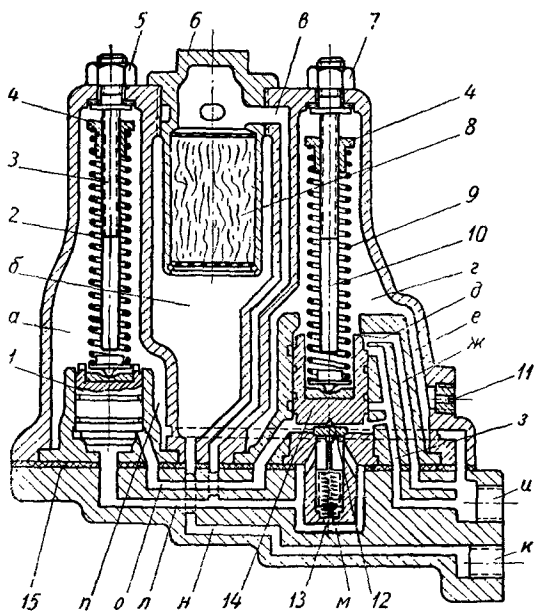
Для выпуска воздуха, просочившегося через уплотнения разгрузочного клапана *8*, служат сверления *б* в корпусе *9*.

Регулятор давления. Регулятор давления установлен на трубе, соединяющей главный воздушный резервуар с выключающим приспособлением всасывающих клапанов компрессора.

Назначение регулятора заключается в том, чтобы выключать компрессор при давлении в главном резервуаре, равном 8 *ати*, и включать его при понижении давления до 6,5 *ати*.

Конструкция выключающего приспособления всасывающих клапанов компрессора рассмотрена нами ранее. Выключение клапанов происходит в том случае, когда к поршенькам приспособления подводится воздух. Следовательно, для выключения компрессора регулятор давления должен подать воздух в трубопровод выключающего приспособления, а для обратного включения — освободить этот трубопровод от воздуха, находящегося под давлением.

Регулятор давления (фиг. 107) имеет два регулирующих клапана: выключающий *1* и включающий *14*. Кроме этих двух клапанов имеется еще клапан *12*, пружина которого *13* стремится поднять его, освобождая проход между уплотнительным пояском клапана *12* и его седлом в корпусе регулятора.



Фиг. 107. Регулятор давления (схема):

1 — выключающий клапан; *2* — пружина выключающего клапана; *3* — регулирующий стержень; *4* — гайка пружины *2*; *5* — контргайка стержня *3*; *6* — корпус фильтра; *7* — контргайка стержня *10*; *8* — набивка фильтра (конский волос); *9* — пружина включающего клапана; *10* — стержень пружины включающего клапана; *11* — пробка с калиброванным отверстием: *12* — клапан; *13* — пружина клапана; *14* — включающий клапан; *15* — прокладка; *а* — полость над включающим клапаном; *б* — полость перед фильтром; *в* — канал; *г* — полость над включающим клапаном: *д*, *е*, *ж*, *з*, *и*, *к*, *л*, *м*, *н*, о, *п* — каналы.

Клапан *12* прижимается к седлу клапаном *14*, на который действует пружина *9*. Нажатие пружины регулируется стержнем *10*, проворачивая который заставляют опускаться или подниматься гайку *4*. Таким же способом регулируется натяжение пружины *2* клапана выключения компрессора *1*.

Работа регулятора протекает следующим образом. Когда давление в главном резервуаре не достигает предельной величины (8 *ати*), оба клапана — выключающий *1* и включающий *14* закрыты. Клапан *12* прижат к своему седлу пружиной *9*. Воздух проходит из трубопровода, связанного с главным резервуаром, по каналу *н* в полость *б* и через фильтр *8* идет по каналам *в* и *л* к выключающему клапану *1* и к клапану *12*.

Давление воздуха не в состоянии преодолеть усилия, с которым пружина *2* прижимает клапан *1* к седлу. Тем более оно не может преодолеть усилия, с которым клапан *12* прижат пружиной *9*. Канал *и*, соединенный с механизмом выключения всасывающих клапанов компрессора, сообщается при этом через каналы *з*, *ж*, *д* и *е* с выпускным калиброванным отверстием *11*, выходящим в атмосферу. Выключающее устройство на клапанах компрессора в это время не работает, и компрессор подает воздух в главный резервуар.

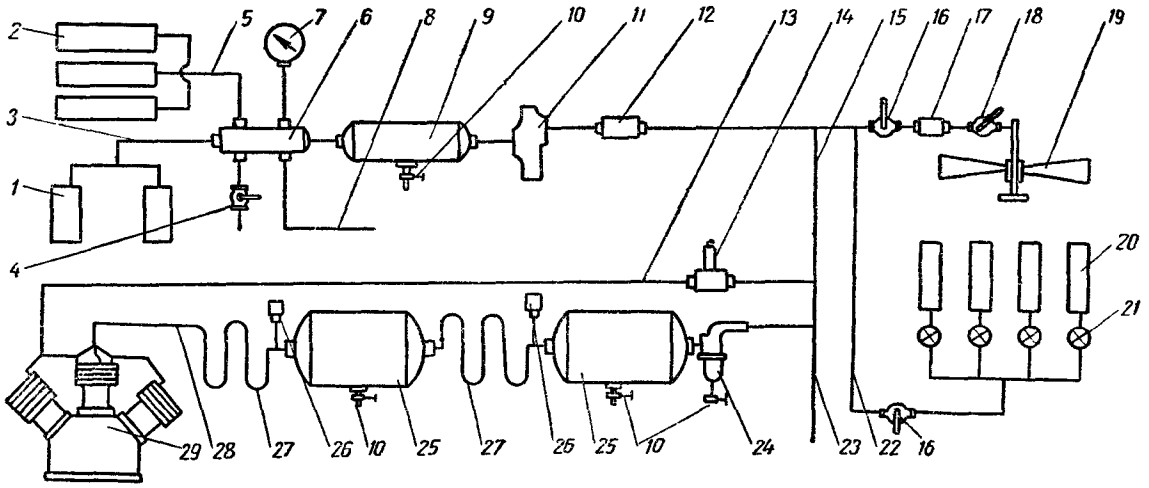
При давлении воздуха на рабочую поверхность клапана *1*, равном 8 *ати*, пружина *2* сожмется, и клапан немного приподнимется. При этом воздух начинает давить на большую площадь клапана (так как добавляется кольцевая площадка), в результате чего клапан поднимается и упирается в регулирующий стержень *3*. При этом соединятся каналы *л* и *о*, и воздух поступит в полость под клапаном *14*. Клапан *14* быстро поднимется и своей верхней конусной кромкой закроет проход через кольцевой канал *д*, разобщив этим трубопровод механизма выключения всасывающих клапанов компрессора с атмосферой. Одновременно клапан *14* нижней золотниковой частью соединяет канал *о* с каналами *з* и *и*, по которым воздух полного давления главного резервуара направляется к выключающему устройству всасывающих клапанов компрессора. При этом подача компрессором воздуха в главный резервуар прекращается.

Как только воздух попадает в каналы *з* и *и*, то по каналу *п* он попадает в полость *а*, уравновешивая давление с обеих сторон выключающего клапана, и последний под воздействием пружины *2* опустится на место. Однако клапан *14* не закроется, так как на него по-

прежнему будет воздействовать полное давление воздуха главного резервуара, который будет проходить по каналам *л* и *м* через поднятый пружиной *13* клапан *12*. При этом клапан *14* будет поднят, а всасывающие клапаны компрессора будут выключены до тех пор, пока давление в главном резервуаре опустится до величины, на которую установлен регулятор давления (до 6,5 *ати*). В этом случае усилие пружины *9* включающего клапана *14* окажется больше усилия, получающегося от давления воздуха, и клапан *14* сядет на место, посадив одновременно и клапан *12*. Трубопровод механизма выключения всасывающих клапанов компрессора сообщится через каналы *з*, *д* и *е* с атмосферой, и воздух снова начнет нагнетаться в главный резервуар. Через канал *п* сообщится с атмосферой также и полость *а* над выключающим клапаном *1*, в результате чего клапан *1* снова будет находиться с одной стороны под давлением пружины, а с другой стороны — под давлением воздуха, т. е. снова будет готов к выключению компрессора.

Установка регулятора на указанные выше давления, при которых происходит выключение и включение компрессора, производится затяжкой пружин. Например, для повышения давления, при котором должно происходить выключение компрессора, необходимо отпустить контргайку *5* и отверткой поворачивать стержень *3* в направлении вращения часовой стрелки, зажимая при этом пружину *2* клапана. Для понижения давления, при котором должно происходить включение компрессора, следует отпустить контргайку *7* и поворачивать стержень *10* против часовой стрелки, уменьшая затяжку пружины *9*.

Схема воздушного трубопровода системы автоматики. В рассматриваемой схеме (фиг.108) показаны воздушные трубопроводы системы автоматики тепловоза. Трубопроводы же автотормозов и системы управления песочницами рассмотрены ниже при описании экипажной части.



Фиг. 108. Схема воздушного трубопровода системы автоматики:

1 — реверсор; *2* — электропневматические контакторы; *3* — труба; *4* — разобщительный кран; *5* — труба к системе автоматики; *6* — воздухораспределительная колонка системы управления; *7* — манометр; *8* — труба, идущая к электропневматическим вентилям регулятора оборотов; *9* — резервуар низкого давления; *10* — водоспускной кран; *11* — редукционный клапан; *12* — фильтр; *13* — труба, сообщающая магистраль главного резервуара с выключающим механизмом всасывающих клапанов компрессора; *14* — регулятор давления; *15* — труба, ведущая от магистрали главного резервуара к трубопроводу автоматики; *16* — разобщительный кран; *17* — фильтр; *18* — клапан тифона; *19* — тифон; *20* — стеклоочистители; *21* — вентиль стеклоочистителя; *22* — труба к стеклоочистителям; *23* — труба питательной магистрали; *24* — сборник; *25* — главный резервуар (0,75 $м^3$) (первый и второй); *26* — предохранительный клапан; *27* — труба для охлаждения воздуха; *28* — нагнетательная труба компрессора; *29* — компрессор.

Сжатый во второй ступени компрессора *29* воздух поступает через нагнетательную трубу *28* в трубу *27* для охлаждения воздуха, расположенную с правой стороны под площадкой тепловоза, откуда, несколько охладившись, попадает в первый главный резервуар *25*. Из этого резервуара по второй охлаждающей трубе *27* воздух поступает во второй резервуар *25* и затем в сборник *24*. Сборник служит для очищения воздуха от воды и масла, которые должны периодически удаляться через водоспускной кран *10*.

Перед резервуарами стоят предохранительные клапаны *26*, отрегулированные на максимальное давление, равное 10 *ати*. Первый резервуар размещен между нижним топливным баком и задней тележкой, а второй — между топливным баком и передней тележкой тепловоза.

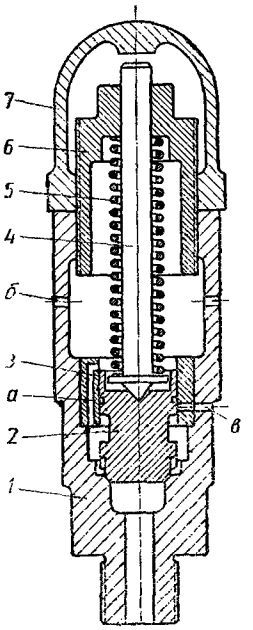
После сборника трубопровод разветвляется. При этом одна ветвь *23* идет к питательному трубопроводу автотормозной системы и системы пескоподачи, а вторая ветвь *15* — к трубопроводу системы автоматики.

От трубы *15* воздух через разобщительный кран *16*, фильтр *17* и клапан тифона *18* проходит к звуковому сигналу (тифону) *19*. По трубе *22* через второй разобщительный кран и вентили *21* воздух поступает к стеклоочистителям *20* кабины машиниста.

После фильтра *12* воздух попадает в редукционный клапан, понижающий давление до 5,5 *ати* (по данным паспортных испытаний тепловоза для нормальной работы системы автоматики давление после редукционного клапана должно поддерживаться не меньше 6 *ати*). После же редукционного клапана воздух поступает в резервуар *9* низкого давления и воздухораспределительную колонку *6*. Из колонки *6* воздух идет к электропневматическим вентилям контакторов *2*, реверсора *1*, к вентилям электропневматического механизма регулятора оборотов и к манометру *7*. Кроме того, от трубопровода низкого давления имеется ответвление, по которому воздух идет к песочной системе для разрыхления песка в форсунках. От трубопровода *15* имеется ответвление, на котором установлен регулятор давления *14*, соединяющий трубу *13* либо с трубой *15*, по которой проходит воздух полного давления главных резервуаров, либо — с атмосферой.

Предохранительные клапаны (фиг. 109), установленные перед главными резервуарами, состоят из корпуса *1*, впрессованной в корпус направляющей втулки *3* с прорезанными в ней каналами, клапана *2*, направляющего стержня *4*, пружины *5* и регулирующей гайки *6* с глухой контргайкой *7*.

При повышении давления воздуха выше предельной величины, клапан приподнимается и через каналы *а* и *б* часть его выходит в атмосферу. В случае недостаточности проходного сечения этих каналов клапан поднимается на большую высоту, открывая верхней золотниковой частью дополнительный проход для воздуха *в*.



Фиг. 109. Предохранительный клапан:

1 — корпус: *2* — клапан; *3* — направляющая втулка; *4* — направляющий стержень пружины; *5* — пружина; *6* — регулирующая гайка; *7* — глухая контргайка: *а*, *б* и *в* — каналы.

Работа воздушной системы будет протекать нормально лишь в том случае, если в воздухе будут отсутствовать примеси воды и масла, поэтому необходимо регулярно продувать через спускные краники главные резервуары, резервуар воздуха низкого давления и холодильник компрессора.

ГЛАВА III

ХОЛОДИЛЬНИК ТЕПЛОВОЗА ТЭ1

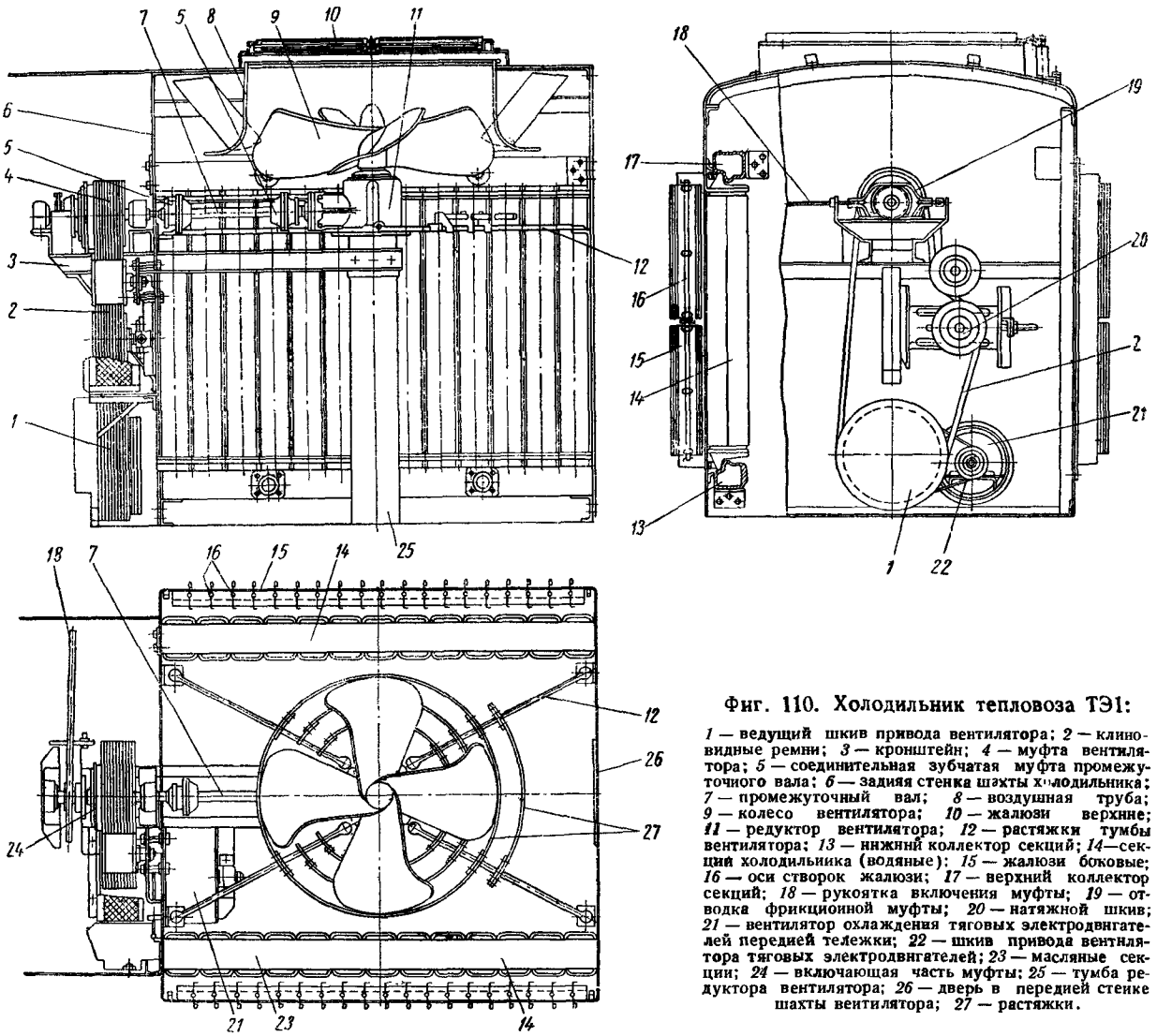
ОБЩЕЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ЧАСТЕЙ ХОЛОДИЛЬНИКА И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ

Холодильник предназначен для охлаждения воды и масла, нагревающихся при охлаждении и смазке дизеля.

Вода и масло, охлажденные в холодильнике, снова возвращаются в дизель, благодаря чему создается непрерывная циркуляция их в системе дизель — холодильник — дизель. Схемы этой циркуляции приведены на фиг. 91 и 97. В данной же главе рассматривается только устройство самого холодильника.

Шахта холодильника тепловоза ТЭ1 (фиг. 110) представляет собой замкнутую четырехугольную коробку, две боковые стороны которой составлены из секций (двадцать одна водяная секция *14* и пять масляных секций *23*).

Передняя и задняя стенки холодильника изготовлены из стальных листов, причем задняя стенка *6* служит для укрепления на ней распорок кронштейна *3*, представляющего собой



Фиг. 110. Холодильник тепловоза ТЭ1:

1 — ведущий шкив привода вентилятора; *2* — клиновидные ремни; *3* — кронштейн; *4* — муфта вентилятора; *5* — соединительная зубчатая муфта промежуточного вала; *6* — задняя стенка шахты холодильника; *7* — промежуточный вал; *8* — воздушная труба; *9* — колесо вентилятора; *10* — жалюзи верхние; *11* — редуктор вентилятора; *12* — растяжки тумбы вентилятора; *13* — нижний коллектор секций; *14*—секций холодильника (водяные); *15* — жалюзи боковые; *16* — оси створок жалюзи; *17* — верхний коллектор секций; *18* — рукоятка включения муфты; *19* — отводка фрикционной муфты; *20* — натяжной шкив; *21* — вентилятор охлаждения тяговых электродвигателей передней тележки; *22* — шкив привода вентилятора тяговых электродвигателей; *23* — масляные секции; *24* — включающая часть муфты; *25* — тумба редуктора вентилятора; *26* — дверь в передней стенке шахты вентилятора; *27* — растяжки.

балку из двух швеллеров, проходящую внутрь шахты и связанную с тумбой *25*. В передней стенке имеется дверь *26*, через которую можно производить осмотр и смазку холодильного устройства.

В крышке шахты холодильника прорезано окно для воздушной трубы *8*, через которую из шахты выбрасывается воздух, засосанный вентиляторным колесом *9* через секции холодильника. Вентилятор приводится во вращение вертикальным валом редуктора *11*, установленного на тумбе *25*. Горизонтальный вал редуктора соединен зубчатой муфтой *5* с промежуточным валом *7*, который в свою очередь такой же муфтой соединен с валом муфты *4* включения вентилятора. Тумба *25* установлена в центре шахты и скреплена с листами рамы тепловоза. Верхняя часть тумбы растяжками *12* и *27* связана со стенками шахты холодильника и, кроме того, соединена с кронштейном *3*, на конце которого установлены подшипники вала шкива и муфты *4*.

Шкив вентилятора приводится во вращение шестью клиновидными ремнями *2* от шкива *1*, напрессованного на вал привода вентилятора и масляного насоса. Для натяжения ремней служит шкив *20*. (Дополнительный натяжной ролик, указанный на чертеже, в настоящее время не ставится). На шкиве *1* имеются еще два ручья, служащие для привода шкива вентилятора тяговых электродвигателей, установленного внизу шахты.

Шкив вентиляторного привода соединен с корпусом муфты *4* и для того, чтобы горизонтальный вал редуктора начал вращаться, необходимо включить муфту.

Включение муфты *4* производится рукоятко́й *18*, перемещающей отводку фрикциона *19*. Включение и выключение муфты выполняется вручную, для чего следует открыть дверцу капота и перевести рукоятку *18* в необходимое положение, закрепив ее затем замочной планкой. Следует указать, что выключение муфты *4* рекомендуется производить как перед пуском, так и перед остановкой дизеля, для того, чтобы избежать преждевременного износа дисков сцепления муфты и разработки подшипников, вследствие резких рывков вентиляторного привода и вентилятора, обладающих значительной инерцией.

При включении муфты вентилятора во время работы дизеля будет происходить небольшое проскальзывание дисков сцепления муфты, что является полезным, так как предохраняет шестерни от ударов. Однако постоянное проскальзывание вредно и не должно допускаться.

Регулирование количества воздуха, просасываемого через холодильник вентилятором, осуществляется при помощи жалюзи *15* и *10*. Створки жалюзи (верхней, левой и правой сторон) связаны между собой тягами и могут поворачиваться вокруг осей *16*, изменяя проходное сечение для воздуха. Рычаги тяг боковых жалюзи находятся сбоку холодильника; тяга верхних жалюзи выведена в кабину машиниста.

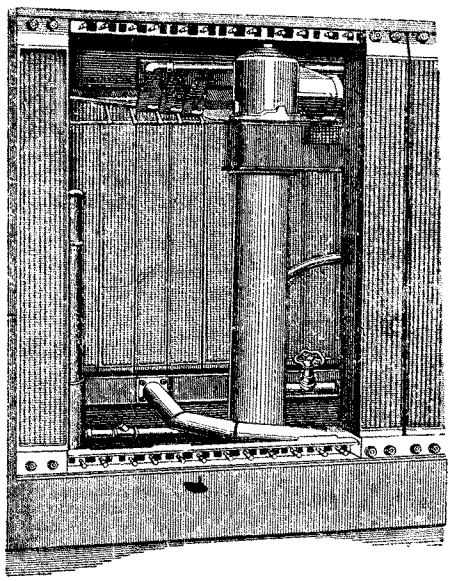
Для уменьшения охлаждения воды и масла рекомендуется прикрывать верхние жалюзи; для повышения температуры только воды — прикрывать левые жалюзи. В холодную погоду, наоборот, следует держать прикрытыми правые жалюзи, так как с правой стороны расположены масляные секции.

Коллекторы *13* и *17*, расположенные с левой стороны тепловоза, перемычек внутри не имеют. К верхнему коллектору *17* подходят две трубы горячей воды от дизеля. Коллекторы, расположенные с правой стороны тепловоза, разделены в середине глухой перегородкой на две неравные части, причем большая часть предназначена для восьми водяных секций, а меньшая — для пяти масляных секций.

К водяной части верхнего коллектора подходит одна труба горячей воды, а к масляной части — труба горячего масла. И вода и масло проходят параллельными потоками через секции, сливаются в нижние коллекторы и по трубам направляются к дизелю.

В шахте холодильника размещены водяной и масляный трубопроводы, масляные сетчатонабивные фильтры, регулирующий, байпасный и обратный клапаны, а также запорные вентили масляного трубопровода.

Шахта холодильника представлена на фиг. 111, причем показан вид на холодильник



Фиг. 111. Шахта холодильника.

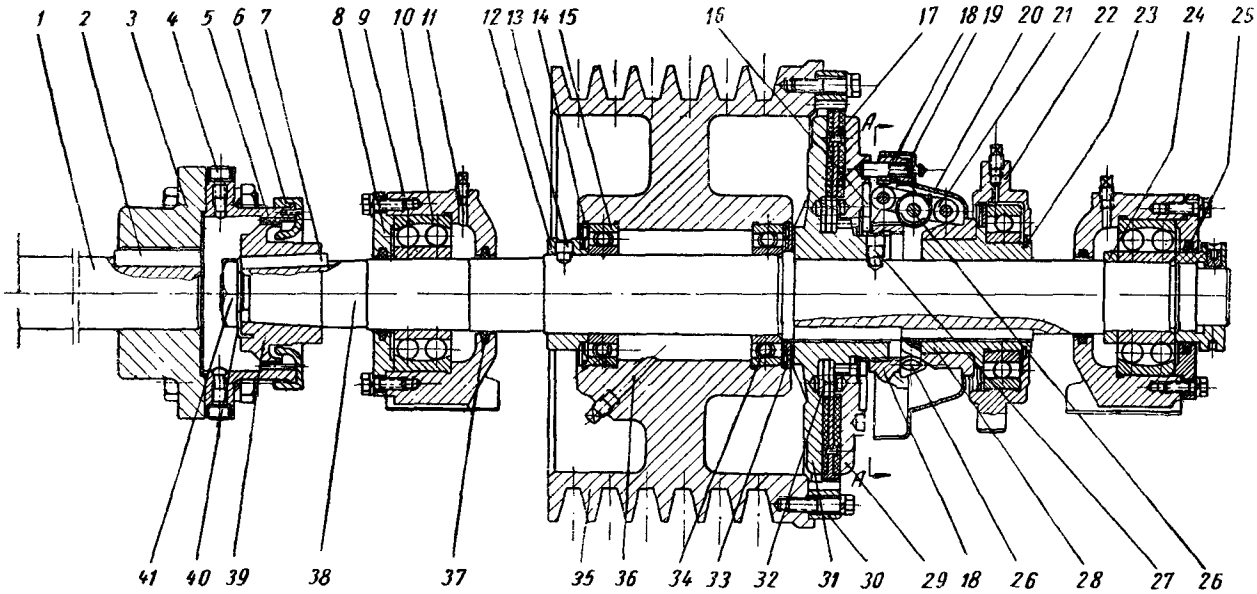
с левой стороны. Шесть секций сняты; сняты и жалюзи. Внутри шахты видны тумба, горизонтальная балка и редуктор вентилятора; видны также подводящая (сверху) и отводящая (снизу) трубы водяных секций правой стороны шахты.

ШКИВ И МУФТА ВКЛЮЧЕНИЯ ВЕНТИЛЯТОРА

Шкив и муфта включения вентилятора (фиг. 112) расположены на валу *38*, опирающемся на сферические шарикоподшипники *10*, корпусы *9* которых укреплены на швеллерах и уголках, приваренных к задней стенке шахты холодильника.

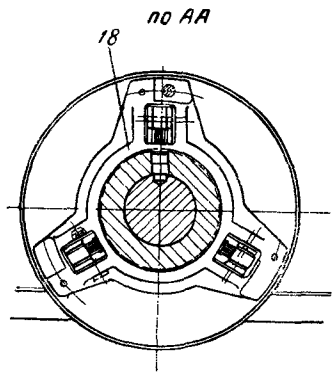
Зазор между внутренними отверстиями крышек *8* подшипников и валом для переднего (по ходу тепловоза) подшипника и между гайкой *25* и крышкой должен быть в пределах 0,5—0,6 *мм*. Такой же зазор должен быть и между внутренними отверстиями корпусов подшипников и валом.

Внутренняя полость подшипников заполняется подшипниковой смазкой (конста́лином) через



Фиг. 112. Шкив и муфта включения вентилятора:

1 — промежуточный вал; *2* — шпонка; *3* — фланец; *4* — пробка отверстия для заливки масла; *5*—корпус полужесткой зубчатой муфты с внутренним зацеплением; *6* — крышка; *7* — шпонка; *8* — крышка подшипника; *9* — корпус подшипника; *10* — сферический подшипник; *11* — пробка отверстия для заполнения смазкой подшипника; *12* — кольцо стопорное; *13* — установочный винт; *14* — кольцо пружинное с пластинчатой крышкой подшипника; *15* — шарикоподшипник; *16* — нажимное кольцо; *17* — ведущий диск с нарезанными по внешней окружности зубьями и приклепанными к боковым плоскостям пластинками из медно-асбестовой ткани; *18* — крестовина; *19* — стопорный штифт с пружиной; *20* — кожух крестовины; *21* — рычаг с двумя роликами; *22* — отводка фрикциона; *23* — сальник; *24* — кольцо; *25* — гайка со стопором; *26* — ось рычага; *27* — стопор; *28* — втулка включения фрикциона; *29* — нажимной диск с зубьями по внутреннему отверстию; *30* — венец ведущий (с внутренними зубьями); *31* — диск ведомый с зубьями на малом диаметре; *32* — пружины; *33* — кольцо пружинное с пластинчатой крышкой; *34* — подшипник; *35* — шкив; *36* — пробка и отверстие для заполнения смазкой подшипников; *37* — сальник; *38* — вал; *39* — зубчатка полужесткой муфты; 40 — замочная шайба; *41* — гайка.



отверстие, закрываемое пробкой *11*. Для предупреждения вытекания смазки поставлены сальники *37* из технического войлока, пропитанного перед постановкой машинным маслом.

Задний подшипник фиксирует положение вала. Внутренняя обойма подшипника прижата к бурту вала через кольцо *24* гайкой *25*, а наружная обойма прижата к бурту корпуса подшипника крышкой. Между фланцем крышки и корпусом подшипника должен быть зазор не менее 2 *мм*. Гайка контрится стопорным винтом.

Шкив *35* соединен с валом двумя шарикоподшипниками *34*. При этом задний шарикоподшипник прижат к бурту вала внутренней обоймой, а наружной обоймой опирается на бурт ступицы шкива; передний шарикоподшипник внешней обоймой опирается на бурт ступицы, а внутренней обоймой на стопорное кольцо *12*, закрепленное установочным винтом *13*.

С внешней стороны подшипники закрыты пластинчатыми крышками, удерживаемыми стопорными пружинными кольцами *14*, входящими в проточенные в ступице канавки. Радиальный зазор между крышкой и стопорным кольцом, а также между крышкой и буртом вала должен быть в пределах 0,2—0,3 *мм*.

Со шкивом *35* скреплен венец *30*, имеющий внутренние зубья, в которые входят зубья ведущего диска *17*. По обеим сторонам диска наклепаны пластины из медно-асбестовой ткани, которые во время работы опираются на шлифованные поверхности ведомого диска *31* и нажимного диска *29*.

Ведомый диск *31* своей ступицей опирается на бурт вала *38* и закреплен стопором *27*; от проворачивания диск предохранен врезной шпонкой.

На внешней поверхности ступицы диска *31* нарезаны зубья, по которым может перемещаться нажимной диск *29*. С внешней стороны нажимного диска поставлено шлифованное кольцо *16*, а с внутренней и внешней стороны просверлены на равном расстоянии по окружности несквозные отверстия. Такие же отвер-

стия имеет и ведомый диск *31* со стороны, обращенной к ведущему диску. Во внутренние отверстия дисков ставятся пружины *32*, стремящиеся раздвинуть диски. В одно из наружных отверстий нажимного диска *29* входит стопорный штифт *19*, пружинка которого стремится прижать его к диску.

Стопорный штифт помещается в гнезде крестовины *18*, навернутой на втулку ведомого диска *31*. Глубина, на которую крестовина завернута на втулку диска, определяет силу нажатия роликов рычагов *21* на нажимной диск; величину этого нажатия можно изменять, поворачивая крестовину и фиксируя установленное положение стопорным штифтом *19*.

Нажатие на нажимной диск *29*, а через него на ведущий диск *17* и ведомый диск *31*, осуществляется конусным насадком разжимной втулки *28*. Конусный насадок входит между наружными роликами рычагов *21* крестовины *18* и тем самым сжимает рабочие поверхности ведущего и ведомого дисков друг с другом.

Разжимная втулка *28* является частью отводки фрикциона, перемещающейся по валу на шпонке, наружное кольцо отводки *22* имеет два шипа, которыми она связана с рукояткой включения муфты. Разжимная втулка и наружное кольцо отводки связаны друг с другом шарикоподшипником, который своей внутренней обоймой прижат к бурту втулки *28*, а наружной обоймой впрессован в наружное кольцо отводки.

Вал *38* на конце, обращенном к вентилятору, имеет конус, на который на шпонке *7* посажена зубчатка *39* муфты промежуточного вала *1*.

Промежуточный вал соединяет между собой вал муфты и горизонтальный вал редуктора вентилятора при помощи двух указанных выше зубчатых полужестких муфт.

Муфта промежуточного вала состоит из зубчатки *39*, на которую до посадки ее на вал надевается крышка *6*. Зубья зубчатки *39* входят во впадины внутренних зубьев корпуса муфты *5*.

Боковой зазор в зубьях должен находиться в пределах 0,06—0,16 *мм*.

Фланец корпуса муфты соединяется шестью призонными болтами с фланцем *3*, посаженным на шпонке на промежуточный вал *1*. В образовавшуюся полость внутри муфты заливается масло через отверстие, нормально закрытое пробкой *4*, до уровня, определяемого внутренним буртом крышки *6*.

РЕДУКТОР

Редуктор вентилятора передает вентиляторному колесу вращение от промежуточного вала. Вал редуктора связан с промежуточным валом зубчатой полужесткой муфтой, внутренняя зубчатка которой закреплена на валу *52* (фиг. 113) шпонкой *3* и гайкой *1*.

Редуктор представляет собой два вала — горизонтальный *52* и вертикальный *24*, расположенные взаимно перпендикулярно. На горизонтальном валу *52* напрессована коническая шестерня *14* со спиральными зубьями. Напрессовка конической шестерни, предварительно нагретой до 170° С, производится гайкой *46* через шайбу *48*. Предварительный натяг шестерни составляет 0,045—0,080 *мм*. Гайка *46* контрится замочной шайбой *47*, имеющей ус на внутренней окружности. Этот ус входит в шпоночную канавку, профрезерованную параллельно оси вала на его резьбе. Наружный выступ шайбы загибают, как обычно, на одну из граней гайки.

Наружная обойма роликоподшипника *13* опирается на бурт втулки *9*. Зазор между втулкой *9* и корпусом редуктора составляет 0,00—0,08 *мм*. Втулка своим фланцем опирается на торец корпуса редуктора, фиксируя тем самым положение шестерни *14*.

Для установки положения шестерни между фланцем и торцом корпуса ставятся прокладки *10* из тонкой калиброванной жести. Но при помощи такой установки фиксируется положение шестерни и горизонтального вала с целью ограничения его перемещения только в сторону вертикальной шестерни. Перемещение же горизонтального вала в сторону промежуточного вала предотвращено корпусом *5* подшипника, на бурт которого опирается внешняя обойма роликоподшипника *11*.

При устранении вредного разбега вала регулирование его производится прокладками *8*. Расстояние от оси вертикального вала до вертикальной плоскости проставочного кольца *49* горизонтальной шестерни должно быть точно равно 105 *мм* и устанавливается прокладками *10* и шлифовкой кольца *49*. Определение этого расстояния производится специальным приспособлением *53*.

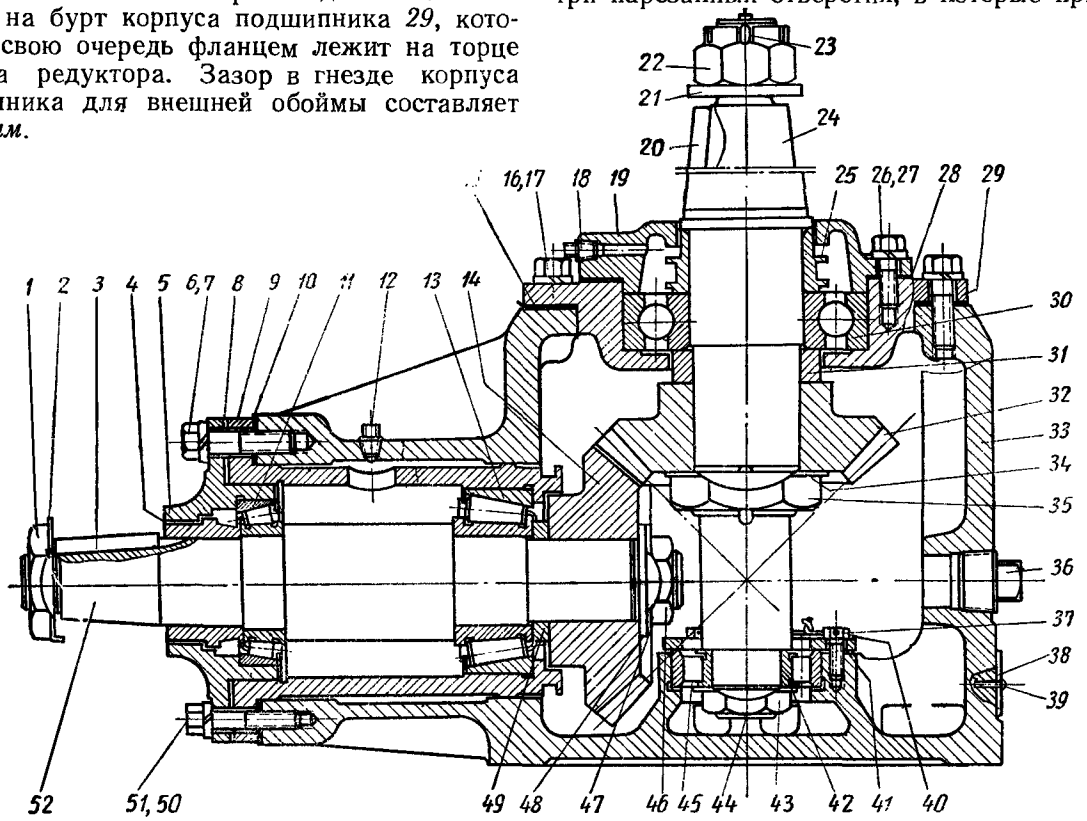
С шестерней горизонтального вала находится в постоянном зацеплении шестерня *32* вертикального вала. Эта шестерня через проставочное кольцо *31*, внутреннюю обойму шарикоподшипника *30* и лабиринтное кольцо *25* прижата гайкой *35* к бурту вертикального вала *24*; шестерня ставится на вал нагретой с тем же

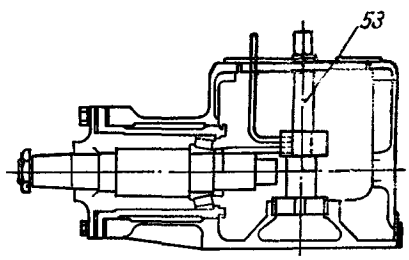
натягом, как и шестерня горизонтального вала. Гайка контрится шайбой, входящей внутренним усом в канавку, профрезерованную в резьбе вала.

Наружная обойма шарикоподшипника опирается на бурт корпуса подшипника *29*, который в свою очередь фланцем лежит на торце корпуса редуктора. Зазор в гнезде корпуса подшипника для внешней обоймы составляет 0,058 *мм*.

мой через нарезанное отверстие, в нормальной работе закрытое пробкой *18*.

Для выемки вертикального вала с шестерней на фланце корпуса подшипника имеются три нарезанных отверстия, в которые при раз-





Фиг. 113. Редуктор вентилятора:

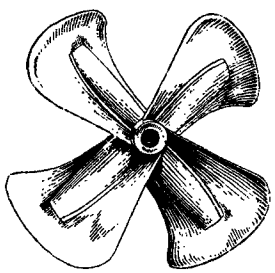
1 — гайка; *2* — замочная шайба; *3* — шпонка: *4* — проставка; *5* — корпус подшипника; *6* — болт крышки; *7* — замочная шайба; *8* — регулировочные прокладки; *9* — втулка; *10* — регулировочные прокладки; *11* — роликоподшипник; *12* — пробка; *13* — ролнкоподшнпник; *14* — шестерня горизоитального вала; *15* — регулировочные прокладки; *16* — болт; *17*— замочная шайба; *18*—пробка; *19*—крышка подшипинка; *20* — шпонка; *21* — шайба; *22* — гайка; *23* — шплинт; *24* — вертикальный вал; *25* — лабиринтовое кольцо; *26* — болт; *27* — замочная шайба; *28* — прокладка (уплотнительная); *29* — корпус подшипника; *30* — шарнковый подшипник; *31*—проставочиое кольцо; *32* — шестерня вертнкального вала; *33* — корпус редуктора; *34* — замочная шайба; *35* — гайка; *36* — пробка; *37* — шплинтовальиая проволока; *38* — табличка; *39* — виит; *40* — болт; *41*—флаиец крепления наружной обоймы ролнкоподшипннка; *42* — шайба; *43* — гайка; *44* — шплинт; *45* — роликоподшипник; *46* — гайка; *47* — замочиая шайба; *48* — шайба; *49* — проставочное кольцо; *50* — болт; *51*—замочная шайба; *52* — горизонтальный вал; *53*— приспособление для установки горизонтальной шестерни относительно геометрической оси вертикального вала.

Положение шестерни относительно оси горизонтального вала регулируется при помощи прокладок *15*, помещаемых между фланцем и корпусом редуктора.

Крышка *19* подшипника ставится на уплотнительную прокладку, защищает подшипник *30* от проникновения в него пыли и служит резервуаром для смазки, запрессовывае-

борке ввинчиваются выжимные болты. Нижний конец вала имеет подшипник *45*, наружная обойма которого прижата к кольцевой выточке в корпусе редуктора. Подшипник этот не является упорным и ставится на вал с натягом 0,002—0,29 *мм*. Внутренняя обойма его закрепляется корончатой гайкой *43* со шплинтом *44*.

Смазка редуктора осуществляется запрессовкой конталина через пробки *12* и *18* для шариковых и роликовых подшипников, и заполнением полости редуктора жидкой (дизельной) смазкой через верхнюю пробку специального тройника. При этом старая смазка предварительно спускается через нижнюю пробку тройника. Через верхнюю пробку тройника проверяют наличие масла в редукторе.



Фиг. 114. Колесо вентилятора холодильиика.

На вертикальный вал редуктора посажено на шпонке *20* колесо вентилятора холодильника (фиг. 114), закрепленное через шайбу *21* гайкой *22* и шплинтом *23* (фиг. 113).

СЕКЦИИ ХОЛОДИЛЬНИКА

Двадцать одна водяная и пять масляных секций холодильника представляют собой набор плоских медных трубок *1* (фиг. 115), концы которых ввальцованы в отверстия верхней и нижней решеток *7* каждой секции.

Трубки водяной секции имеют внешние размеры 19 × 2,2 *мм* при толщине стенки 0,6 *мм* и расположены в восемь рядов в шахматном порядке по направлению потока воздуха. Каждые четыре ряда труб объединены общими пластинами *2* толщиной 0,1 *мм*, которые в количестве 422 шт. надеты на трубки и припаяны к ним. С боков каждая группа трубок, состоящая из четырех рядов, заключена в защитные боковые пластины *9*.

На пластинах *2* для улучшения теплоотдачи выдавлены мелкие бугорки, способствующие некоторому завихрению воздуха.

Масляные секции холодильника отличаются от водяных секций размерами трубок (наружный размер которых равен 17,5 × 4 *мм*) и количеством их в ряду.

В каждом ряду масляной секции холодильника восемь трубок; расположение их в секции коридорное.

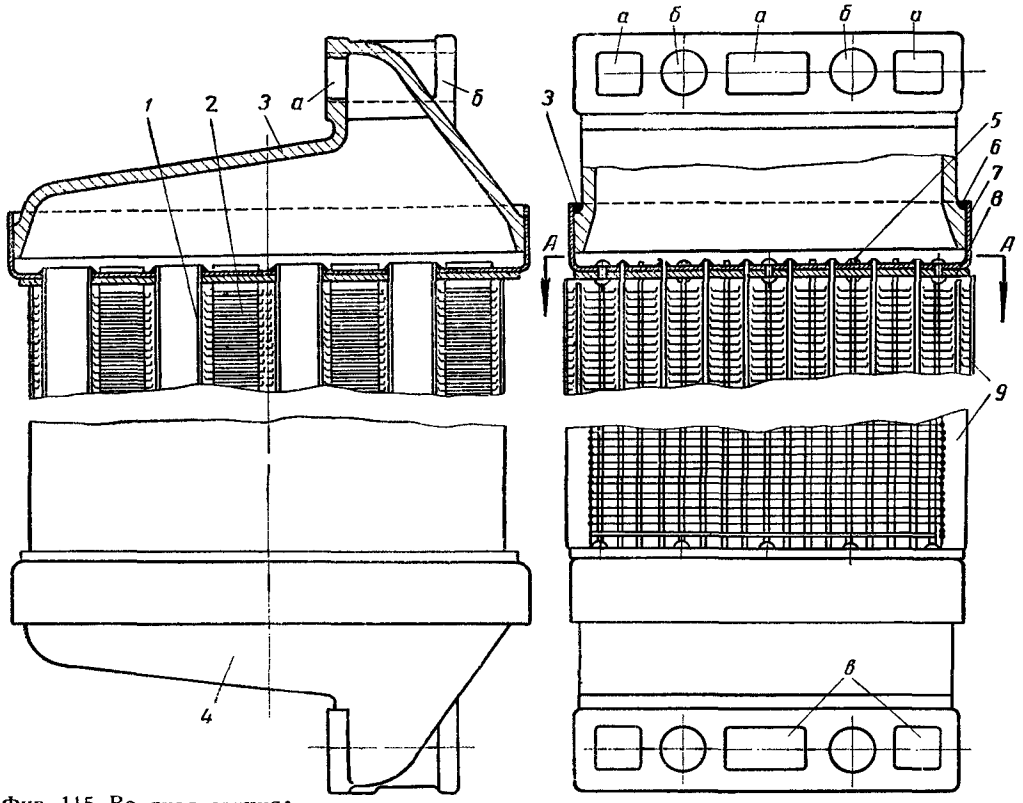
Количество пластин на масляной секции уменьшено, по сравнению с водяной секцией, и составляет 364 шт., так как для масляной секции основное значение имеет передача тепла от масла к трубке, в то время как для водяной секции — от трубки к воздуху.

На фиг. 116 приведены кривые, характеризующие работу холодильника в зависимости от температуры наружного воздуха. По оси абсцисс отложена температура окружающего воздуха, по оси ординат — температура воды и масла на выходе из дизеля.

Данные, приведенные на фиг. 116, говорят о том, что ограничение мощности тепловоза по водяным секциям наступает только при температуре окружающего воздуха около 45° С; по масляным же предельно допустимая температура масла 75° С имеет место при температуре наружного воздуха 33—34° С.

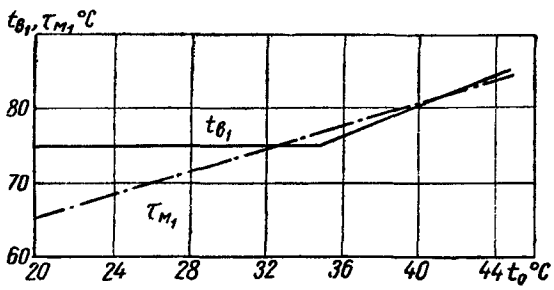
ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ МАСЛЯНОГО И ВОДЯНОГО ХОЛОДИЛЬНИКОВ

	Водяной холодильник	Масляный холодильник
Поверхность, омываемая воздухом, в $м^2$	459,75	99
Внутренняя поверхность, омываемая жидкостью, в $м^2$	62,68	17,1
Число секций	21	5
Число трубок в секции	68	80
Тип трубок	Плоские	Плоские
Расположение трубок в решетке	Шахматиое	Коридориое
Число рядов трубок по глубине	8	8
Число ходов потока жидкости в секции	1	1
Внутренние осевые размеры трубок в *мм*	0,9×17,7	2,7×16,2
Длина трубок секций между решетками в *мм*	1220/1205	1220/1205
Живое сечение трубок одной секции в $м^2$	0,00107	0,00337
Толщина охлаждающих пластин в *мм*	0,1	0,1
Толщина стенки трубки в *мм*	0,65	0,65
Толщина концевых пластин в *мм*	0,6	0,6
Живое воздушиое сечение холодильника в $м^2$	2,8	0,57
Число охлаждающих пластин по чертежу	424	366



Фиг. 115. Водяная секция:

1 — плоская трубка секции холодильника, *2* — пластины; *3* — верхняя крышка; *4* — нижняя крышка; *5* — заклепки; *6* — припой решетки секции к крышке; *7* — решетка секции коробчатая; *8* — усилительная пластина решетки; *9* — защитные боковые пластины; *а* — входные отверстия для воды верхней крышки секции; *б* — отверстия для шпилек крепления крышки секции к коллектору холодильника; *в* — выходные отверстия для воды нижней крышки секции.



Фиг. 116. Температура охлаждающей воды $t_{в_1}$ и дизельного масла $\tau_{м_1}$ в зависимости от температуры наружного воздуха t_0 при длительной работе дизеля на полной мощности.

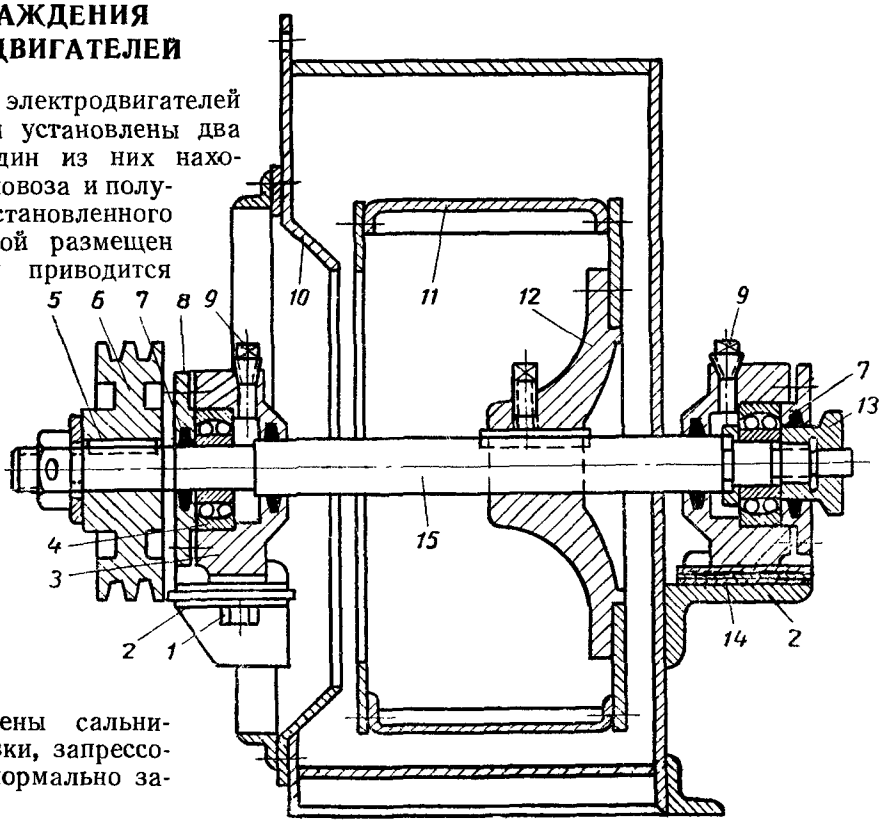
ВЕНТИЛЯТОР ОХЛАЖДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Для охлаждения тяговых электродвигателей передней и задней тележки установлены два вентилятора (фиг. 117). Один из них находится в передней части тепловоза и получает вращение от шкива, установленного на валу генератора; второй размещен в шахте холодильника и приводится во вращение от шкива, напрессованного на вал передачи к вентилятору холодильника.

Вентилятор представляет собой колесо *12* с рабочими лопатками *11*, посаженное на вал *15*. Колесо закреплено шпонкой и установочным винтом и вращается в корпусе *10*.

Вал вентилятора лежит в двух сферических подшипниках *4*, корпусы *3* и крышки *8* которых снабжены сальниками *7* для удержания смазки, запрессовываемой через отверстие, нормально закрытое пробкой *9*.

Центрирование вала по отношению к корпусу осуществляется регулировочными прокладками *14* между опорными угольниками *2* и корпусом подшипника. Лопатки *11* соединены с колесом *12* и торцевым кольцом при помощи заклепок. Шкив *6* посажен на шпонке и закреплен прошплинтованной гайкой.



Фиг. 117. Вентилятор охлаждения тяговых электродвигателей:

1 — болт крепления подшипника; *2* — опорный угольник; *3* — корпус подшипника; *4* — сферический подшипник; *5* — шпонка; *6* — шкив вентилятора; *7* — сальник; *8* — крышка подшипника; *9* — пробка отверстия для запрессовки смазки; *10* — корпус вентилятора; *11* — лопатки колеса вентилятора; *12* — колесо вентилятора; *13* — гайка; *14* — регулировочные прокладки; *15* — вал.

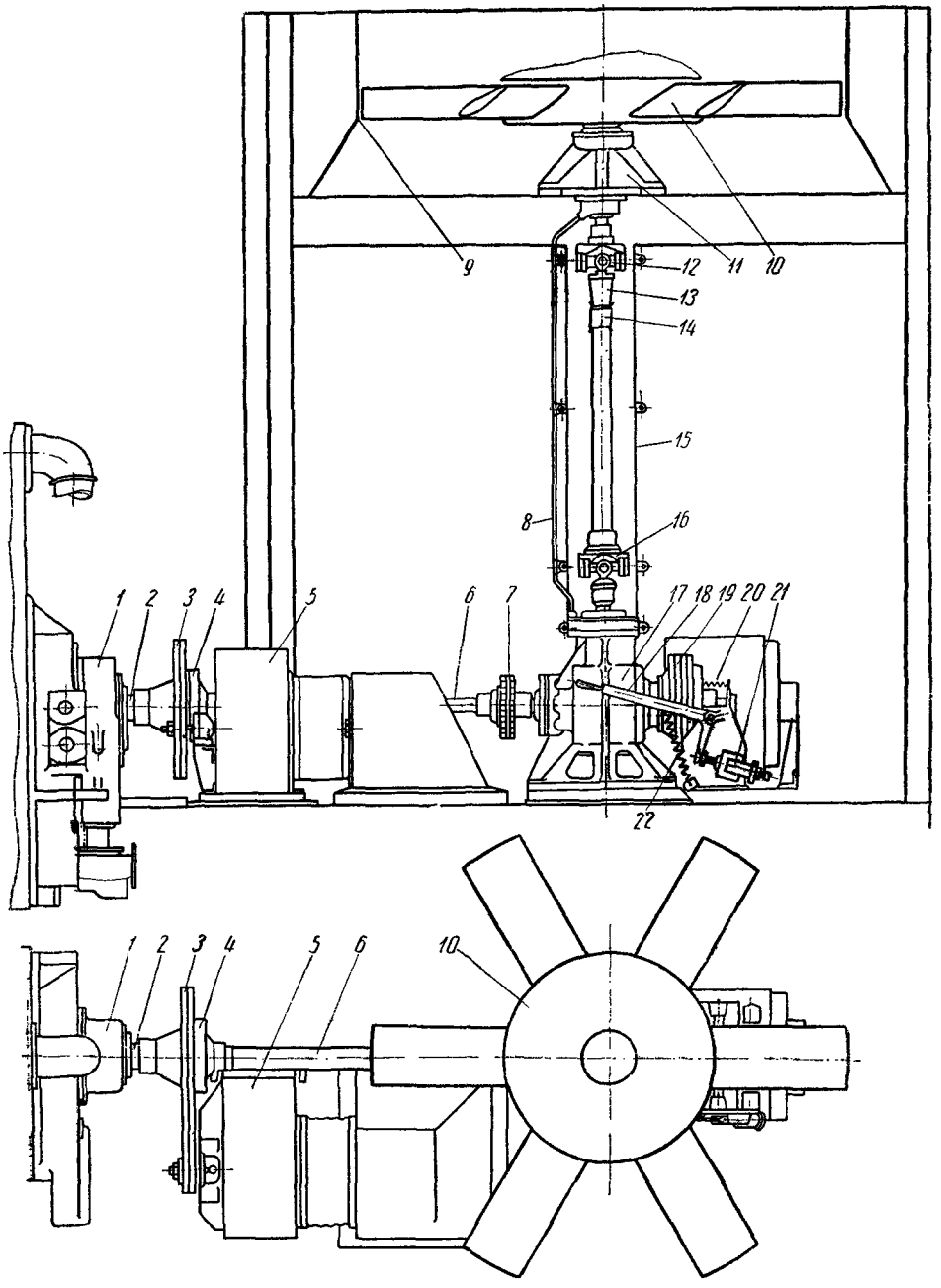
ГЛАВА IV

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВОЗОВ ТЭ2 И ТЭ5

ХОЛОДИЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ТЕПЛОВОЗА ТЭ2

Основное отличие отдельной секции этого тепловоза от тепловоза ТЭ1 заключается в устройстве холодильника и его привода, а также в некотором изменении масляной и топливной схемы. Двигатель и его управление сохранились в основном без изменения. Водяная схема принципиально не претерпела значительных изменений, хотя расположение трубопроводов, конечно, стало иным; кроме того, добавлен манометр, который позволяет дополнительно контролировать давление воды в трубопроводе после дизеля.

Холодильное устройство тепловоза ТЭ2 размещено на заднем конце каждой секции тепловоза (фиг. 118). Водяные и масляные секции холодильника размещены в боковых стенках кузова тепловоза и имеют ту же конструкцию, что и на тепловозе ТЭ1. К верхним коллекторам подводятся вода и масло. Отвод



Фиг. 118. Холодильное устройство и привод вентилятора тепловоза ТЭ2:

1 — конический привод масляного насоса: *2* — горизонтальный вал конического привода; *3* — шкив клиноременной передачи к вентилятору тяговых электродвигателей; *4* — фланец промежуточного горизонтального вала; *5* — вентилятор охлаждения тяговых электродвигателей; *6* — промежуточный вал; *7* — муфта промежуточного вала и горизонтального вала редуктора; *8* — трубка для подвода масла от подпятника к редуктору; *9* — труба шахты вентилятора; *10* — колесо вентилятора; *11* — подпятник; *12* — верхний кардан; *13* — шлицевая втулка фланца кардана промежуточного вала; *14* — чехол; *15* — защитный кожух; *16* — нижний кардан; *17* — редуктор вентилятора; *18* — рукоятка ручного включения муфты; *19* — муфта включения; *20* — пружина отводки; *21* — воздушный цилиндр пневматического включения муфты вентилятора; *22* — пружина выключения муфты.

воды и масла и подача их в дизель производится из нижних коллекторов.

Шахта холодильника устроена иначе, нежели на тепловозе ТЭ1. От нижних коллекторов стальные листы, направленные под углом примерно 30° к вертикали, подходят к горизонтальному листу, образуя как бы арку над проходом к дверям в задней стенке кузова тепловоза. В середине этого прохода расположен редуктор вентилятора, горизонтальный вал которого через промежуточный вал соединен с горизонтальным валом конической передачи масляного насоса. Вертикальный вал редуктора тоже через промежуточный вал и шарнирные муфты соединен с валом вентилятора, установленного в подпятнике. Промежуточный вал заключен в защитный кожух. Включение и выключение вентилятора производится фрикционной муфтой при помощи пневматического цилиндра или вручную.

Воздух просасывается вентилятором через секции холодильника и проходит между наклонными листами и листами, идущими от верхних коллекторов секции к кольцу под вентиляторным колесом. Листы и кольцо образуют замкнутый канал, по которому воздух может пройти только через трубу вентиляторного колеса.

Конструкция вентиляторного колеса улучшена по сравнению с колесом тепловоза ТЭ1 и имеет больший к. п. д.

Шахта имеет верхние и боковые жалюзи, которые в отличие от тепловоза ТЭ1 управляются не только вручную, но могут закрываться и открываться воздушными цилиндрами, управляемыми с поста машиниста.

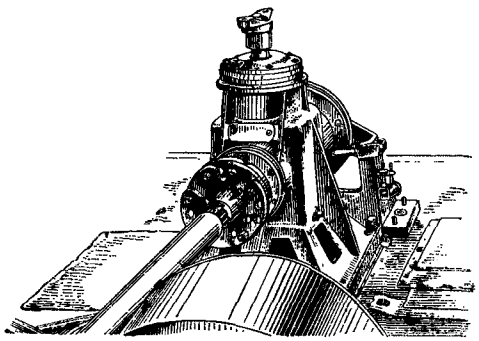
РЕДУКТОР ВЕНТИЛЯТОРА ТЕПЛОВОЗА ТЭ2

Корпус редуктора, как это видно из фиг. 119, расположен на раме тепловоза. Лепестковая муфта промежуточного горизонтального вала соединена с фланцем *7* ведущего вала *8* (фиг. 120).

Ведущий вал лежит в шариковом подшипнике *3*, установленном с зазором 0,000—0,065 *мм* в гнезде подшипника *36*. Гнездо в свою очередь поставлено на паранитовой уплотнительной прокладке в корпус редуктора *1*. Второй конец вала лежит в подшипнике *31*, внешняя обойма которого установлена с зазором 0,00—0,065 *мм* в ведомом валу *34*. Конец вала *8*, обращенный к муфте включения, имеет нарезанные шлицы, на которые заходят шлицы втулки ведущих дисков муфты включения вентилятора. Если муфта не включена, то вал *8* может свободно вращаться в подшипниках, причем конические шестерни *10* и *23* будут находиться в покое.

Ведомый вал *34* пустотелый и лежит в одном роликовом *2* и одном шариковом *25* подшипниках, напрессованных на него вместе с шестерней *10* и проставочной втулкой *33*. Напрессовку подшипников рекомендуется производить в нагретом до 80—100° С состоянии.

Подшипники в гнездах также имеют зазор, равный 0,00—0,065 *мм*. Установка вала *34*,

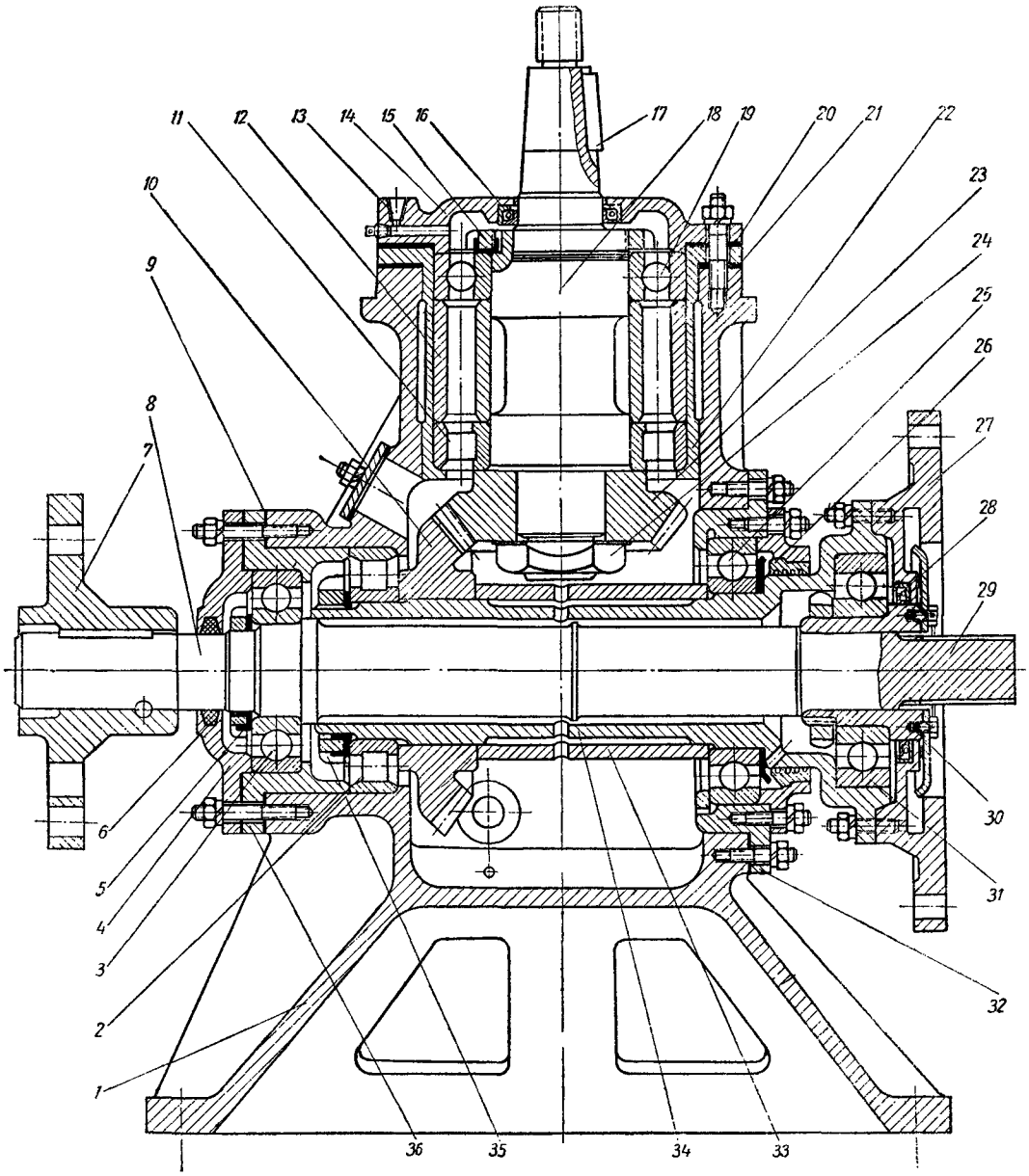


Фиг. 119. Установка редуктора вентилятора тепловоза ТЭ2.

а следовательно, и шестерни *10* в горизонтальном направлении производится гнездом подшипника *36*, торец которого упирается в торец внешней обоймы роликоподшипника, и гнездом подшипника, между фланцем которого и корпусом ставятся регулировочные прокладки *32*.

Проникновение смазки через подшипник наружу устраняет лабиринтовое кольцо *26*, удерживаемое фланцем. Шестерня *10* находится в зацеплении с шестерней вертикального ведомого вала *18*. Шестерня вертикального вала, так же как и шестерня горизонтального вала, напрессовывается на вал в горячем состоянии (нагрев до 200° С в масле) и гайкой *24* через внутреннюю обойму роликоподшипника *11*, внутреннюю распорную втулку и обойму шарикоподшипника упирается в торец регулирующей круглой гайки *15*. Гайка закреплена стопорной шайбой с внутренним усом, входящим в канавку, прорезанную в теле вала.

Подшипники и втулку также рекомендуется ставить на вал в нагретом до 80—100° С состоянии.



Фиг. 120. Редуктор веитилятора тепловоза ТЭ2:

1 — корпус; *2* — роликовый подшипник ведомого вала; *3* — шариковый подшипник ведущего вала; *4* — крышка; *5* — стопорная шайба; *6* — кольцо войлочное; *7* — фланец соединительной муфты; *8* — вал ведущий; *9* — уплотнительная прокладка; *10* — коническая шестерня горизонтального ведомого вала; *11* — роликовый подшипник вертикального вала; *12* — проставочная втулка; *13* — ввод трубки от масляного трубопровода дизеля; *14* — крышка; *15* — круглая гайка; *16* — самоуплотняющийся сальник; *17* — шпонка; *18* — вертикальный ведомый вал; *19* — шарикоподшипник; *20* — уплотнительная прокладка; *21* — регулировочные прокладки (набор); *22* — гнездо подшипника ведомого вала; *23* — шестерня вертикального вала; *24* — гайка вертикального вала; *25* — шарикоподшипник горизонтального ведомого вала; *26* — лабиринтовое кольцо; *27* — ведомый диск муфты включения вентилятора; *28*—самоуплотняющийся сальник; *29* — шлицевой конец ведущего вала; *30* — втулка; *31* — шарикоподшипник; *32* — регулировочная прокладка; *33* — проставочная втулка; *34* — ведомый вал; *35* — стопорная шайба; *36*—гнездо подшипника.

Внешние обоймы шарикоподшипников поставлены с зазором 0,00—0,065 *мм* в гнездо *22* подшипника ведомого вала. С помощью фланца гнезда и набора регулировочных прокладок *21* устанавливается зазор и зацепление шестерен *10* и *23*.

Верхняя крышка *14* ставится на уплотнительной прокладке, имеет самоуплотняющийся сальник *16* и канал, к которому подводится трубка от маслопровода дизеля.

При включении муфты вал *8* через шлицы, ведущие диски муфты и ведомый диск *27* соединяется с ведомым горизонтальным валом *34* и через шестерни приводит во вращение вертикальный вал *18*.

На коническом окончании вала *18* на шпонке *17* ставится фланец кардана промежуточного вала вентилятора, закрепленный шплинтованной корончатой гайкой.

Боковой зазор в зубьях шестерен вертикального и горизонтального валов при выбранных по направлению к центру зазорах должен быть не ниже 0,1 *мм*; при раздвинутых по направлению от центра шестернях зазор не должен быть более 0,33 *мм*. Прилегание зубьев должно проверяться по краске.

ФРИКЦИОННАЯ МУФТА ВКЛЮЧЕНИЯ ВЕНТИЛЯТОРА ТЕПЛОВОЗА ТЭ2

Фланец ведомого вала редуктора соединен шпильками *8* (фиг. 121) с ведомым диском *1* муфты включения вентилятора. Ведомый диск *1* в свою очередь связан шестью стальными пальцами *25*, установленными на равном расстоянии друг от друга со средним *11* и нажимным *12* дисками муфты Диски *11* и *12* могут немного передвигаться по пальцам в осевом направлении, но вращаются вместе с диском *1*.

Между ведомыми дисками *11* и *12* установлены два тонких стальных ведущих диска *2*, к рабочим поверхностям которых с обеих сторон приклепаны заклепками *10* пластины *9* из прессованного асбеста. Оба ведущих диска *2* через две шайбы *6* соединены болтами *20* со ступицей *3*. Ступица *3* посажена на шлицах ведущего вала *5* редуктора и, следовательно, может несколько перемещаться вместе с дисками *2* по осевому направлению. К пальцам *25* болтами присоединен стальной штампованный кожух *17*. Внутри кожуха установлено двенадцать спиральных пружин *24*, которые, упираясь одним концом в кожух *17*, а другим в нажимной диск *12*, прижимают все диски друг к другу. Пружины *24* упираются в диск *12* через кольцевую асбестовую пластину *19*, закрепленную стальной кольцевой пластиной. Назначение пластины *19* — предохранить пружины от перегрева.

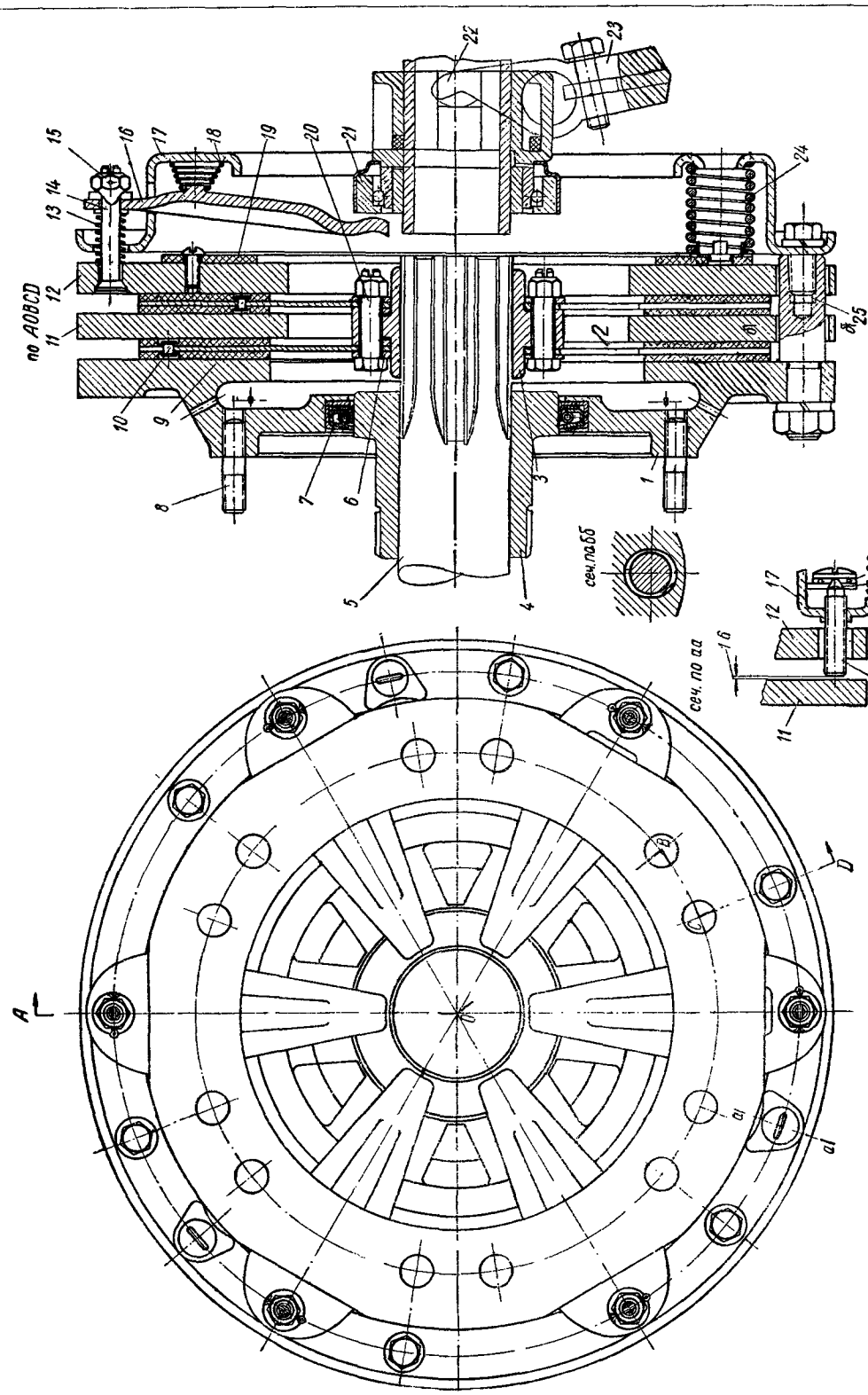
Механизм включения фрикционной муфты состоит из отводки фрикциона с упорным шариковым подшипником *21*, посаженным на перемещающейся в осевом направлении втулке. Перемещение втулки и подшипника производится рычагом *23*, который концами вилки *22* нажимает на втулку отводки и перемещает ее влево. По направлению от муфты втулка отводки фрикциона постоянно оттягивается пружиной.

Выключение муфты производится следующим образом. При перемещении вилки *22* рычага *23* влево, наружная обойма подшипника *21* нажимает на рычажки *16* (шесть рычажков), входящие в прорези кожуха *17*. При этом наружные концы рычажков, соединенные при помощи гаек *15* со шпильками *14*, перемещаются вправо. Так как шпильки *14* связаны с нажимным диском *12*, то последний оттягивается от ведущего диска *2*, сжимая пружины *24*. Вследствие этого между ведущими и ведомыми дисками сцепления не будет, и вращение от ведущего вала *5* на ведомый вал редуктора передаваться тоже не будет. Для того чтобы при выключении муфты средний диск *11* не отодвигался слишком далеко, в кожух *17* ввернуто три упорных винта *28*, проходящих через отверстия ведомого диска *12*. Винты *28* при выключении муфты упираются своими концами в средний ведомый диск *11*, ограничивая его ход (нормальная величина хода 1,6 *мм*). Поворотом винта, в головке которого имеются прорези *26*, можно изменить величину хода дисков. Для фиксации винта служат пружинка и стопорная шайба. Последняя своим выступом *27* входит в прорези головки *26*.

Регулировка нажатия дисков друг на друга осуществляется гайками *15* шпилек *14*, изменяющими суммарное нажатие пружин на диск *12*. Нормально муфта должна находиться в выключенном положении. Это достигается мощной пружиной, отжимающей отводку фрикциона влево.

КАРДАННЫЙ ВАЛ И ПОДПЯТНИК ВЕНТИЛЯТОРА

Вертикальный промежуточный карданный вал. На конусном конце вертикального вала вентилятора сидит фланец кардана *1* (фиг. 122). Фланец имеет две лапы, в отвер-

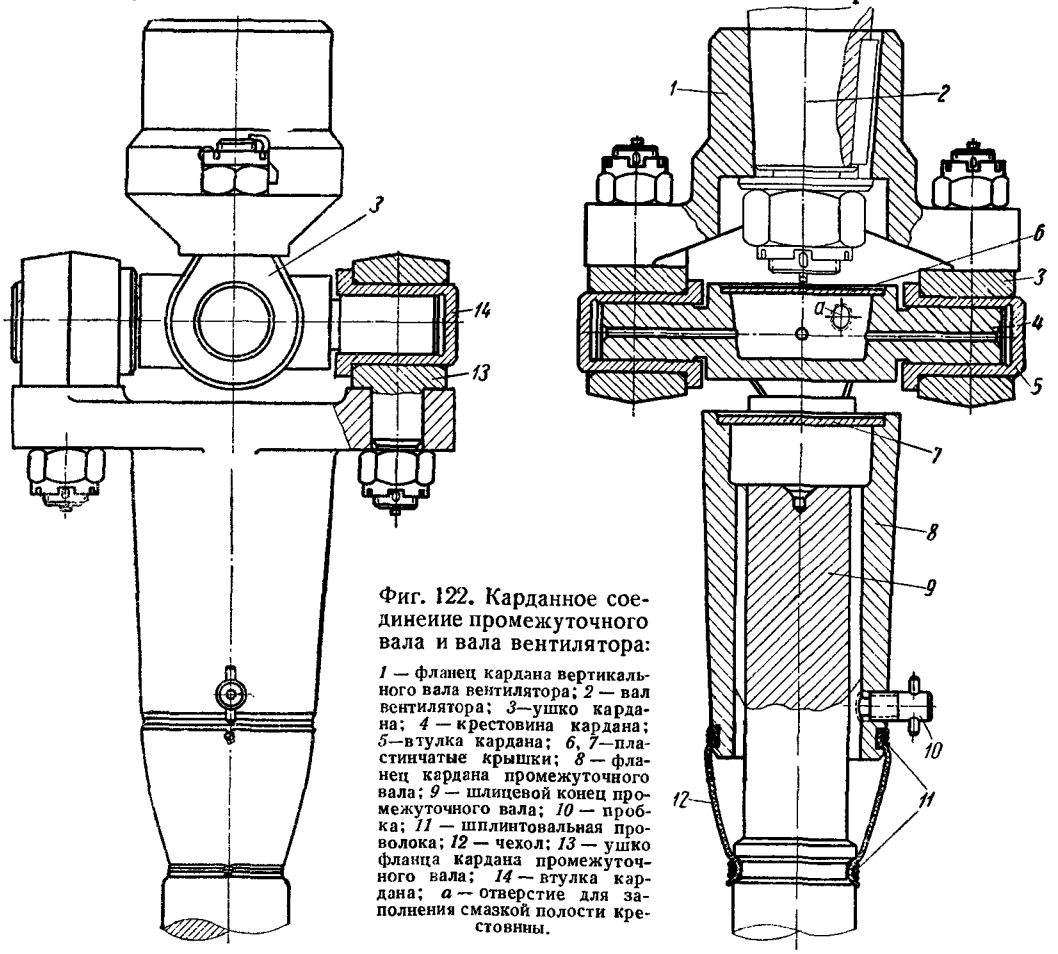


Фиг. 121. Фрикционная муфта включения вентилятора тепловоза ТЭ2:

1 — ведомый диск; *2* — ведущие диски с накладками из прессованного асбеста; *3* — ступица ведущих дисков (с внутренними шлицами); *4* — втулка ведущего вала редуктора; *5* — ведущий вал; *6* — шайба; *7* — самоуплотняющийся сальник; *8* — шпильки, соединяющие ведомый вал редуктора с ведомым диском муфты; *9* — фрикционные пластины; *10* — заклепки для соединения фрикционных пластин с ведущими дисками *2*; *11* — средний ведомый диск; *12* — нажимной ведомый диск; *13* — пружинка; *14* — шпильки; *15* — регулировочные гайки; *16* — рычажки выключения муфты; *17* — кожух; *18* — пружинки для установки рычажков *16*; *19* — асбестовое кольцо; *20* — стяжной болт; *21* — упорный шарикоподшипник отводки фрикциона; *22* — вилка рычага; *23* — рычаг отводки; *24* — пружины; *25* — пальцы; *26* — головка упорного винта с вырезами; *27* — выступ стопорной шайбы винта; *28* — упорный винт.

стия которых входят ушки *3* кардана, закрепляемые во фланце корончатыми гайками. Фланец изготовлен из стали марки 40. Ушки изготовлены из стали марки 40СХ.

Такие же лапы имеет фланец кардана со стороны промежуточного вала с тем лишь различием, что они повернуты на 90° относительно лап первого фланца кардана.



Фиг. 122. Карданное соединение промежуточного вала и вала вентилятора:

1 — фланец кардана вертикального вала вентилятора; *2* — вал вентилятора; *3*—ушко кардана; *4* — крестовина кардана; *5*—втулка кардана; *6, 7*—пластинчатые крышки; *8* — фланец кардана промежуточного вала; *9* — шлицевой конец промежуточного вала; *10* — пробка; *11* — шплинтовальная проволока; *12* — чехол; *13* — ушко фланца кардана промежуточного вала; *14* — втулка кардана; *а* — отверстие для заполнения смазкой полости крестовины.

Втулка фланца *8* имеет внутренние шлицы, в которые входят шлицы промежуточного вала. В лапах этого фланца также имеются отверстия, в которые входят ушки *13* кардана. В отверстие каждого ушка вставлена втулка кардана *5*, в которую в свою очередь входят пальцы крестовины *4* кардана (материал крестовины — сталь марки 40СХ; материал втулок — бронза марки БрАЖМц-10-3-1,5).

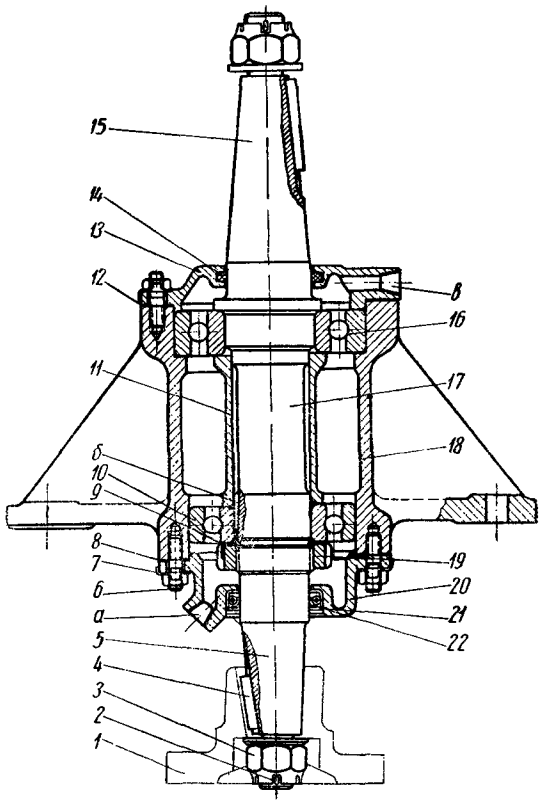
Так как такое же соединение имеется в нижней части вала, то возможно некоторое смещение осей редуктора и подпятника вала вентилятора без нарушения работы вентиляторной установки.

Втулка фланца *8* кардана соединена с вертикальным валом посредством промежуточного чехла *12*, закрепленного проволокой *11*. Смазка шлицевого соединения производится через отверстие, нормально закрытое пробкой *10*. Такое же отверстие *а* имеется в крестовине; через него смазка проходит во внутреннюю полость крестовины и по радиальным сверлениям — во втулки *5* к пальцам крестовины *4*. Закрывает внутреннюю полость крестовины стальная пластинчатая крышка *6*, выпрямляемая при постановке на место ударами молотка до полного прекращения просачивания.

Подпятник вентилятора. Корпус подпятника *18* (фиг. 123) лежит на горизонтальных балках верхней части арки холодильника.

Вал вентиляторного колеса *17* с напрессованными на него двумя подшипниками *16* и *10* ставится в корпус подпятника так, что верхний подшипник является упорным,

в то время как нижний подшипник может свободно перемещаться в вертикальном направлении. Оба подшипника опираются на бурт вала: верхний — непосредственно, а нижний — через распорную втулку *11*. Подшипники прижаты гайкой *19*, закрепленной шайбой *9*.



Фиг. 123. Подпятник вентилятора:

1 — флаиец кардана; *2* — шплинт; *3* — гайка; *4* — шпонка; *5* — конус вала вентилятора; *6* — гайка крепления нижней крышки; *7* — шплинтовальная шайба; *8* — прокладка; *9* — шплинтовальиая шайба; *10* — подшипник; *11* — распориая втулка; *12* — прокладка; *13* — верхняя крышка; *14* — сальиик; *15* — верхний конус вала вентилятора; *16* — подшиник упорный; *17* — вал; *18* — корпус подпятника; *19* — шпилька; *20* — нижняя крышка; *21* — пружинное замковое кольцо; *22* — самоуплотняющийся сальник; *а, в* — отверстия для смазки; *б* — канавка в теле вала для уса шплинтовальной шайбы.

Верхняя часть корпуса подпятника вентилятора закрыта крышкой *13*, поставленной на прокладке *12*. Крышка *13* имеет сальниковое уплотнительное кольцо *14*, изготовленное из войлока. Нижняя часть корпуса закрыта крышкой *20*, поставленной также на прокладке *8*, и имеет самоуплотняющийся сальник *22*, укрепленный в крышке пружинным кольцом *21*.

Нижняя часть вала *17* несет на себе фланец верхнего кардана промежуточного вала, закрепленный шпонкой *4* и гайкой *3*.

ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЖАЛЮЗИ И ФРИКЦИОННОЙ МУФТОЙ ВКЛЮЧЕНИЯ ВЕНТИЛЯТОРА

Управление жалюзи вентилятора производится с поста управления машиниста через электропневматические вентили *4*, *6*, *8* и *10* (фиг. 124).

К пневматическому клапану каждого вентиля подведен сжатый воздух по трубам *1*, *2* и *7* и тройникам *5* и *9*. При помощи вентиля *4* регулируется подвод воздуха к пневматическому цилиндру *3*. Сжатый воздух поднимает поршень цилиндра, действующий через рычажную передачу, на створки жалюзи.

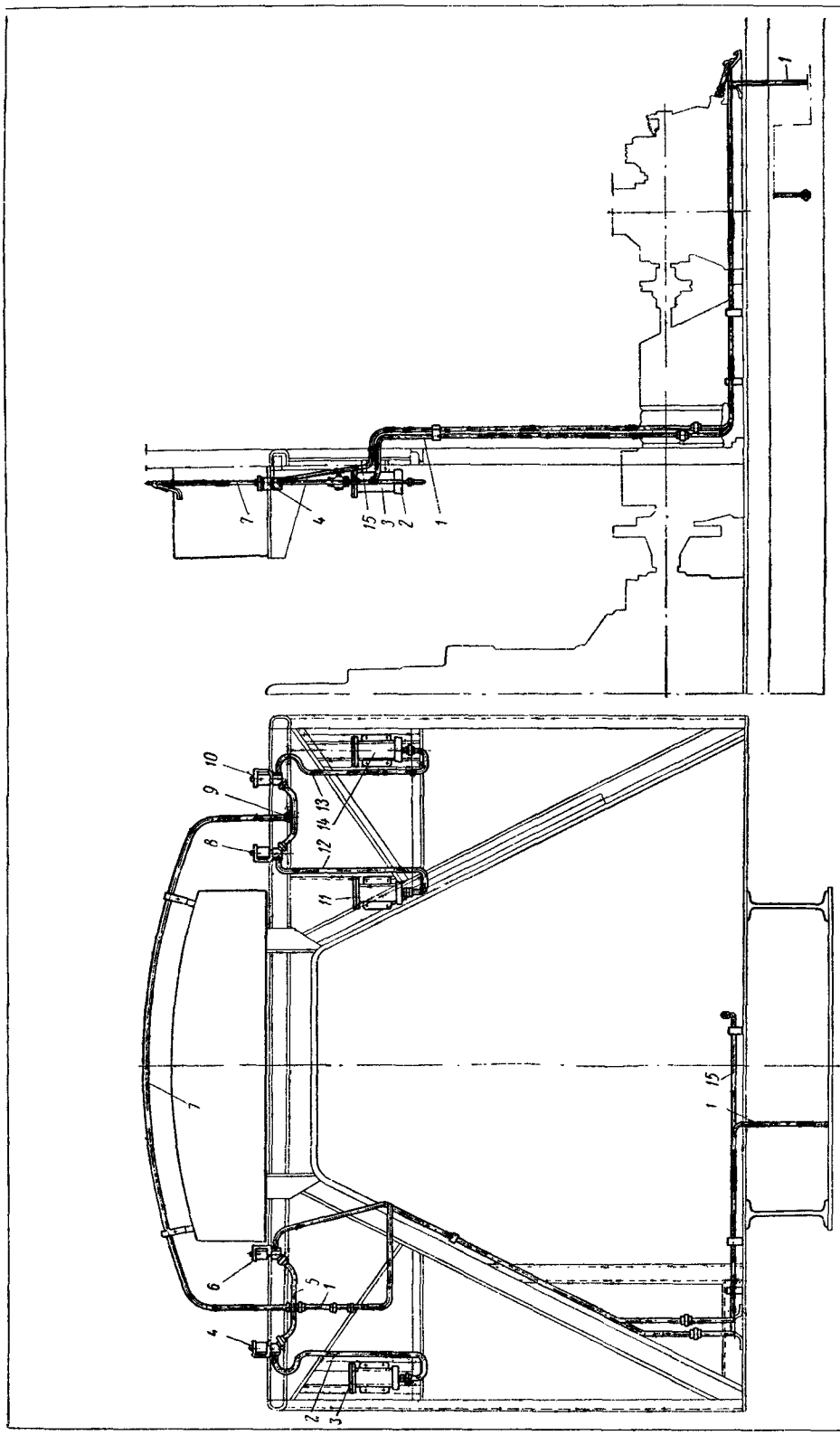
При помощи цилиндра *3* осуществляется управление правыми (по ходу тепловоза) жалюзи, при помощи цилиндра *11* — верхними жалюзи, цилиндра *14* — левыми жалюзи. При помощи электропневматического вентиля *6* управляют включением муфты вентилятора.

МАСЛЯНЫЙ И ТОПЛИВНЫЙ ТРУБОПРОВОДЫ ТЕПЛОВОЗА ТЭ2

На фиг. 125 приведена схема масляного трубопровода тепловоза ТЭ2. Как видно из этой схемы, система смазки самого дизеля не претерпела по сравнению с системой смазки дизеля тепловоза ТЭ1 никаких изменений; изменилась лишь система трубопроводов в связи с установкой дополнительных труб, подводящих масло под давлением к подпятнику и редуктору вентилятора, а также добавилась система предварительной прокачки масла перед пуском дизеля от вспомогательного масляного насоса. При этом несколько изменился и путь прохождения масла.

Масло засасывается вспомогательным масляным насосом *41* из картера дизеля и по трубе, на которой установлен разгрузочный клапан *40*, направляется в нагнетательную систему дизеля. Для смазки подпятника и редуктора масло берется из трубопровода после масляного фильтра и по трубе *21* подводится к подпятнику *26*. От подпятника масло переходит по трубке *29* в редуктор и из него сливается в картер.

Начиная с третьего тепловоза серии ТЭ2, изменена система смазки редуктора и подпят-

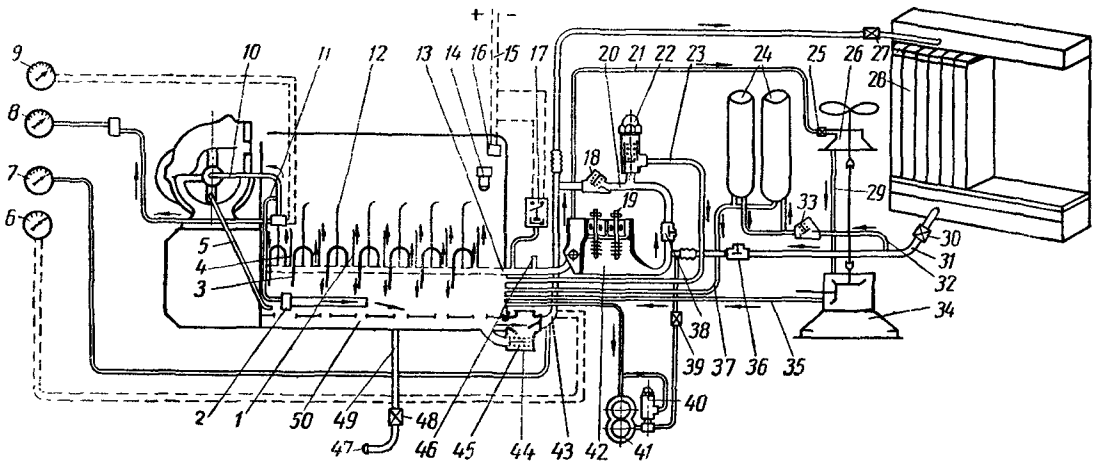


Фиг. 124. Схема трубопровода воздушного управления жалюзи и муфтой включения вентилятора (вид со стороны дизеля):

1 — труба для подвода воздуха от магистрали; *2* — труба для подвода воздуха к воздушному цилиндру правых (по ходу тепловоза) жалюзи; *3* — воздушный цилиндр правых жалюзи; *4* — электропневматический вентиль управления правыми жалюзи; *5* — крестовина (тройник); *6* — электропневматический вентиль управления включением фрикционной муфты вентилятора; *7* — труба; *8* — электропневматический вентиль управления верхними жалюзи; *9* — тройник; *10* — электропневматический вентиль управления левыми жалюзи; *11* — воздушный цилиндр управления верхними жалюзи; *12* — труба; *13* — труба; *14* — воздушный цилиндр управления левыми жалюзи; *15* — труба для подвода воздуха к пневматическому цилиндру включения муфты вентилятора.

ника вентилятора. Масляная трубка подходит к редуктору, минуя подпятник, в который запрессовывается густая смазка. На трубке имеются регулирующий кран и смотровое стекло. Смотровое стекло установлено также внизу корпуса редуктора. Кран регулируется так, чтобы уровень масла находился по середине нижнего стекла.

от схемы топливных трубопроводов тепловоза ТЭ1 заключается в несколько ином расположении труб, вызванном, в частности, тем, что на тепловозе ТЭ2 установлен только один топливный бак. Отличительным также является место подхода трубы *35* к *36*. По одной из труб происходит отлив топлива из коллектора топливных насосов в бак, а по



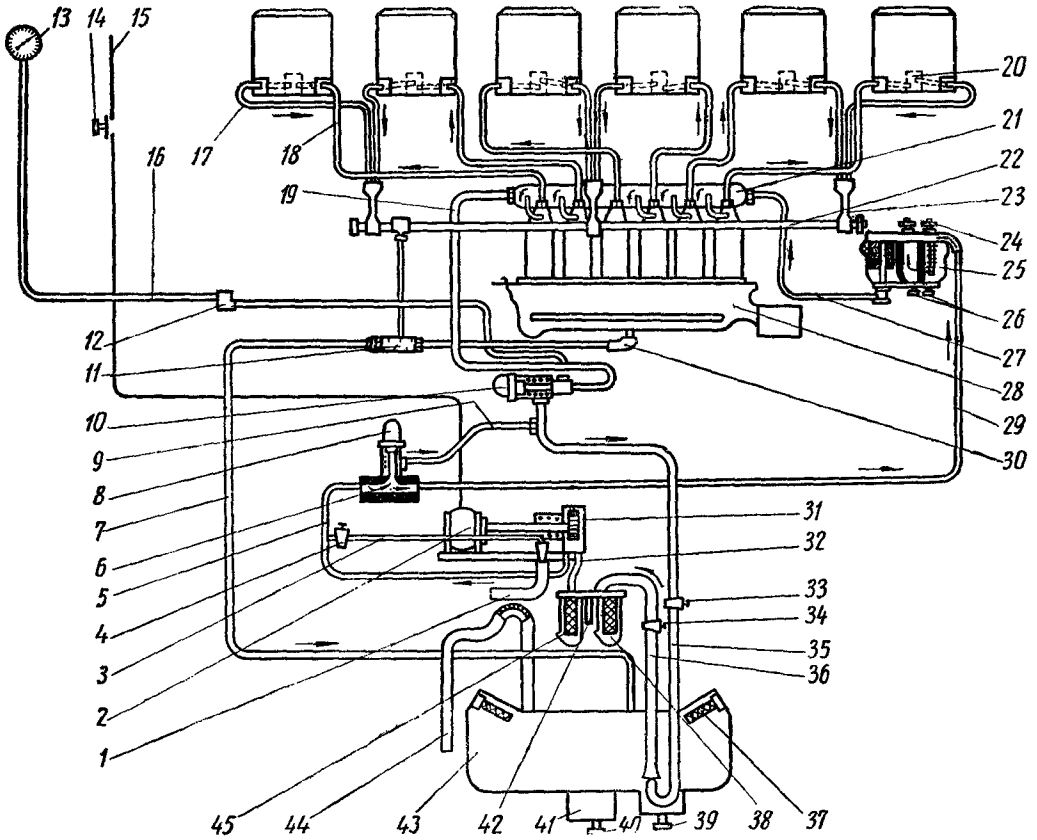
Фиг. 125. Схема масляного трубопровода дизеля Д-50 тепловоза ТЭ2:

1 — трубка, подводящая масло к подшипнику распределительного вала; *2* — трубка, подводящая масло к подшипникам топливного насоса; *3* — трубка, подводящая масло к коренному подшипнику коленчатого вала и к мотылевому и головному подшипникам; *4* — трубка, подводящая масло к валику паразитной шестерни; *5* — трубка для сливания масла из воздуходувки; *6* — электротермометр, показывающий температуру масла до холодильника; *7* — аэротермометр, показывающий температуру масла до холодильника; *8* — манометр, показывающий давление масла в нагнетательной магистрали; *9* — электроманометр, показывающий давление масла в нагнетательной магистрали; *10* — трубка для подвода смазки к подшипникам турбовоздуходувки; *11* — трубка от седьмого подшипника распределительного вала; *12* — трубка для подвода масла к рычагу толкателя, толкателю и впускному и выпускному рычагам; *13* — масляная труба, проходящая внутри блока; *14* — горловина для заливки масла; *15* — провод от клеммника высоковольтной камеры; *16* — электромагнит (соленоид) регулятора оборотов, служащий для остановки дизеля; *17* — реле давления масла, выключающее подачу топлива при давлении масла, меньшем 1,8 *ати*; *18* — вспомогательный байпасный клапан, отрегулированный на разность давлений в 1 *ати*; *19* — рукоятка щелевого фильтра; *20* — перепускная труба; *21* — труба, подводящая масло к подпятнику вала вентилятора холодильника; *22* — регулирующий клапан, установленный на 2,5 *ати*; *23* — сливная труба; *24*—фильтры; *25*—вентиль, регулирующий подачу масла к подшипнику вентилятора; *26*—подпятник вентилятора холодильника; *27*—вентиль для отключения холодильника; *28* — секции масляного холодильника; *29* — трубка для подвода масла от подпятника к редуктору вентилятора; *30* — вентиль для отключения холодильника; *31* — труба для охлажденного масла; *32*—труба для перепускания масла к волокнистым фильтрам; *33* — разгрузочный обратный клапан, установленный на 2,5 *ати*; *34* — корпус редуктора вентилятора; *35* — трубка для сливания масла из редуктора вентилятора; *36* — обратный клапан; *37* — трубка для сливания в картер масла, прошедшего волокнистые фильтры; *38* — обратный клапан; *39* — вентиль на нагнетательной трубе насоса для прокачки масла; *40*—разгрузочный клапан насоса для прокачки масла; *41* — насос для прокачки масла; *42* — щелевой фильтр; *43* — нагнетательная труба масляного насоса; *44* — масляный насос; *45* — разгрузочный клапан, установленный на 5,3 *ати*; *46* — трубка, подводящая масло к приводу масляного насоса; *47* — глухая гайка трубы для сливания масла из дизеля; *48* — вентиль для сливания масла; *49* — труба для сливания масла из дизеля; *50* — масляный резервуар.

На тепловозе ТЭ2 значительно усилен контроль за температурой и давлением масла. Дублированными приборами *6* и *7* проверяется температура масла по выходе его из масляного насоса. Давление масла в седьмой опоре распределительного вала контролируется манометром *8* и электроманометром *9*.

Подробная схема топливных трубопроводов приведена на фиг. 126. Основное отличие ее

другой — всасывание топлива. Наличие раструба у трубы *36* приводит к тому, что бо́льшая часть топлива, нагревшегося при прохождении топливных трубопроводов, расположенных в кузове тепловоза, опять всасывается через этот раструб, благодаря чему не смешивается со всей массой холодного топлива, а прогревает только близлежащие его слои.



Фиг. 126. Схема топливного трубопровода дизеля тепловоза ТЭ2:

1 — сливная трубка; *2*— электродвигатель топливоподкачивающего насоса; *3* — спускная трубка; *4* — спускной кран для воздуха и эмульсии; *5* — топливоподающая трубка; *6* — распределительная коробка; *7* — сливная трубка; *8* — разгрузочный клапан на 5, 3 *ати*; *9* — отливная трубка; *10* — регулирующий клапан на 2,5 *ати*; *11* — сливная коробочка; *12* — приемник топливного манометра; *13* — манометр, показывающий давление топлива в коллекторе топливного насоса; *14* — кнопка, включающая двигатель топливоподкачивающего насоса: *15* — провод от электросети; *16* — трубка; *17* — трубка для сливания топлива, просочившегося через неплотности форсунки; *18* — нагнетательная топливная трубка; *19* — трубка для отливания избыточного топлива из коллектора; *20* — форсунка; *21* — топливный коллектор; *22*—сливная магистраль топлива, просочившегося через неплотности форсунок; *23* — приемник сливающегося из форсунок топлива; *24* — рукоятка щелевого топливного фильтра; *25* — фильтрующие элементы войлочно-щелевого топливного фильтра; *26* — сливные пробки; *27* — трубка для подвода топлива к коллектору топливного насоса; *28* — картер топливного насоса; *29* — трубка для подвода топлива от топливоподкачивающего насоса к фильтрам; *30* — трубка для сливания топлива, просочившегося через неплотности плунжеров насосов; *31* — топливоподкачивающий насос; *32* — трубка; *33* — краи; *34* — кран; *35* — труба, подводящая к приемной горловине трубы *36* топливо, сливающееся из коллектора топливного насоса; *36* — всасывающая труба; *37* — горловина с сеткой для наливания топлива; *38* — двойной топливный фильтр грубой очистки; *39* и *40* — клапаны для сливания топлива; *41* — отстойник: *42* — рукоятка отключения одного из фильтров; *43* — топливный бак; *44* — вентиляционная труба; *45* — сливная пробка.

ОБОГРЕВАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА ТЕПЛОВОЗА ТЭ5

Паровой котел и его вспомогательное оборудование. Для подогревания топлива, поступающего к дизелю, подогревания воды, поступающей в двигатель и холодильник, обогревания машинного помещения и кабины машиниста на тепловозах серии ТЭ5 установлен паровой котел вертикального типа с выносной топкой.

Паровой котел установлен в котельном помещении, отделенном от аккумуляторов глухими стенками, а с кабиной машиниста соединенном дверью.

В котельном помещении, кроме котла, размещены также дутьевой центробежный вентилятор, питательный водяной насос с приводом от электродвигателя, ручной питательный водяной насос и расходный топливный бак.

В передней части тепловоза между хребтовыми балками установлен бак емкостью 300 *л* для питательной воды парового котла. Для подогревания воды в этом баке установлена обогревательная конденсатная труба, представляющая собой колено с просверленными отверстиями.

Питательный водяной насос, засасывающий воду из питательного бака, представляет собой трехплунжерный эксцентриковый насос с ременным приводом от электродвигателя. Производительность этого насоса равна 100 *л/час* при давлении в 3 *ати* и 110 об/мин.

Ручной водяной насос, установленный также в котельном помещении, может обеспечить подачу воды в количестве 150 *л/час* при противодавлении в 3 *ати* и 30 качаниях в минуту. Насос поршневой, простого действия, с кожаным манжетным уплотнением и пластинчатыми клапанами.

В топку котла подводится воздух от дутьевого вентилятора. Вентилятор центробежного типа с числом оборотов в зависимости от напряжения, равным 2800—3200 в минуту. Производительность вентилятора равна 200 $м^3$/*час* при давлении 25—30 *мм* вод. ст.

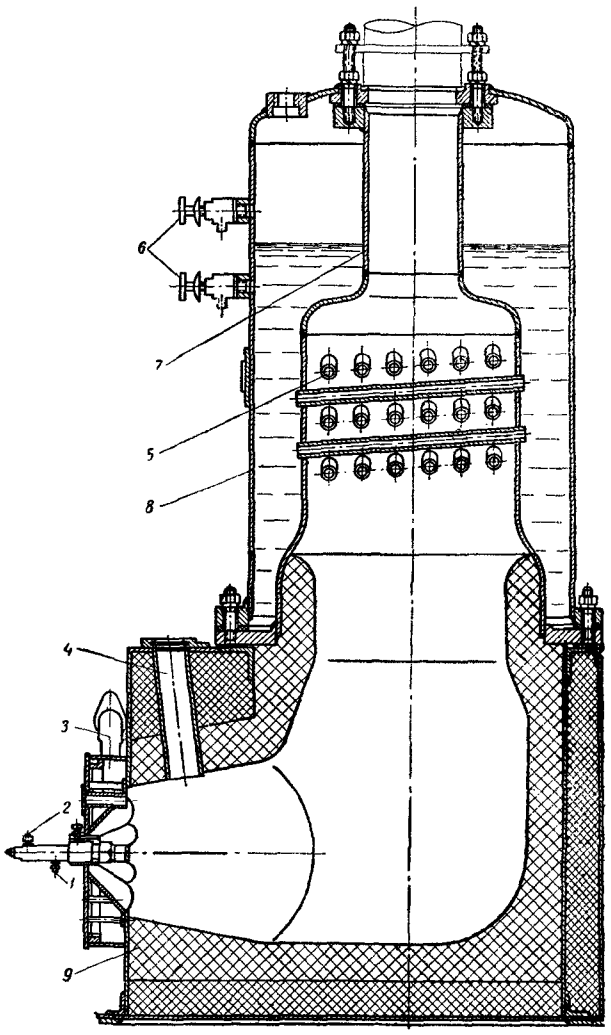
Пароводяная часть обогревательного парового котла состоит из двух разъемных барабанов — наружного *8* и внутреннего *7* (фиг. 127), соединенных с топочной частью котла.

Топка котла сварена из стальных листов и изнутри обмурована огнеупорным кирпичом *9*. К дверце топки подведен воздух от дутьевого вентилятора и поставлена форсунка, распыливание топлива, в которой может производиться паром из котла *или* воздухом от воздушного трубопровода тепловоза.

Растапливание котла может производиться хлопчатобумажными концами, смоченными дизельным топливом, с последующей подачей нераспыленного топлива (вследствие отсутствия пара или сжатого воздуха) через форсунку. В этом случае для поднятия давления до 2,5 *ати* требуется около 60—65 мин. При растапливании котла форсункой, работающей сжатым воздухом, время, необходимое для поднятия такого давления, снижается до 35—40 мин.

Полная производительность котла равна 50 *кг* пара в час; наибольшая производительность — 80 *кг/час*, наибольший расход дизельного топлива — 6,5 *кг/час*. Поверхность нагрева котла увеличена водогрейными трубками *5*, вваренными в среднюю квадратную часть внутреннего барабана *7*.

Для контроля наличия в котле воды имеются два водопробных краника *6* и водомерное стекло. Наблюдение за горением в топке может производиться через смотровое отверстие *4*, прикрытое откидной крышкой с вставленным в нее стеклом. Горение необходимо



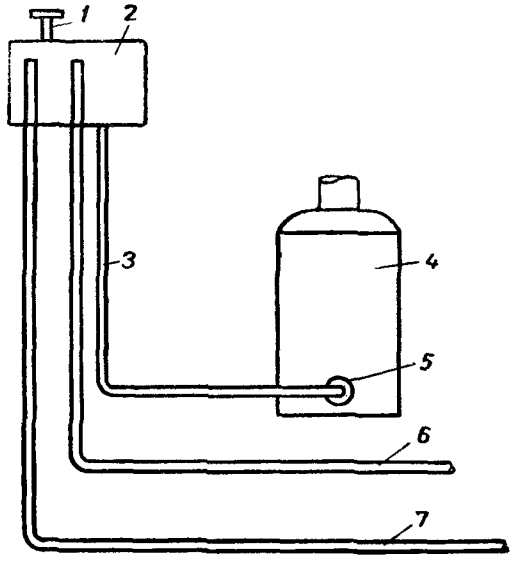
Фиг. 127. Подогревательный паровой котел тепловоза ТЭ5:

1 — штуцер для подвода пара к форсунке; *2* — штуцер для подвода топлива; *3* — воздухопровод; *4* — смотровое окно; *5* — водогрейные трубки; *6* — водопробные краники; *7* — внутренний барабан котла; *8* — наружный барабан котла; *9* — огнеупорная обмуровка топки.

контролировать также по цвету дыма, который должен быть почти прозрачным с легким сероватым оттенком.

Совершенно прозрачный дым указывает на большой избыток воздуха и необходимость прибавления топлива.

В расходный топливный бак котла топливо накачивается вспомогательным топливоподкачивающим насосом дизеля. Для этой цели к нагнетательному трубопроводу после регулирующего клапана присоединена труба *6*, по которой топливо заполняет бак *2* (фиг. 128). Вентиль для заполнения бака топливом установлен рядом с регулирующим клапаном. По трубе *7* излишне поданное в бак топливо переливается в верхний топливный бак тепловоза.



Фиг. 128. Схема заполнения топливом бака обогревательного котла:

1 — горловина для наполнения бака топливом; *2* — топливный бак; *3* — труба для подвода топлива к форсунке; *4* — котел; *5* — форсунка; *6* — труба от топливной магистрали дизеля; *7* — труба для возврата избыточного топлива в бак тепловоза.

Заполнение расходного топливного парового котла топливом возможно также через горловину, имеющуюся в верхней его части и выходящую на крышу передней части тепловоза.

Водяной трубопровод и система обогревания тепловоза ТЭ5. На паровом котле *22* (фиг. 129) установлена форсунка *10*, к которой по трубе *8* подводится топливо, а по трубе *11* подводится пар, если котел работает. Если же котел не растоплен, то по трубе *12* к форсунке подводится сжатый воздух. Регулирование подачи в топку котла пара и топлива производится вентилями *24* и *91* при распыливании топлива паром, а при распыливании воздухом — краниками *86* и *89* и вентилем *91*.

Вода подается в котел через питательный клапан *29* питательным насосом *5* или ручным питательным насосом *6*.

На котле установлена парораспределительная коробка *28*, к которой по трубе *15* подведен пар. От трубы, подводящей пар к парораспределительной коробке, отходят два отростка. По одному из них пар подводится к змеевику *18* топливного бака, причем регулирование количества пара производится вентилем *16*, а по второму пар идет в змеевик *75*, окружающий концы всасывающей и сливной труб топливной системы дизеля. Частично сконденсировавшийся в змеевике пар выпускается наружу. Это — единственное место в системе обогрева (не считая предохранительного клапана котла), где может расходоваться вода.

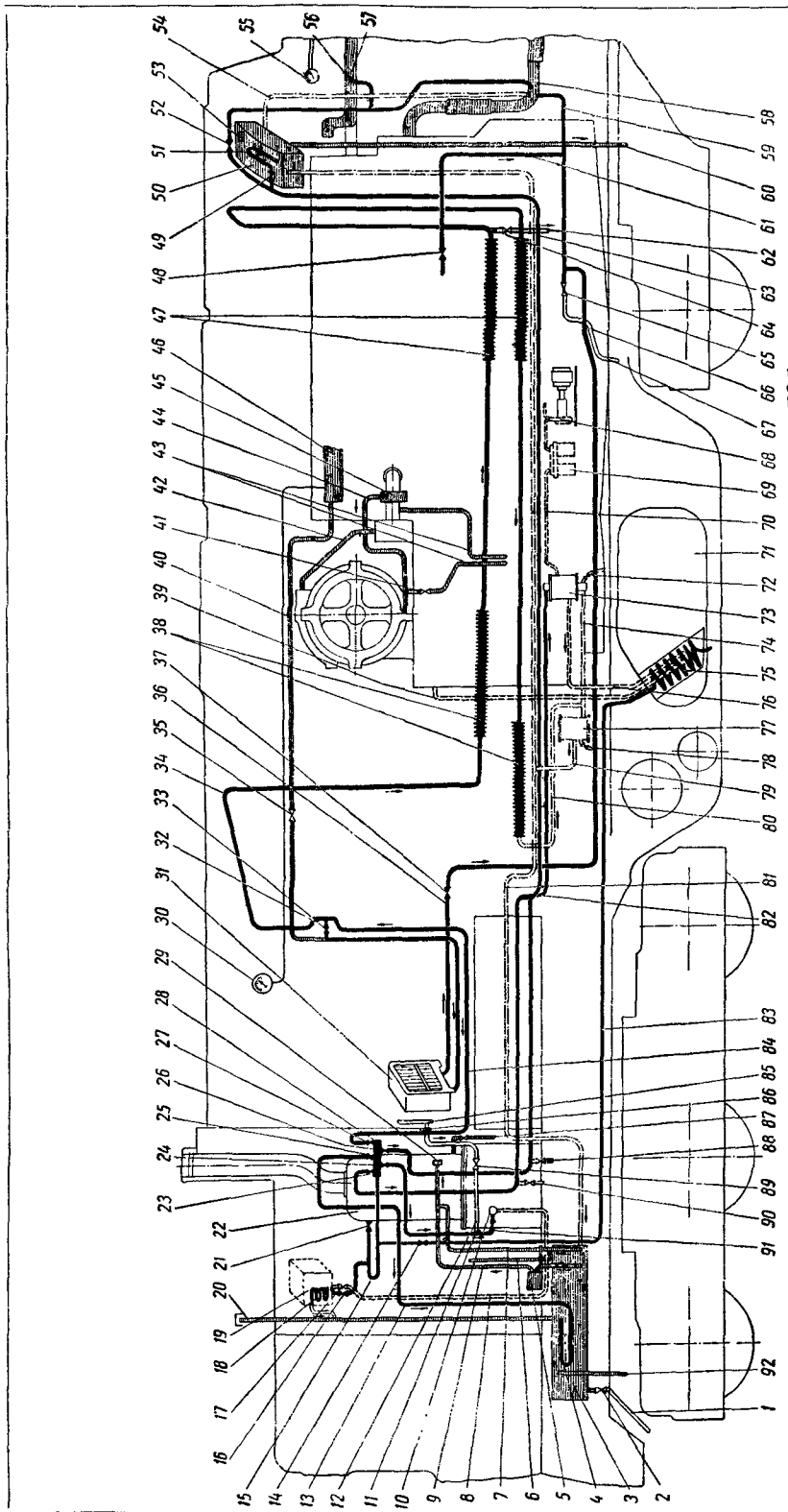
Подогревание топлива перед фильтрами вспомогательного топливного насоса дизеля осуществляется в подогревателе *73*, установленном в машинном помещении тепловоза. Пар подводится по трубе *82* через вентиль *23*, установленный на парораспределительной коробке *28*. Пар и конденсат отводятся в конденсационный горшок *77*. Из конденсационного горшка конденсат по трубам *79* и *81* сливается в бак *3*.

Подогревание воды в водяном баке *3* производится паром, подведенным по трубе *13* через вентиль *25* к колену трубы *4*. В колене просверлено большое количество отверстий, благодаря чему смешение пара с водой происходит без гидравлических ударов.

Подогревание воды в системе охлаждения дизеля и в секциях холодильника осуществляется при помощи пароструйных эжекторов *56* и *58* и конденсатной смесительной трубы *51*. Эжекторы установлены в трубе горячей воды *57* и в трубе, отводящей воду из холодильника в дизель, подогревают ее и способствуют циркуляции воды в системе охлаждения.

Количество пара, расходуемого через эжекторы, регулируется вентилем *52*, установленным сбоку расширительного бака дизеля. Здесь же установлен вентиль, регулирующий поступление пара к конденсатной трубе *51* для прогревания воды в бачке *50*. К регулирующим вентилям *49* и *52* пар поступает из парораспределительной коробки *28* через вентиль *26* и трубу *63*.

Обогревание машинного помещения и кабины машиниста производится батареями *38* и *47* и калорифером *31*. Пар в батареи поступает по трубе *84*. Регулирование количества пара производится в одном из тепловозов вентилем *27*, а в другом — вентилем *32*. Сконденсировавшийся пар по трубе *80* через коиден-



Фиг. 129. Схема водяного трубопровода и системы обогрева тепловоза ТЭ5:

1 — сливная труба; *2* — вентиль; *3* — водяной бак; *4* — водоподогревательная труба; *5* — питательный насос; *6* — ручной насос; *7* — труба; *8* — топливная труба; *9* — труба; *10* — форсунка; *11* — паровая труба форсунки; *12* — воздушная труба форсунки; *13* — паровая труба; *14* — вентиль; *15* — труба; *16* — вентиль; *17* — вентиль топливной трубы; *18* — подогревательный змеевик топливного бака котла; *19* — топливный бак котла; *20* — труба для заполнения водяного питательного бака котла; *21* — вентиль; *22* — котел; *23, 24, 25, 26* и *27* — вентили; *28* — пораспределительная коробка; *29* — питательный клапан; *30* — аротермометр; *31* — калорифер отопления кабины машиниста; *32* и *33* — вентили; *34* — паровая труба; *35* — вентиль; *36* — труба; *37* — вентиль; *38* — батареи отопления; *39* — труба для отливания топлива из коллектора топливных насосов; *40* — труба для горячей воды от водяного коллектора к калориферу; *41* — вентиль; *42* — труба для сливания горячей воды из турбовоздухоудувки; *43* — сливные трубы насоса и турбовоздухоудувки; *44* — труба для подвода охлаждающей воды к корпусу воздухоудувки; *45* — водяной насос дизеля; *46* — водяной коллектор дизеля; *47* — батареи отопления; *48* и *49* — вентили; *50* — расширительный бак для воды; *51* — водоподогревательная труба; *52* — вентиль; *53* — заливная горловина водяного бака тепловоза; *54* — соединительная водяная труба; *55* — аротермометр; *56* — эжектор; *57* — труба для горячей воды; *58* — эжектор; *59* — труба; *60* — вестовая водяная труба; *61* — сливная труба из блока; *62* — сливная трубка; *63* — труба; *64* и *65* — вентили; *66* — труба для сливания и заполнения системы водой; *67* — накидная гайка; *68* — вспомогательный топливоподкачивающий насос; *69* — топливный фильтр; *70* — топливная трубка; *71* — нижний топливный бак; *72* — вентиль; *73* — подогреватель топлива; *74* — труба для конденсата; *75* — змеевик для подогревания топлива; *76* — всасывающая топливная труба; *77* — конденсационный горшок; *78* — краник; *79* — труба для отвода конденсата; *80* — труба для отвода конденсата; *81* — труба для отвода конденсата; *82, 83* и *84* — трубы; *85* — воздушный клапан; *86* — краник; *87* — вентиль для сливания воды из котла; *88, 89* и *90* — краники; *91* — вентиль; *92* — вестовая труба.

сационный горшок *77* и трубы *79* и *81* сливается в виде воды в бак *3*.

В калориферы кабины машиниста пар может быть пропущен через вентиль *33* (при закрытом вентиле *35* на водяной трубе *40* и открытом вентиле *37* на трубе *36*). Пар при этом проходит по трубе *59* в трубу для охлажденной воды.

В сильные морозы и при длительной стоянке тепловоза для усиления подогрева воды в дизеле пар в систему обогрева может быть пущен не только через паросмесительную конденсатную трубу *51* и пароструйные эжекторы *56* и *58*, но также и через калорифер *31*. При этом вентилятор калорифера следует выключить, вентиль *35* закрыть, а вентили *33* и *37* открыть. Если, несмотря на принятые меры, температура воды продолжает понижаться, то при достижении 20° С следует пускать дизель для дополнительного прогрева.

При замерзании какой-либо из труб, проходящих от котельного помещения в машинное, следует пустить пар по трубе *83*. Так как все эти трубы проведены одним пучком в общей изоляции, то пар, проходя по трубе *83*, прогреет и остальные трубы.

При полной остановке тепловоза и спущенной воде из его охлаждающей системы следует также спустить воду из системы обогрева. Для этого следует открыть все вентили и краники на котле и паропроводах, все спускные вентили и краники на трубах, подогревателе топлива и конденсационном горшке, выпустить воду из бака и прокачать питательный и ручной насосы до полного удаления оставшейся в них воды.

ГЛАВА V

УХОД ЗА ДВИГАТЕЛЕМ И НЕИСПРАВНОСТИ В РАБОТЕ

ПОДГОТОВКА И ПУСК ДВИГАТЕЛЯ

После длительной стоянки или ремонта двигатель необходимо тщательно проверить и подготовить к пуску. Для этого необходимо предварительно произвести внешний осмотр двигателя и механического оборудования, очистить и обтереть его, убрать все посторонние предметы. Следует открыть люки картера и распределительного вала и проверить крепление и шплинтовку всех гаек подшипников валов, маслоподводящих трубок, наличие зазоров между роликами толкателей и кулачками распределительного вала, величину зазоров в коренных и мотылевых подшипниках. Снять колпаки цилиндровых крышек и проверить крепление и шплинтовку всех деталей крышек, состояние пружин клапанов, крепление форсуночных трубок, зазоры в клапанах.

После заполнения водой системы охлаждения двигателя следует убедиться в плотности всех трубопроводов, а также в том, что все спускные вентили плотно закрыты. Особенно это относится к спускному крану турбовоздуходувки. Уровень воды в водомерном стекле должен быть не менее чем на 50 *мм* выше нижней гайки водомерного стекла.

Перед заполнением картера двигателя маслом следует проверить, закрыт ли спускной вентиль на трубе картера и поставлена ли колпачковая гайка на конце трубы. После заполнения картера маслом следует дважды провернуть при открытых индикаторных кранах вал двигателя. При этом из отверстий не должны появляться вода или топливо, а также не должно быть значительных сопротивлений вращению вала.

Заполнение картера маслом следует производить только через горловину с поставленной в нее сеткой.

При наполнении топливных баков необходимо следить за тем, чтобы сетки в наливных воронках баков были целы. Рекомендуется также в наливные воронки ставить фланелевые или шелковые мешочки. Из отстойников топливных баков необходимо предварительно спустить накопившуюся воду и грязь. Затем следует провернуть ручки топливных и масляных фильтров.

Пустив вспомогательный топливоподкачивающий насос, необходимо проверить плотность топливного трубопровода. При этом следует спустить воздух через пробки топливного насоса, фильтра и через краник для спуска воздуха и эмульсии.

В картер компрессора следует залить масло до уровня, указанного на масломерном щупе.

Проверить надежность соединения компрессора с валом генератора, а также крепление болтов привода вентилятора холодильника и наличие масла в редукторе. Проверить натяже-

ние ремней этого привода и включение фрикционной муфты. Проверить наличие смазки в подшипниках.

После проверки электрической части оборудования двигатель может быть пущен. После пуска двигателя следует проверить его работу, следя за равномерным распределением нагрузки по отдельным цилиндрам. Проверка может производиться при помощи пирометров, устанавливаемых в выхлопных патрубках, а также по толчкам топлива в нагнетательных трубопроводах, соединяющих топливные насосы с форсунками.

Необходимо проверить плотность соединений всех трубопроводов и фланцев, плотность уплотнений цилиндровых крышек, плотность набивки сальника водяного насоса; проверить давление масла и топлива. Следует проверить также работу компрессора и давление выключения и включения, при котором срабатывает регулятор давления. Периодически следует спускать воду из промежуточного холодильника (между первой и второй ступенями), а также следить за чистотой воздушных фильтров.

В зимнее время необходимо следить за системами охлаждения воды и масла, не допуская их переохлаждения. Во время остановок двигателя следует поддерживать температуру воды в пределах 40—50° С, а масла — в пределах 30—40° С.

Заправку двигателя необходимо производить подогретыми водой и маслом, причем воду следует заливать быстро и желательно без перерывов.

НЕИСПРАВНОСТИ В РАБОТЕ ДВИГАТЕЛЯ И ИХ ПРИЧИНЫ

Неисправности при работе двигателя весьма разнообразны. Перечислить все неисправности и указать причины их возникновения чрезвычайно трудно. Поэтому приводим наиболее серьезные из этих неисправностей и причины, их вызывающие.

Двигатель не пускается. Причинами этого могут быть: засорение топливного трубопровода; наличие воздуха в топливной системе, малое давление топлива, создаваемое топливоподкачивающим насосом, засорение сопловых отверстий форсуночных распылителей, слишком холодный двигатель, выключение секции топливного насоса, заедание рабочего поршня регулятора оборотов двигателя (причины, связанные с неисправностью электрической части, см. на стр. 267).

Двигатель пускается с трудом. Причины: малая компрессия, вызванная большим износом поршневых колец, негерметичностью клапанов или поломкой клапанных пружин; заедание рейки в секции топливного насоса, наличие воды в топливе, наличие воздуха в топливной системе, засорение сопловых отверстий распылителей форсунок, разрегулировка газораспределения, холодный двигатель.

Двигатель пускается, но после первых оборотов останавливается. Причины: срабатывание реле масляного давления вследствие низкого давления масла, что в свою очередь может быть вызвано либо разжижением масла вследствие попадания топлива (например, из лопнувшей топливной нагнетательной трубки форсунки), либо недостаточным количеством масла в смазочной системе, либо засорением щелевых фильтров; низкое давление топлива, подаваемого топливоподкачивающим насосом; наличие воздуха в топливной системе; заедание нагнетательных клапанов секций топливного насоса.

Двигатель не развивает полной мощности. Причины: неисправность форсунок; зависание или неплотное прилегание нагнетательного клапана секции топливного насоса к посадочному гнезду; поломка пружины клапана; зависание плунжеров секций топливного насоса; разрегулировка газораспределения; неправильная установка углов опережения подачи топлива; разрегулировка привода топливного насоса; засорение воздушного фильтра воздуходувки; недостаточная компрессия, вызываемая неплотной посадкой клапанов или отсутствием зазоров в клапанном механизме; поломка пружин клапанов; износ или загорание поршневых колец; заедание поршня или подшипника коленчатого вала.

Двигатель дает дымный выхлоп. Причины: нагружение двигателя без предварительного прогрева; перегрузка двигателя; недостаточность компрессии вследствие износа или загорания поршневых колец, неплотной посадки клапанов, поломки пружин; неисправность форсунок (заедание игл, засорение сопловых отверстий распылителя); ненормально высокий уровень масла в картере двигателя; длительная работа двигателя без нагрузки; неправильная установка опережения подачи топлива; плохое качество топлива.

Двигатель стучит. Причины: при стуках в в. м. т. в момент вспышек это может происходить вследствие низкого давления распыливаемого топлива, вызываемого неисправностью форсунки, из-за низкой температуры

двигателя, вследствие неправильно установленного угла опережения подачи топлива; при стуках в момент перемены направления хода поршня это может происходить из-за большого зазора поршневого пальца в головной втулке, большого зазора в мотылевом подшипнике, вследствие нагрева или заедания одного из поршней или подшипников.

Двигатель работает неустойчиво. Причины: неисправность регулятора оборотов двигателя вследствие загрязнения масла в регуляторе, недостаточного количества масла, перегрева масла, чрезмерного или недостаточного открытия регулировочной иглы регулятора; отказ в работе одного или нескольких цилиндров, вызванный неисправностью форсунок, топливного насоса, отсутствием компрессии; наличие воздуха в топливной системе.

Двигатель идет в разнос. Причины: неисправность регулятора оборотов двигателя.

Низкое давление масла и срабатывание реле масляного давления. Причины: засорение щелевых масляных фильтров; недостаточное количество масла в системе; разжижение масла топливом; неправильная регулировка байпасного и разгрузочного клапанов; малая производительность масляного насоса; малое число оборотов вала двигателя на холостом ходу; большие утечки масла в трубопроводе, секциях или в масляной ванне; большие зазоры в подшипниках; засорение всасывающей сетки масляного насоса; подсос воздуха в неплотности всасывающего трубопровода (в месте крепления корпуса насоса к картеру); засорение трубопровода эмульсированным маслом; высокая температура масла.

Высокая температура масла. Причины: недостаточное количество масла в системе; двигатель перегружен; неудовлетворительное качество масла; внутренее или внешнее загрязнение масляных секций или закупорка отдельных секций.

Высокая температура воды. Причины: двигатель перегружен; не работает вентилятор или закрыты жалюзи холодильника; неисправен привод вентилятора вследствие проскальзывания фрикционной муфты или слабого натяжения ремней; недостаточное количество воды; чрезмерное образование накипи в системе охлаждения.

Проскальзывание и грение фрикционной муфты включения вентилятора. Причины: сработались фрикционные диски, неправильная регулировка муфты.

Стук и сильная вибрация привода вентилятора. Причины: ослабление крепления тумбы вентилятора и нарушение центровки.

Течь водяных или масляных секций. Причины: пробитая прокладка между секцией и коллектором холодильника; лопнувшая трубка или течь в припайке трубки.

Неисправности компрессора, к которым относятся:

1. Утечки воздуха (непрерывные) через атмосферное отверстие регулятора давления. Причины: в случае работы компрессора под нагрузкой причинами могут быть пропуски выключающего или обратного клапанов с последующим проходом воздуха через включающий клапан; в случае холостой работы компрессора причиной может быть пропуск по притирке включающего клапана.

2. Преждевременное выключение компрессора. Причина: пропуск клапана выключения.

3. Запаздывание выключения. Причина: заедание клапана выключения.

4. Запаздывание включения. Причина: заедание клапана включения.

5. Непрерывное истечение воздуха через атмосферные отверстия разгрузочных клапанов при работе компрессора вхолостую. Причины: пропуски воздуха через притирочную поверхность разгрузочного клапана и его уплотнительное кольцо; заедание системы разгрузочного клапана.

6. Пропуск воздуха через предохранительный клапан при рабочем режиме компрессора. Причины: недостаточная величина хода пластин всасывающих клапанов цилиндра высокого давления.

7. Пропуск воздуха через предохранительный клапан при холостом режиме компрессора. Причины: пропуски воздуха пластинами нагнетательного клапана цилиндра высокого давления; недостаточная величина хода пластин всасывающих клапанов цилиндров низкого давления.

8. Интенсивный выход воздуха из картера через сапун. Причины: пропуск поршневых колец.

9. Выбрасывание масляного щупа. Причины: пропуск поршневых колец; чрезмерно плотная набивка фильтра сапуна или загрязненность ее.

10. Наличие масла в трубопроводе после компрессора. Причины: высокий уровень масла в картере; плохая работа маслосрезывающих поршневых колец.

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЗОВ СЕРИЙ ТЭ1 И ТЭ5

ГЛАВА I

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ТЕПЛОВОЗОВ ТЭ1 И ТЭ5

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА

Электрическая передача имеет целью передать развиваемую дизелем мощность движущим колесам тепловоза. Она состоит из тягового генератора постоянного тока, якорь которого механически соединен с коленчатым валом дизеля, шести тяговых электродвигателей, соединенных посредством зубчатой передачи с движущимися осями тепловоза, и комплекта вспомогательных машин и аппаратов, служащих для управления генератором, тяговыми двигателями и другими элементами оборудования, а также для защиты оборудования от ненормальных режимов.

В тепловозе ТЭ1 применена автоматическая схема управления. Сущность ее заключается в том, что машинист посредством рукояток управления лишь включает электрическую схему и изменяет мощность, развиваемую дизелем. Изменение режимов работы генератора и тяговых двигателей, необходимое в связи с изменением условий движения поезда, производится автоматически при неизменном положении рукояток управления.

Упрощенная принципиальная схема главных цепей тепловоза ТЭ1 изображена на фиг. 130. Тяговый генератор *Г* постоянного тока с независимым возбуждением питает шесть тяговых двигателей *1—6* с последовательным возбуждением. Обмотка независимого возбуждения *Н* генератора питается от возбудителя *В* при замкнутом контакторе *КГ*. Сопротивление *СВГ* включается в цепь возбуждения генератора при отключении контактора *КГ* и служит разрядным сопротивлением для устранения высоких перенапряжений, могущих появиться в обмотке при полном ее размыкании. Возбудитель *В* представляет собой генератор постоянного тока специальной конструкции (см. ниже) с двумя обмотками возбуждения. Обмотка независимого возбуждения *НВ* питается от вспомогательного генератора *ВГ* через контакты контактора *ВВ* и сопротивление R_1 и присоединена к зажимам возбудителя через сопротивление R_2. Диференциальная обмотка *ДВ* питается током нагрузки тягового генератора. Вспомогательный генератор *ВГ*, цепь возбуждения которого на фиг. 130 не показана, служит (кроме питания цепи возбуждения возбудителя) для заряда батареи и питания цепи управления, цепи освещения и некоторых вспомогательных цепей.

Тяговые двигатели получают питание от генератора при включении контактора *С* или контакторов *СП1* и *СП2*.

В каждой тележке тепловоза установлены по три тяговых двигателя: двигатели *1—3* в передней тележке и двигатели *4—6* — в задней тележке. Двигатели каждой тележки соединены всегда последовательно, причем якорные обмотки всех двигателей соединены последовательно одна за другой, и к ним присоединены таким же образом соединенные обмотки возбуждения. Обе группы двигателей могут быть соединены последовательно и параллельно. Когда замкнуты контакты контактора *С*, группы двигателей соединены последовательно, и ток от генератора *Г* протекает через все двигатели. Если контактор *С* разомкнут и замкнуты контакторы *СП1* и *СП2*, то каждая группа из трех двигателей присоединена к генератору *Г* и ток генератора равен сумме величин тока обеих групп. Это соединение двигателей называется последовательно-параллельным соединением.

В схеме применено также ослабление возбуждения двигателей посредством шунтирования обмоток. При замыкании контакторов *Ш1* и *Ш2* параллельно цепи из трех последовательно соединенных обмоток возбуждения каждой группы присоединяется сопротивление *СШ*. Ток, протекающий через якорные обмотки, разветвляется, вследствие чего ток возбуждения становится меньше тока якоря.

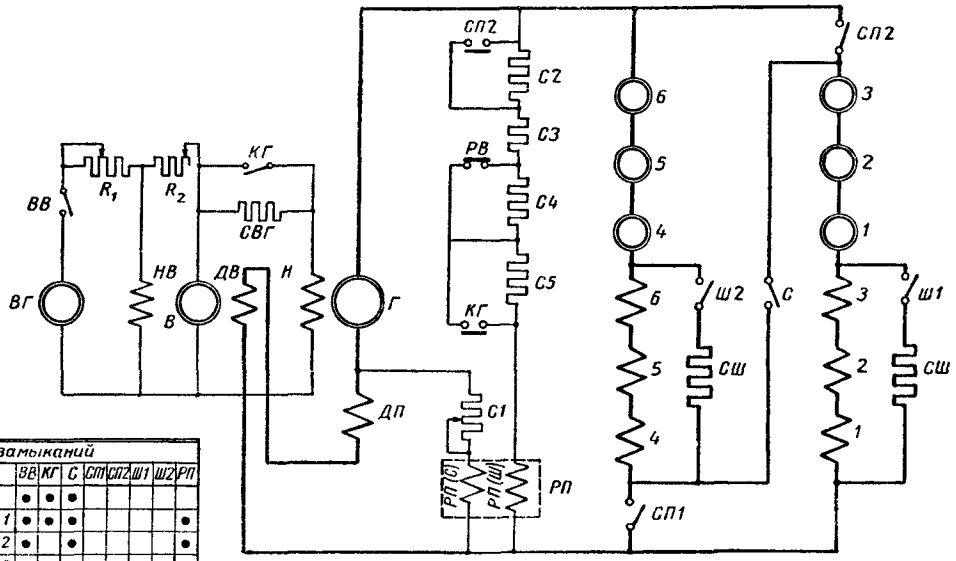


Таблица замыканий

Режим	ВВ	КГ	С	СП	СП2	Ш1	Ш2	РП
Последовательное соединение	•	•	•					
Переходное положение 1	•	•	•					•
" " 2	•		•					•
" " 3	•		•	•				
" " 4	•			•				
" " 5	•			•	•			
Последовательно-параллельное соединение	•	•		•	•			
Переходное положение 6	•	•		•	•			•
Ослабление возбуждения	•	•		•	•	•	•	•

Фиг. 130. Упрощенная принципиальная схема главных цепей тепловоза ТЭ1.

Ослабление возбуждения (его часто называют «ослаблением поля», имея в виду магнитное поле двигателя) применяется в тепловозе ТЭ1 только при последовательно-параллельном соединении двигателей.

Коэфициент ослабления поля a определяется отношением тока возбуждения $I_в$ двигателя к току якоря $I_д$ и зависит от соотношения сопротивлений шунтирующего сопротивления $R_ш$ и сопротивления трех обмоток двигателя. Так как последнее изменяется при изменении температуры обмоток, несколько изменяется a. В среднем $a = \frac{I_в}{I_д} = 0{,}35$.

Назначение остальных элементов схемы будет пояснено в дальнейшем.

Автоматическое управление тепловозом ТЭ1 выполняет две основные задачи: 1) регулирование возбуждения генератора в зависимости от изменения тока, потребляемого тяговыми двигателями, и 2) последовательно-параллельное переключение тяговых двигателей и ослабление их возбуждения в зависимости от режима генератора. При неавтоматическом управлении обе операции производятся лишь путем перемещения машинистом рукояток управления.

Для этой цели должно быть увеличено число рукояток управления, либо число положений этих рукояток.

Автоматическое управление имеет следующие преимущества перед неавтоматическим: 1) упрощается управление тепловозом, 2) уменьшается опасность аварий вследствие ошибок машиниста, 3) повышается использование мощности дизеля и тем самым — средняя скорость движения поезда, 4) повышается надежность работы оборудования.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА

Главной целью автоматического регулирования генератора является использование полной мощности дизеля при различных величинах тока нагрузки генератора, меняющегося при изменении условий движения поезда.

Мощность генератора равняется

$$P_г = U \cdot I \cdot 10^{-3} = 0{,}736 \eta_г (N_e - N_{вм}) \text{ квт}, \quad (1)$$

где U — напряжение на клеммах генератора в $в$;
I — ток нагрузки генератора в $а$;
$\eta_г$ — к. п. д. генератора;
N_e — эффективная мощность дизеля в $л.\,с.$;
$N_{вм}$ — мощность вспомогательных механизмов в $л.\,с.$

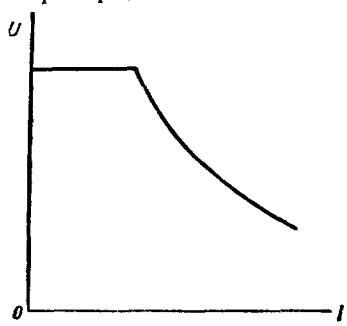
Если пренебречь относительно малыми изменениями $N_{вм}$ и $\eta_г$ при изменении режима

работы генератора, то для сохранения постоянной мощности дизеля нужно так регулировать возбуждение генератора, чтобы

$$P_г = U \cdot I \cdot 10^{-3} = \text{const}, \qquad (2)$$

т. е. чтобы напряжение генератора изменялось обратно пропорционально току нагрузки.

Следовательно, внешняя характеристика генератора, т. е. зависимость напряжения на клеммах от тока нагрузки, должна иметь форму гиперболы (фиг. 131), характеризуемой равенством

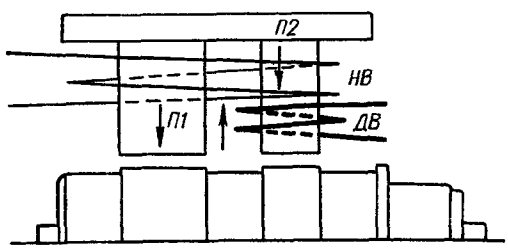


Фиг. 131. Желательная характеристика генератора.

$$U = \frac{P_г \cdot 10^3}{I}. \qquad (3)$$

Для получения подобной внешней характеристики генератора в тепловозе ТЭ1 применен специальный возбудитель с расщепленными полюсами. Принцип устройства возбудителя показан на фиг. 132.

Возбудитель представляет собой четырехполюсный генератор постоянного тока. Каждый из полюсов разделен в направлении оси на две части: полюс *П1* и полюс *П2*. На сердечник полюса *П2* насажена диференциальная обмотка возбуждения *ДВ*. Вторая обмотка независимого возбуждения *НВ* установлена так, что охватывает оба полюса.



Фиг. 132. Схема устройства возбудителя с расщепленными полюсами (продольный разрез).

Полюс *П1* имеет нормальное магнитное насыщение. Полюс *П2* сделан сильно насыщенным благодаря вырезам в сердечнике полюса. Магнитный поток полюса *П1* определяется числом ампервитков обмотки *НВ*. Магнитный поток полюса *П2* зависит от алгебраической суммы ампервитков обмоток *НВ* и *ДВ*. Обмотка *ДВ* включается последовательно с якорем тягового генератора так, что ее ампер-витки действуют противоположно ампер-виткам обмотки *НВ*. Результирующие ампервитки, определяющие магнитный поток полюса *П2*, равны

$$AW_2 = AW_н - AW_д. \qquad (4)$$

Когда ампер-витки обмотки *ДВ* меньше ампер-витков обмотки *НВ*, магнитный поток полюса *П2* имеет такое же направление относительно якоря, как и поток полюса *П1*. Когда ампер-витки обмотки *ДВ* становятся больше ампер-витков обмотки *НВ*, направление магнитного потока полюса *П2* изменяется на обратное.

При вращении якоря возбудителя в каждом проводнике обмотки якоря создается э. д. с., определяемая алгебраической суммой магнитных потоков обоих полюсов. Следовательно, результирующая э. д. с. на щетках возбудителя может быть представлена равенством:

$$E_в = \frac{N_в}{a_в} \cdot \frac{p_в \cdot n_в}{60} \cdot 10^{-8} (\Phi_1 \pm \Phi_2) = E_1 \pm E_2, \qquad (5)$$

где $N_в$ — число проводников в обмотке якоря;
$a_в$ — число пар параллельных цепей;
$p_в$ — число пар полюсов;
$n_в$ — скорость вращения возбудителя в об/мин;
Φ_1 — магнитный поток полюса *П1*;
Φ_2 — магнитный поток полюса *П2*;
E_1 — часть э. д. с. возбудителя, создаваемая потоком Φ_1;
E_2 — часть э. д. с. возбудителя, создаваемая потоком Φ_2.

На фиг. 133 показаны характеристики зависимости э. д. с. возбудителя от тока нагрузки генератора, т. е. от тока в диференциальной обмотке *ДВ*. Кривая *1* представляет собой часть E_1 э. д. с., создаваемую полюсами *П1* при постоянных $AW_н$ (фиг. 132). Так как магнитный поток полюсов *П1* не зависит от тока диференциальной катушки, то E_1 (фиг. 133), выраженная кривой *1*, близка к прямой горизонтальной линии. Некоторое повышение E_1 с увеличением тока является следствием реакции якоря возбудителя, поскольку с увеличением тока генератора ток возбудителя падает.

Кривая *2* представляет собой часть E_2 э. д. с. возбудителя, создаваемую полюсами *П2* (фиг. 132). При отсутствии тока в диференциальной обмотке E_2 имеет максимальное значение, определяемое числом ампер-витков обмотки *НВ* и магнитным сопротивлением магнитной цепи полюсов *П2*. По мере увеличе-

ния тока I растут $AW_д$, уменьшаются результирующие ампер-витки AW_2 и снижается E_2 по магнитной характеристике полюсов *П2*. При некотором токе I (фиг. 133) наступает равенство

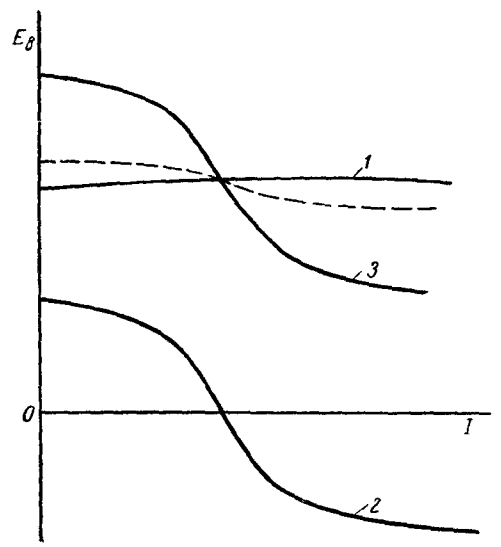
$$AW_д = AW_н,$$

или

$$AW_2 = AW_н - AW_д = 0$$

и, следовательно, $E_2 = 0$.

При дальнейшем возрастании тока результирующие ампер-витки меняют знак (повышаясь по абсолютной величине), и E_2, изменив направление, возрастает вновь в соответствии с магнитной характеристикой. В действительности E_2 в связи с различными коэфициентами рассеяния обмоток *НВ* и *ДВ* достигает нулевого значения не точно при равенстве



Фиг. 133. Характеристика возбудителя с расщеплениыми полюсами.

ампер-витков, но это не изменяет характера кривой *2*.

Действительная э. д. с. возбудителя равна сумме ординат кривых E_1 и E_2 и на фиг. 133 изображена кривой *3*.

Путем соответствующего расчета магнитной цепи и обмоток возбудителя достигнута такая форма характеристики возбудителя, при которой мощность генератора в определенном диапазоне нагрузок поддерживается приблизительно постоянной.

Как видно из схемы, приведенной на фиг. 130, ток в обмотке *НВ* зависит не только от постоянного напряжения $U_{вг}$ вспомогательного генератора, но и от напряжения $U_в$ возбудителя. Выражение для величины тока в обмотке *НВ* может быть получено из следующих соотношений:

$$U_{вг} = i_1 R_1 + i_в \cdot R_{вв};$$

$$U_в = i_2 R_2 + i_в \cdot R_{вв};$$

$$i_2 = i_в - i_1,$$

где R_1 и R_2 — сопротивления по фиг. 130;
i_1 и i_2 — токи в сопротивлениях R_1 и R_2;
$i_в$ и $R_{вв}$ — ток и сопротивление обмотки возбуждения.

Отсюда

$$i_в = \frac{U_{вг}}{R_1 + R_{вв}\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)} + \frac{U_в}{R_2 + R_{вв}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)}. \quad (6)$$

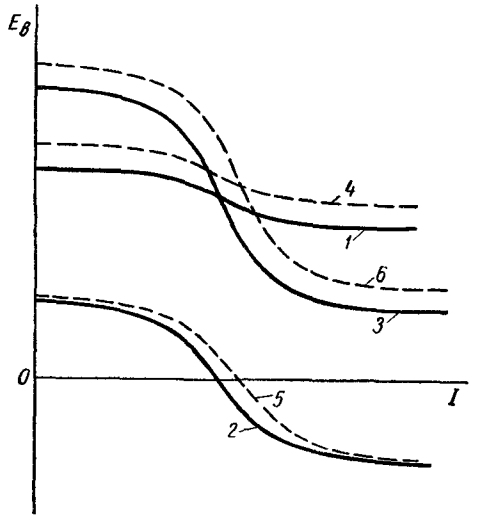
Как видно из последнего равенства, ток i может быть представлен в виде двух частей, из которых одна зависит только от напряжения вспомогательного генератора и, следовательно, не изменяется в процессе регулирования генератора. Вторая часть зависит от напряжения возбудителя и увеличивается по мере увеличения последнего, т. е. при уменьшении тока нагрузки. Следует отметить, что эти составляющие не равны токам i_1 и i_2 в сопротивлениях R_1 и R_2.

Присоединение обмотки *НВ* к возбудителю улучшает характеристику возбудителя, так как при этом изменяется в зависимости от тока нагрузки не только E_2 (фиг. 133), но и E_1 (пунктирная кривая на фиг. 133).

Из равенства (6) видно, что с изменением величины сопротивления R_1 изменяется постоянная составляющая тока обмотки *НВ*, и лишь в незначительной степени изменяется второй член. Если кривые *1, 2* и *3* э. д. с. E_1, E_2 и $E_в$ (фиг. 134) соответствуют сопротивлению R_1, то при $R_1' < R_1$ э. д. с. E_1 увеличится и будет изображена кривой *4*, т. е. кривая переносится вверх почти параллельно самой себе.

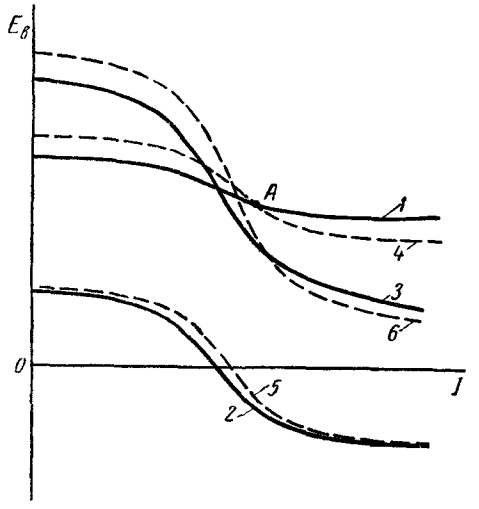
Так как при уменьшении R_1 ампер-витки обмотки *НВ* увеличиваются, то увеличится и ток генератора, при котором E_2 равна нулю. Максимальное значение E_2 почти не изменится вследствие насыщения магнитной цепи. Характеристика E_2 при R_1' представлена на фиг. 134 кривой *5*. Результирующая характеристика возбудителя при R_1' изображена кривой *6*. При всех токах нагрузки напряжение возбудителя при R_1' станет больше, чем при R_1, вследствие чего мощность, отдаваемая

генератором, увеличится. Следовательно, изменение мощности генератора может производиться изменением сопротивления R_1.



Фиг. 134. Характеристика возбудителя при изменении R_1.

При изменении сопротивления R_2 изменяется главным образом составляющая тока $i_в$, зависящая от напряжения возбудителя, вследствие чего изменяется форма кривой E_1. Если кри-



Фиг. 135. Характеристика возбудителя при изменении R_2.

вая *1* (фиг. 135) изображает E_1 при сопротивлении R_2, то при

$$R_2' < R_2,$$

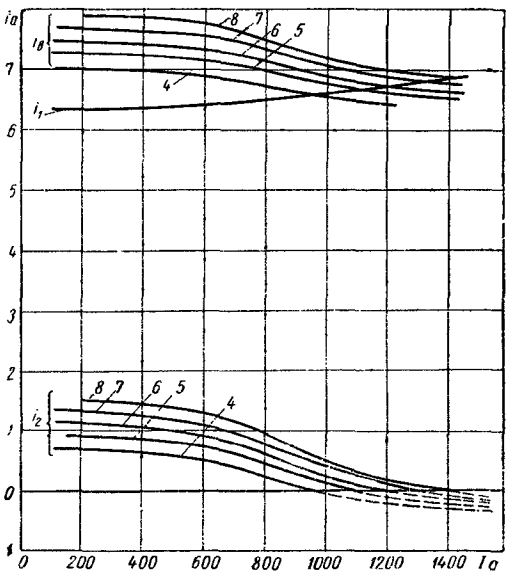
ток $i_в$ будет изменяться при изменении $E_в$ более резко, например, по кривой *4* (фиг. 135). Кривая E_2 изменится при этом аналогично предыдущему случаю и будет представлена при R_2' кривой *5* вместо кривой *2* при R_2. Результирующая характеристика $E_в$ (кривая *6*) как бы повернется относительно точки *A*, вследствие чего мощность генератора при малых токах увеличится, а при больших значениях тока уменьшится. Сопротивление R_2 может служить для исправления формы характеристики генератора.

При трогании поезда с остановки и во время движения могут встретиться условия, при которых необходимо снижение мощности дизеля: движение по горизонтальному участку или небольшому уклону, движение одного тепловоза или с небольшим числом вагонов, движение по участку с легким профилем и ограниченной допускаемой скоростью и т. д. В тепловозе ТЭ1 предусмотрена возможность изменения мощности, развиваемой дизелем, посредством уменьшения числа оборотов коленчатого вала дизеля. Изменение числа оборотов вала дизеля, как указывалось в разделе, посвященном дизелю, достигается изменением натяжения пружины регулятора. Для этой цели на регуляторе установлен электропневматический привод, управляемый электрической рукояткой контроллера управления, так что каждому положению рукоятки контроллера соответствует определенное число оборотов коленчатого вала дизеля.

При изменении числа оборотов коленчатого вала дизеля изменяется режим работы генератора и возбудителя. Напряжение $U_{вг}$ вспомогательного генератора остается постоянным благодаря действию регулятора напряжения. Напряжение возбудителя изменяется. Ток возбуждения $i_в$ возбудителя также несколько изменяется вследствие зависимости его от $U_в$. Следовательно, в равенстве (5) изменяется не только число оборотов $n_в$, но и магнитные потоки Φ_1 и Φ_2. Изменение Φ_1 и Φ_2 сравнительно невелико, и э. д. с. (следовательно, и напряжение) возбудителя изменяется приблизительно пропорционально числу оборотов вала дизеля.

На фиг. 136 приведены опытные кривые изменения тока возбуждения возбудителя $i_в$ в зависимости от тока генератора I при различных числах оборотов вала дизеля. Цифры, которыми обозначены кривые, означают положение рукоятки контроллера управления. Серия кривых внизу изображает зависимость тока i_2 в сопротивлении R_2, который падает при увеличении I и уменьшении n и при больших нагрузках изменяет направление. Ток i_1 не-

сколько увеличивается с увеличением I и практически не зависит от скорости вращения дизеля, так как влияние $U_в$ на него незначительно. Результирующий ток $i_в$ равен сумме ординат кривых тока i_1 и i_2. Он сравнительно мало изменяется при изменении I и n вследствие малых значений i_2 в сравнении с i_1. Соотношение между i_1 и i_2 определяется соотношением между $U_{вг}$ и $U_в$ и соотношением между R_1 и R_2. При снятии кривых фиг. 136



Фиг. 136. Кривые зависимости тока возбуждения возбудителя от тока генератора.

были установлены следующие значения этих величин:

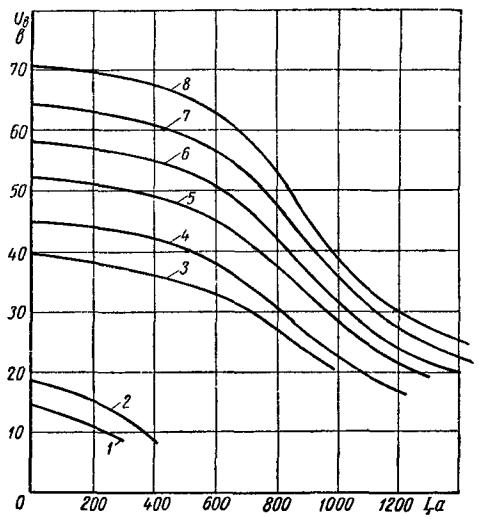
$U_{вг} = 76$ *в*, $R_1 = 7{,}5$ *ом*, $R_2 = 26{,}4$ *ом*.

Сопротивление R_1 состоит из двух параллельных ветвей.

Зависимость напряжения $U_в$ возбудителя от тока I генератора при различных положениях контроллера машиниста показана на фиг. 137 (цифрами обозначены положения контроллера).

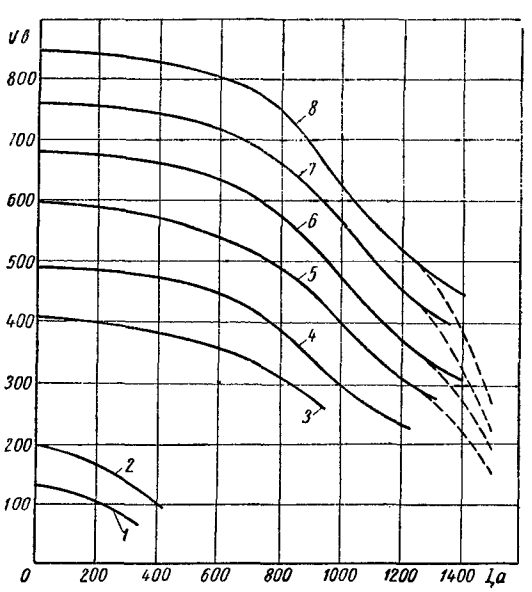
На фиг. 138 и 139 изображены зависимости напряжения U и мощности $P_г$ тягового генератора в зависимости от его нагрузки для различных положений контроллера (для указанных выше значений R_1, R_2 и $U_{вг}$). Внешние характеристики генератора (фиг. 138) по форме близки к соответствующим характеристикам возбудителя (фиг. 137), несколько отличаясь в верхней части в связи с магнитным насыщением генератора. Пунктирные кривые являются результатом действия реле ограничения тока.

Кривые, представленные на фиг. 139, показывают, что на восьмом положении контроллера поддерживается постоянная мощность генератора при токах нагрузки свыше 850 *а*.



Фиг. 137. Опытная характеристика возбудителя при различных положениях контроллера машиниста.

На других положениях мощность несколько падает с увеличением тока. Это объясняется снижением к. п. д. генератора и некоторым уменьшением магнитного насыщения полю-

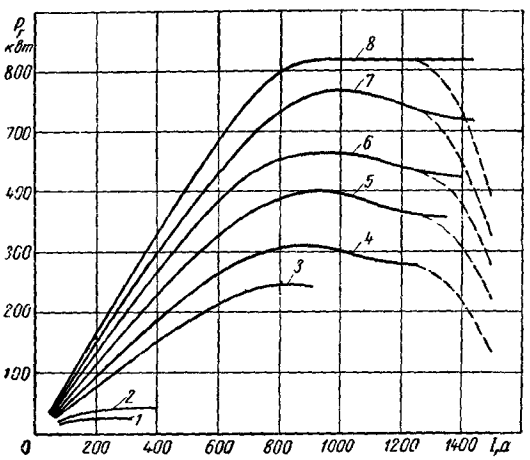


Фиг. 138. Опытная характеристика генератора при различных положениях контроллера машиниста.

сов *П2* возбудителя (фиг. 132) при снижении скорости вращения его. Следует отметить, что для сохранения постоянной мощности дизеля нужно, чтобы кривая мощности генератора несколько падала с увеличением тока нагрузки, так как мощность дизеля равна сумме полезной мощности генератора и мощности потерь в нем, а последние возрастают с увеличением тока свыше 1000 *а*.

Напряжение генератора приблизительно пропорционально произведению магнитного потока *Ф* и числу оборотов дизель-генератора *n* в минуту.

При уменьшении числа оборотов дизель-генератора *n* уменьшается напряжение возбудителя $U_в$ и, следовательно, уменьшается магнитный поток генератора *Ф*. Таким образом, напряжение генератора и его мощность при

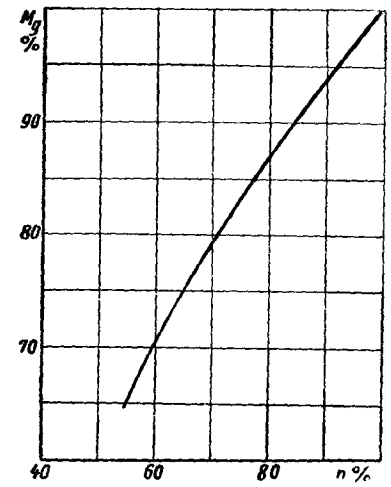


Фиг. 139. Зависимость мощности генератора от тока при различных положениях контроллера машиниста.

постоянном токе уменьшается в большей степени, чем число оборотов. Мощность дизеля изменяется при полной подаче топлива приблизительно пропорционально числу оборотов. Отсюда вытекает, что дизель может работать при полной подаче топлива лишь на восьмом положении контроллера управления.

При снижении числа оборотов генератор разгружает дизель и центробежный регулятор дизеля, поддерживая заданное число оборотов дизеля, уменьшает подачу топлива в соответствии с мощностью генератора.

На фиг. 140 представлена зависимость крутящего момента дизеля $M_д$ от числа оборотов *n* при постоянном токе генератора. Крутящий момент изменяется приблизительно пропорционально числу оборотов. При больших числах оборотов, $M_д$ растет в меньшей степени, чем *n* вследствие магнитного насыщения генератора. Указанное свойство схемы регулирования генератора обеспечивает устойчивость работы, так как при случайном сни-



Фиг. 140. Зависимость крутящего момента дизеля от числа оборотов коленчатого вала при постоянном токе генератора.

жении крутящего момента дизеля или при увеличении мощности генератора или вспомогательной нагрузки равновесие между дизелем и генератором автоматически восстановится при некотором снижении *n*.

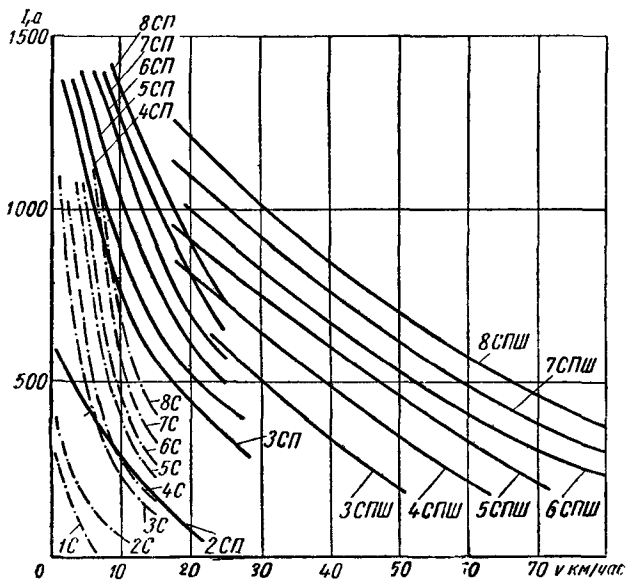
АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЯГОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

Применение последовательно-параллельного переключения тяговых двигателей и ослабления их возбуждения в тепловозах имеет иные цели, чем в подвижном составе электрических железных дорог или в промышленном электроприводе, где переключения в цепи двигателей служат главным образом для получения нескольких экономических скоростей и уменьшения потерь в пусковых реостатах. В тепловозах пусковые реостаты отсутствуют, и число экономических скоростей может быть сделано достаточным без указанных переключений путем изменения числа оборотов коленчатого вала дизеля или изменения возбуждения генератора.

В тепловозах применение последовательно-параллельного переключения и ослабления возбуждения тяговых двигателей позволяет либо уменьшить габариты и вес тягового ге-

нератора (когда задано условие — обеспечить использование полной мощности дизеля в определенном диапазоне скоростей движения поезда), либо увеличить диапазон скоростей движения поезда, при котором может быть использована полная мощность дизеля (если имеется генератор с определенной характеристикой).

На фиг. 141 изображены кривые зависимости тока генератора от скорости движения тепловоза ТЭ1 при различных положениях контроллера машиниста при автоматической



Фиг. 141. Зависимость тока генератора от скорости движеиия тепловоза при различных положениях контроллера машиниста.

характеристике генератора (см. фиг. 138). Кривые *С* соответствуют последовательному соединению двигателей, кривые *СП* — последовательно-параллельному соединению при полном возбуждении и кривые *СПШ* — последовательно-параллельному соединению при возбуждении, ослабленном до $a = 0{,}35$.

Рассмотрим разгон поезда прн установке рукоятки контроллера машиниста на восьмое положение. Трогание происходит при последовательном соединении всех двигателей и при большом значении тока генератора. По мере увеличения скорости ток генератора падает по кривой 8 *С*.

Как уже указывалось выше, мощность дизеля используется при токе генератора $I > 850$ *а*. При последовательном соединении двигателей ток $I = 850$ *а* соответствует скорости 7 *км/час*. При скорости выше этого значения ток падает и, как видно из фиг. 139, мощность дизель-генератора уменьшается.

Для того чтобы использовать при последовательном соединении двигателей полную мощность дизеля при более высоких скоростях, можно было бы продолжить гиперболическую часть внешней характеристики генератора (фиг. 138) при токах меньше 850 *а*, т. е. повысить напряжение генератора. Однако это потребовало бы увеличения габаритов генетора. Если при скорости 7 *км/час* произвести переключение двигателей на последовательно-параллельное соединение, то, как видно из фиг. 141, ток генератора увеличится приблизительно до 1480 *а* и напряжение генератора уменьшится. Теперь можно вновь увеличивать скорость движения поезда путем увеличения напряжения по гиперболической части характеристики, т. е. при полном использовании мощности дизеля.

Практически переключение на тепловозе ТЭ1 производится не при $I = 850$ *а*, так как в этом случае получается большая перегрузка генератора после переключения, а при $I \approx 620$ *а*, что соответствует скорости 11 *км/час*. При движении со скоростями 7—11 *км/час* полная мощность дизеля не может быть использована, но так как обычно эти скорости имеют место только в процессе разгона поезда и редко случаются при движении по перегону, средняя скорость движения снижается в результате этого незначительно. Максимальный ток генератора после перехода в этом случае ограничивается допустимой величиной $I \approx 1320$ *а*.

Для дальнейшего использования полной мощности при более высоких скоростях движения поезда производится ослабление возбуждения. Переход на ослабленное возбуждение происходит при токе $I \approx 820$ *а*, соответствующему скорости движения, равной 24 *км/час*. Максимальная скорость, соответствующая полному использованию мощности при ослабленном возбуждении, составляет 40 *км/час*.

Нормальное движение по перегону совершается по кривым *СП* и *СПШ*. Последовательное соединение используется для разгона и в отдельных случаях — на наиболее крутых подъемах.

Из изложенного выше ясно, что желательный момент переключения двигателей с одной характеристики на другую определяется не условиями движения: весом состава, профи-

лем пути и т. д., а режимом генератора. Несвоевременное переключение может привести либо к значительному недоиспользованию мощности, если оно производится поздно, — при большой скорости, либо к перегрузке генератора после переключения, если оно производится при слишком малой скорости. Отсюда вытекает целесообразность автоматического перехода двигателей с одной группировки на другую в зависимости от режима генератора.

В тепловозе ТЭ1 осуществлено автоматическое переключение при помощи реле перехода *РП* с двумя катушками: шунтовой *Ш* и сериесной *С*. Схема включения катушек реле *РП* показана на фиг. 130.

Сериесная катушка *РП(С)* включена вместе с добавочным сопротивлением *С1* параллельно обмотке дополнительных полюсов генератора *ДП* и диференциальной обмотке *ДВ* возбудителя, так что ток катушки пропорционален току генератора. Шунтовая катушка *РП(Ш)* последовательно с добавочными сопротивлениями *С2*, *С3*, *С4* и *С5* включена на напряжение генератора и, следовательно, ток катушки пропорционален напряжению генератора. Реле имеет две пары нормально разомкнутых контактов («нормальным» состоянием контактов аппарата называется такое, при котором все катушки выключены и все защелки, если они имеются, освобождены). При протекании тока через шунтовую катушку она создает усилие, стремящееся преодолеть усилие пружины и замкнуть контакты. Сериесная катушка противодействует шунтовой.

В начале разгона поезда, когда ток генератора велик, а напряжение мало, контакты реле разомкнуты. С увеличением скорости движения ток падает и напряжение растет. При некотором соотношении тока и напряжения усилие, создаваемое шунтовой катушкой, преодолевает усилие пружины и сериесной катушки и контакты замыкаются.

Срабатывание реле перехода приводит к переключениям в схеме управления, которые описаны ниже (см. «Цепь управления»). В силовой цепи при этом происходят переключения в соответствии с таблицей замыкания контактов (см. фиг. 130). Сразу после замыкания контактов реле перехода выключается контактор возбуждения *КГ*. В цепь возбуждения генератора вводится большое сопротивление *СВГ*, и напряжение генератора быстро падает. Блок-контакты контактора *КГ* размыкаются и вводят в цепь шунтовой катушки реле перехода большое добавочное сопротивление для того, чтобы якорь реле отпал и реле было подготовлено к работе для перехода на ослабленное возбуждение. После выключения *КГ* срабатывает контактор *СП1* и присоединяет группы двигателей *4—6* на напряжение генератора, замыкая группу двигателей *1—3* накоротко. Толчок тока в двигателях *4—6* смягчается тем, что напряжение генератора понизилось вследствие введения сопротивления в цепь возбуждения.

Ток в короткозамкнутых двигателях *1—3* падает до нуля, так как сериесные двигатели без реверсирования одной из обмоток (якоря или возбуждения) не могут перейти на генераторный режим.

За включением контактора *СП1* немедленно следует размыкание контактора *С*, что приводит к отключению группы двигателей *1—3*. Вслед за этим контактор *СП2* присоединяет двигатели *1—3* к генератору и, наконец, контактор *КГ* вновь замыкает накоротко сопротивление *СВГ* в цепи возбуждения генератора. Блок-контакты контактора *КГ* замыкают сопротивление, введенное в цепь шунтовой катушки реле перехода во время переключений. Кроме того, блок-контакты контактора *СП2* замыкают еще часть добавочного сопротивления в цепи шунтовой катушки реле и тем самым понижают напряжение, при котором реле срабатывает на последовательно-параллельном соединении двигателей. Таким образом, переход совершается методом короткого замыкания одной группы двигателей.

Все указанные выше переключения производятся автоматически посредством блокировок в цепи управления. Длительность переключений не превышает секунды, вследствие чего напряжение генератора не успевает снизиться до той малой величины, которая соответствует установившемуся режиму при введенном сопротивлении *СВГ*, и сила тяги в процессе переключений падает сравнительно немного.

После переключения на последовательно-параллельное соединение на восьмом положении контроллера машиниста ток генератора, как указывалось, увеличивается до ≈ 1320 *а*. Если сопротивление движению поезда меньше силы тяги, соответствующей этому току, то скорость поезда будет увеличиваться и ток генератора падать по кривой *8 СП*. При токе $I = 820$ *а* реле перехода вновь срабатывает, в результате чего замыкаются контакты контакторов *Ш1* и *Ш2* и шунтируют обмотки возбуждения двигателей сопротивлениями *СШ*. Ток генератора, как

видно из фиг. 141, увеличивается до $I = 1160$ *а*, после чего возможно дальнейшее увеличение скорости по кривой *8 СПШ*.

Если во время движения поезда сила тяги тепловоза увеличивается (например, при движении на подъеме), то увеличивается ток генератора и понижается его напряжение. Соответственно с этим и ток сериесной катушки реле перехода увеличивается, а ток шунтовой катушки падает. При токе $I = 1270$ *а* усилие, создаваемое сериесной катушкой и пружиной, преодолевает усилие, создаваемое шунтовой катушкой, и контакты реле размыкаются. Контакторы *Ш1* и *Ш2* (см. фиг. 130) выключаются и двигатели переходят на полное возбуждение. Как видно из фиг. 141, ток генератора при этом уменьшается до величины $I = 1030$ *а*, и напряжение соответственно увеличивается. Очевидно, для того чтобы реле не включалось вновь после размыкания, необходимо, чтобы ток генератора после выключения реле был больше, а напряжение — меньше значений их, при которых происходит включение.

Если бы отрегулировать реле так, чтобы выключение его происходило, например, при токе $I = 1100$ *а*, то после выключения *Ш1* и *Ш2* напряжение генератора оказалось бы достаточным для включения реле перехода. Контакторы *Ш1* и *Ш2* вновь включились бы. Ток генератора увеличился бы до 1100 *а*, что вновь привело бы к выключению реле. Реле с контакторами *Ш1* и *Ш2* стали бы работать «звонком», поэтому необходимо ток отпадания реле сделать больше тока генератора после перехода на ослабленное возбуждение. Ток отпадания реле зависит от регулировки его пружины и сердечников (см. «Реле»), а также от величины добавочного сопротивления, замыкаемого контактами реле времени *РВ*. Реле *РВ* срабатывает после включения контакторов *Ш1* и *Ш2* и вводит дополнительное сопротивление в цепь шунтовой катушки.

Однако выполнение указанного выше требования к регулировке тока отпадания не обеспечивает устранения «звонковой» работы реле полностью. При замкнутых контакторах *Ш1* и *Ш2* через обмотки возбуждения каждой группы двигателей протекает приблизительно 35% тока, протекающего через обмотки якорей, что при $I = 1260$ *а* составляет около 230 *а* на двигатель; остальная часть тока протекает через шунтирующие сопротивления. При выключенных контакторах *Ш1* и *Ш2* весь якорный ток протекает через обмотки возбуждения. Ток генератора после размыкания контакторов *Ш1* и *Ш2* уменьшается с 1270 до 1030 *а*, что составляет 515 *а* на двигатель.

Таким образом, ток возбуждения двигателей после отпадания реле должен увеличиться с 230 до 515 *а*. В соответствии с этим увеличится и магнитный поток двигателей. Но магнитный поток, как известно, не может измениться мгновенно, поэтому после размыкания контакторов *Ш1* и *Ш2* ток возбуждения двигателей не увеличится мгновенно до величины 515 *а*, а будет возрастать постепенно. Следовательно, в первый момент после размыкания ток генератора упадет до величины значительно меньшей, чем 1030 *а*, и может оказаться меньше тока, при котором происходит включение реле перехода. Реле в таком случае будет работать «звонком», правда, не длительно, а до тех пор, пока в результате повторных размыканий контакторов *Ш1* и *Ш2* ток возбуждения станет ближе к установившемуся значению при полном возбуждении и ток генератора после отпадания реле не будет резко снижаться.

Реле времени *РВ* предусмотрено в схеме с целью избежать повторного включения реле. Как указывалось, реле *РВ* при размыкании контактора *Ш1* замыкает сопротивление в цепи шунтовой катушки, в результате чего устанавливается определенный режим включения его: ток 820 *а* при напряжении 740 *в*. Если задержать замыкание контактов *РВ*, то ток в шунтовой катушке реле *РП* уменьшится и реле при указанном режиме не сможет включиться. Реле времени (см. «Реле») так выполнено, что контакты замыкаются через 3—4 сек. после выключения катушки. За это время ток генератора достигнет установившегося значения и повторное включение реле не произойдет.

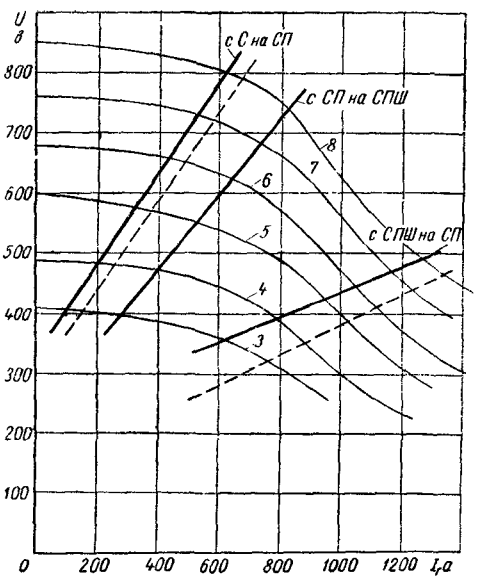
Автоматический переход с последовательно-параллельного соединения на последовательное в схеме не предусмотрен. Этот переход может быть сделан только по желанию машиниста (см. «Цепь управления»).

Выше рассматривалась работа реле перехода и переключения в цепи двигателей для восьмого положения рукоятки контроллера машиниста. Очевидно, является целесообразным предусмотреть автоматическое управление двигателями также и на других положениях контроллера, чтобы сделать возможной езду при уменьшенной мощности дизеля с большими скоростями. В противном случае движение одного тепловоза или с несколькими вагонами могло бы производиться только на

последовательном соединении двигателей, т. е. при малых скоростях. Понижение числа оборотов коленчатого вала дизеля приводит к понижению напряжения генератора и, следовательно, к уменьшению скорости движения поезда для каждого значения тока.

Характеристика примененного на тепловозе ТЭ1 реле перехода позволяет осуществить переходы с одной группировки на другую примерно при одинаковых скоростях от третьего до восьмого положений контроллера (фиг. 142).

На фиг. 142 нанесены характеристики режимов срабатывания реле перехода, полученные ЦНИИ МЦС при паспортных испытаниях



Фиг. 142. Характеристики режимов переключения тяговых двигателей.

тепловоза ТЭ1-062. Характеристики представляют собой наклонные прямые, надписи над которыми обозначают режим перехода. Прямая *С—СП* представляет характеристику срабатывания реле при переходе с последовательного соединения на последовательно-параллельное, прямая *СП—СПШ* — характеристику перехода на ослабленное возбуждение и прямая *СПШ—СП* — характеристику перехода с ослабленного возбуждения на полное. Характеристики показывают, что чем больше напряжение, тем больше ток, при котором происходят включение и отпадание реле. Характеристики включения и отпадания реле можно изменить посредством изменения сопротивлений в цепи катушек реле

На фиг. 142 пунктиром нанесены характеристики реле перехода, установленные для вновь выпускаемых тепловозов. Снижение характеристики перехода с *С* на *СП* улучшает использование мощности. Снижение характеристики перехода с СПШ на СП уменьшает опасность «звонковой» работы реле. Характеристика перехода с *СП* на *СПШ* осталась без изменений.

ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

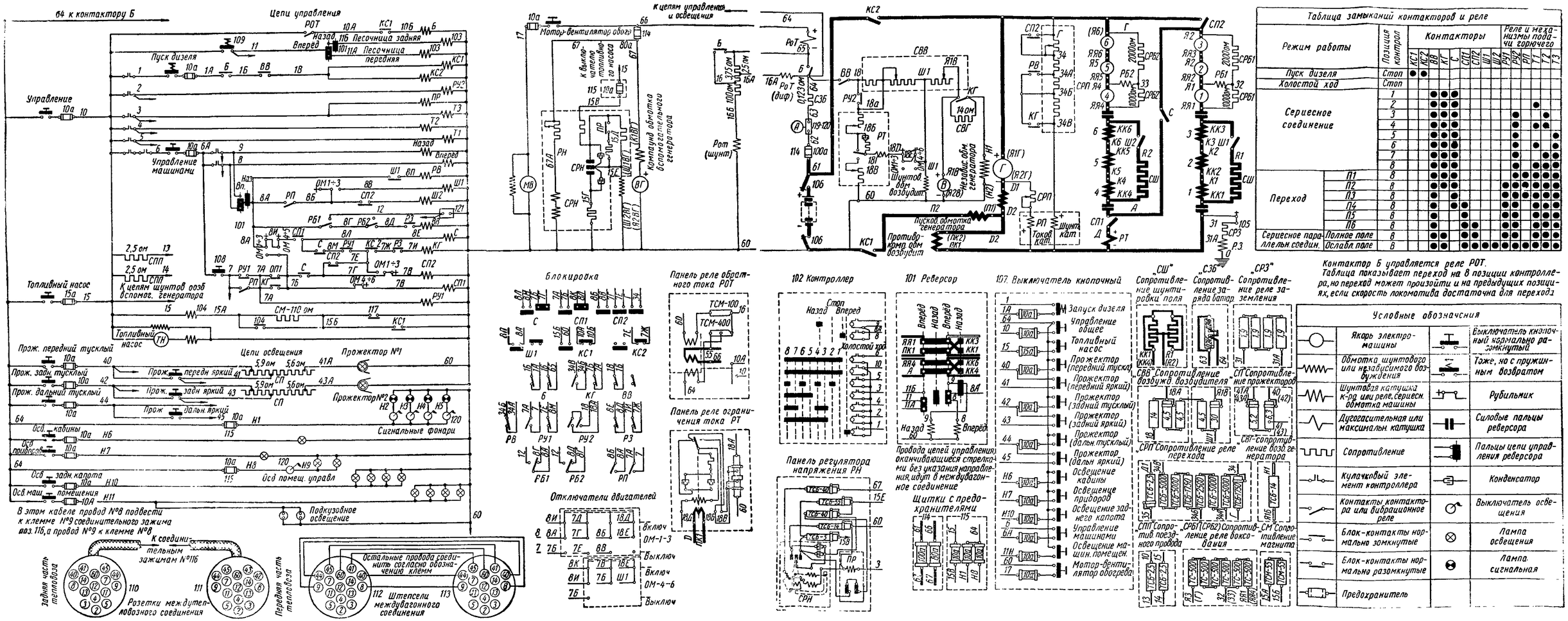
Общие сведения. Электрические схемы подвижного состава обычно разрабатываются заводами-изготовителями в двух исполнениях: 1) монтажные схемы, в которых элементы каждой электрической машины или аппарата (катушки, контакты и т. п.) изображены в одном месте по возможности в соответствии с их действительным взаимным расположением и соединениями, и 2) элементные схемы, где отдельные элементы машин и аппаратов распределяются по отдельным электрическим цепям и располагаются на чертеже в соответствии с последовательностью включения их в ту или иную электрическую цепь.

Изучение работы схемы удобнее вести по элементной схеме. Элементная схема тепловоза ТЭ1 разработана заводом «Динамо» им. Кирова (чертеж ОА-1022) и изображена на фиг. 143 (см. вклейку). Приводимое ниже описание схемы изложено применительно к этой схеме.

Для тепловоза ТЭ1 Харьковским тепловозным заводом выпущена схема (чертеж ТЭ1-19, схема 1), которая является промежуточной между монтажной и элементной: некоторые аппараты и соединения изображены в монтажном изображении, другие — в элементном. От схемы, разработанной заводом «Динамо», она отличается обозначениями машин, аппаратов и проводов, а также графическими символами некоторых элементов схем (фиг. 144, см. вклейку).

Для изучения электрической схемы по любой из приведенных на фиг. 143 и 144, в тексте, кроме основных обозначений, принятых на фиг. 143, в скобках даны обозначения, соответствующие фиг. 144. Ниже приведены обозначения машин и аппаратов, принятые в фиг. 143 и 144 (см. вклейку).

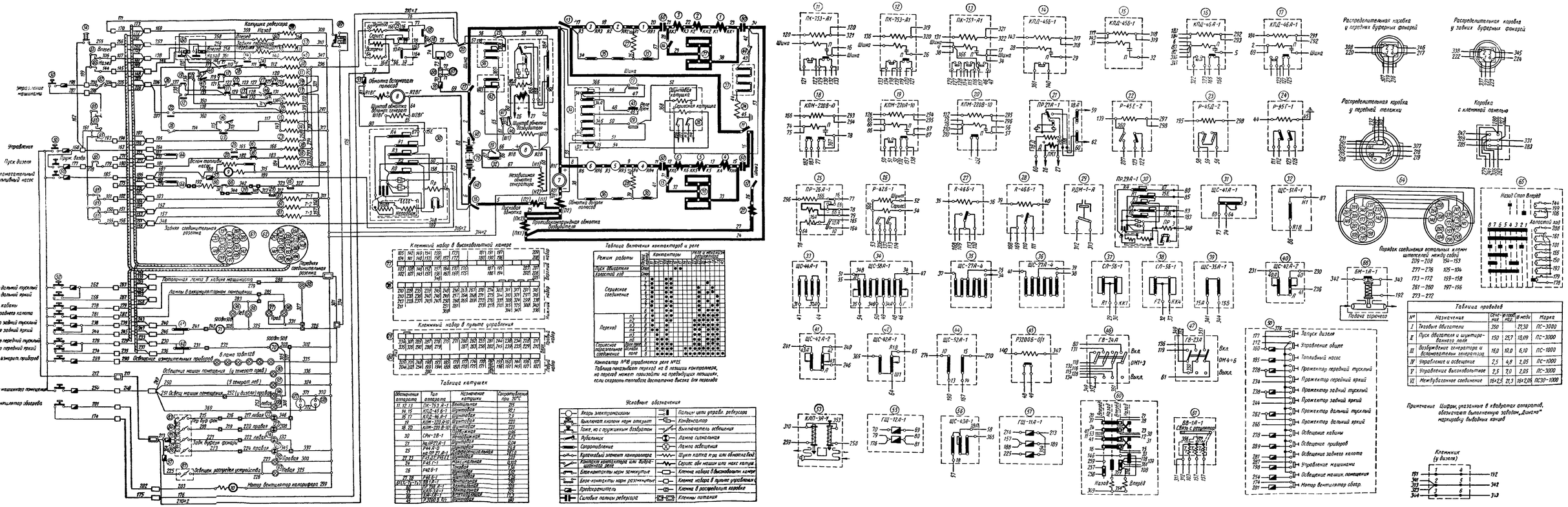
Цепь главного тока (фиг. 145). В цепь главного тока входят: тяговый генератор *Г* (7), тяговые электродвигатели *1—6*, контакты силовых контакторов и реверсора, сопротивления ослабления поля *СШ* (*37—38*), сериес-



Фиг. 143. Элементная электрическая схема тепловоза ТЭ1

Условные обозначения машин и аппаратов на фиг. 143 и 144

На фиг. 143	На фиг. 144	Наименование	На фиг. 143	На фиг. 144	Наименование	На фиг. 143	На фиг. 144	Наименование	На фиг. 143	На фиг. 144	Наименование
1—6	*1—6*	Тяговый электродвигатель	*РЗ*	*24*	Реле заземления	*СПП*	*44*	Сопротивления в цепи поездных проводов	*119*	*68*	Шунт амперметра батареи
Г	*7*	Тяговый генератор	*РОТ*	*25*	Реле обратного тока (с сопротивлением)	*РВ*	*45*	Реле времени	*121*	*69*	Зуммер
ВГ	*8*	Вспомогательный генератор	*РП*	*26*	Реле перехода	*ОМ1—3*	*46*	Отключатель двигателей *1—3*	—	*70—71*	Прожектор
В	*8*	Возбудитель	*РБ1, РБ2*	*27—28*	Реле боксования	*ОМ4—6*	*47*	Отключатель двигателей *4—6*	—	*72—75*	Буферный фонарь
ТН	*9*	Двигатель вспомогательного топливного насоса	*117*	*29*	Реле давления масла	*106*	*48*	Отключатель батареи	*АБ*	*76*	Аккумуляторная батарея
			СРН, ПР	*30*	Регулятор напряжения с промежуточным реле и сопротивлениями	*105*	*49*	Отключатель реле заземления	*116*	*77—80*	Клеммная рейка
МВ	*10*	Двигатель вентилятора калорифера				*107*	*50*	Кнопочный выключатель (с предохранителями)	*108*	*82*	Выключатель реле перехода
С, СП1, СП2	*11—13*	Электропневматический контактор	*СЗБ*	*31*	Сопротивление зарядка батареи				*120*	*83—86*	Пакетный выключатель
Ш1, Ш2	*14—15*	Электромагнитный контактор ослабления возбуждения	*СВГ*	*32*	Разрядное сопротивление возбуждения генератора	*103*	*53*	Клапан песочницы	*120*	*87*	Выключатель освещения (перекидной)
КС1, КС2	*16—17*	Электромагнитный контактор пуска	*СРЗ*	*33*	Сопротивление к реле заземления	*109*	*54*	Педальный выключатель песочницы	—	*88*	Лампа кабины машиниста
Б	*18*	Электромагнитный контактор батареи	*СРП*	*34*	Сопротивление к реле перехода	*114*	*55*	Предохранители батареи и вспомогательного генератора	—	*90—91*	Лампы у генератора
КГ	*19*	Электромагнитный контактор возбуждения генератора	*СРБ1, СРБ2*	*35—36*	Сопротивление к реле боксования				—	*92—93*	Лампы распределительного устройства
ВВ	*20*	Электромагнитный контактор возбуждения возбудителя	*СШ*	*37—38*	Сопротивление ослабления возбуждения двигателей	*115*	*57*	Предохранители цепи освещения	—	*94—100*	Лампы дизельного помещения
						101	*60*	Реверсор	—	*95—98*	Лампы аккумуляторного помещения
РТ	*21*	Реле ограничения тока (с конденсатором и сопротивлением)	*СМ*	*39*	Сопротивление к электромагниту регулятора дизеля	*Т1—Т3*	*61*	Вентили привода к регулятору дизеля	—	*108—113*	Лампы измерительных приборов
						110, 111	*62—63*	Розетка межтепловозного соединения	*121, 122*	*127—128*	Штепсельные розетки для переносных ламп
РУ1	*22*	Реле управления	*СП*	*40—41*	Сопротивление к прожектору	*112, 113*	*64*	Штепсель межтепловозного соединения			
РУ2	*23*	Реле управления	*СВВ*	*42—66*	Сопротивления к обмотке возбуждения возбудителя	*102*	*65*	Контроллер управления			
						104	*66*	Электромагнит регулятора дизеля			
						118	*67*	Амперметр батареи			



Фиг. 144. Полумонтажная схема тепловоза ТЭ1.

Спецификация оборудования к электрической схеме тепловоза ТЭ1 (фиг. 144)

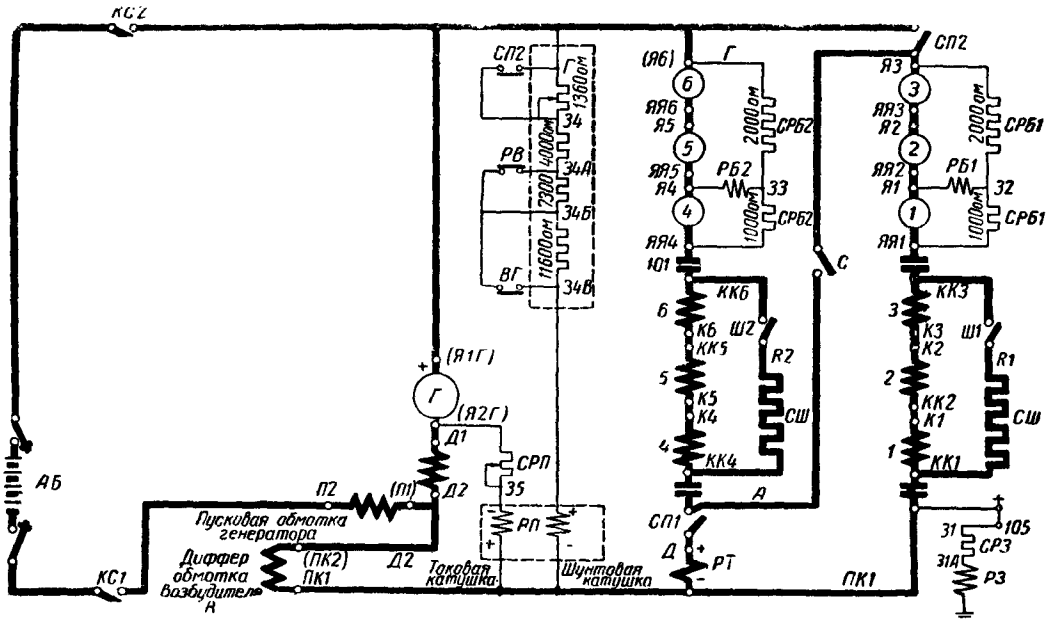
№ на схеме	Наименование	Тип	Количество
1—6	Тяговый электродвигатель	ДК-304Б	6
7	Главный генератор	МПТ 84/39	1
8	Вспомогательный генератор-возбудитель	МВГ 25/11	1
9	Мотор вспомогательного топливного насоса	ПН-25	1
10	Мотор вентилятора калорифера	МВ-75	1
11—13	Электропневматический контактор	ПК-753А-1	3
14	Электромагнитный контактор шунтировки поля	КПД-45Б-1	1
15	Электромагнитный контактор шунтировки поля	КПД-45Б-1	1
16	Электромагнитный контактор пусковой	КПД-46А-1	1
17	Электромагнитный контактор пусковой	КПД-46А-1	1
18	Электромагнитный контактор зарядки батареи	КПМ-220В-10	1
19	Электромагнитный контактор возбуждения генератора	КПМ-220А-10	1
20	Электромагнитный контактор возбуждения возбудителя	КПМ-220В-10	1
21	Реле ограничения тока	ПР-27А-1	1
22	Реле управления	Р-45Е-2	1
23	Реле управления	Р-45Д-2	1
24	Реле заземления	Р-45Г-1	1
25	Реле обратного тока с трубчатыми сопротивлениями	ПР-26А-1	1
26	Реле переключения	Р-42Б-1	1
27—28	Реле боксования	Р-46Б-1	2
29	Реле давления масла	РДМ-1А	1
30	Регулятор напряжения	СРН-2Б-1	1
31	Щиток с сопротивлением зарядки батареи	ШС-41А-1	1
32	Щиток с сопротивлениями обмотки возбуждения генератора	ШС-51А-1	1
33	Щиток с сопротивлениями реле заземления	ШС-44А-1	1
34	Щиток с сопротивлениями реле переключения	ШС-58А-1	1
35—36	Щиток с сопротивлениями реле боксования	ШС-27А-4	2
37—38	Ящик с сопротивлениями шунтировки поля электродвигателей	2-СЛ-5Б	2
39	Щиток с сопротивлениями электромагнита регулятора дизеля	ШС-35А-1	2
40—41	Щиток с сопротивлениями прожектора	ШС-42А-2	1
42	Щиток с сопротивлениями обмотки возбуждения возбудителя	ШС-42А-1	1
44	Щиток с сопротивлениями поездной линии	ШС-52А-1	1
45	Реле времени	Р-3200Б-1	1
46	Отключатель электродвигателей 1-2-3	ГВ-24А	1
47	Отключатель электродвигателей 4-5-6	ГВ-23А	1
48	Отключатель батарей	ГВ-22А	1
49	Отключатель реле заземления	ГВ-25А	1
50	Кнопочный выключатель с предохранителями	КУ-26А-1	1
51	Клапан песочницы	КЛП-3А-1	1
52	Педальный выключатель песочницы	КН-2А	1
55	Предохранитель аккумуляторной батареи и вспомогательного генератора	ГЩ-12А-1	1
56	Щиток с сопротивлением обмотки возбуждения возбудителя	ШС-43А-1	1
57	Предохранитель буферных фонарей и возбуждения вспомогательного генератора	ГЩ-11А-1	1
60	Реверсор	ПР-758А-1	1
61	Электропневматический механизм регулятора	ВВ-1А-1	3
62—63	Розетка межтепловозного соединения	РЗ-2А-1	2
64	Штепсель межтепловозного соединения	ШУ-2А	2
65	Контролер машиниста	КВ-15А	1
66	Электромагнит регулятора дизеля	БМ-1А-1	1
67	Амперметр со шкалой 100—0—100 а в цепи аккумуляторной батареи	М-415	1
68	Шунт амперметра	—	1
69	Зуммер (пищик) на 64 в	—	1
70—71	Прожекторы передний и задний	—	2
72—75	Буферные фонари	—	4
76	Аккумуляторная батарея на 64 в	ТН-550	1
77—80	Клеммовые рейки на 16 зажимов	СК-1	4
81	Перговская лампа	—	1
82	Выключатель, удерживающий сериесное соединение электродвигателей	ВУ-213Б	1
83—86	Пакетный выключатель	ПК-2-25	4
87	Выключатель переключения	—	1
88	Плафон потолочной лампы кабины машиниста с патроном	—	1
89	Электролампа прожектора на 500 вт, 50 в	—	2
90—100	Патрон электролампы с фланцем	—	10
101	Штепсель с проводом и броней	ШУ-5А	—
102—103	Светильник	ОСЛ-Т	6
108—113	Автомобильные лампы на 12 в, 10 вт		6
127—128	Штепсельная розетка	РЗ-3А	2
129—144	Электрические лампы на 75 в, 50 вт	—	16
145	Промежуточный клеммник у электромагнита регулятора дизеля	—	1
146	Распределительная коробка (в помещении аккумуляторной батареи)	—	1
147—148	Распределительная коробка (у буферного фонаря)	—	2
149	Распределительная коробка у передней тележки	—	1

Примечание. Цифры, указанные в квадратах аппаратов, обозначают выполненное заводом „Динамо" маркировку выводных концов

ная катушка реле ограничения тока *РТ* (*21*) и диференциальная обмотка возбудителя *В* (*8*). Движение тепловоза начинается при последовательном соединении всех тяговых электродвигателей, т. е. при замкнутых контактах контактора *С* (*11*). Ток от плюса генератора по проводу *Г* (*8*) поступает последовательно к обмоткам якоря двигателей *6*, *5* и *4*, затем к силовым контактам реверсора *101* (*60*).

пает к зажиму *КК3* и протекает последовательно через обмотки возбуждения *3*, *2*, *1*, контакты реверсора, по проводу *ПК1* (*24*) к диференциальной обмотке возбудителя *В* (*8*), далее к обмотке дополнительных полюсов генератора, т. е. к минусу последнего.

При повышении скорости движения до 10—11 *км/час* срабатывает реле перехода и осуществляет переключение на последователь-



Фиг. 145. Принципиальная схема силовой цепи.

Если тепловоз движется по направлению «Вперед», т. е. пост управления расположен перед машинистом по ходу поезда, то реверсор установлен в положение «Вперед», при котором зажим *ЯЯ4* якоря двигателя *4* присоединен через контакты реверсора к зажиму *КК6* обмотки возбуждения двигателя *6*. Ток протекает последовательно через обмотки возбуждения двигателей *6*, *5* и *4* к контактам реверсора и далее по проводу *А* (*16*). Если реверсор установлен в положение «Назад», то контакты *КК6* и *КК4* реверсора меняются местами и зажим *ЯЯ4* присоединяется к зажиму *КК4* обмотки двигателя *4*. В этом случае ток протекает через обмотки двигателей в обратном направлении, вследствие чего изменяется направление вращения двигателей. В обоих случаях ток по проводу *А* (*16*) протекает через контакты контактора *С* (*11*) к зажиму *Я3* обмотки якоря двигателя *3*, через обмотки якорей *3*, *2* и *1* к контактам реверсора. При движении «Вперед» ток последовательное соединение двигателей (см. выше «Автоматическое управление двигателями»).

При последовательно-параллельном соединении образуются следующие цепи тока. Одна цепь — от плюса генератора, через обмотки якоря и возбуждения двигателей, до контактов *КК4* реверсора — остается неизменной. Отсюда ток протекает не к контактам контактора *С* (*11*), которые теперь разомкнуты, а через замкнутые контакты контактора *СП1* (*12*), сериесную катушку реле ограничения тока, диференциальную обмотку возбудителя и обмотку дополнительных полюсов генератора к минусу последнего. Вторая цепь проходит от плюса генератора через замкнутые контакты контактора *СП2* (*13*), обмотки якорей двигателей *3*, *2*, *1* и контакты реверсора, обмотки возбуждения *3*, *2*, *1*, контакты реверсора к диференциальной обмотке возбудителя и далее к минусу генератора. Обе группы двигателей включены параллельно на напряжение генератора.

При скорости движения тепловоза, равной примерно 23 *км/час*, происходит вторичное срабатывание реле перехода, приводящее к замыканию контакторов *Ш1* (*14*) и *Ш2* (*15*). При этом цепь тока генератора и якорных обмоток двигателей остается без изменения, но от зажимов *КК6* и *КК3* ток каждой группы разветвляется на две цепи: одна попрежнему состоит из обмоток возбуждения, вторая проходит через замкнутые контакты контактора и сопротивление *СШ* к зажимам *КК4* и *КК1* и далее — как прежде. Ток возбуждения каждого двигателя при этом становится меньше тока якоря.

Реле ограничения тока служит для защиты генератора от перегрузки при последовательно-параллельном соединении двигателей. Если на крутом подъеме скорость поезда при восьмом положении рукоятки уменьшается ниже 10 *км/час*, то генератор перегружается, и двигатели должны быть переключены на последовательное соединение. Автоматический переход на последовательное соединение не предусмотрен, машинист же может не произвести переключения своевременно и генератор может оказаться перегруженным. Реле ограничения тока срабатывает при токе около 660 *а*, что соответствует току генератора 1320 *а* и защищает генератор от перегрузки. Действие реле описано ниже (см. «Цепь возбуждения»).

Цепь катушки реле заземления. Цепь катушки реле заземления включает в себя выключатель *105* (*49*), сопротивление *СРЗ* (*33*) и катушку реле заземления *РЗ* (*24*). Реле заземления служит для защиты силовой цепи от случайных заземлений и от перебpоса по коллектору тяговых двигателей, который обычно сопровождается замыканием на корпус. При нормальном состоянии силовой цепи, цепь катушки реле заземления служит в качестве заземления силовой цепи и ток по ней не протекает. В случае заземления какой-либо точки схемы, потенциал которой значительно выше корпуса, по цепи проходит ток и реле срабатывает. Действие реле описано ниже (см. «Цепь управления»).

Цепь реле перехода. Реле перехода *РП* (*26*), как указывалось выше (см. «Автоматическое управление двигателями»), имеет две катушки: шунтовую и сериесную. Сериесная катушка последовательно с регулируемым сопротивлением *СРП* (*34*) приключена одним концом к минусовому зажиму *Д1* генератора и вторым к зажиму *ПК1* (*24*) реверсора. Таким образом, цепь сериесной катушки присоединена параллельно цепи, состоящей из обмотки дополнительных полюсов генератора и диференциальной обмотки возбудителя, и ток сериесной катушки пропорционален току генератора.

В шунтовую катушку ток протекает от положительного полюса генератора по проводу *Г* (*36 Б*) через добавочные сопротивления *СРП* (*34*), часть которых в зависимости от режима силовой цепи, как указывалось выше, замыкается контактами контактора *СП2* (*13*), *ВГ* (*19*) и реле времени *РВ* (*45*). Ток шунтовой катушки пропорционален (при постоянном сопротивлении) напряжению генератора.

Действие реле описано ниже (см. «Цепь управления»).

Цепь катушек реле боксования. Для каждой группы двигателей предусмотрено реле боксования *РБ1* (*27*) и *РБ2* (*28*). Оба реле и схемы включения их совершенно одинаковы, поэтому достаточно рассмотреть одну из цепей.

От зажима *Я3* контактора *СП2* по проводу *Я3* (*34*) ток протекает через сопротивление *СРБ1* (*35*), одна часть которого равна 2000 *ом* и вторая — 1000 *ом*. К зажиму *ЯЯ1* между зажимом *Я1* двигателя *1* и точке разделения указанных частей сопротивления *32* (*35*) включена катушка реле боксования *РБ1* (*27*). Если напряжение на зажимах всех тяговых двигателей *1—3* одинаково, то точки *Я1* и *32* (*35*) имеют одинаковый потенциал и ток катушки равен нулю. Практически вследствие разности характеристик двигателей, диаметров бандажей и производственных отклонений величин сопротивлений от расчетных некоторый ток в катушке протекает, но в нормальных условиях он недостаточен для срабатывания реле. Если колеса одной из осей тепловоза потеряют сцепление с рельсами и начнут боксовать, скорость вращения оси и двигателя, соединенного с ней, начнет быстро увеличиваться, что вызовет увеличение напряжения на зажимах этого двигателя. Если это случится с двигателем *1*, то потенциал точки *Я1* по отношению к точке *ЯЯ1* повысится и будет выше, чем потенциал точки *32* (*35*). Следовательно, через катушку реле заземления будет протекать ток от точки *Я1* к точке *32* (*35*) и оно сработает. Если начнут боксовать колеса оси, связанной с двигателем *3* или *2*, то напряжение соответствующего двигателя увеличится. Потенциал точки *Я1* станет ниже потенциала точки *32* (*35*) и через катушку реле заземления будет протекать ток от точки *32* (*35*) к *Я1*, что также приведет к срабатыванию реле. Таким образом, при боксовании

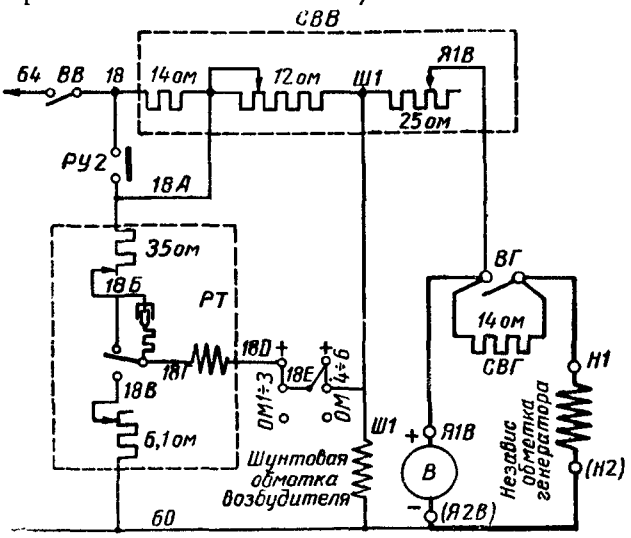
любой колесной пары срабатывает одно из реле.

Действие реле описано ниже (см. «Цепь управления»).

Цепь пуска дизеля (фиг. 145). Для приведения во вращение коленчатого вала дизеля при пуске используется тяговый генератор, который для этой цели контакторами *КС1* (*16*) и *КС2* (*17*) (фиг. 143 и 144) присоединяется к аккумуляторной батарее *АБ* (*76*). При этом образуется следующая цепь тока: от плюса аккумуляторной батареи через замкнутый нож отключателя *106* (*48*) по проводу *Б1* (*2*), через контакты контактора *КС2* (*17*), провод *Г* (*4*), обмотку якоря генератора, обмотку дополнительных полюсов, пусковую обмотку генератора, провод *П2* (*5*), контакты контактора *КС1* (*16*), нож отключателя *106* (*48*) — к минусу батареи. Пусковая обмотка, как видно из схемы, не обтекается током при питании тяговых двигателей и служит для возбуждения генератора при работе его двигателем от батареи. Цепь обмотки независимого возбуждения и цепь тяговых двигателей при пуске дизеля разомкнуты, что обеспечено блок-контактами в цепи управления.

Цепь возбуждения генератора и возбудителя (фиг. 146). При включенном контакторе *ВГ* (*19*) (фиг. 143 и 144) и работающем возбудителе *В* (*8*), ток от плюса возбудителя проходит через замкнутые контакты контактора *ВГ* (*19*), провод *Н1* (*67*), независимую обмотку генератора, провод *Н2* (*68*) к минусу возбудителя. При выключенном контакторе *ВГ* (*19*) ток от плюса возбудителя протекает через сопротивление *СВГ* (*32*) и далее — как прежде. В связи с тем, что сопротивление *СВГ* (*32*) в 15—17 раз больше сопротивления обмотки возбуждения генератора, ток при этом мал.

В цепь независимой обмотки возбуждения возбудителя, кроме самой обмотки и ряда сопротивлений, входят следующие аппараты: контакты контактора *ВВ* (*20*), реле *РУ2* (*23*), реле ограничения тока *РТ* (*21*) и отключатели двигателей *ОМ 1—3* (*46*) и *ОМ 4—6* (*47*). Реле *РУ2* (*23*) служит для уменьшения усилия тяги при трогании тепловоза с остановками: на двух первых положениях контроллера управления контакты реле разомкнуты и вводят в цепь возбуждения возбудителя дополнительное сопротивление *18—18А*, отчего уменьшается напряжение и ток генератора. На рабочих положениях контроллера управления контакты реле *РУ2* (*23*) замкнуты. Ножи отключателей *ОМ — 1—3* (*46*) и *ОМ — 4—6* (*47*) при нормальной работе тепловоза находятся в замкнутом положении и размыкаются лишь при неисправности одного из двигателей. Подвижной контакт реле ограничения тока *РТ* (*21*) при нормальной работе тепловоза замкнут с верхним неподвижным, как это указано на фиг. 146. (Верхний контакт на фиг. 146 соответствует заднему контакту по расположению на панели.)



Фиг. 146. Принципиальная схема цепи возбуждения

Независимая обмотка возбудителя получает двойное питание: от возбудителя и от вспомогательного генератора. От плюса возбудителя ток протекает по проводу *Я1В* (*65*) через часть *Ш1—Я1В* (*Ш1—65*) сопротивления *СВВ* (*42*), провод *Ш1* (*64*), обмотку возбудителя к минусу возбудителя. Ток от плюса вспомогательного генератора поступает по проводу *64* (*75*) к контактам контактора *ВВ* (*20*), протекает через контакты реле *РУ2* (*23*) и здесь разветвляется. Часть тока протекает по проводу *18А* (*58*) и через сопротивление *18А—Ш1* (*18А—365—Ш1*), провод *Ш1* (*64*) к обмотке. Другая часть тока протекает по проводу *18А* (*59*), сопротивление *18А—18Б* на панели *РТ* (*21*), замкнутые контакты *РТ* (*21*), вибрационную катушку *РТ*, провод *18Д* (*60*), контакты отключателя *ОМ1-3* (*46*), провод *18Е* (*351*), контакты отключатели *ОМ4-6* (*47*), провод *Ш1* (*61*) к обмотке. Далее суммарный ток протекает по обмотке, проводу *60* (*314*) к минусу вспомогательного генератора. Таким образом, при замкнутых контактах реле *РТ* (*21*) сопротивление *18А-Ш1*, расчетная величина которого равна ~ 12 *ом*, включено параллельно цепи, включающей в себя сопротивле-

ние *18А-18Б*, расчетная величина которого равна 35,5 *ом*, и вибрационную катушку реле *РТ*, сопротивление которой при температуре 20° С составляет 0,04 *ом*. Расчетная величина сопротивления R_1 (фиг. 130), равная эквивалентному сопротивлению указанных цепей, составляет:

$$R_1 = \frac{35{,}54 \cdot 12}{35{,}54+12} = 9 \text{ ом}.$$

Расчетная величина сопротивления R_2 (фиг. 130), равная сопротивлению *Ш1-Я1В*, составляет 25 *ом*. От величины этих сопротивлений зависит автоматическая характеристика генератора, поэтому они устанавливаются окончательно при испытании тепловоза.

Когда ток генератора превышает величину, на которую отрегулировано реле ограничения тока, контакты его под действием сериесной катушки размыкаются. Ток в цепи сопротивления *18А-18Б* и вибрационной катушке размыкается. Тогда ток независимого питания обмотки возбуждения протекает только по одной ветви — через сопротивление *Ш1-Я1В*, что равносильно увеличению эквивалентного сопротивления R_1 с величины 9 *ом* до величины 12 *ом*. Ток возбуждения возбудителя уменьшается, напряжение его понижается, что в свою очередь уменьшает ток возбуждения и напряжение генератора и в конечном счете уменьшает ток генератора. Одновременно с размыканием контактов реле исчезает ток в его вибрационной катушке, и так как катушка действовала согласно с сериесной, уменьшается усилие, под действием которого контакты разомкнулись. Совместное действие размыкания тока вибрационной катушки и уменьшения тока в сериесной катушке приводит к замыканию контактов реле. После этого восстанавливаются условия, при которых контакты размыкались, следовательно, они вновь разомкнутся и т. д. Подвижной контакт реле будет вибрировать около заднего неподвижного контакта, поддерживая такой средний ток возбуждения возбудителя, при котором получается ток генератора несколько больше тока начального размыкания контактов. Если условия движения поезда приводят к дальнейшему увеличению тока генератора, ток в сериесной катушке может оказаться достаточным не только для размыкания контактов, но и для удержания их в разомкнутом положении, несмотря на размыкание вибрационной катушки и уменьшение тока возбуждения возбудителя. Тогда вибрация подвижного контакта около заднего контакта прекращается. Если ток генератора после этого еще увеличится и усилие сериесной катушки возрастет, подвижной контакт реле замкнется с передним неподвижным контактом (нижний — по фиг. 146 — контакт соответствует переднему — по действительному расположению на панели).

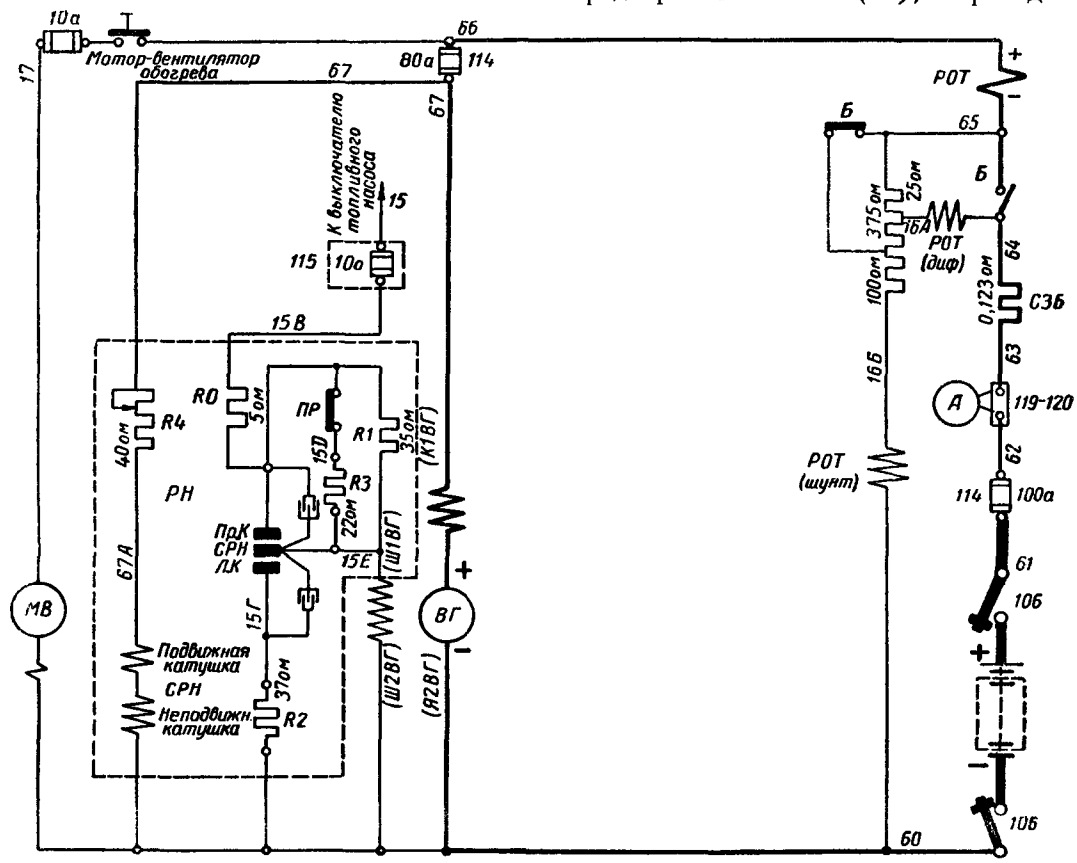
При замыкании передних контактов цепь независимого питания будет следующей: от провода *64 (75)* через контакты контактора *ВВ (20)*, контакты *РУ2 (23)*, провод *18А (58)*, сопротивление *18А-Ш1*, провод *Ш1 (64)* и здесь разветвляется. Часть тока протекает через обмотку возбуждения и провод *60 (314)* к минусу вспомогательного генератора. Вторая часть — по проводу *Ш1 (61)*, через ножи отключателей *ОМ4-6 (47)* и *ОМ1-3 (46)*, провод *18Д*, вибрационную катушку реле, контакты реле, провод *18В*, сопротивление *18В-60*, провод *60 (314)* — к минусу вспомогательного генератора. Таким образом, параллельно обмотке возбуждения присоединена цепь, включающая вибрационную катушку и сопротивление *18В-60*, расчетная величина которого равна 6,1 *ом*. Наличие этой параллельной ветви увеличивает падение напряжения в сопротивлении *18А-Ш1* и, следовательно, уменьшает ток возбуждения в сравнении с величиной его при разомкнутых контактах реле, что приводит к уменьшению тока генератора.

Как видно из предыдущего, направление тока в вибрационной катушке при замыкании подвижного контакта с передним противоположно направлению тока при замыкании подвижного контакта с задним контактом. При замыкании заднего контакта вибрационная катушка действовала согласно с сериесной. При замыкании с передним контактом она действует против сериесной катушки. Совместное действие появления тока в вибрационной катушке и уменьшения тока в сериесной катушке приводит к размыканию контактов реле. Однако после размыкания восстанавливаются условия, при которых контакты замкнулись. Следовательно, они вновь замкнутся и опять разомкнутся. Подвижной контакт будет вибрировать около переднего неподвижного контакта, поддерживая такой средний ток возбуждения, при котором ток генератора несколько больше величины тока начального замыкания переднего контакта.

Параллельно заднему неподвижному и подвижному контактам реле присоединены конденсаторы и сопротивление, соединенные между собой последовательно. Назначение конденсаторов и сопротивления ослабить

искрение на контактах при вибрации. Конденсатор не пропускает постоянного тока, и поэтому при установившемся режиме его включение не изменяет параметров цепи. В процессе размыкания контактов между ними появляется и растет напряжение. Изменение напряжения на обкладках вызывает ток в конденсаторе и сопротивлении и, таким образом, возникает цепь, шунтирующая дугу и облегчающая ее гашение.

амперметра *119 (68)*, провод *63 (73)*, зарядное сопротивление *СЗБ (31)*, провод *64 (74, 76)*, диференциальная катушка реле. После катушки цепь разветвляется: а) сопротивление *16А-65*, провод *65* к сериесной катушке реле и б) сопротивление *16А-16*, провод *16 (77)*, замкнутые блок-контакты контактора *Б (18)* то же к сериесной катушке, далее — сериесная катушка, провод *66 (79)*, предохранитель *114 (55)*, провод *67 (81)*,



Фиг. 147. Принципиальная схема цепи вспомогательного генератора.

Цепь заряда батареи (фиг. 147). Во время работы дизеля аккумуляторная батарея заряжается от вспомогательного генератора. Включение аккумуляторной батареи на заряд происходит автоматически после пуска дизеля посредством реле обратного тока *РОТ (25)* и контактора *Б (18)*. При остановленном дизеле контактор *Б (18)* выключен.

Диференциальная катушка реле обратного тока питается от аккумуляторной батареи по следующей цепи: плюс батареи, нож отключателя батареи *106 (48)*, провод *61 (2,69)*, предохранитель *114 (55)*, провод *62 (70)*, шунт обмотки вспомогательного генератора, провод *60(82)*, нож отключателя и к минусу батареи.

Кроме того, имеется цепь от зажима *16* через сопротивление *16-16Б*, провод *16Б*, шунтовую катушку реле, провод *60* и далее через нож отключателя к минусу батареи. Таким образом, последовательно с диференциальной катушкой включена цепь, включающая параллельно соединенные сопротивления *16А-16* (375 *ом*) и *16А-65* (25 *ом*) и далее обмотки вспомогательного генератора и параллельно ей сопротивление *16-16Б* и шунтовая катушка

реле. Так как сопротивление второй цепи во много раз больше, чем первой, ток в ней ничтожен. Усилие, создаваемое диференциальной катушкой, препятствует срабатыванию реле и оно остается выключенным. При пуске дизеля вспомогательный генератор получает возбуждение от батареи (см. ниже) и его вал начинает вращаться. На зажимах вспомогательного генератора появляется напряжение. Ток в диференциальной катушке определяется разностью напряжений батареи и вспомогательного генератора и уменьшается с увеличением напряжения вспомогательного генератора. Шунтовая катушка, кроме описанной выше цепи питания от батареи, получает ток от вспомогательного генератора по цепи: плюс вспомогательного генератора, провод *67 (81)*, предохранитель *114 (55)*, провод *66 (79)*, сериесная катушка реле *РОТ (25)*, провод *65*, блок-контакты *Б (18)*, провод *16*, сопротивление *16-16Б*, провод *16Б*, шунтовая катушка, провод *60 (296, 295, 294, 293, 292, 291, 316, 82)* к минусу вспомогательного генератора. С ростом напряжения вспомогательного генератора увеличивается ток шунтовой катушки, создающей усилие, стремящееся замкнуть контакты реле (см. описание реле). До тех пор пока напряжение вспомогательного генератора ниже напряжения батареи, диференциальная катушка препятствует срабатыванию реле. Когда напряжение вспомогательного генератора становится больше напряжения батареи, ток в диференциальной катушке меняет направление. При разнице напряжений: $U_{вг} - U_б = 2 \div 3$ *в*, реле срабатывает и включает контактор *Б (18)*. Батарея начинает заряжаться по цепи: плюс вспомогательного генератора, провод *67 (81)*, предохранитель *114 (55)*, провод *66 (79)*, сериесная катушка реле, провод *65*, силовые контакты контактора *Б (18)*, провод *64 (74)*, зарядное сопротивление *СЗБ (31)*, провод *63 (73)*, шунт амперметра *119 (68)*, провод *62 (70)*, предохранитель *114 (55)*, провод *61 (69,2)*, нож отключателя, плюс батареи, батарея, минус батареи, нож отключателя, провод *60 (82)*, минус вспомогательного генератора.

Зарядное сопротивление включено для автоматического регулирования напряжения батареи в зависимости от степени заряда. Когда разряженная батарея включается на заряд, появляется большой зарядный ток, в зарядном сопротивлении получается повышенное падение напряжения. Вследствие этого напряжение батареи понижается, что ограничивает ток заряда. По мере того, как батарея заряжается, э. д. с. ее растет, зарядный ток и падение напряжения в зарядном сопротивлении уменьшаются, напряжение, приложенное к батарее, растет.

При включении контактора *Б (18)* его блок-контакты размыкаются и вводят в цепь шунтовой катушки реле обратного тока сопротивление *16-65* (400 *ом*). Ток шунтовой катушки снижается, однако реле не отпадает, так как для удержания его во включенном положении требуется меньшее число ампервитков, чем для включения. Кроме того, после включения контактора *Б (18)* через сериесную катушку реле протекает зарядный ток и ампервитки сериесной катушки увеличивают усилие, создаваемое шунтовой катушкой.

Диференциальная катушка реле при включенном контакторе *Б (18)* присоединена параллельно сопротивлению *16А-65* и, так как сопротивление катушки почти в 12 раз больше последнего, ток в ней ничтожен и уже не оказывает практически влияния на работу реле.

При остановке дизеля напряжение вспомогательного генератора падает и ток батареи меняет направление. Сериесная катушка при изменении направления в ней тока действует против шунтовой катушки, реле отпадает, выключает контактор *Б (18)*, отключая вспомогательный генератор от батареи.

Цепь возбуждения вспомогательного генератора (фиг. 147). Обмотка возбуждения вспомогательного генератора присоединяется к аккумуляторной батарее при пуске дизеля вместе с электродвигателем вспомогательного топливного насоса. При работающем дизеле обмотка возбуждения, так же как и двигатель топливного насоса, питается от вспомогательного генератора. От зажима электродвигателя насоса *ТН (9)* (см. ниже «Цепь управления») образуется следующая цепь: провод *15 (188)*, предохранитель цепи возбуждения *115 (57)*, провод *15В (189)*, сопротивление *RO* к неподвижному правому контакту регулятора напряжения, к контактам промежуточного реле *ПР* и к сопротивлению *R1*. Контакты промежуточного реле *ПР* замкнуты при положениях *1-4* рукоятки контроллера управления и разомкнуты при положениях *5-8* рукоятки (см. «Цепь управления»).

Подвижной и правый неподвижный контакты регулятора напряжения находятся в замкнутом положении при весьма малых числах оборотов вала дизель-генератора. В этом случае ток возбуждения протекает через контакты регулятора, провод *15Е*, обмотку возбуждения, минус вспомогательного

генератора. Это положение соответствует максимальному току возбуждения вспомогательного генератора.

Если напряжение вспомогательного генератора при увеличении числа оборотов вала дизель-генератора увеличивается выше значения, на которое отрегулирован регулятор напряжения, последний вступает в действие и уменьшает ток возбуждения, поддерживая приблизительно постоянное напряжение вспомогательного генератора. Конструкция и принцип действия регулятора описаны ниже (см. «Регулятор напряжения»). Здесь указываются лишь производимые им изменения схемы.

Регулятор имеет две катушки — подвижную и неподвижную, включенные последовательно по цепи: плюс вспомогательного генератора, провод *67 (81, 80)*, сопротивление *R4*, провод *67А*, подвижная катушка, неподвижная катушка, провод *60 (83, 82)*, минус вспомогательного генератора. Таким образом, ток катушек пропорционален напряжению вспомогательного генератора. Когда напряжение вспомогательного генератора увеличивается выше 75 *в*, подвижной и правый неподвижный контакты размыкаются и в цепь возбуждения вводится цепь, состоящая из параллельно соединенных сопротивления *R1* и *R3* (на положениях *1—4* контроллера) или сопротивление *R1* (на положениях *5—8*). Ток возбуждения уменьшается, напряжение вспомогательного генератора понижается, что приводит к замыканию контактов. Однако при этом напряжение опять поднимается и подвижной контакт начинает вибрировать около правого контакта, поддерживая средний ток возбуждения, необходимый при данном числе оборотов для получения напряжения 75—76 *в*. Когда при возрастании числа оборотов вала вспомогательного генератора напряжение его увеличивается выше 76 *в* при разомкнутых подвижном и правом контактах регулятора, подвижной контакт замыкается с левым неподвижным контактом. При этом образуется следующая цепь: провод *15 (188)*, предохранитель *115 (57)*, провод *15В (189)*, сопротивление *RO*, параллельно соединенные сопротивления *R1* и *R3* и далее две параллельные цепи: а) обмотка возбуждения и минус вспомогательного генератора и б) контакты регулятора, провод *15Г*, сопротивление *R2*, провод *60 (83, 82)*, минус вспомогательного генератора. Вследствие увеличенного падения напряжения в сопротивлениях *R1* и *R3* ток возбуждения уменьшается. Подвижной контакт начнет вибрировать около левого контакта, поддерживая приблизительно постоянное напряжение вспомогательного генератора.

На положениях *5—8* контроллера управления, которые соответствуют большим числам оборотов вала дизеля, размыкаются контакты промежуточного реле. Вместо параллельно соединенных сопротивлений *R1* и *R3* в цепи возбуждения останется сопротивление *R1*. Эквивалентное сопротивление цепи увеличится, и это позволяет уменьшить ток возбуждения до величины, необходимой при больших числах оборотов дизеля.

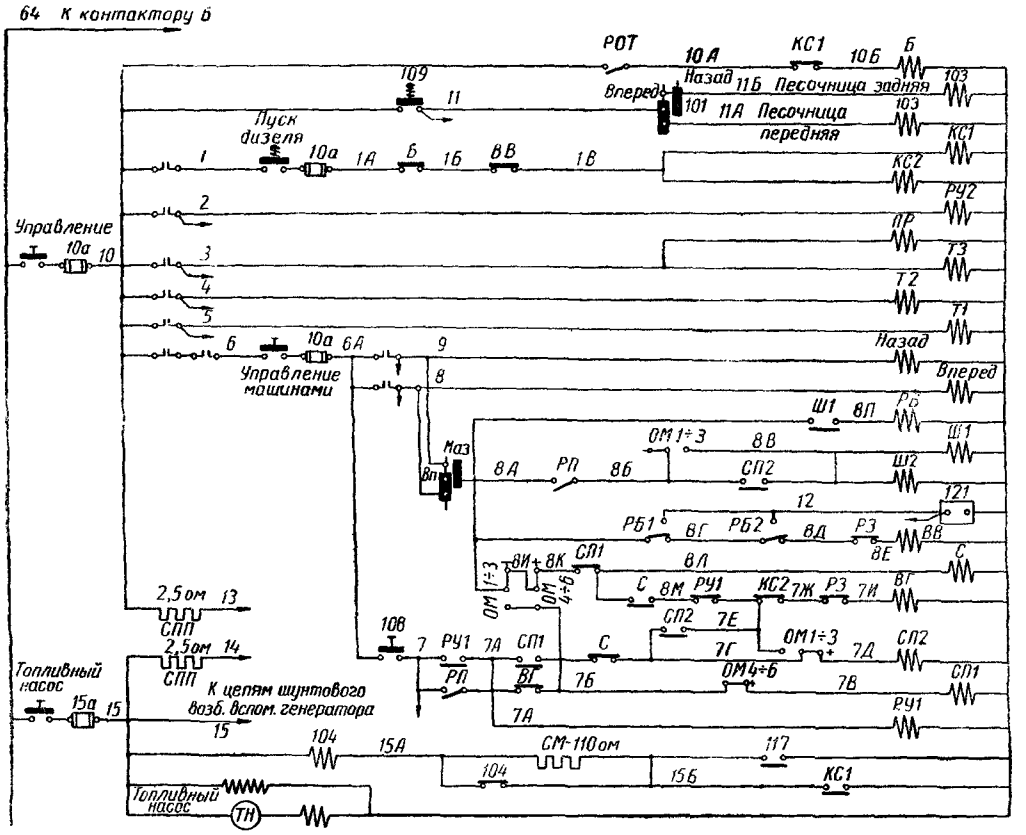
Конденсаторы, присоединенные параллельно контактам регулятора, служат для уменьшения искрения при размыкании контактов.

Цепь двигателя вентилятора калорифера (фиг. 147). Двигатель вентилятора *МВ (10)* может быть включен к вспомогательному генератору кнопкой «Мотор — вентилятор обогрева» в кнопочном выключателе *107 (50)*. Ток от плюса вспомогательного генератора по цепи: провод *67 (81)*, предохранитель *114 (55)*, провод *66 (176, 175, 174)*, контакты кнопки, предохранитель, провод *17 (201, 202, 203)* поступает к двигателю и затем к минусу вспомогательного генератора по проводу *60 (299)* и т. д.

Цепь управления (фиг. 148). Цепь управления получает питание от вспомогательного генератора. От плюса вспомогательного генератора цепь тока управления проходит следующим образом: провод *67 (81)*, предохранитель *114 (55)*, провод *66 (79)*, сериесная катушка реле обратного тока, провод *65 (78)*, контакты контактора *Б (18)*, провод *64 (210, 211, 212)*, контакты кнопки «Управление», предохранитель управления, провод *10*. Провод *10 (160, 161, 162)* является общим плюсом цепи управления. Общий минус — провод *60 (316)* — присоединен к минусу вспомогательного генератора. При неработающем дизеле контактор *Б* выключен, и цепь управления может питаться от аккумуляторной батареи через провод *64 (210, 211, 212)*, и далее — как указано выше. По той же цепи подается напряжение к кнопке «Топливный насос». При включенной кнопке ток от провода *64* протекает через контакты кнопки, предохранитель, провод *15 (185, 186, 187, 188)*, двигатель вспомогательного топливного насоса *ТН (9)*, провод *60 (315)* к минусу вспомогательного генератора. Кроме того, по проводу *15 (187)* через предохранитель *115 (57)* получает питание цепь возбуждения вспомогательного генератора (см. выше).

При включенной кнопке «Управление» подается напряжение на провод *10 (160, 161, 162)* и, следовательно, на контакты кулачковых элементов контроллера *102*. Порядок включения кулачковых элементов показан на развертке барабана контроллера (фиг. 143). Цифры *1—8* вверху над вертикальными полосами *означают ходовые положения* контроллера. Зачерненные горизонтальные полосы — положения, на которых замкнут кулачковый элемент, расположенный против полосы. Так, например, нижний элемент *1* замкнут только на положении «Холостой ход», следующий над ним *2* — замкнут на всех положениях *3*, начиная с третьего и т. д. Два кулачковых элемента *8* и *9* вверху связаны с реверсивной рукояткой (см. «Контроллер»). Один из них *8* включен при положении рукоятки «Вперед», другой *9* — при положении назад. В дальнейшем работа схемы управления рассматривается в той последовательности, в какой происходят переключения при пуске тепловоза в ход.

Если рукоятка контроллера находится в начальном положении «Холостой ход», то элемент *1* замкнут. При нажатии кнопки «Пуск дизеля» образуется цепь: провод *10*, контакты кнопки [1], предохранитель, провод *1А (177, 178)*, контакты элемента *1*, провод *1 (179, 180, 181)*, блок-контакты контактора *ВВ (20)*, провод *1Б (182)*, блок-контакты *Б (18)*, провод *1В (183, 184)*, катушки контакторов *КС1 (16)* и *КС2 (17)*, провод *60 (292, 291)*. Таким образом, при нулевом положении контроллера и выключенных контакторах *Б* и *ВВ* можно произвести пуск дизеля нажатием кнопки «Запуск дизеля». При включении контактора *КС1 (16)* замыкается цепь электромагнита дизеля *104 (66)* по цепи: провод *15 (191)*, катушка электромагнита *104 (66)*, провод *15А*, блок-контакты *104 (66)*, провод *15Б (342, 323)*, блок-контакты *КС1 (16)*,



Фиг. 148. Принципиальная схема цепи управления.

[1] Здесь имеется несущественное расхождение между схемами (фиг. 143 и фиг. 144) в последовательности включения кнопки и кулачкового элемента.

провод *60 (322)*. Электромагнит при включении открывает доступ топлива к топливным насосам дизеля. При срабатывании его контакты размыкаются и вводят сопротивление *СМ (39)* в цепь катушки для уменьшения тока, поскольку для удержания электромагнита во включенном положении требуется меньший ток, чем для включения.

Кнопка «Запуск дизеля» должна оставаться включенной до тех пор, пока не замкнутся контакты реле давления масла *117 (29)*, что произойдет при давлении масла около 2 *ат*. Если кнопка будет отпущена раньше, блок-контакты *КС1 (16)* разомкнут цепь катушки электромагнита и подача топлива прекратится. Этим предотвращается работа дизеля при пониженном давлении масла. Аналогичное явление будет, если во время работы дизеля почему-либо понизится давление масла: реле давления разомкнет свои контакты и дизель остановится.

После пуска дизеля срабатывает реле обратного тока *РОТ (25)* (см. выше) и образуется цепь тока: провод *10 (160, 163, 164)*, блок-контакты *РОТ (25)*, провод *10А (165)*, блок-контакты *КС1 (16)*, замкнутые после отпуска кнопки «Запуск дизеля», провод *10Б (166)*, катушка контактора *Б (18)*, провод *60 (293)*. Контактор *Б* включается и присоединяет вспомогательный генератор к батарее. Дизель работает при этом с минимальным числом оборотов в минуту, равным 275.

После описанных операций тепловоз подготовлен к движению. Движение может начаться при повороте рукоятки управления на одно из рабочих положений. Для этого нужно предварительно нажать кнопку «Управление машинами» и повернуть в одно из рабочих положений реверсивную рукоятку, которая механически сблокирована с главной рукояткой так, что реверсивную можно повернуть только при нулевом положении главной и главную только при рабочем («Вперед» или «Назад») реверсивной. При повороте реверсивной рукоятки (например, в положение «Вперед») контакты элемента *9* контроллера замыкаются, однако это не вызывает изменений в состоянии схемы так же, как и включение кнопки «Управление машинами».

При повороте главной рукоятки контроллера в первое положение замыкаются элементы *6* и *10* и образуется цепь: провод *10 (161)*, элементы *6* и *10*, провод *6 (288, 287)*, контакты кнопки «Управление машинами», предохранитель, провод *6А (199)*, контакты элемента *8* реверсивного барабана контроллера (если реверсивная рукоятка поставлена на положение «Вперед»), провод *8 (106, 107, 108, 358)*, катушка «Вперед» реверсора *101 (60)*, провод *60 (354)* и т. д. Если реверсор стоял в положении «Назад», то теперь он повернется в положение «Вперед» и переключит обмотки возбуждения двигателей для движения вперед. Блок-контакты реверсора соединяют при этом провода *8 (108)* и *8А (361, 109, 118)* и образуют следующие цепи: а) провод *8А (109)*, нормально замкнутые контакты реле боксования *РБ1 (27)*, провод *8Г (110)*, контакты реле *РБ2 (26)*, провод *8Д (111)*, контакты реле заземления *РЗ (24)*, провод *8Е (112)*, катушка контактора *ВВ (20)*, провод *60 (295)* и т. д. Контактор *ВВ (20)* включает возбуждение возбудителя; б) провод *8А (118)*, нож отключателя двигателей *ОМ1-3 (46)*, провод *8И (349)*, нож отключателя *ОМ4-6 (47)*, провод *8К (119)*, блок-контакты *СП1 (12)*, провод *8Л (120)*, катушка контактора *С (11)*, провод *60 (320)* и т. д. Контактор *С* соединяет последовательно все шесть двигателей; в) от блок-контактов *СП1 (12)*, провод *8Л (121)*, замкнутые теперь блок-контакты *С (11)*, провод *8М (122)*, замкнутые блок-контакты реле управления *РУ1 (22)*, провод *7Е (123)*, блок-контакты контактора *КС2 (17)*, провод *7Ж (125)*, блок-контакты реле заземления *РЗ (24)*, провод *7И (126)*, катушка контактора *ВГ (19)*, провод *60 (294)* и т. д. Контактор *ВГ* включает возбуждение генератора.

После этих операций тепловоз движется при последовательном соединении шести тяговых двигателей при минимальном числе оборотов дизеля. При повороте рукоятки управления на второе положение дополнительно замыкается элемент *5* контроллера и образует цепь: провод *10 (161)*, элемент *5*, провод *5 (101, 102, 103)*, катушка вентиля *Т1 (61)*, провод *60(311)* и т. д. Включение вентиля *Т1* перемещает привод к регулятору дизеля в положение, соответствующее числу оборотов дизеля, равному 355 в минуту. При этом число оборотов дизеля повышается, что ведет к увеличению силы тяги и скорости тепловоза. На третьем положении замыкается элемент *4* и размыкается элемент *5*. При этом включается вентиль *Т2* и выключается вентиль *Т1*, что ведет к дальнейшему повышению числа оборотов дизеля. Одновременно замыкается элемент *2*, включающий по проводу *2 (193, 194, 195)* катушку реле управления *РУ2(23)*, которое (см. «Цепь возбуждения возбудителя») замыкает часть сопротивления в цепи возбуждения возбудителя, отчего увеличивается напряжение возбу-

дителя и генератора. На следующих положениях рукоятки контроллера производится включение вентилей *Т1, Т2* и *Т3* в различных комбинациях, обеспечивающих последовательное повышение числа оборотов дизеля: на четвертом положении замкнуты элементы *4* и *5*, включающие вентили *Т1* и *Т2;* на пятом положении замкнут элемент *3*, включающий вентиль *Т3;* на шестом положении замкнуты элементы *3* и *5*, включающие вентили *Т1* и *Т3;* на седьмом положении — элементы *3* и *4*, включающие вентили *Т2* и *Т3*; на восьмом положении — элементы *3, 4* и *5* и включены все три вентиля *Т1, Т2* и *Т3*. Последнее включение соответствует максимальному числу оборотов вала дизеля, равному 740 в минуту.

Кроме того, начиная с пятого положения элемент *3* образует цепь: элемент *3*, провод *3 (348)*, катушка промежуточного реле *ПР* на панели регулятора напряжения *РН (30)*, изменяющее сопротивление в цепи возбуждения вспомогательного генератора.

Все эти переключения происходят при последовательном соединении *6* тяговых двигателей, если выключен выключатель *108 (82)* перехода. Если выключатель *108 (82)* включен, то возможно автоматическое переключение двигателей с последовательного соединения на последовательно-параллельное соединение и далее на ослабленное возбуждение под действием реле перехода. Когда при последовательном соединении двигателей срабатывает реле перехода *РП (26)* (см. «Автоматическое управление двигателями»), то образуется следующая цепь: от кнопки «Управление машинами» через предохранитель, провод *6А (198, 200)*, контакты выключателя *108 (82)*, провод *7 (206)*, контакты реле *РП (26)*, провод *7А (137, 138, 139)*, катушка реле управления *РУ1 (22)*, провод *60 (297)* и т. д. Вторая пара контактов *РП (26)* также замыкается, но она включена последовательно с разомкнутыми блок-контактами *СП2 (13)* и потому не изменяет схемы. Реле управления *РУ1 (22)* срабатывает. Одна пара контактов его шунтирует контакты реле *РП (26)*, вторая пара размыкает цепь катушки контактора *ВГ (19)*. Контактор *ВГ (19)* вводит сопротивление в цепь возбуждения генератора. Его блок-контакты в цепи катушки реле перехода *РП (26)* размыкаются и вводят сопротивление в цепь катушки *РП (26)*, отчего реле отпадает и его контакты размыкаются, что не отражается на состоянии схемы, но подготовляет реле для последующего перехода на ослабленное возбуждение. Вторая пара блок-контактов *ВГ (19)* замыкается и образует цепь: выключатель *108 (82)*, провод *7 (204, 205, 207)*, контакты *РУ1 (22)*, провод *7А (360, 139, 138)*, контакты *ВГ (19)*, провод *7Б (132, 133, 352, 350)*, нож отключателя *ОМ4-6 (47)*, провод *7В (136)*, катушка контактора *СП1 (12)*, провод *60 (319)* и т. д. Контактор *СП1 (12)* присоединяет группу двигателей *4—6* к генератору и замыкает накоротко группу двигателей *1—3*. Его блок-контакты размыкают цепь катушки контактора *С (11)*. Вторая пара блок-контактов *СП1 (12)* шунтирует блок-контакты контактора *ВГ (19)*, чтобы сохранить цепь, когда последние будут разомкнуты. Контактор *С (11)* размыкает цепь короткого замыкания группы двигателей *1—3*. Блок-контакты контактора *С (11)*, замыкаясь при выключении контактора, образуют цепь: от блок-контактов *ВГ (19)*, провод *7Б (132)*, блок-контакты *С (11)*, провод *7Г (130)*, нож отключателя *ОМ1—3 (46)*, провод *7Д (131)*, катушка контактора *СП2 (13)*, провод *60 (321)* и т. д. Контактор *СП2 (13)* присоединяет группу двигателей *1—3* к генератору. Блок-контакты *СП2 (13)* замыкаются и образуют цепь: от выключателя *108 (82)* через контакты *РУ1 (22)*, блок-контакты *СП1 (12)*, блок-контакты *С (11)*, провод *7Г (129)*, блок-контакты *СП2 (13)*, провод *7Е (127)*, блок-контакты *КС2 (17)*, провод *7Ж (125)*, контакты *РЗ (24)*, провод *7И (126)*, катушка *ВГ (19)*, провод *60 (294)*. Контактор *ВГ* вновь включает возбуждение генератора, и этим процесс перехода на последовательно-параллельное соединение двигателей заканчивается. Вторая пара блок-контактов *СП2 (13)* замыкает накоротко часть сопротивления в цепи шунтовой катушки реле перехода *РП (26)* для изменения тока срабатывания его (см. «Автоматическое переключение двигателей»). Блок-контакты *ВГ (19)* в той же цепи замыкают введенную на время перехода другую часть сопротивления.

Когда после нового повышения напряжения генератора реле перехода вторично срабатывает, контакты его, осуществлявшие первый переход, теперь не меняют схемы, так как они шунтированы контактами *РУ1 (22)*. Вторая пара при замкнутых теперь блок-контактах *СП2 (13)* образует цепь: от блок-контактов реверсора *101 (60)*, провод *8А (109, 113)*, блок-контакты *РП (26)*, провод *8Б (114)*, блок-контакты *СП2 (13)*, провод *8В (117, 143)*, катушки контакторов *Ш1 (14)* и *Ш2 (15)*, провод *60 (318, 317)* и т. д. Контакторы *Ш1 (14)* и *Ш2 (15)* шунтируют обмотки возбуждения двигателей. Блок-контакты контактора *Ш1* замыкаются и образуют цепь: от блок-контактов

реверсора *101 (60)*, провод *8А (361)*, блок-контакты *Ш1 (14)*, провод *8П (140)*, катушка реле времени *РВ (45)*, провод *60 (347)* и т. д. Реле времени размыкает свои контакты и вводит сопротивление *34А — 34Б* в цепь шунтовой катушки реле перехода *РП (26)*.

Если при движении тепловоза (например, на подъеме), ток генератора увеличится до значения, при котором якорь реле перехода отпадает, то его контакты разомкнут цепь катушек контакторов *Ш1 (14)* и *Ш2 (15)*, и последние разомкнут цепь шунтирующего сопротивления. Таким образом, будет осуществлен автоматический переход на полное возбуждение. Блок-контакты *Ш1 (14)* разомкнут цепь катушки реле времени и через 3—4 сек. после этого контакты реле времени замкнут накоротко сопротивление *34А — 34Б* в цепи шунтовой катушки реле перехода.

Автоматические переходы с последовательного соединения на последовательно-параллельное соединение при полном возбуждении, с полного возбуждения на ослабленное и с ослабленного на полное могут происходить при положениях рукоятки контроллера с третьего до восьмого.

Автоматический переход на последовательное соединение в схеме не предусмотрен. Если по ограничению тока генератора нужно перевести двигатели на последовательное соединение, следует повернуть рукоятку контроллера на несколько положений назад и выключить выключатель *108 (82)*. При этом разомкнется цепь питания *СП1 (12)*, *СП2 (13)* и *ВГ (19)*, контакторы отключат двигатели от генератора и возбуждение генератора, затем блок-контакты *СП1 (12)* замкнут цепь катушек *С (11)* и *ВГ (19)*, двигатели будут соединены последовательно и генератор восстановит напряжение. Перевод рукоятки управления назад нужен потому, что при отключении тяговых двигателей дизель внезапно разгружается, число оборотов его возрастает и может сработать клапан безопасности, прекратив подачу топлива.

Через кнопку «Управление» получают также питание катушки клапанов песочниц *103 (53)*. При нажатии педального выключателя *109 (54)* образуется цепь: провод *10 (160, 162)*, контакты педального выключателя, провод *11 (255, 256, 257)*, блок-контакты реверсора *101 (60)*, провод *11А (258)*, катушка клапана передней песочницы (если тепловоз движется вперед; если тепловоз движется назад по отношению к посту управления, то блок-контакты реверсора изменят положение и будут включены провод *11Б (259)* и катушка задней песочницы), провод *60 (310)* и т. д. При включении клапана струя песка направляется на рельсы перед всеми колесами тепловоза.

Цепь освещения (см. фиг. 143). Цепь освещения получает питание от вспомогательного генератора или от аккумуляторной батареи (при неработающем дизеле) по тому же проводу *64 (210, 211, 212)*, как и цепь управления. Провод *64 (212)* подведен к кнопочному выключателю *107 (50)*. Каждая кнопка с предохранителем предназначена для включения одной из осветительных цепей. Схема включения проста и не требует подробных пояснений.

Кнопка «Прожектор передний тусклый» включает через сопротивление *СП (40)* лампу прожектора, находящегося на переднем торце тепловоза. Прожектор при этом имеет яркость примерно вдвое меньшую нормальной. При включении кнопки «Прожектор передний яркий» часть сопротивления *СП (40)* замыкается накоротко и яркость прожектора увеличивается до нормальной. Аналогично этому включается прожектор на заднем торце тепловоза кнопками «Прожектор задний тусклый» и «Прожектор задний яркий» и прожектор на наиболее удаленном от поста управления торце тепловоза при работе нескольких тепловозов по системе многих единиц (см. «Работа по системе многих единиц») кнопками «Прожектор дальний тусклый» и «Прожектор дальний яркий».

Кнопки «Освещение кабины», «Освещение заднего капота», «Освещение измерительных приборов», «Освещение машинного помещения» включают группы ламп, расположенные в соответствующих частях тепловоза.

Лампы буферных фонарей включаются отдельными выключателями *120 (83, 84, 85, 86)* и защищаются общим для четырех фонарей предохранителем *115 (57)*. Отдельный выключатель *120 (87)* и предохранитель *115 (57)* предусмотрены для включения ламп в аппаратном помещении.

От кнопки «Освещение машинного помещения» подается также напряжение к штепсельным розеткам *122, 123 (127, 128)* для переносных ламп.

Для освещения буферных фонарей применены лампы мощностью 50 *вт* при номинальном напряжении 75 *в*.

Для освещения измерительных приборов применены лампы 10 *вт* напряжения 12 *в* и для прожектора лампы 250 *вт* и 32 *в* (или 500 *вт*, 50 *в*).

РАБОТА СХЕМЫ ПО СИСТЕМЕ МНОГИХ ЕДИНИЦ

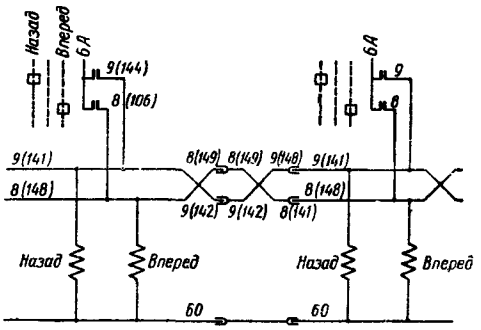
Системой многих единиц называется такое выполнение локомотивов или моторных вагонов, при котором возможно соединение любого количества единиц подвижного состава (локомотивов или моторных вагонов) в одном поезде и одновременное управление всеми с одного поста управления.

В схеме тепловоза ТЭ1 такая возможность предусмотрена. Для этой цели ряд проводов цепи управления присоединяется к 16-контактным штепсельным розеткам, установленным на каждом торце тепловоза. При сцеплении двух тепловозов съемное межтепловозное соединение, состоящее из двух 16-контактных штепсельных вилок и кабеля между ними, включается вилками в розетки, установленные на обращенных друг к другу торцах двух тепловозов и, таким образом, осуществляет соединение цепей управления их.

Конструкция розеток и вилок выполнена так, что соединение контактов может быть только в одной определенной комбинации.

Провода цепи управления *2*, *3*, *4*, *5* и *7* от контроллера одного тепловоза (фиг. 143) соединяются через межтепловозные соединения с проводами за теми же номерами в другом тепловозе, поэтому при включении этих проводов контроллером одного тепловоза одновременно срабатывают одинаковые аппараты на обоих тепловозах. Опасность одновременного управления двумя контроллерами, что могло бы привести к неправильной работе схемы, устраняется наличием только одной реверсивной рукоятки на все тепловозы в одном поезде, находящейся у машиниста. Так как без постановки реверсивной рукоятки на рабочее положение нельзя повернуть главную рукоятку контроллера, а при рабочем положении реверсивной рукоякти ее нельзя снять с контроллера, то второй контроллер повернуть нельзя. Провода *8* и *9*, управляющие реверсором, прямо нельзя соединить, так как положение реверсора должно зависеть от расположения каждого из тепловозов по отношению к направлению движения поезда. Например, если первый по направлению движения тепловоз расположен передним концом вперед, а второй прицеплен задним концом к заднему концу первого, то реверсор первого тепловоза должен быть в положении «Вперед», реверсор второго — в положении «Назад». Возможны и другие комбинации. Во всех случаях необходимо, чтобы реверсоры всех тепловозов, работающих по системе многих единиц, автоматически устанавливались в нужное положение при установке реверсивной рукоятки на одном из контроллеров.

На фиг. 149 показана схема включения проводов, управляющих реверсорами, удовлетворяющая данному требованию. Провода *8* и *9* присоединены к двум, определенным образом расположенным, контактам розетки переднего конца. При присоединении их к задней розетке провода присоединяются к так же расположенным контактам, но меняются между собой местами. В межтепловозном соединении



Фиг. 149. Схема управления реверсорами по системе многих единиц.

соответствующие им контакты соединяются перекрестно. Нетрудно убедиться, что при схеме, показанной на фиг. 149, управление с любого поста любым количеством произвольно расположенных тепловозов обеспечивает правильное включение реверсоров.

Провода *10* (*160*) и *15* (*185*) тепловозов, управляемых по системе многих единиц, соединены соответственно, т. е. провод *10* одного тепловоза с проводом *10* другого и т. д., но через сопротивления *СПП (44)*. Введение сопротивлений в поездные провода обусловлено тем, что при включении кнопок «Управление» или «Топливный насос» на двух тепловозах (что не требуется по схеме, но возможно) вспомогательные генераторы обоих тепловозов окажутся соединенными параллельно через кнопки. Напряжение каждого генератора регулируется своим регулятором напряжения. При некоторой разнице в работе регуляторов (что практически неизбежно) через кнопки и предохранители пройдет уравнительный ток, могущий привести к большой разности нагрузок генераторов и к перегрузке проводов управления или перегоранию предохранителей управления. Сопротивления *СПП (44)* резко снижают возможный уравнительный ток.

Провода *1 (255)* управления песочницами также соединяются межтепловозными проводами и обеспечивают одновременное приведение в действие всех песочниц, расположенных перед колесами по ходу поезда. Здесь сопротивления не предусмотрены, так как педальные включатели снабжены возвратными пружинами и их одновременное включение на двух тепловозах не следует учитывать.

Соединение проводов, управляющих прожекторами, осуществлено по такому же принципу, как и для проводов, управляющих реверсорами, с тем, чтобы включение прожектора было при любом положении тепловоза в соответствии с надписью на нажимаемой кнопке (задний, передний, дальний).

РАБОТА СХЕМЫ ПРИ ОТКЛЮЧЕННОЙ ГРУППЕ ДВИГАТЕЛЕЙ

В случае неисправности одного двигателя можно отключить группу из трех двигателей, в которую входит неисправный, и продолжать движение с оставшимися тремя двигателями. Если неисправен один двигатель передней тележки, необходимо выключить отключатель *ОМ1—3 (46)*. Отключение должно производиться при остановленном тепловозе. При этом происходят следующие изменения в цепи управления (см. фиг. 143):

1) размыкается цепь катушки контактора *С (11)*, что устраняет возможность последовательного соединения двигателей;

2) размыкается цепь катушки контактора *СП2 (13)*, чем обеспечивается невозможность включить группу с неисправным двигателем; одновременно тот же нож шунтирует блок-контакты *СП2 (13)* в цепи катушки контактора *ВГ (19)*;

3) шунтируются блок-контакты *СП2 (13)* в цепи катушек контакторов *Ш1* и *Ш2*, что дает возможность включить их при отключенном контакторе *СП2 (13)*;

4) размыкается цепь, состоящая из сопротивления *18А — 18Б*, контактов и вибрационной катушки реле ограничения тока, вследствие чего увеличивается сопротивление в цепи обмотки возбуждения возбудителя и устраняется действие реле ограничения тока, так как его включение не изменяет возбуждения возбудителя.

Управление рукоятками контроллера управления и кнопками производится так же, как при полном числе двигателей. Цепь катушек реверсора *101 (60)*, контактора *ВВ (20)* и реле времени *РВ* остается также без изменения. Цепь катушек контакторов *ВГ (19)* и *СП1 (12)* включается по цепям: 1) от блок-контактов реверсора, провод *8А (118)*, нож отключателя *ОМ1—3 (46)*, провод *7Б (352)*, нож *ОМ4—6 (47)*, провод *7В (136)*, катушка *СП1 (12)* и 2) блок-контакты реверсора, провод *8А (118)*, нож отключателя *ОМ1—3 (46)*, провод *7Б (134, 133)*, блок-контакты *С (11)*, провод *7Г (130)*, нож отключателя *ОМ1—3 (46)*, провод *7Е (128, 127)*, блок-контакты *КС2 (17)*, провод *7Ж (125)*, блок-контакты *Р3 (24)*, провод *7И (126)*, катушка *ВГ (19)*.

При неисправности одного двигателя задней тележки выключается отключатель *ОМ4—6 (47)*. При этом размыкается цепь катушки контактора *СП1 (12)* и, кроме того, цепи контакторов *С (11)* и *ВГ (19)* и цепь реле ограничения тока так же, как в предыдущем случае. Схема работает точно так же, как это описано выше, но вместо *СП1 (12)* включается *СП2 (13)*.

Переход на ослабленное поле совершается автоматически под действием реле перехода *РП (26)*, но в случае отключения группы двигателей *1—3* переход будет при меньшем токе генератора, чем при отключении группы *4—6*, так как в первом случае в цепь шунтовой катушки реле перехода вводится сопротивление *Г-34*, которое во втором случае шунтируется блок-контактами *СП2 (13)*.

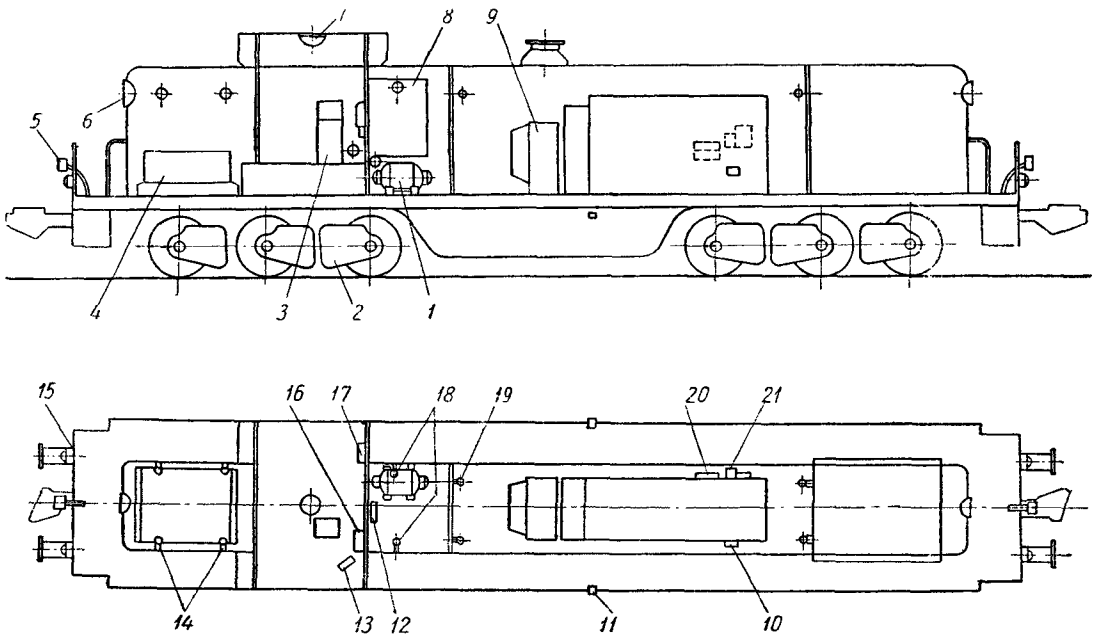
РАСПОЛОЖЕНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Расположение электрооборудования на тепловозе показано на фиг. 150. Тяговые электродвигатели *2* расположены на тележках тепловоза. Каждый электродвигатель имеет на станине приливы, с помощью которых он крепится к поперечной полке тележки. С другой стороны электродвигатель опирается на ось через моторно-осевые подшипники.

Генератор *9* специальными лапами опирается на дизельную раму тепловоза и расположен вместе с дизелем в передней части машинного помещения под капотом.

Аккумуляторная батарея *4*, состоящая из 32 элементов, расположена также под капотом в специальном для нее помещении позади кабины машиниста. Элементы размещены по 4 шт. в восьми ящиках, расположенных в два ряда. В дверцах капота имеются жалюзи для вентиляции аккумуляторного помещения.

Основная часть аппаратуры управления расположена в аппаратной камере *8*, находящейся в задней части машинного помещения.



Фиг. 150. Расположение электрооборудования на тепловозе:

1 — двухмашинный агрегат (возбудитель — вспомогательный генератор); *2* — тяговый электродвигатель; *3* — пульт управления; *4* — аккумуляторная батарея; *5* — розетка междутепловозного соединения; *6* — прожектор; *7* — плафон; *8* — аппаратная камера; *9* — генератор; *10* — реле давления масла; *11* — подкузовное освещение; *12* — электродвигатель топливного насоса; *13* — электродвигатель калорифера; *14* — освещение аккумуляторного помещения; *15* — буферные фонари; *16* — регулятор напряжения; *17* — отключатель электродвигателей; *18* — освещение аппаратной камеры; *19* — освещение машинного помещения; *20* — электропневматический привод регулятора дизеля; *21* — соленоид регулятора.

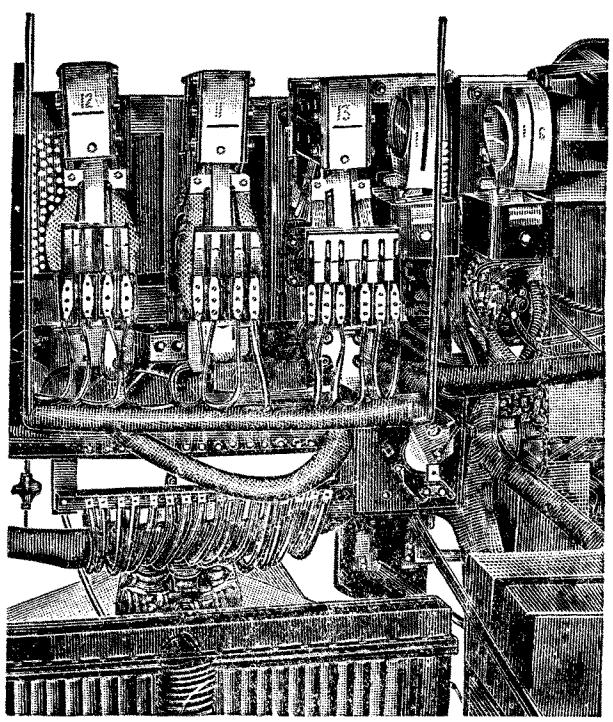
Каркас аппаратной камеры собран из углового железа, со стенками из перфорированного железа. Камера имеет дверь, выходящую в кабину машиниста.

Передняя стенка аппаратной камеры показана на фиг. 151. Схема расположения аппаратуры в камере показана на фиг. 152.

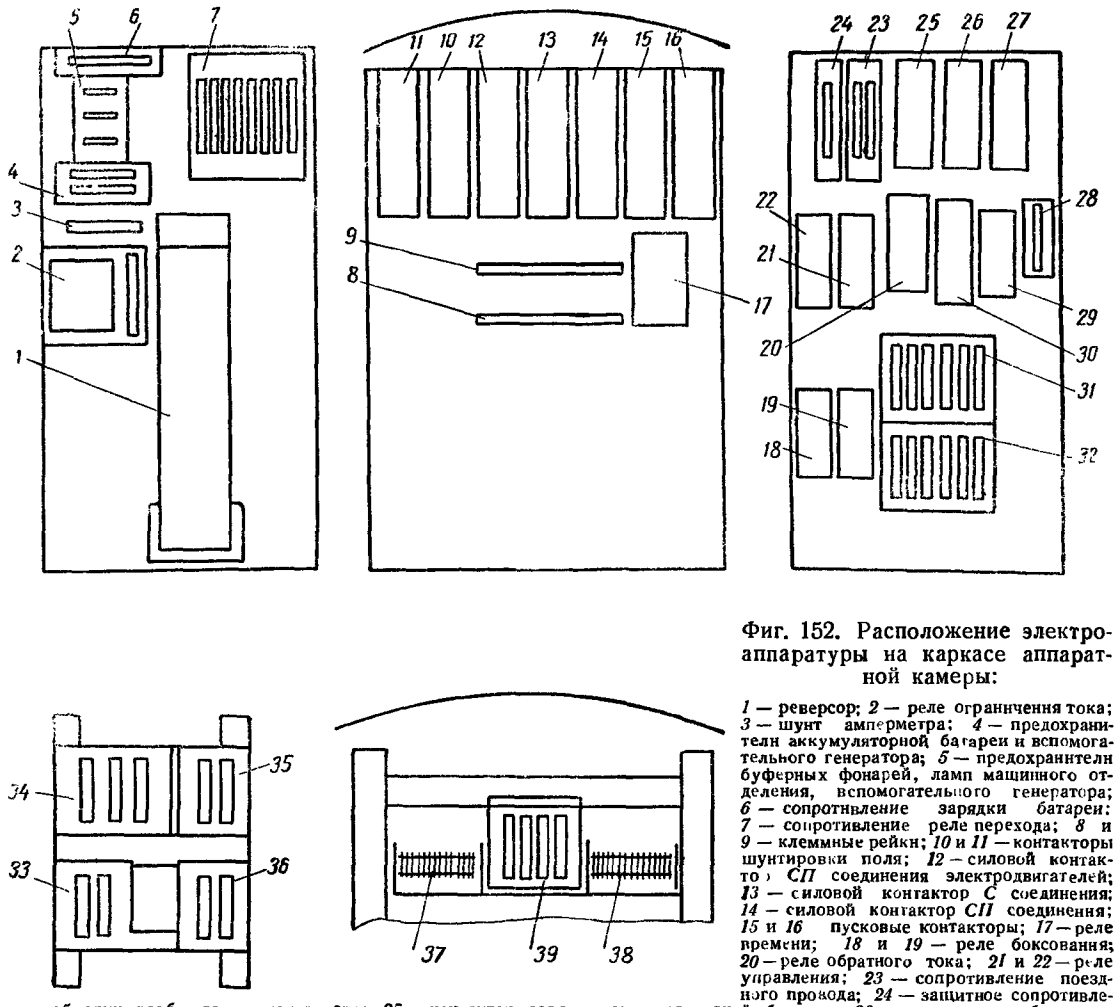
На передней стенке расположены: контакторы силовой цепи *12*, *13* и *14*, пусковые контакторы *15* и *16*, контакторы шунтировки поля *10* и *11*, реле времени *17* и клеммные рейки проводов управления *8* и *9*.

На правой боковой стенке камеры размещены: контактор зарядки аккумуляторной батареи *25*, контакторы возбуждения генератора и возбудителя *26* и *27*, реле управления *21* и *22*, реле обратного тока *20*, реле перехода *30*, реле заземления *29* с отключателем *28*, реле боксования *18* и *19*, защитное сопротивление обмотки возбуждения генератора *24*, сопротивление поездного провода *23* и сопротивление реле боксования *31* и *32*.

На левой боковой стенке находятся: реле ограничения тока *2*, предохранители аккумуляторной батареи и вспомогательного генератора *4*, предохранитель буферных фонарей и



Фиг. 151. Вид на переднюю стенку аппаратной камреы.



Фиг. 152. Расположение электроаппаратуры на каркасе аппаратной камеры:

1 — реверсор; *2* — реле ограничения тока; *3* — шунт амперметра; *4* — предохранители аккумуляторной батареи и вспомогательного генератора; *5* — предохранители буферных фонарей, ламп машинного отделения, вспомогательного генератора; *6* — сопротивление зарядки батареи; *7* — сопротивление реле перехода; *8* и *9* — клеммные рейки; *10* и *11* — контакторы шунтировки поля; *12* — силовой контактор *СП* соединения электродвигателей; *13* — силовой контактор *С* соединения; *14* — силовой контактор *СП* соединения; *15* и *16* пусковые контакторы; *17* — реле времени; *18* и *19* — реле боксования; *20* — реле обратного тока; *21* и *22* — реле управления; *23* — сопротивление поездного провода; *24* — защитное сопротивление обмотки возбуждения генератора; *25* — контактор зарядки аккумуляторной батареи; *26* — контактор возбуждения генератора; *27* — контактор возбуждения возбудителя; *28* — отключатель реле заземления; *29* — реле заземления; *30* — реле перехода; *31* и *32* — сопротивления реле боксования; *33* — сопротивление прожектора; *34* и *35* — сопротивления возбуждения возбудителя; *36* — сопротивление прожектора; *37* и *38* — сопротивления шунтировки поля; *39* — сопротивление реле заземления.

ламп машинного отделения *5*, шунт амперметра батареи *3*, сопротивление зарядки батареи *6*, сопротивление реле перехода *7* и реверсор *1*.

Сзади на передней стенке каркаса камеры расположены сопротивления шунтировки поля тяговых электродвигателей *37* и *38* и сопротивление реле заземления *39*.

На стенке кожуха камеры со стороны машинного помещения размещены щитки с сопротивлениями возбуждения возбудителя *34* и *35* и сопротивлением прожекторов *36*.

На полу аппаратной камеры с левой стороны установлен двухмашинный агрегат *1* (фиг. 150) и справа от него — электродвигатель топливного насоса *12*.

В кабине машиниста с правой стороны установлен пульт управления *3*, в который входят. контроллер машиниста, кнопочный выключатель, измерительные приборы. У пульта управления находятся электродвигатель калорифера *13*. Здесь же на передней стенке кабины установлен регулятор напряжения *16*. С левой стороны на этой стенке установлены отключатели электродвигателей *17*.

Арматура освещения тепловоза размещена следующим образом: в кабине машиниста — потолочный плафон *7*; в аппаратной камере по бокам — два патрона *18*; в помещении аккумуляторной батареи — четыре патрона *14* (по два на каждой боковой стенке), в машинном

помещении — четыре лампы *19* (две со стороны генератора и две с противоположной стороны). Подкузовное освещение осуществляется с помощью двух розеток *11* для переносной лампы (по одной с каждой стороны тепловоза). По два буферных фонаря *15* установлены у каждого буферного бруса тепловоза. По одному прожектору *6*, утопленному в капоте, установлено на обоих концах тепловоза.

На обоих торцах тепловоза расположены по одной розетке междутепловозного соединения *5*.

Аппараты закреплены на своих местах болтами и снабжены пружинными шайбами, предохраняющими от саморазвертывания.

Проводка на тепловозе выполнена гибкими изолированными проводами марки ПС. Для силовой цепи и измерительных проводов силовой цепи применяются провода с изоляцией на 3000 *в* (ПС-3000). Для всех остальных цепей применяются провода с изоляцией на 1000 *в* (ПС-1000).

По отдельным цепям применяются провода следующих сечений.

Силовая цепь от генератора до каждой группы последовательно соединенных электродвигателей, а также между самими электродвигателями, выполнена проводом 350 *мм*^{2}. Цепи шунтирующих сопротивлений обмоток возбуждения тяговых электродвигателей и цепь пуска дизеля генератором от аккумуляторной батареи выполнена проводом 150 *мм*^{2}. Перемычки между элементами аккумуляторной батареи выполнены проводом 70 *мм*^{2}. Цепи возбуждения генератора и зарядки аккумуляторной батареи от вспомогательного генератора выполнены проводом 16 *мм*^{2}. Цепи управления, возбуждения возбудителя и освещения выполнены проводом 2,5 *мм*^{2}.

Основная часть проводов, проходящих по тепловозу, уложена в кондуиты. Провода между тяговыми электродвигателями, проходящие под кузовом тепловоза, соединены между собой с помощью кабельных наконечников болтами и защищены брезентовыми рукавами. Кабели укреплены с помощью деревянных колодок.

Монтаж кабельной проводки в аппаратной камере выполнен в виде пучков проводов, изолированных сверху хлопчатобумажной лентой, покрытой глипталевым или покровным лаком.

Все провода снабжены бирками с выбитыми на них обозначениями согласно исполнительной электрической схеме.

Электрическая проводка тепловоза должна периодически осматриваться. Изоляция проводов должна быть исправной, сухой и чистой.

Систематическому контролю должно подвергаться крепление наконечников к аппаратам и машинам, а также состояние пайки наконечников. Необходимо периодически проверять сопротивление изоляции проводов с помощью меггометра.

Сопротивление изоляции проводов силовой цепи не должно быть меньше 1 *мгом*, а цепей управления — 0,5 *мгом*.

Взаимное расположение основных агрегатов электрооборудования на каждой секции тепловоза ТЭ2 мало отличается от расположения этих агрегатов на тепловозе ТЭ1. Главный генератор вместе с дизелем установлен не под капотом, а в машинном отделении кузова. Пульт управления расположен в кабине машиниста, отделенной перегородкой от машинного отделения. Измерительные приборы и кнопки управления перенесены от контроллера и собраны на специальном щитке перед правым лобовым окном. Электрические аппараты расположены, так же как и на тепловозе ТЭ1, в аппаратной камере, имеющей дверь в кабину машиниста. Благодаря большему объему этой камеры в ней дополнительно по сравнению с содержанием камеры тепловоза ТЭ1 помещены: регулятор напряжения, сопротивления в цепи возбуждения возбудителя и прожекторов, а также сопротивления ослабления поля тяговых электродвигателей. На наружных стенках камеры аппаратура не установлена, что представляет несомненные удобства для обслуживания и безопасности персонала.

Двухмашинный агрегат установлен на полу аппаратной камеры.

Аккумуляторная батарея размещена под полом машинного отделения с обоих боков тепловоза. Доступ к ней осуществляется через съемные плиты пола.

Сечения и марки проводов в отдельных электрических цепях тепловоза ТЭ2 те же, что и в соответствующих цепях тепловоза ТЭ1.

ГЛАВА II

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

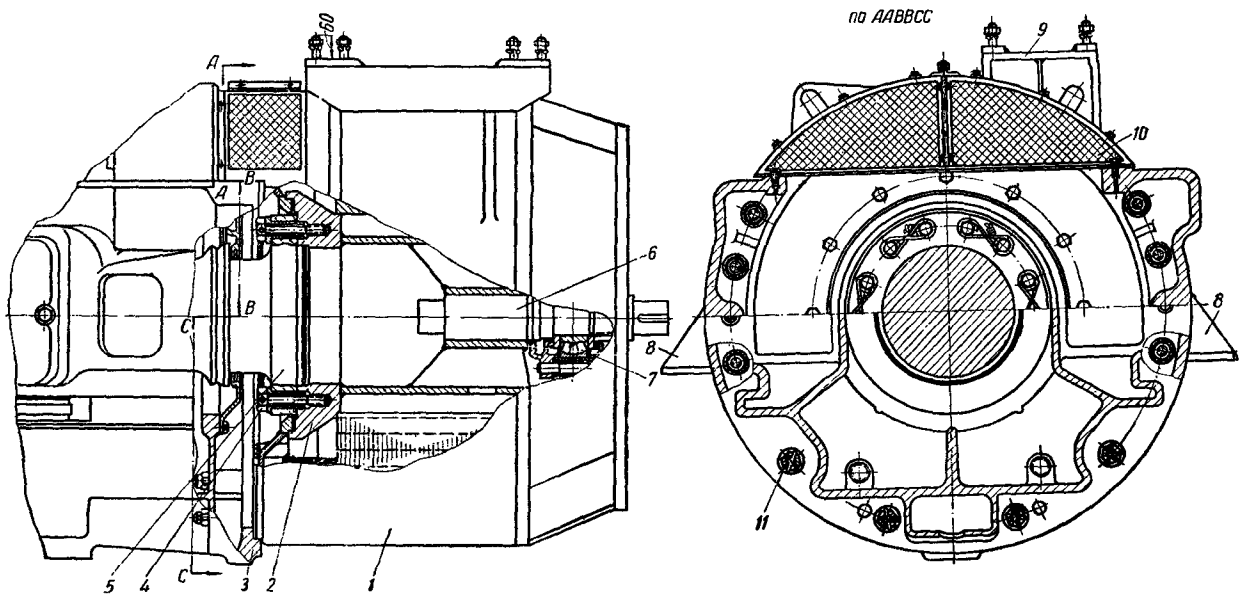
ТЯГОВЫЙ ГЕНЕРАТОР

Генератор типа МПТ-84/39 представляет собой восьмиполюсную машину постоянного тока с независимым возбуждением от специального возбудителя. Генератор в защищенном исполнении, с самовентиляцией. Вращение генератора одностороннее против часовой стрелки (если смотреть со стороны коллектора).

Конструкция генератора данного типа в значительной степени отличается от конструкции обычных машин стационарного типа. Необходимость вписывания в ограниченный габарит при установке на тепловозе, работа при высоких окружающих температурах и значительном диапазоне изменения тока и напряжения обусловили своеобразие конструкции отдельных узлов генератора и применение при его изготовлении высококачественных сталей и изоляционных материалов.

Генератор приводится во вращение от дизеля. Соединение между дизелем и генератором показано на фиг. 153.

Осевые размеры генератора значительно сокращены по сравнению с машинами обычной конструкции, применением якоря с укороченным валом *6* и наличием только одного самоустанавливающегося роликового подшипника *7* со стороны коллектора генератора. С другой стороны якорь с помощью фланца *2* на корпусе соединен двенадцатью болтами *4* с фланцем *5* коленчатого вала дизеля и опирается на подшипник последнего. Станина генератора *1*



Фиг. 153. Соединение главного генератора с дизелем:

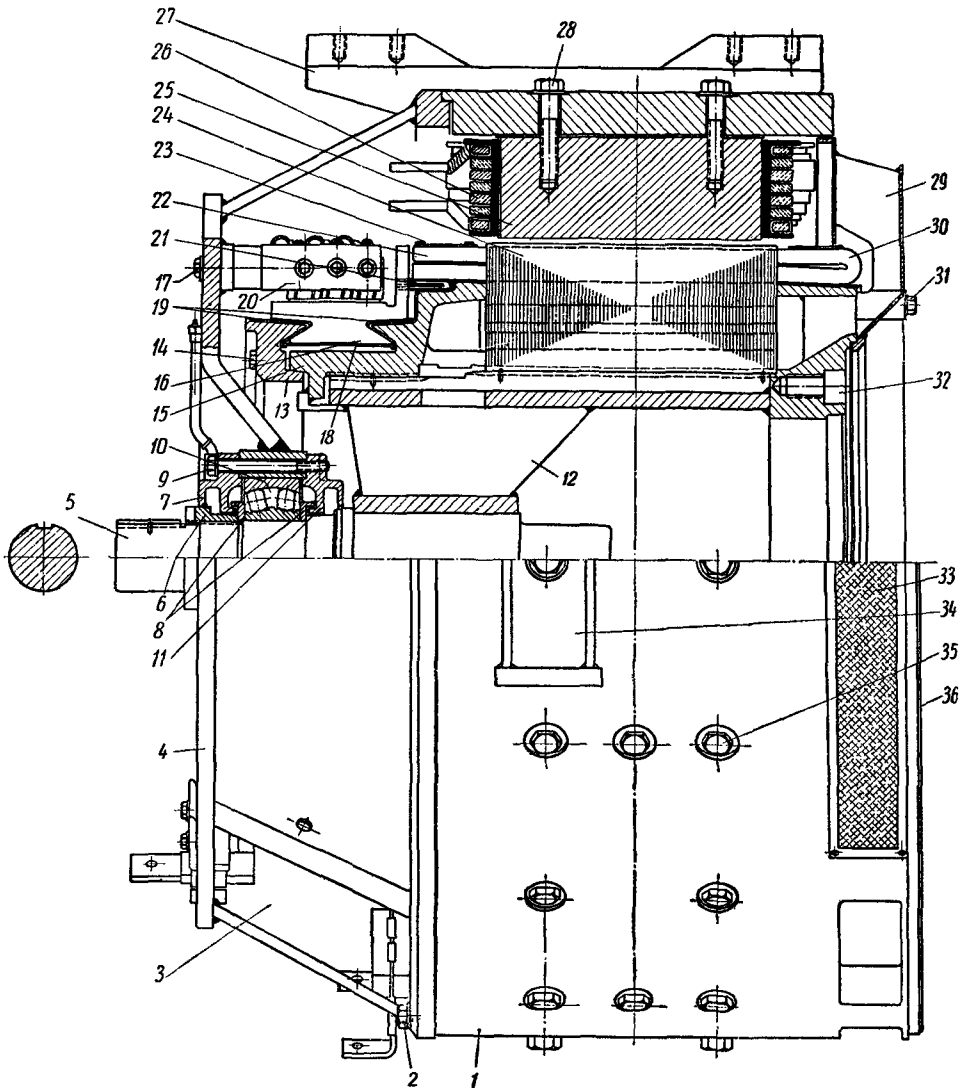
1 – станина; *2* — фланец корпуса якоря; *3* — фланец картера дизеля; *4* — болт; *5* — фланец вала дизеля; *6* — вал генератора; *7* — подшипник; *8* — опорные лапы; *9* — площадка для турбовоздуходувки; *10* — защитные сетки; *11* — шпильки.

своей нижней полуокружностью с помощью центрирующего бурта крепится к фланцу картера дизеля *3* десятью стальными шпильками *11*. Такой способ крепления обеспечивает правильную установку генератора при монтаже и требуемую соосность валов дизеля и генератора, совместная работа которых облегчается наличием самоустанавливающегося подшипника.

Продольный и поперечный разрезы главного генератора показаны на фиг. 154.

Станина главного генератора. Станина генератора *1* круглой формы, изготовлена из цельного стального листа высокой магнитной проводимости. Торец станины со стороны дизеля обработан для непосредственного соединения с фланцем картера дизеля и имеет десять отверстий с плотной резьбой для соедини-

тельных шпилек. С противоположной стороны к торцу станины шестнадцатью болтами прикрепляется сварной подшипниковый *щит 4* для установки роликового подшипника *10* и крепления восьми щеткодержателей *20*. Для осмотра щеткодержателей и коллектора в верхней части подшипникового щита имеются три люка, закрываемые крышками *46* с замками *45*. С обоих боков станины приварены по одной *лапе 34*, с помощью которых генератор опирается на раму тепловоза. К верхней части станины приварена площадка *27* для установки турбовоздуходувки. Два отверстия *42*, просверленные в этой площадке, вместе с проушиной *44*, расположенной также на станине, предназначены для подъема генератора. На поверхности станины со стороны дизеля имеются отверстия, защищенные сетками *33*, предназначенные для отвода охлаждающего генератор воздуха.



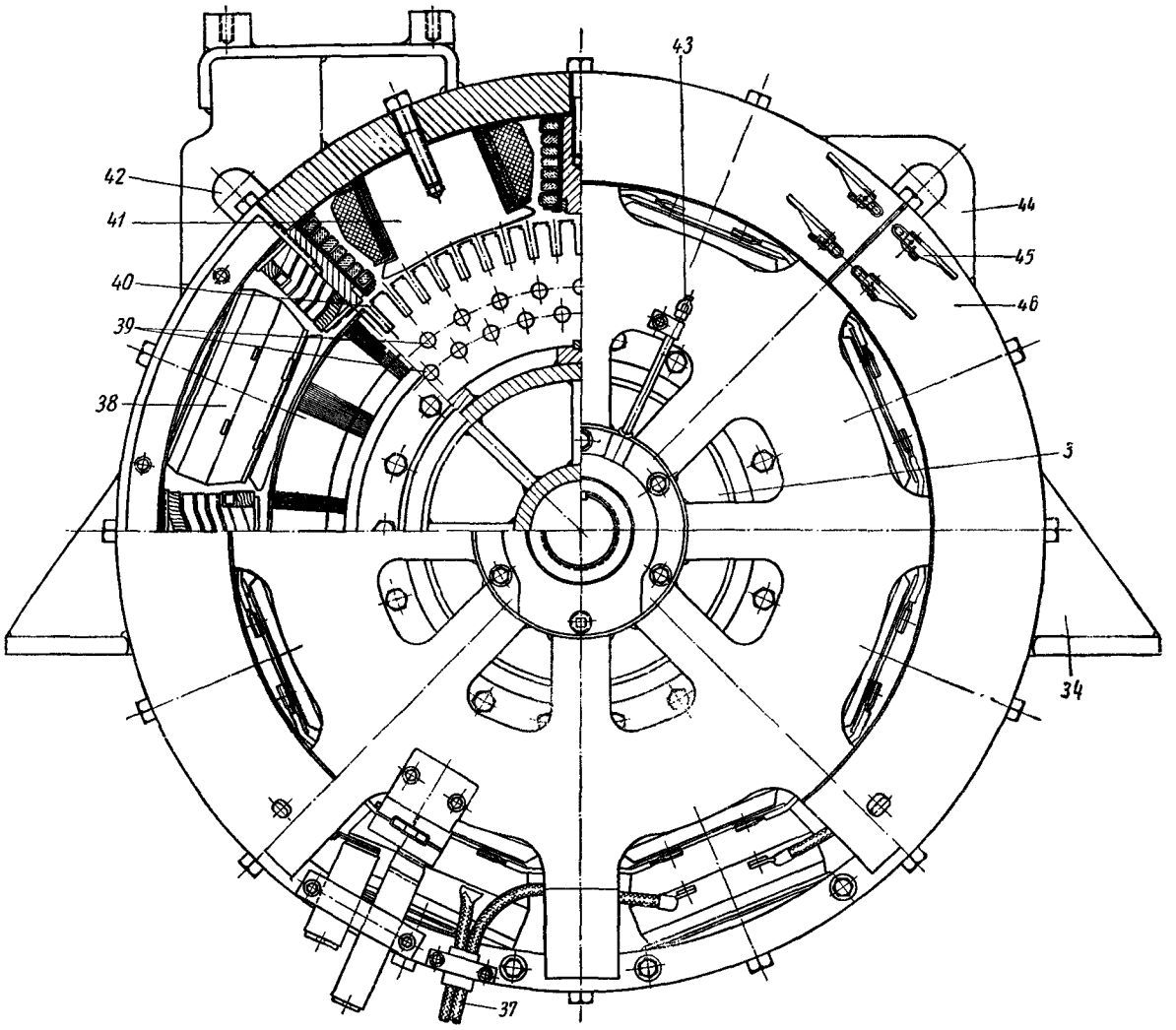
Фиг. 154. Продольный и поперечный

1 — станина; *2* — болт для крепления подшипникового щита; *3* — вентиляционные отверстия; *4* — под для лабиринтовых колец; *10* — роликовый подшипник; *11* — задн.е лабиринтовое кольцо; *12* — корпус щеткодержателя: *18* — миканитовый цилиндр; *19* — миканитовые манжеты: *20* — к рпус щеткодер *24* — сердечник я оря; *25* — сердечник дополнительного полюса; *26* — обмотка дополнительного полюса; лобовая часть обмотки якоря; *31* — бол т для крепле и я вентилятора; *32* — отверстие под болт для крепления главного полю а; *36* — центрирующий бу т; *37* — кабельные выводы; *38* — катушка главного подъема генератора; *43* — трубка для запрессовки смазки в подшипник; *44* — про

По окружности станины расположены равномерно восемь групп отверстий (по три в ряду) для винтов, крепящих восемь главных полюсов *41* и восемь групп отверстий (по два в ряду) для винтов, крепящих восемь дополнительных полюсов *25*. Винты, крепящие полюсы, снабжены пружинящими шайбами, предназначенными для предотвращения саморазвертывания.

Главные полюсы. Сердечники главных полюсов выполнены из отдельных листов электротехнической стали толщиной 1 *мм*, обладающей высокой магнитной проводимостью. Листы сварены между собой по боковым поверхностям и по поверхности, прилегающей к станине, и спрессованы в пакеты. На полюсы насажены стальные каркасы, на которые надеваются катушки (фиг. 155).

На главных полюсах генератора расположены по две обмотки: независимого возбуждения и пусковая. Пусковая обмотка *4* выполнена из голой полосовой меди сечением 1,95 × 90 *мм*, намотанной широкой плоскостью в один ряд. На каждый полюс намотано три витка. От стального каркаса *1* на полюсе пу-

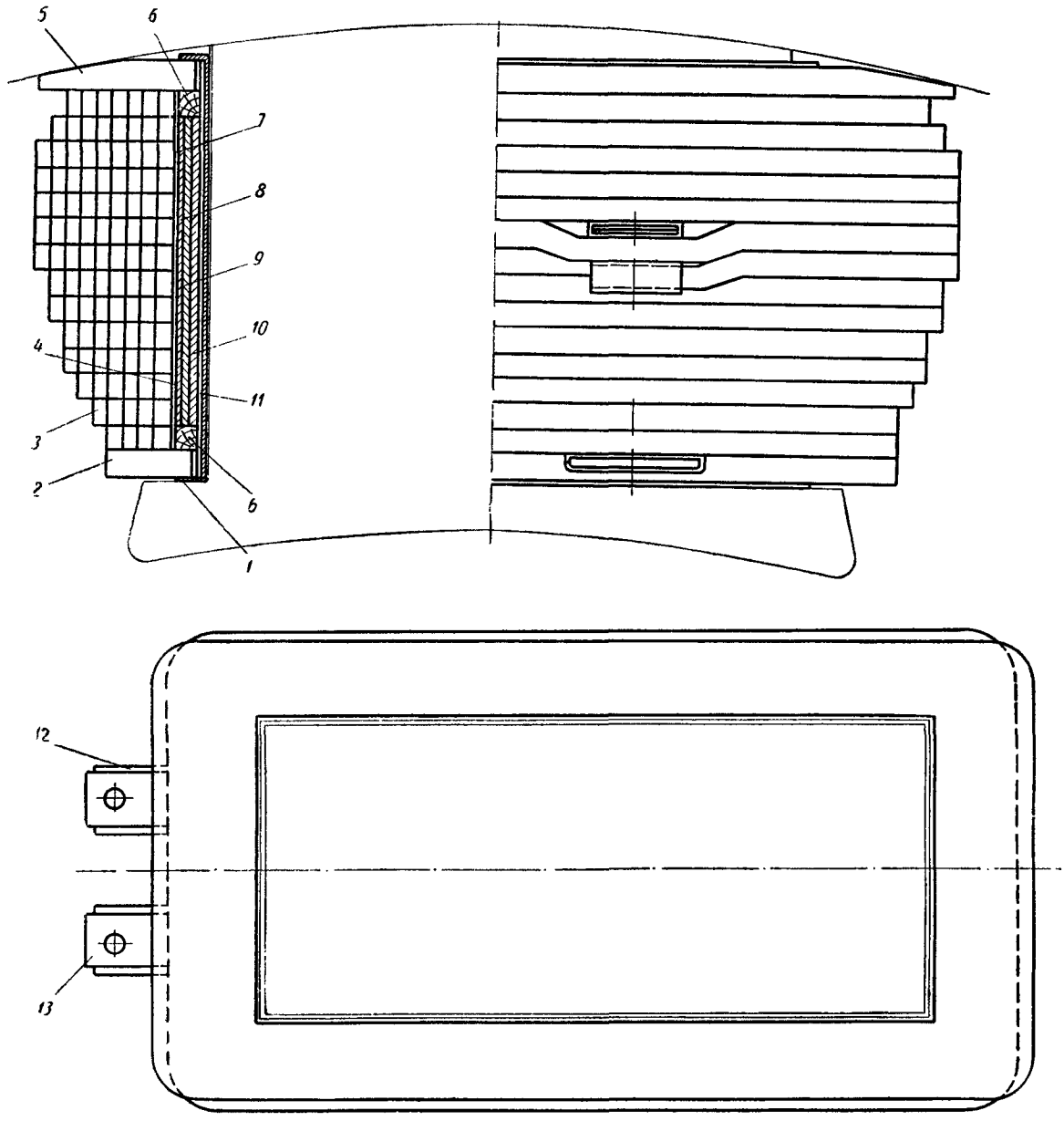


разрезы главного генератора:

шпиниковый щит; *5* — вал якоря; *6* — гайка подшипника; *7* — переднее лабиринтовое кольцо; *8* — отражатели; *9* — болт якоря; *13* — нажимная шайба; *14* — болт коллектора; *15* — корпус коллектора; *16* — пластины коллектора; *17* — болт жателя; *21* — уравнительное соединение: *22* — передняя лобовая часть обмотки якоря; *23* — проволочный бандаж; *27* — площадка для трубовоздуходувки; *28* — болт для крепления дополнительного полюса; *29* — вентилятор; *30* — задняя креплеиия с флаицем вала дизеля; *33* — сетка выходного отверстия охлаждающего воздуха; *34* — опорная лапа; *35* — болт полюса; *39* — вентиляционные отверстия в сердечиике якоря; *40* — паз; *41* — сердечник главного полюса; *42* — отверстие для ушина для подъема геператора; *45* — пружинный замок; *46* — крышка коллекториого люка.

сковая обмотка изолирована тремя слоями миканита толщиной 0,5 *мм*, сверху которого наклеен прессшпан. На торцах обмотки положены деревянные колодки. Между собой витки изолированы миканитом толщиной 0,3 *мм*. На пусковую обмотку *4* намотаны 105 витков обмотки независимого возбуждения *3* из изолированной медной проволоки сечением $4{,}1 \times 6{,}9$ *мм*.

Обмотка *3* выполнена в девять слоев с различным числом витков в слое. В процессе намотки каждый слой обмотки промазывается лаком. Между пусковой обмоткой *4* и обмоткой независимого возбуждения проложено два слоя миканита толщиной 0,5 *мм* и прессшпан. Обе обмотки скомпонованы в одну катушку, покрытую по всей поверхности серым эмалевым лаком. На полюсе катушка расположена между двумя изолитовыми рамками *2* и *5* по торцам катушки. Изоляция обмотки независимого возбуждения — класса А, пусковой обмотки — класса В.



Фиг. 155. Катушка главного полюса:

1 — стальной каркас; *2* и *5* — изолитовые рамки; *3* — витки независимой обмотки; *4* — витки пусковой обмотки; *6* — деревянная колодка; *7* — прессшпан; *8* — миканит; *9* — миканит; *10* — прессшпан; *11* — миканит; *12* — отвод пусковой катушки; *13* — отвод независимой катушки.

Так как посадка катушки на полюс односторонняя, то для соблюдения требуемого чередования полярности из восьми катушек генератора четыре катушки обеих обмоток имеют перекрещенные выводы, а остальные четыре — открытые.

Как обмотки независимого возбуждения, так и пусковые обмотки всех восьми полюсов соединены каждая между собой последовательно.

Сопротивление всей обмотки независимого возбуждения при температуре, равной 25° С, составляет 0,69 *ом*, пусковой обмотки — 0,003 *ом*.

Средний воздушный зазор под главными полюсами равен *4 мм*.

Дополнительные полюсы. Сердечники дополнительных полюсов изготовляются из литой стали прямоугольного сечения. Для регулирования воздушного зазора между станиной генератора и сердечником предусмотрены стальные прокладки толщиной 0,5 и 1 *мм*.

Катушка дополнительного полюса (фиг. 156) имеет семь витков голой медной проволоки *2* прямоугольного сечения 19,5 × 14 *мм*, намотанной на ребро. Витки катушки расположены в один слой между двумя рамками из изоляционного материала «Изолит» и изолированы друг от друга деревянными прокладками *3*, обмотанными шпагатом *4*. Крайние выводные витки катушки изолированы миканитовой лентой *7* толщиной 0,15 *мм* в перекрышу в два слоя и сверху тафтяной лентой *8* в перекрышу в один слой. Катушка наматывается на стальной каркас *6*, приваренный к сердечнику. От каркаса катушка изолирована пресшпаном толщиной 0,2 *мм* и миканитом толщиной 0,5 *мм* в три слоя.

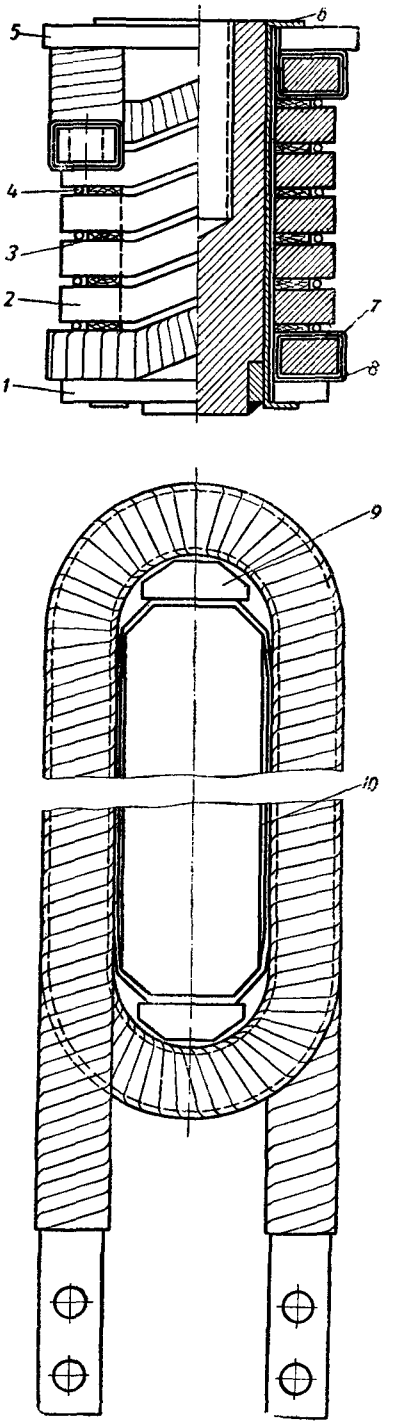
Все восемь катушек дополнительных полюсов соединены последовательно. Сопротивление цепи этих катушек составляет 0,00325 *ом* при 25° С. Изоляция катушек класса В. Средний воздушный зазор между зубцами якоря и главными полюсами равен 4 *мм*, зазор под дополнительными полюсами — 6,8 *мм*.

Якорь. Якорь генератора (см. фиг. 154) выполнен с укороченным валом *5* и одним самоустанавливающимся роликовым подшипником *10* со стороны коллектора. Вал якоря изготовляется из специальной валовой стали марки СГ 150/140 высокого качества, обладающей большой механической прочностью. Поверхность вала отшлифована для прессовой посадки (со стороны укороченного конца) стального сварного корпуса *12*, имеющего короткую внутреннюю втулку. Корпус имеет фланец, по окружности которого расположены двенадцать отверстий с резьбой для болтового соединения с валом дизеля. Другой конец вала, опирающийся на подшипник генератора, выходит из подшипникового щита *4* и служит для привода вспомогательных механизмов и двухмашинного агрегата.

На корпус якоря напрессован (под давлением 40 *т*) сердечник якоря *24*, закрепленный с помощью шпонки. Сердечник якоря состоит из отдельных штампованных листов электротехнической стали марки СЭ 124/0,5. Для уменьшения потерь на токи Фуко выбраны листы толщиной 0,5 *мм* и изолированы друг от друга нанесением на них тонкого слоя лака. Листы имеют два ряда вентиляционных отверстий *39* круглой формы, расположенных равномерно по двум окружностям. Сердечник якоря имеет 76 пазов *40* для укладки секций якоря.

Коллектор. Коллектор генератора состоит из 380 коллекторных пластин *16* (фиг. 154) клиновидной формы, изготовленных из красной твердотянутой меди, размещенных по окружности корпуса коллектора, имеющих форму «ласточкина хвоста», зажатых между выступом корпуса коллектора *15* и специальной нажимной шайбой *13* с помощью восемнадцати болтов *14*, притягивающих шайбу к корпусу коллектора. Коллекторные пластины изолируются от корпуса двумя миканитовыми манжетами *19* и миканитовым цилиндром *18*. Между собой коллекторные пластины изолируются пластинами коллекторного миканита толщиной 1 *мм*.

Выступающий из-под пластин манжет нажимной шайбы покрывается бандажом из шпагата, сверху которого накладывается эмалевый лак. На концах колекторных пластин имеются выступы с прорезями для впаивания концов обмотки и якоря. Собранный



Фиг. 156. Катушка дополнительного полюса:

1 и *5*—изолитовые рамки; *2*—витки катушки; *3* — деревяиная прокладка; *4* — шпагат; *6* — стальной каркас; *7* — миканитовая лента; *8*— тафтяная лента; *9* — деревяиая колодка; *10* — микаиит, телефонная бумага и прессшпан.

коллектор должен иметь совершенно гладкую поверхность. Для того чтобы после износа пластин миканит не выступал над поверхностью коллектора, он продораживается на глубину 1,2 *мм*. Собранный коллектор не должен иметь овальности и должен быть концентричным с внутренней обоймой подшипника. Биение коллектора по индикатору не должно превышать 0,04 *мм*.

Подшипник якоря. Подшипник установлен в подшипниковом щите *4* (фиг. 154) станины генератора. Самоустанавливающийся подшипник *10* роликовый, сферический, двухрядный имеет осевой разбег, равный 1,5—3 *мм*, т. е. больший, чем подшипник вала дизеля, поэтому осевые усилия воспринимаются упорным подшипником дизеля. Подшипник допускает также некоторое отклонение вала якоря от геометрической оси.

Якорный подшипник насаживается на вал под давлением или в нагретом состоянии без давления. Подшипник имеет переднее *7* и заднее *11* лабиринтовые кольца с отражателями *8* для предотвращения вытекания смазки. Лабиринтовые кольца крепятся болтами *9* к подшипниковому щиту. Подшипник закрепляется на валу с помощью специальной гайки *6* с установочным винтом. Для запрессовки густой смазки (осогалина) с помощью прессмасленки, в подшипниковом щите имеется трубка *43*.

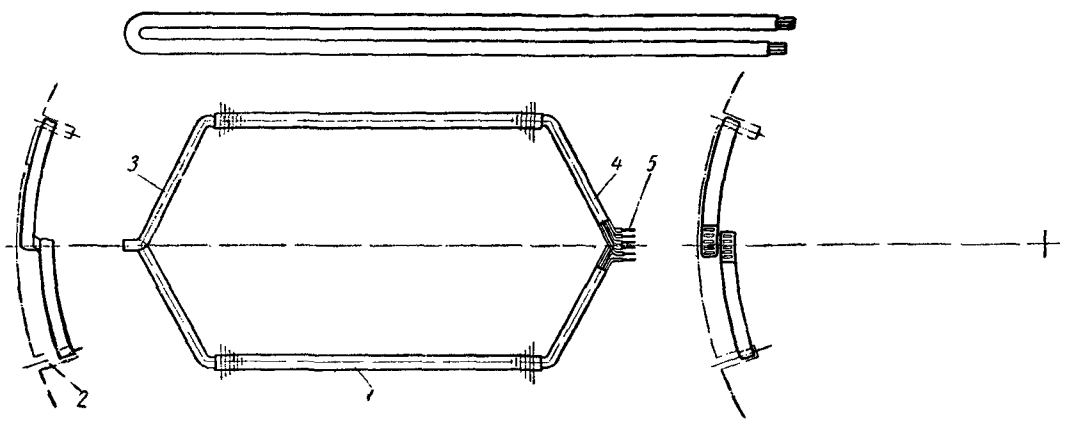
только в одну сторону. Охлаждающий воздух, засасываемый вентилятором, поступает в генератор через вентиляционные отверстия *3* в подшипниковом щите и проходит далее двумя параллельными потоками. Один поток омывает поверхность коллектора, якоря и полюсов. Второй поток проходит по внутренним полостям корпуса якоря, коллектора и сердечника якоря по вентиляционным каналам. Оба потока выбрасываются наружу через отверстия в станине генератора, защищенные сетками *33*.

При такой системе (т. е. при так называемой параллельной вентиляции) охлаждение генератора получается наиболее эффективным.

Обмотка якоря. Обмотка якоря выполнена из 1140 медных стержней прямоугольного сечения 1,81 × 5,5 *мм*, собранных в 76 секций. Каждая секция (фиг. 157) состоит из 15 стержней, соединенных пластиной коллектора по три параллельно.

Таким образом, обмотка якоря имеет всего 380 витков.

В пазу сердечника якоря стержни секции обмотки расположены по пять в ряду в три слоя (фиг. 158). Каждые три стержня, расположенные друг над другом, составляют один виток. Изоляция обмотки якоря класса В. Стержни обмотки *1* изолированы дельта-асбестовой изоляцией, пропитанной лаком. Между вертикальными группами стержней по высоте



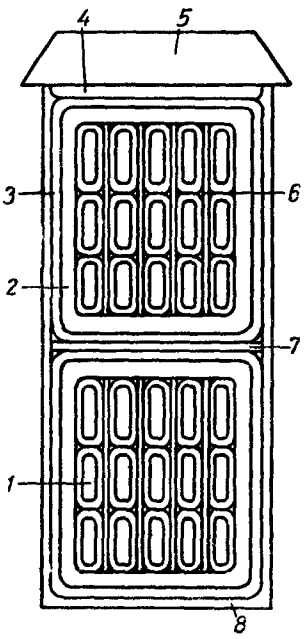
Фиг. 157. Секция якоря:

1 — сторона секции в пазу; *2* — паз; *3* — задние лобовые соединения; *4* — передние лобовые соединения; *5* — выводы секции.

Вентилятор. Для охлаждения генератора служит сварной вентилятор *29* (фиг. 154) с косыми крыльями, который прикреплен болтами к торцу корпуса якоря со стороны, противоположной коллектору. Расположение и форма крыльев вентилятора обеспечивают подачу охлаждающего воздуха при вращении

паза проложены миканитовые прокладки *6* толщиной 0,12 *мм*. Проводники секции в пазовой части изолируются тремя слоями миканитовой ленты *2* толщиной 0,1 *мм* в полуперекрышу. Сверху секция обматывается одним слоем миткалевой ленты *3* без перекрыши (в лобовых частях обмотки — в полуперекры-

шу) и пропитывается лаком. На дно паза под секцией и между секциями уложены по две миканитовых прокладки *7* и *8* толщиной по 0,3 *мм*. Под клин, крепящий секцию в пазу, подкладывается прокладка из слюды *4*. Между лобовой частью секции и фланцем корпуса якоря со стороны, обратной коллектору, проложена изоляция из асбестовой ткани толщиной 1 *мм*, четырех слоев миканита толщиной 0,5 *мм* в перекрышу и трех витков тафтяной ленты. Изоляционная прокладка сверху покрыта лаком и эмалью. Секции обмотки якоря в пазу удерживаются изолитовыми клиньями. Лобовые части секции со стороны коллектора и привода закреплены бандажами из 50 витков каждый, стальной проволоки с 12 замками — равномерно по всей окружности. Под бандажи подложены изоляционные прокладки из миканита и асбестовой ткани.



Фиг. 158. Изоляция секции в пазовой части:

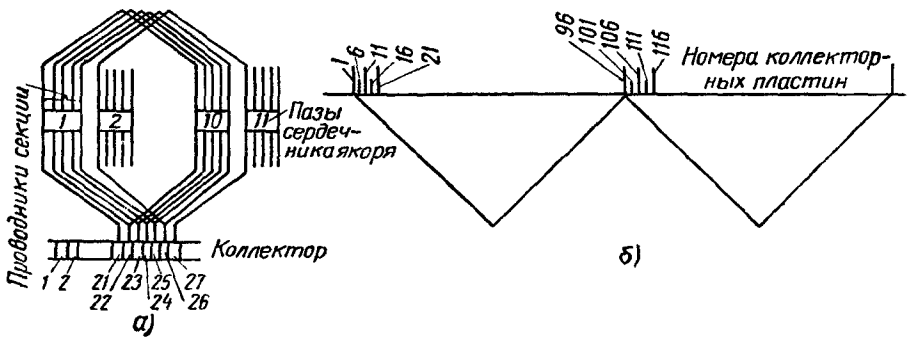
1 — медь с дельта-асбестовой изоляцией; *2* — миканитовая лента; *3* — миткалевая лента; *4* — прокладка из слюды; *5* — изолитовый клин; *6* — миканитовая прокладка; *7* и *8* — миканитовые прокладки.

Способ соединения витков обмотки якоря между собой петлевой, типа $2a = 8$, т. е. с восемью параллельными ветвями. Принципиальная схема обмотки изображена на фиг. 159. Такой тип обмотки не исключает возникновения уравнительных токов при наличии вполне возможной магнитной асимметрии в машине, что в свою очередь вызовет дополнительную нагрузку этими токами обмотки якоря и щеток. При этом ухудшается коммутация и увеличиваются потери мощности, вызывающие нагревание генератора. Для предотвращения этого явления к точкам равного потенциала на коллекторе приключены уравнительные соединения, имеющие весьма малое сопротивление. Уравнительные соединения в количестве 76 стержней выполнены из голой меди прямоугольного сечения 1,81 × 6,9 *мм*. На каждые пять пластин коллектора приходится по одному уравнительному соединению Эти соединения расположены со стороны коллектора под лобовыми частями обмотки якоря в специально предусмотренной полости корпуса коллектора.

Уравнительные соединения изолированы миканитом толщиной 0,5 *мм*.

Пустоты в корпусе коллектора под уравнительными соединениями заполнены изоляционной замазкой.

В прорезь каждого петушка коллектора впаяно по шесть стержней обмотки якоря и через каждые пять пластин под ними впаяны уравнительные соединения. Между стержнями обмотки якоря в прорезях петушков заложены клинья из обмоточной меди. Сопротивление



Фиг. 159. Принципиальная схема обмотки якоря и уравнительных соединений: *а* — обмотка якоря; *б* — уравнительные соединения.

якорной обмотки при температуре 25° составляет 0,0069 *ом*.

Шаг витков обмотки якоря по пазам *1—10*, шаг по коллектору *1—2*. Шаг по коллектору для уравнительных соединений *1—96, 6—101, 11—106* и т. д. (фиг. 159).

Выполненная описанным образом обмотка якоря с изоляцией класса В способна переносить более высокие температуры нагрева (до 145° С), чем соответствующая обмотка обычной стационарной машины.

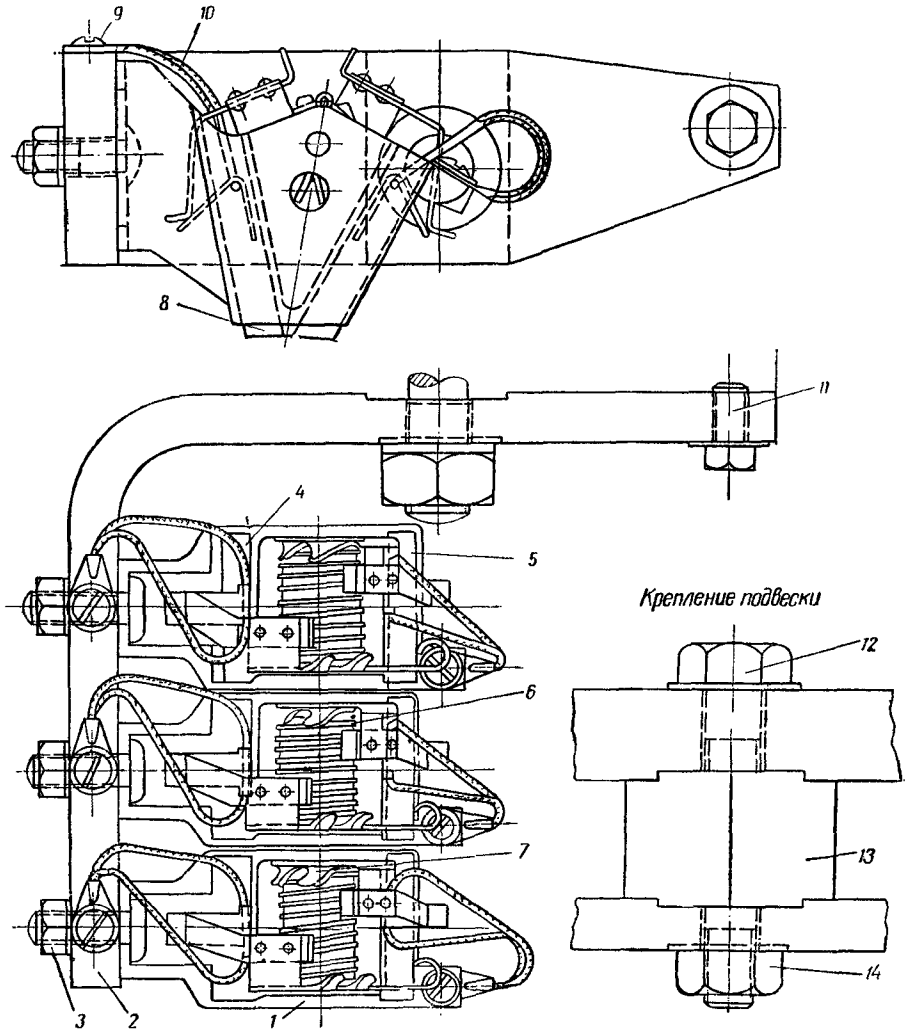
Щеткодержатели. Генератор имеет восемь щеткодержателей (фиг. 160), корпусы *1* которых отлиты из бронзы. В двух отверстиях *4* и *5* корпуса помещаются две щетки *8* не перпендикулярно к поверхности коллектора, одна — сбегающая с наклоном под углом 10° и одна — набегающая под углом 30°. Наклон обеих щеток — в сходящемся направлении. Такая конструкция обеспечивает более надеж-

ный контакт щеток с коллектором, более спокойную их работу и улучшает условия коммутации.

Давление на щетки создается спиральной пружиной *6*, помещенной в корпусе щеткодержателя. Концы пружины могут переставляться по зарубкам храповика *7*, чем регулируется давление на щетки. Нормальное давление на щетку равно 0,9 *кг*.

Отвод тока от щеток осуществляется медными плетеными шунтами *10*, наконечники которых крепятся к подвеске латунными винтами *9* с шайбами. Каждый щеткодержатель состоит из трех корпусов, расположенных в один ряд по оси коллектора и собранных на подвеске с помощью трех оцинкованных болтов *3* с гайками. Стальная подвеска *2* крепится к подшипниковому щиту при помощи изолирующего держателя *13*, изготовленного из пластмассы, в котором со стороны подвески запрессована шпилька *14*, а с противоположной стороны — стальная втулка с нарезкой. В держатель с закрепленной на нем с помощью гайки подвеской ввертывается болт *12*, притягивающий собранный таким образом щеткодержатель к подшипниковому щиту.

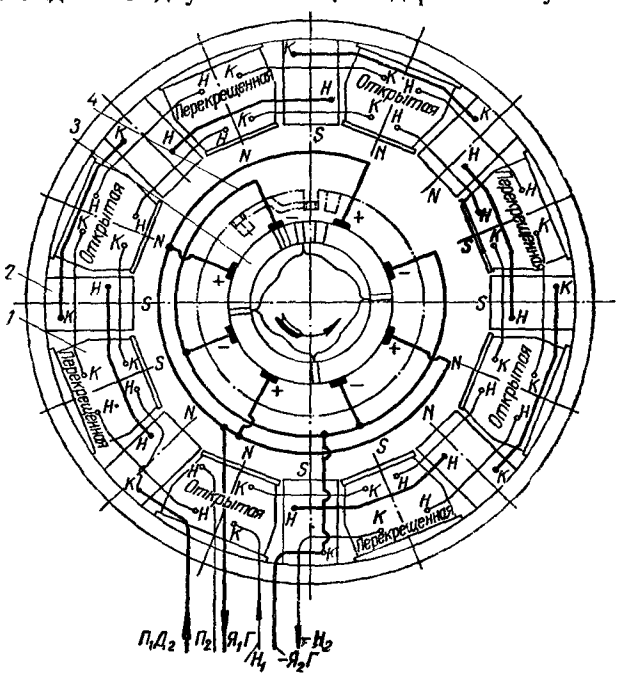
Во избежание поворачивания подвески вокруг болта держатель снабжен выступами, входящими в соответствующие углубления подвески и щита. Для регулирования расстоя-



Фиг. 160. Щеткодержатель:

1 — корпус; *2* — подвеска; *3* — болт; *4* и *5* — отверстия в корпусе; *6* — пружина; *7* — храповик; *8* — щетка; *9* — латунный винт; *10* — медный шунт; *11* — болт; *12* — болт; *13* — держатель; *14* — шпилька.

ния между корпусами щеткодержателей и поверхностью коллектора (которое должно быть не менее 3 *мм*) отверстия в корпусах под крепящие болты выполнены овальной формы. На конце подвески имеется отверстие с резьбой для присоединения собирательной шины оцинкованным болтом *11* с шайбой; по четыре щеткодержателя присоединяются через один к каждой из двух шин. Щеткодержатели уста-



Фиг. 161. Схема соединений обмоток полюсов и якоря (вид со стороны коллектора:)

1 — главный полюс; *2* — дополнительный полюс; *3* — коллектор; *4* — собирательные шины; $П_1Д_2$ — вывод обмоток пускового и дополнительного полюса; $П_2$ — вывод пусковой обмотки; $Н_1$ и $Н_2$ — выводы обмотки независимого возбуждения; $Я_1Г$ и $Я_2Г$ — выводы обмотки якоря; *Н* и *К* — начало и конец катушки; *N* и *S* — северный и южный полюсы

навливаются против середины каждого главного полюса.

В каждом щеткодержателе размещены шесть щеток марки ЭГ-2А или ЭГ-14 сечением 9×38 *мм*.

Для нормальной работы коллектора и предотвращения перегрузкн уравнительных соединений во всех щеткодержателях должны быть установлены щетки одной марки, с одинаковым давлением, с хорошо пришлифованной рабочей поверхностью.

Витые шунты щеток должны быть расположены так, чтобы они не задевали собирательных колец.

Схема соединений обмоток полюсов и якоря показана на фиг. 161.

Вес комплекта якоря 1750 *кг*. Вес комплекта станины 2750 *кг*. Общий вес генератора 4500 *кг*.

Разборка генератора. Для отсоединения генератора от дизеля необходимо: 1) отсоединить все провода; 2) отсоединить якорь от вала дизеля; 3) отсоединить корпус генератора от рамы дизеля; 4) снять генератор полностью.

Для выемки якоря из станины генератора необходимо: 1) снять вентилятор (сделав отметки на вентиляторе для того, чтобы при сборке балансирующий груз был в определенном угловом положении по отношению к коленчатому валу дизеля), 2) отсоединить собирательную шину генератора от катушки дополнительного полюса; 3) поднять щетки генератора и обмотать коллектор толстой бумагой или другим защитным покрытием для защиты его от повреждений; 4) снять шкив; 5) приподнять якорь прежде, чем удалить болты, крепящие подшипниковый щит и подкладки, и вынуть якорь вместе с подшипниковым щитом.

Для удаления якорного подшипника необходимо: 1) ослабнть установочные винты гайки подшипника и гайку отвернуть; 2) вывернуть болты, крепящие переднее лабиринтовое кольцо, и снять кольцо; 3) снять подшипниковый щит генератора; 4) ввинтить длинные шпильки в заднее лабиринтовое кольцо подшипника; 5) надеть на шпильки съемную плиту для стягивания подшипника и навернуть гайки на шпильки; 6) приложить плиту к торцу вала и затягивать гайки до тех пор, пока подшипник не будет стянут одновременно с передним и задним отражателями и задним лабиринтовым кольцом.

Для снятия полюсных катушек (без разборки генератора) необходимо: 1) снять три ближайших щеткодержателя; 2) разъединить собирательные шины всех щеткодержателей; 3) переместить собирательные шины в положение, при котором была бы возможность снять главный полюс с катушкой через окно в щите; 4) для снятия дополнительного полюса с катушкой необходимо сперва снять главный полюс со своей катушкой, после чего катушка главного полюса может быть легко снята с полюса. Катушка дополнительного полюса смонтирована наглухо на полюс и не снимается.

Если генератор был отсоединен от дизеля, полюсные катушки могут быть удалены через заднюю сторону станины, без удаления щеткодержателей.

При этом вентилятор должен быть предварительно снят.

Сборка генератора. Порядок сборки генератора обратен процессу его разборки. При сборке деталей подшипника надо принять все меры предосторожности, чтобы предотвратить повреждение поверхностей, предназначенных для тугой посадки деталей. Подшипник насаживается в холодном состоянии под давлением, равном тонне, или в нагретом состоянии — легкими ударами деревянного молотка. Подогревать подшипник следует в чистом минеральном масле при температуре 110°. Нельзя перегревать подшипник, чтобы не повредить закалку. В собранном якоре балансирующий груз должен находиться в его первоначальном положении по отношению к коленчатому валу дизеля.

Характеристика холостого хода и нагрузочные характеристики генератора изображены на фиг. 162. Основные данные генератора по допустимым нагрузкам для различных режимов работы приведены в табл. 5.

Таблица 5

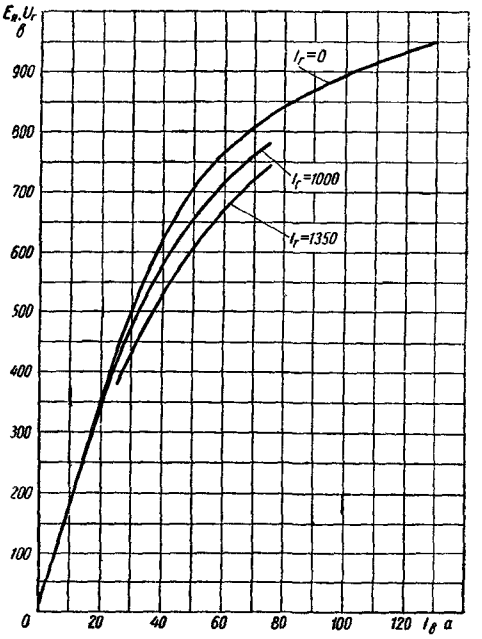
Режимы работы тягового генератора

Режим работы	Напряжение в *в*	Ток в *а*	Число оборотов в минуту	Полезная мощность в *квт*
Длительный .	700	1000	740	700
Длительный .	500	1250	740	625
Длительный .	900	200	740	180*
Часовой . . .	400	1600	740	640
Кратковременный . .	—	1800	740	—

* При максимально допустимом напряжении.

Указанные в табл. 5 режимы работы генератора определяются величиной допустимого перегрева обмоток генератора с изоляцией класса В, равной 120° (при температуре окружающего воздуха, равной 25° С).

Наиболее нагревающейся из всех обмоток генератора является обмотка якоря, находящаяся в менее благоприятных условиях охлаждения, чем другие. Поэтому в табл. 5 допустимые токи нагрузки и соответствующие им напряжения для различных режимов работы определились нагревом обмотки якоря. Исключение представляют длительный режим при напряжении 900 *в* и режим кратковременной нагрузки. Длительный режим при 900 *в* соответствует максимально допустимому напряжению для генератора данной конструкции, причем величина тока определяется автоматической характеристикой генератора. Максимальная величина тока при кратковременной нагрузке ограничивается условиями коммутации



Фиг. 162. Характеристика холостого хода и нагрузочные характеристики главного генератора.

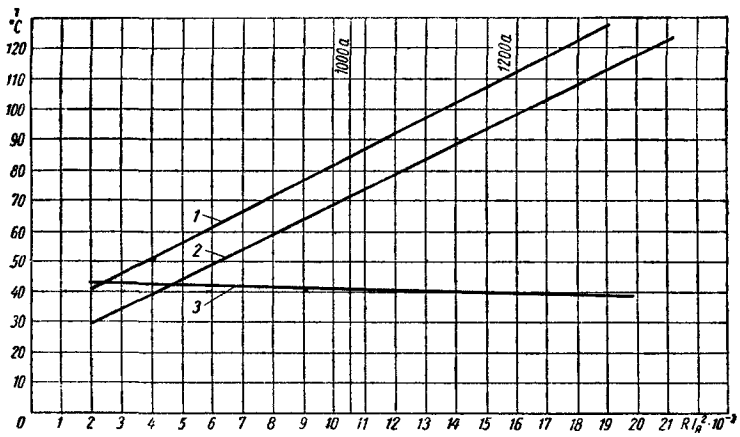
и скоростью нарастания температуры обмоток генератора.

Характеристика изменения величины установившегося перегрева обмоток генератора при различных нагрузочных токах приведена на фиг. 163, на которой даны зависимости перегрева различных обмоток генератора не от тока, а от квадрата тока якоря для того, чтобы получить прямолинейную зависимость.

Из фиг. 163 видно, что кривые перегрева обмоток якоря и дополнительных полюсов лежат почти параллельно с разницей в 10—15° С. Максимальный длительный ток генератора при номинальных числах оборотов (740 об/мин) определяется допустимым перегревом обмотки якоря (120° С) и составляет 1250 *а*.

Интересно отметить, что при работе генератора на принятой для тепловоза ТЭ1 внешней характеристике (см. фиг. 138) при автоматическом изменении тока возбуждения установившийся перегрев обмотки возбуждения при

740 об/мин генератора практически остается постоянным при различных нагрузочных токах генератора. В условиях эксплоатации при переменном режиме работы генератора на тепловозе температура обмоток генератора будет в значительной степени изменяться, что повлечет к соответствующему изменению сопротивления этих обмоток. В существующих на тепловозах ТЭ1 и ТЭ2 схемах управления это изменение ничем не компенсируется. Вследствие этого напряжение, а следовательно, и мощность генератора при изменениях температуры обмоток (особенно обмотки возбуждения) от холодного состояния до предельной температуры будет также изменяться.



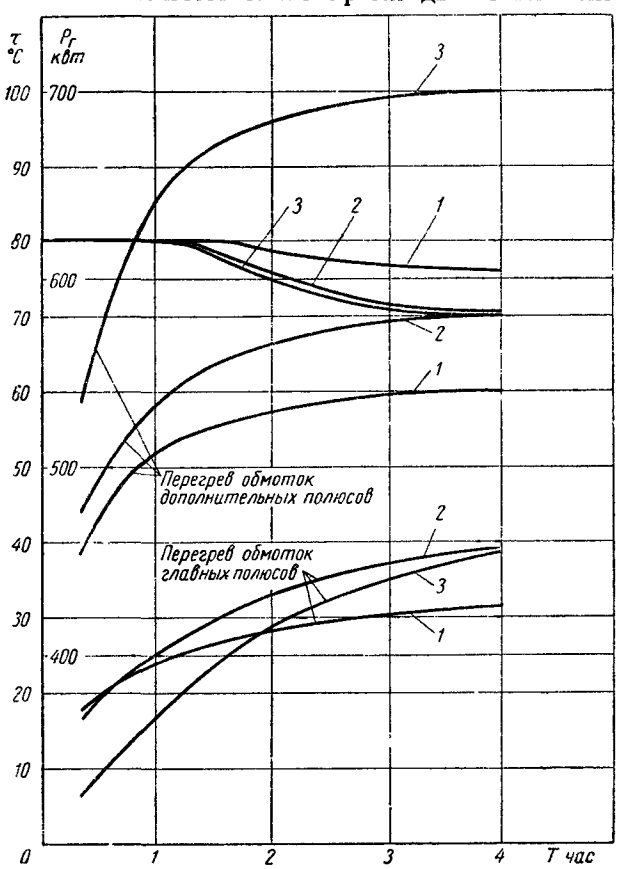
Фиг. 163. Перегрев обмоток главного генератора в зависимости от квадрата тока якоря на восьмом положении контроллера:

1 — обмотка якоря; *2* — обмотка дополнительных полюсов; *3* — обмотка главных полюсов.

На фиг. 164 изображены кривые изменения мощности на клеммах генератора по времени при различных токах нагрузки и различных условиях его охлаждения — при открытом и закрытом люке под генератором. Кривые показывают значительное падение мощности генератора с нагревом его обмоток возбуждения, якоря и дополнительных полюсов.

Падение мощности генератора достигает 40 *квт* при длительной нагрузке током 1200 *а*. Изменение условий охлаждения значительно меняет характеристику нагревания генератора. При длительной нагрузке генератора током 1000 *а* с открытым нижним люком под генератором (нормально закрытом) мощность генератора снижается уже только на 16 *квт*. В этом случае установившаяся температура перегрева обмоток якоря при том же токе составила 75° С против 84° С при закрытом люке. Приблизительно в том же соотношении находятся температуры перегрева обмоток главных и дополнительных полюсов.

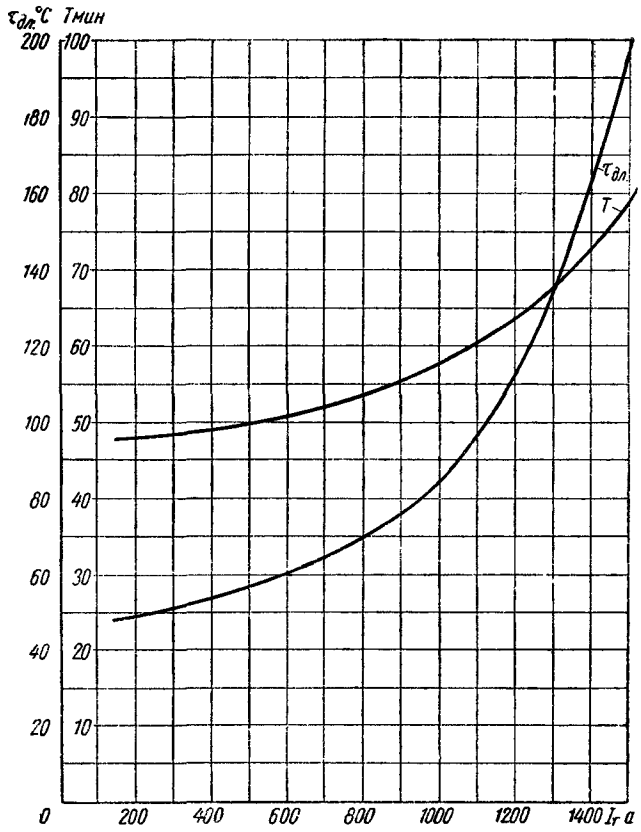
Несмотря на относительно небольшие значения перегрева обмотки возбуждения генератора в том и другом случае, величина абсолютного нагрева этой обмотки достигает значительной величины. Точно так же значительно больше разница в нагреве, чем в перегреве обмотки возбуждения при открытом и закрытом люке. Это объясняется тем, что при закрытом люке заметно уменьшается приток охлаждающего воздуха снаружи, вследствие чего температура в капоте около генератора сильно повышается, в то время как при открытом люке охлаждающий воздух поступает в большем количестве. Во время движения неиз-



Фиг. 164. Перегрев обмоток и изменение мощности на клеммах главного генератора по времени на восьмом положении контроллера при различных токах нагрузки: *1* — $I_Г = 1000$ *а* (люк под генератором открыт); *2* — $I_Г = 1000$ *а* (люк под генератором закрыт); *3* — $I_Г = 1200$ *а* (люк под генератором закрыт).

бежны завихрения воздуха под тепловозом, вследствие чего через открытый люк могут проникать песок и пыль. Поэтому люк нельзя держать открытым, и для уменьшения перепада температуры воздуха снаружи и внутри капота при высоких наружных температурах держат открытыми дверцы капота.

Указанная выше зависимость мощности на клеммах генератора от температуры его обмоток предъявляет определенные требования к регулировке его внешней характеристики (см. фиг. 138). Эту характеристику следует регулировать, ориентируясь на среднюю температуру обмотки возбуждения, равную примерно



Фиг. 165. Тепловые параметры главного генератора

80—90° С, наиболее вероятную в условиях переменного режима работы. Тогда работая с нагрузкой, равной примерно 1000 *а* с холодного состояния, генератор в течение $1^1/_2$—2 час. приведет свою мощность в соответствие с установленной мощностью дизеля. Внешние характеристики генератора, приведенные на фиг. 138, можно считать удовлетворяющими указанному условию.

Если же регулировать характеристику генератора по установленной мощности дизеля при предельном нагреве обмоток, то это будет вызывать перегрузку дизеля до тех пор, пока температура обмоток генератора не достигнет предельной температуры. С другой стороны, регулировка характеристики в холодном состоянии генератора приведет к все увеличивающемуся по мере нагрева генератора недоиспользованию мощности дизеля.

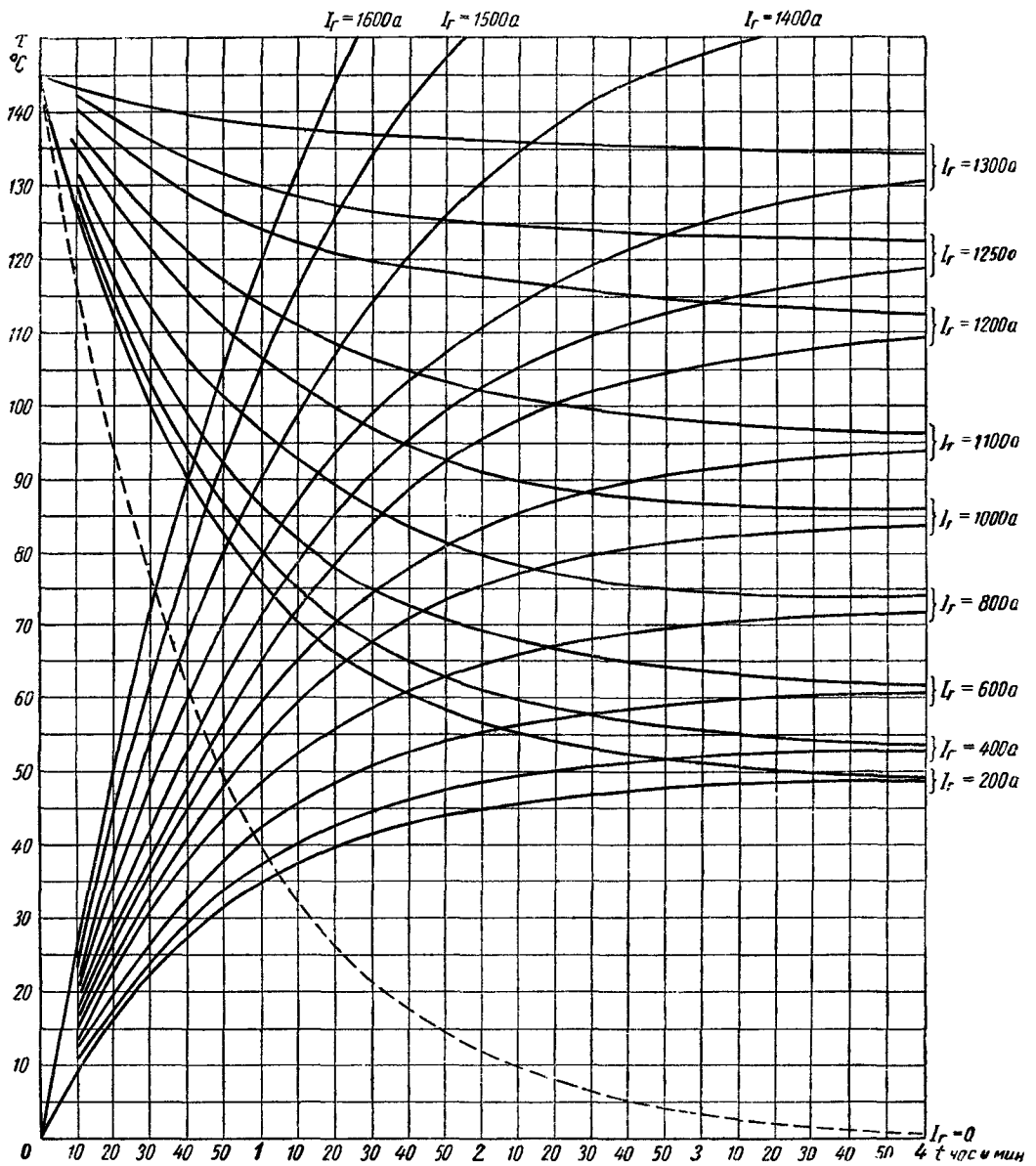
На основании опытных данных, полученных при всесторонних испытаниях генератора на нагревание, построены изображенные на фиг. 165 кривые зависимости установившегося перегрева якоря $\tau_{дл}$ и постоянной времени T от нагрузочного тока генератора.

На фиг. 166 представлены кривые нагревания и охлаждения якоря генератора в зависимости от времени для различных токов нагрузки. Эти кривые дают возможность определить непосредственно превышение температуры обмотки якоря при нагрузке генератора током заданной величины и продолжительности и работе генератора с номинальным числом оборотов (740 оборотов в минуту).

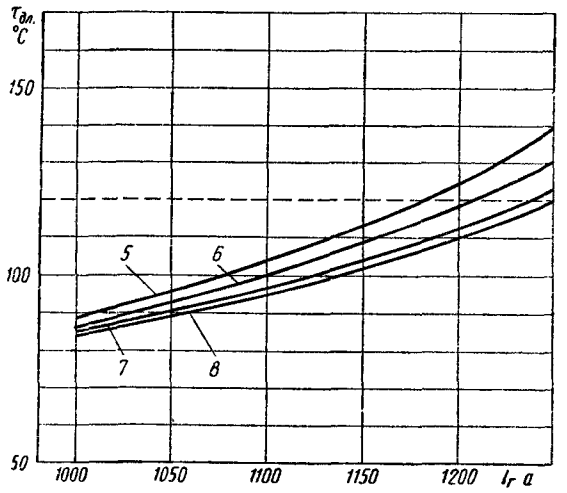
На фиг. 167 представлена характеристика установившегося перегрева обмотки якоря главного генератора в зависимости от тока нагрузки при различных положениях контроллера.

На фиг. 168 представлена характеристика длительного тока главного генератора в зависимости от положения контроллера машиниста и от числа оборотов генератора в минуту.

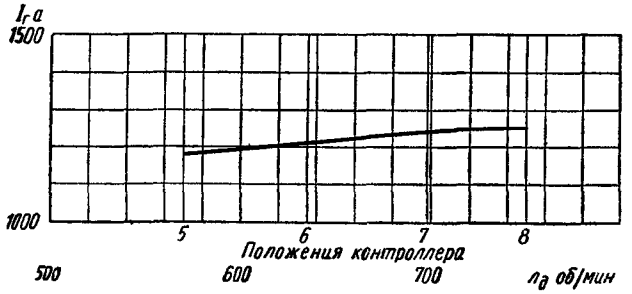
Так как генератор выполнен с вентилятором на валу, интенсивность его охлаждения зависит от числа оборотов генератора. Следовательно, с уменьшением числа оборотов генератора нужно было бы ожидать значительного понижения, допустимого по нагреванию, длительного тока. Однако с уменьшением числа оборотов (и соответствующем этому понижении напряжения) уменьшаются также магнитные потери, влияющие на нагревание якоря. Поэтому, как видно из фиг. 168, вытекающей из фиг. 167, длительный ток генератора при изменении числа оборотов генератора изменяется сравнительно немного, так как изменение теплоотдачи компенсируется изменением магнитных потерь, нагревающих якорь. Значения длительного тока генератора изменяются в пределах 1180—1250 *а* от пятого до восьмого положения контроллера, или числа оборотов генератора в пределах 570—740 в минуту. Магнитные и механические потери показаны на фиг. 169.



Фиг. 166. Нагревание и охлаждение главного генератора.



Фиг. 167. Установившийся перегрев обмотки якоря главного генератора в зависимости от тока нагрузки при различных положениях контроллера. Цифры *5, 6, 7* и *8* обозначают положения контроллера.



Фиг. 168. Длительный ток главного генератора в зависимости от положения контроллера и числа оборотов дизеля $n_д$.

ДВУХМАШИННЫЙ АГРЕГАТ (ВОЗБУДИТЕЛЬ ТИПА МВТ-25/9 И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР ТИПА МВГ-25/11)

Номинальная мощность возбудителя 3,6 *квт*, рабочее напряжение 55 *в*, максимальное напряжение 75 *в*, рабочий ток 65 *а*. Число оборотов агрегата 1776 в минуту.

Характеристика холостого хода возбудителя приведена на фиг. 170.

Номинальная мощность вспомогательного генератора 5 *квт*, рабочее напряжение 76 *в*, номинальный ток 66 *а*.

Характеристика холостого хода вспомогательного генератора приведена на фиг. 171.

Двухмашинный агрегат, общий вид которого изображен на фиг. 172, представляет собой две независимые электрические машины — вспомогательный генератор и возбудитель, собранные на одном корпусе. Якори *4* и *10* обеих машин расположены на одном общем валу и приводятся во вращение от дизеля при помощи клиновидных ремней. Направление вращения — по часовой стрелке, если смотреть со стороны шкива.

Корпус агрегата состоит из станин *5* и *9*, соединяемых болтами. Литой вентилятор *7* для охлаждения общий и насажен в средней части вала якоря. Вентилятор прикреплен к якорному фланцу болтами.

Вентиляция агрегата — вытяжная. Воздух поступает с обоих торцов корпуса со стороны коллекторов, омывает якори *4* и *10* и полюсы *6* и *8* и выбрасывается через вентиляционные отверстия *1* в средней части корпуса.

Для осмотра коллекторов имеются съемные крышки *3* и *13*, расположенные на верхней части подшипниковых щитов.

Продольный разрез двухмашинного агрегата показан на фиг. 173.

Возбудитель типа МВТ-25/9. Станина возбудителя *30* (фиг. 173) выполнена из электротехнической стали. К одному торцу станины приварен подшипниковый щит *34* сварной конструкции, второй торец обработан для болтового соединения с торцом станины *24* вспомогательного генератора. Около этого торца по окружности станины вырезаны прямоугольные отверстия для отвода охлаждающего воздуха.

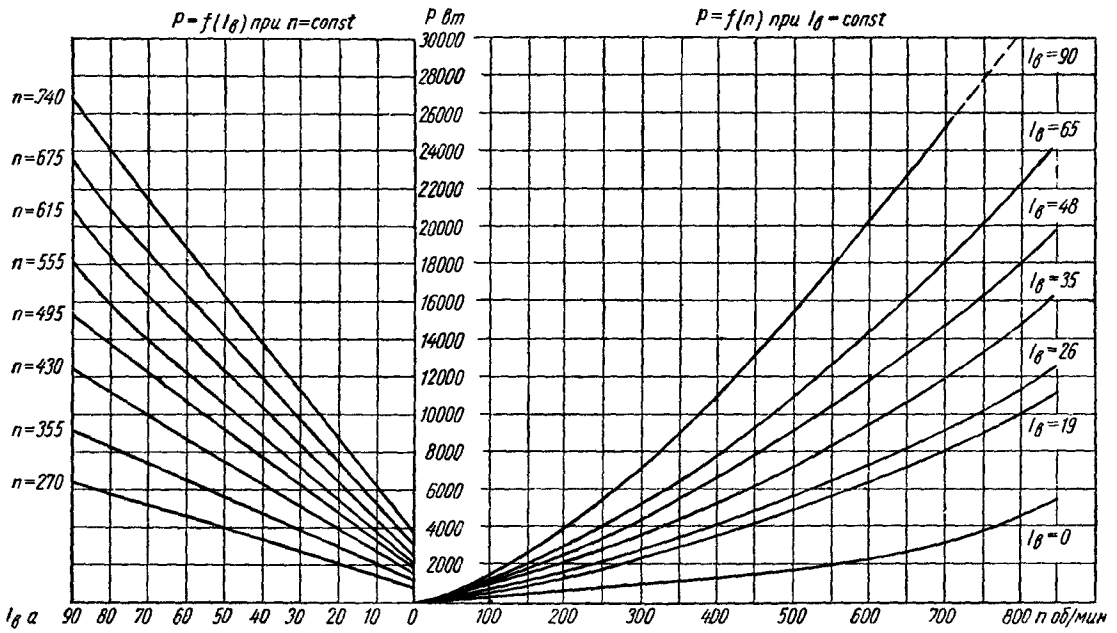
В нижней части станины приварены лапы, для прикрепления к опорной плите. В подшипниковом щите расположены четыре пары отверстий для укрепления четырех щеткодержателей.

Равномерно по окружности станины расположены четыре пары отверстий для укрепления с помощью болтов *29* четырех главных полюсов. Дополнительные полюсы у возбудителя отсутствуют. В верхней части станины высверлены отверстия для выхода проводов.

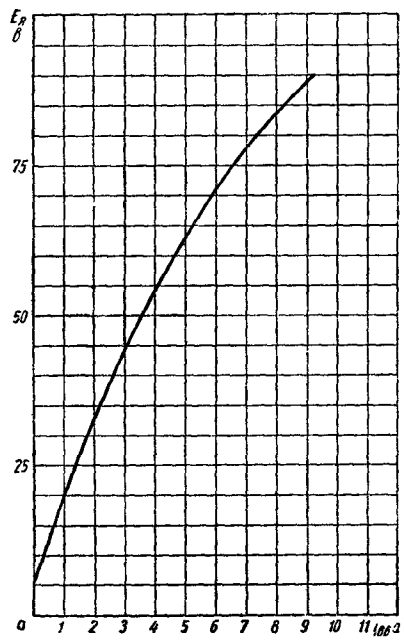
Каждый главный полюс возбудителя набран из листовой стали и по длине разделен на две части, изолированные латунной прокладкой, служащей магнитным экраном. Главный полюс возбудителя с обмоткой изображен на фиг. 174.

Главный полюс имеет две обмотки: шунтовую *1*, схватывающую обе части полюса, и диференциальную *4*, намотанную на одной меньшей части полюса.

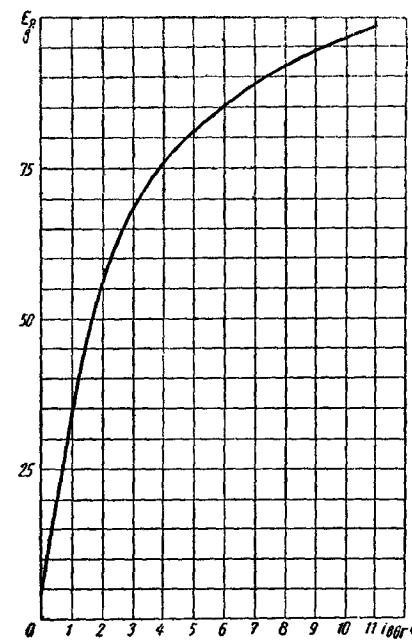
По диференциальной обмотке проходит ток главного генератора.



Фиг. 169. Потери холостого хода генератора.



Фиг. 170. Характеристика холостого хода возбудителя при $n=1780$ об/мин.

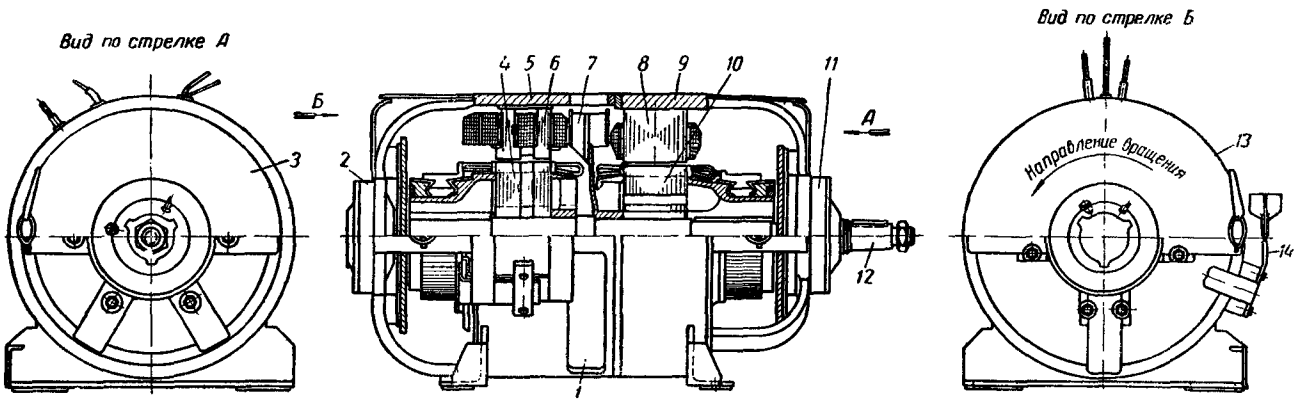


Фиг. 171. Характеристика холостого хода вспомогательного генератора при $n=595$ об/мин.

Диференциальная катушка расположена внутри шунтовой и выполнена из меди прямоугольного сечения 2,63 × 47 *мм*, намотанной широкой плоскостью в один ряд. Катушка имеет семь витков. Сопротивление каждой катушки при температуре 25° С равно 0,0003 *ом*.

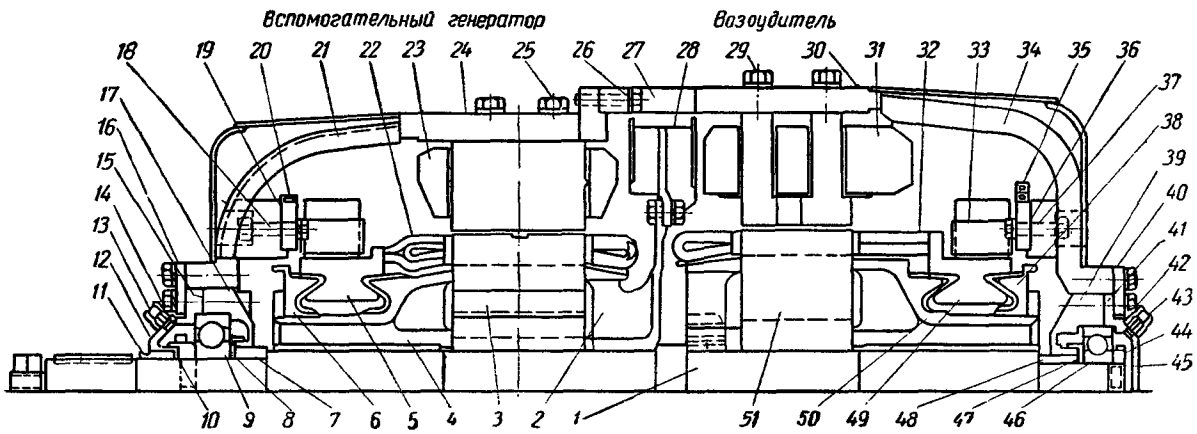
Витки катушки изолированы друг от друга листовым миканитом. От полюса диференциальная катушка изолирована прессшпановыми рамками и миканитом. По внешнему периметру катушка обмотана лакотканью в полуперекрышу. Припаянные выводы диференциальной катушки изолированы подкладками из миканита.

Шунтовая катушка выполнена из медной изолированной проволоки ПБО диаметром 1,95 *мм*. Катушка имеет 242 витка. Сопротивление каждой катушки при температуре 25° С равно 0,785 *ом*.



Фиг. 172. Общий вид двухмашинного агрегата:

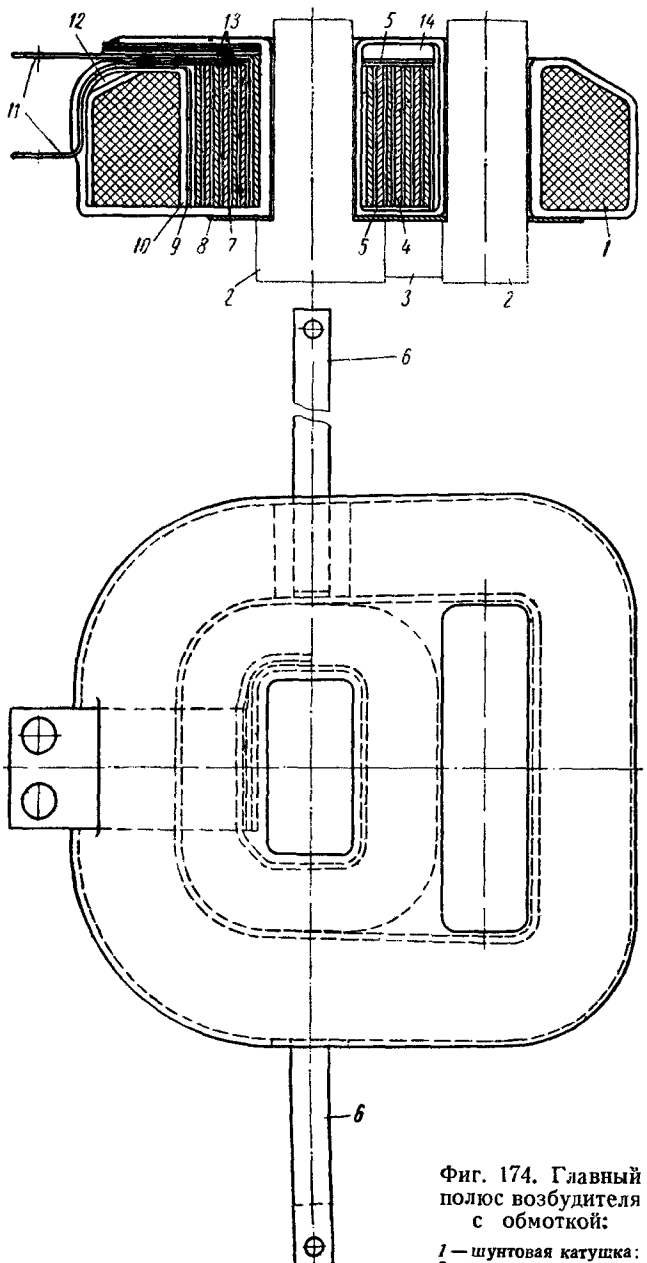
1 — вентиляционные отверстия; *2* — подшипниковый щит возбудителя; *3* — крышка для осмотра коллектора вспомогательного генератора; *4* — якорь возбудителя; *5* — станина возбудителя; *6* — главный полюс возбудителя; *7* — вентилятор; *8* — главный полюс вспомогательного генератора; *9* — станина вспомогательного генератора; *10* — якорь вспомогательного генератора; *11* — подшипниковый щит вспомогательного генератора; *12* — вал; *13* — крышка для осмотра коллектора возбудителя; *14* — выводные концы дифференциальной обмотки.



Фиг. 173. Продольный разрез двухмашинного агрегата:

1 — вал; *2* — фланец якоря вспомогательного генератора; *3* — вентиляционные каналы якоря вспомогательного генератора; *4* — корпус коллектора вспомогательного генератора; *5* — коллектор вспомогательного генератора; *6* — шайба коллектора вспомогательного генератора; *7* — распорная гильза вспомогательного генератора; *8* — отражатель вспомогательного генератора; *9* — подшипник вспомогательного генератора; *10* — гайка подшипника вспомогательного генератора; *11* — втулка вспомогательного генератора; *12* — лабиринтовое кольцо подшипника вспомогательного генератора; *13* и *43* — пробки; *14* и *42* — нипели для смазки; *15* — прокладка; *16* — концевое кольцо вспомогательного генератора; *17* — капсуль подшипника вспомогательного генератора; *18* и *37* — болты щеткодержателя; *19* — опора щеткодержателя вспомогательного генератора; *20* — шины щеткодержателей вспомогательного генератора; *21* — подшипниковый щит вспомогательного генератора; *22* — обмотка якоря вспомогательного генератора; *23* — катушка главного полюса вспомогательного генератора; *24* — станина вспомогательного генератора; *25* — болты главного полюса вспомогательного генератора; *26* — соединительные болты; *27* — вентиляционные отверстия; *28* — вентилятор; *29* — болты главного полюса возбудителя; *30* — станина возбудителя; *31* — катушка главного полюса возбудителя; *32* — обмотка якоря возбудителя; *33* — щеткодержатель возбудителя; *34* — подшипниковый щит возбудителя; *35* — шины щеткодержателей возбудителя; *36* — опора щеткодержателя возбудителя; *38* — шайба коллектора возбудителя; *39* — капсуль подшипника возбудителя; *40* — концевые кольца возбудителя; *41* — прокладка возбудителя; *44* — гайка подшипника возбудителя; *45* — крышка подшипника возбудителя; *46* — подшипник возбудителя; *47* — внутренний отражатель возбудителя; *48* — распорная гильза возбудителя; *49* — коллектор возбудителя; *50* — корпус коллектора возбудителя; *51* — вентиляционные каналы якоря возбудителя.

Шунтовая катушка изолирована рамкой из прессшпана и по внутреннему периметру — двумя слоями миканита. Снаружи катушка обмотана в полуперекрышу киперной лентой и покрыта лаком. Пустоты между катушками заполнены изоляционной замазкой.



Фиг. 174. Главный полюс возбудителя с обмоткой:

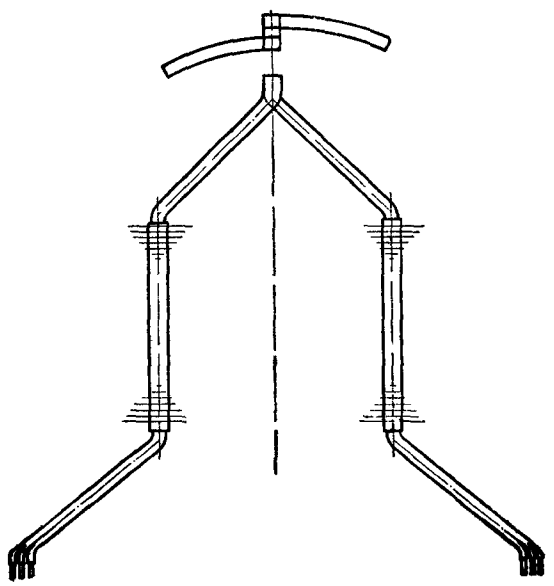
1 — шунтовая катушка; *2* — сердечники полюса; *3* — латунная прокладка; *4* — дифференциальная катушка; *5* — прессшпановые рамки; *6* — выводы шунтовой катушки; *7* — миканитовые прокладки; *8* — латунная рамка; *9* — лакоткань; *10* — миканитовые прокладки; *11* — выводы диференциальной катушки; *12* — замазка; *13* — миканитовые прокладки; *14* — деревянная колодка.

Диференциальные катушки возбудителя соединены параллельно. При этом общее сопротивление диференциальной обмотки в холодном состоянии равно 0,000075 *ом*. Шунтовые катушки соединены последовательно, и их общее сопротивление в холодном состоянии равно 3,14 *ом*.

Средний воздушный зазор под полюсами равен 2 *мм*. На валу якоря сделаны заточки и профрезерована шпоночная канавка для закрепления на нем: с одной стороны — корпуса якоря возбудителя, а с другой стороны — корпуса якоря вспомогательного генератора. Сердечник якоря возбудителя собран из пакетов отдельных штампованных листов электротехнической стали толщиной 0,5 *мм*, изолированных между собой и посаженных на вал с помощью шпоночной канавки. В середине пакета якоря имеется 25 латунных листов толщиной 0,5 *мм*.

Сердечник якоря возбудителя имеет 45 пазов, в которых уложено 135 витков обмотки якоря, собранных в 45 секций, изображенных на фиг. 175.

В каждом пазу (фиг. 176) находится по шесть проводов: два слоя по высоте по три



Фиг. 175. Секция якоря возбудителя.

провода в слое. Обмотка выполнена из изолированной медной проволоки ПБД прямоугольного сечения 1,16 × 6,9 *мм*. Изоляция секций обмотки якоря выполнена с применением хлопчатобумажных материалов класса А. Лобовые

части обмотки ст корпуса якоря изолированы миканитом и асбестовым полотном.

Обмотка удерживается в пазах якоря изолитовыми клиньями. На лобовые части обмотки наложены бандажи из стальной проволоки по 20 витков. Под бандажи подложены летероид [1] и асбестовая ткань.

Коллектор возбудителя состоит из 135 отдельных медных пластин клиновидной формы, с заточкой в виде ласточкина хвоста и прорезью для впаивания проводников. Между коллекторными пластинами для изоляции их друг от друга проложены миканитовые пластины толщиной 0,8 *мм*.

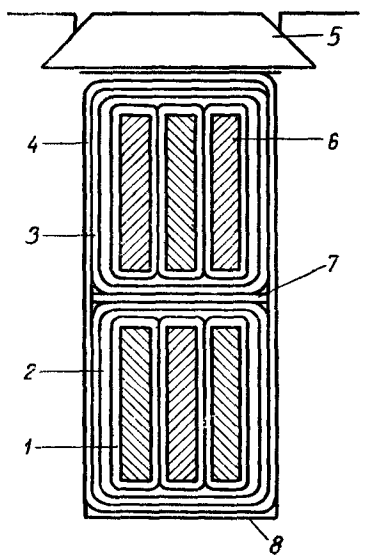
Коллекторные пластины собраны на корпусе коллектора и зажимаются фланцем с помощью гайки. Пластины коллектора изолируются от корпуса и фланца миканитовыми манжетами и цилиндром. Край манжеты, выходящий за пределы пластин, бандажируется шпагатом диаметром 2 *мм*. После окончательной сборки изоляция между коллекторными пластинами продораживается на глубину 1,2 *мм*.

Собранный коллектор не должен иметь овальности и должен быть концентричным с внутренней обоймой подшипника. Биение коллектора, определяемое индикатором, не должно превышать 0,04 *мм*.

На каждую коллекторную пластину приходится по одному витку обмотки якоря.

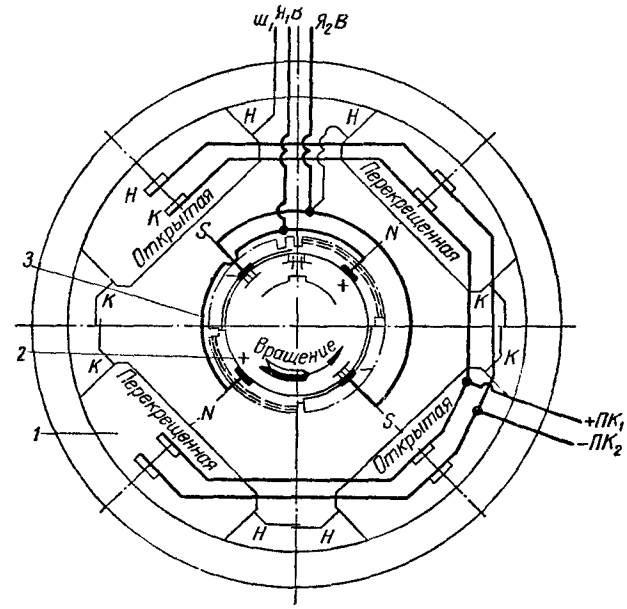
Обмотка якоря возбудителя волновая, типа $2a = 2$. Сопротивление обмотки при температуре 25° С равно 0,0545 *ом*. Шаг по пазам *1—11*: шаг по коллектору *1—68*.

Схема соединений обмотки полюсов и якоря возбудителя показана на фиг. 177.



Фиг. 176. Изоляция пазовой части секции:

1 — прошеллаченная лента из телефонной бумаги; *2* — миканитовая бумага; *3* — батистовая лента, пропитанная в лаке; *4* — прессшпан; *5* — клин; *6* — медь; *7* и *8* — миканитовые прокладки.



Фиг. 177. Схема соединений обмоток полюсов и якоря возбудителя (вид со стороны коллектора):

1 — главный полюс; *2* — коллектор; *3* — собирательные шины: *Ш1* — вывод независимой обмотки; *Я1В* и *Я2В* — выводы обмотки якоря; *ПК1* и *ПК2* — выводы диференциальной обмотки; *Н* и *К* — начало и конец катушки; *N* и *S* — северный и южный полюсы.

Щеткодержатели возбудителя и вспомогательного генератора (фиг. 178) имеют одинаковую конструкцию и выполнены одинаковых размеров. Корпус щеткодержателя *8* имеет одно отверстие для крепления болта. В обойме корпуса помещается одна щетка размером 12,5 × 44 *мм*. Для обеспечения надежного контакта между обоймой и щеткой последняя снабжена гибким шунтом с кабельным наконечником, закрепляемым к корпусу винтом.

Давление на щетку, равное 1—1,1 *кг*, осуществляется пластинчатой пружиной *4*, передающей усилие от спиральной пружины *10*. Ток от щеткодержателей отводится с помощью собирательных шин.

Конец вала со стороны возбудителя не выходит из станины и опирается на шариковый

[1] Летероид — тонкая вулканизованная фибра, изготовляемая из хлопкового волокна.

подшипник *46* (см. фиг. 173), установленный в подшипниковом щите *34*.

Подшипник состоит из наружной и внутренней обойм с заключенными между ними стальными шариками. Внутренняя обойма посажена на вал и закреплена со стороны его конца гайкой *44* с пружинной шайбой. Конец вала с подшипником закрыт крышкой *45*, прикрепленной с помощью потайных винтов к капсулю *39*, расположенному с другой стороны подшипника. Этот капсуль имеет внутренний отражатель и вместе с крышкой служит опорой для наружной обоймы подшипника.

Собранный таким образом подшипник закреплен во втулке подшипникового щита *34* с помощью концевого кольца *40* и двух рядов болтов. Внешний ряд болтов связывает кольцо с подшипниковым щитом, а внутренний ряд — с крышкой подшипника и капсулем подшипника.

В крышке подшипника имеется нипель *42* для подачи смазки. Для шарикового подшипника применяется густая смазка — осогалин.

Со стороны вспомогательного генератора вал удлинен, и конец его выходит из станины.

На конце вала, имеющем некоторую конусность, на шпонке насажен шкив ременной передачи, закрепленный с торца гайкой. Подшипник *9* (со стороны привода) также шариковый, но несколько большего размера, чем со стороны возбудителя. Внутренняя обойма подшипника, насаженная на вал, также закреплена с помощью гайки *10* с пружинной шайбой. Верхняя обойма зажата между капсулем *17* и лабиринтовым кольцом *12*, которые закреплены во втулке подшипникового щита с помощью концевого кольца *16* и двух рядов болтов так же, как и в подшипнике, со стороны возбудителя. Лабиринтовые уплотнения капсуля и отражатели *8* и *47* служат для предотвращения вытекания смазки и попадания ее во внутренние полости машины.

Вспомогательный генератор типа МВГ-25/11. Станина вспомогательного генератора по конструкции сходна со станиной возбудителя, также имеет подшипниковый щит и приваренные лампы для крепления к опорной плите. В подшипниковом щите имеются отверстия для укрепления четырех щеткодержателей. По окружности станины расположены 12 пар отверстий для крепления болтами шести главных и шести дополнительных полюсов.

Главные полюсы набраны из листовой стали. Катушки главных полюсов выполнены из медной изолированной проволоки ПБО диаметром 1,56 *мм*. Катушка имеет 394 витка. Сопротивление каждой катушки при температуре 25° С составляет 1,62 *ом*. Все катушки соединены последовательно. Общее сопротивление катушек в холодном состоянии равно 9,8 *ом*.

Намотанная катушка подвергается компаундировке, после чего изолируется миканитом и дополнительно на углах изолируется прессшпаном. Затем вся катушка обматывается кругом киперной лентой в полуперекрышу и покрывается серой эмалью. Выводы катушки выполнены в виде зажимов.

Средний воздушный зазор под главными полюсами равен 1 *мм*.

Катушки дополнительных полюсов изготовлены из полосовой меди сечением 0,8 × × 30 *мм*, намотанной широкой плоскостью в два ряда. Катушка имеет 19 витков. Сопротивление каждой катушки при температуре 25° С составляет 0,00408 *ом*. Сопротивление всех последовательно соединенных катушек равно 0,0245 *ом*. Витки катушки каждого ряда изолированы друг от друга миканитом. Между рядами витков катушки проложена миканитовая рамка.

Намотанная таким образом катушка подвергается компаундировке. После компаундировки катушка изолируется миканитом и обматывается кругом тафтяной лентой в полуперекрышу.

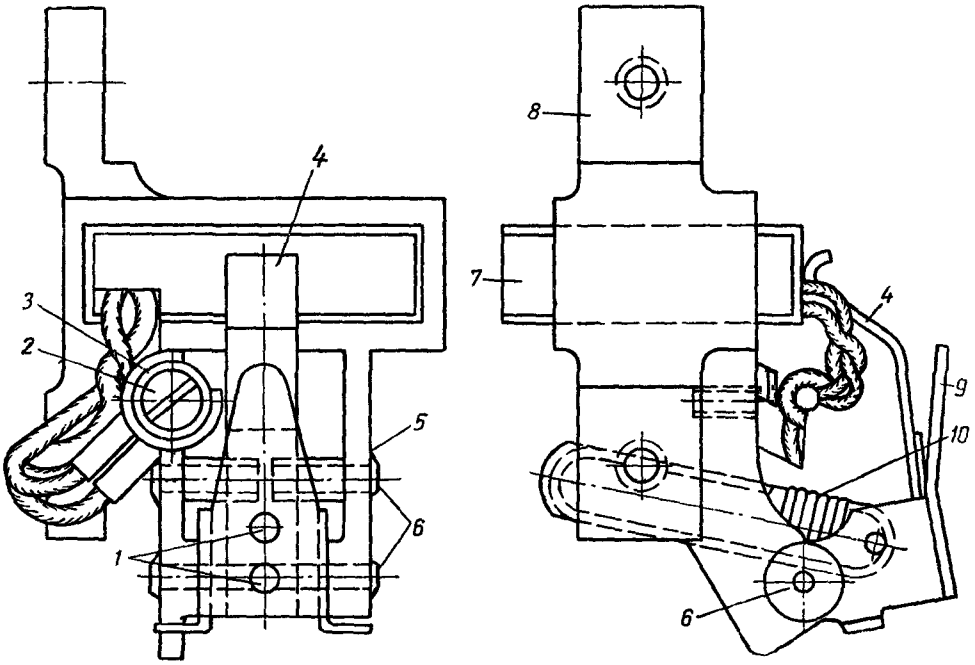
После полной изоляции поверхности катушка покрывается серой эмалью. Выводами служат концы катушки. После посадки катушка со стороны станины закрепляется на полюсе с помощью стальной рамки и специального винта. Средний воздушный зазор под дополнительными полюсами равен 1,5 *мм*.

Сердечник якоря вспомогательного генератора выполнен из пакетов отдельных штампованных листов электротехнической стали, изолированных друг от друга. Сердечник якоря имеет 46 пазов, в которых уложено 92 двойных витка обмотки якоря, собранных в 46 секций, изображенных на фиг. 179. В каждом пазу (фиг. 180) расположено по восемь проводов в четыре слоя по высоте, по два витка в слое. Обмотка выполнена из изолированной медной проволоки прямоугольного сечения 1,56 × 5,1 *мм*. Изоляция секций обмотки выполнена с применением хлопчатобумажных материалов класса А. Лобовые части обмотки изолированы от корпуса якоря миканитом и асбестовым полотном. В пазах якоря обмотка удерживается при помощи бандажа из 12 витков стальной проволоки, расположенного в средней части сердечника.

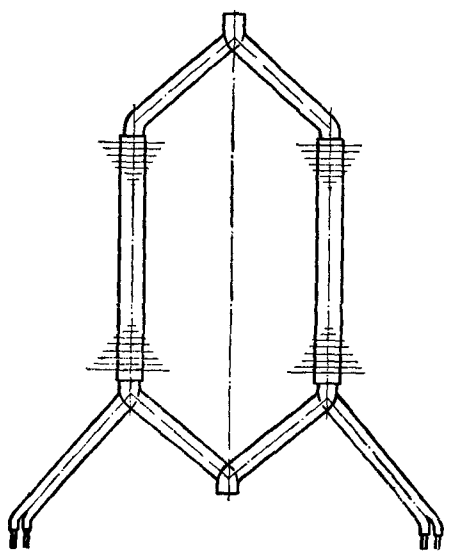
На лобовые части обмотки также наложены бандажи из 15 витков проволоки. Под бандажем подложены летероид и асбестовое полотно.

Коллектор вспомогательного генератора состоит из 92 отдельных медных пластин. На каждую коллекторную пластину приходится по два витка обмотки якоря.

Обмотка якоря вспомогательного генератора волновая, типа 2 $a = 2$. Сопротивление обмотки при температуре 25° С равно 0,0706 *ом*. Шаг по пазам *1—8*; шаг по коллектору *1—32*.



Фиг. 178. Щеткодержатель двухмашинного агрегата:
1 — заклепки; *2* — винт; *3* — шайба; *4* — пружина; *5* — медная трубка; *6* — валики; *7* — щетка; *8* — корпус щеткодержателя; *9* — скоба; *10* — спиральная пружина.



Фиг. 179. Секция якоря вспомогательного генератора.

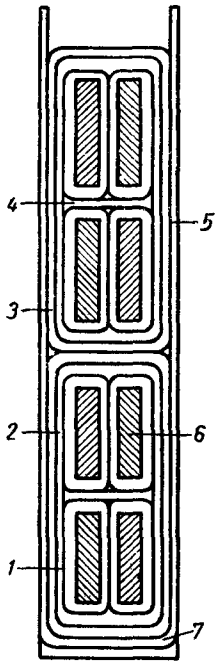
Схема соединений обмоток полюсов и якоря вспомогательного генератора показана на фиг. 181. Общий вес агрегата 385 *кг*.

Порядок разборки двухмашинного агрегата следующий.

Для выемки якорей необходимо: 1) поднять щитки с обоих коллекторов; 2) снять с конца вала шкив; 3) снять с торцов корпуса пробки и штуцера для смазки; 4) вынуть болты, скрепляющие обе станины; 5) вывернуть внутренний ряд болтов концевого кольца со стороны возбудителя; 6) ввернуть стягивающие болты в нарезанные отверстия концевого кольца и снять станину возбудителя, оставив собранные якори в станине вспомогательного генератора; 7) вывернуть внутренний ряд болтов концевого кольца со стороны вспомогательного генератора, ввернуть стягивающие болты в нарезанные отверстия концевого кольца и снять станину вспомогательного генератора с якоря.

Для того чтобы снять подшипники, необходимо:

1) удалить винты с потайными головками, крепящие крышку подшипника возбудителя



Фиг. 180. Изоляция пазовой части секции:

1 — прошеллачеиная лента из телефонной бумаги; *2* — миканитовая бумага; *3* — батистовая лента, пропитаиная в лаке; *4* — прокладка из пропитанного прессшпана; *5* — прессшпан; *6* — медь; *7* — прокладка миканитовая.

к лабиринтовому кольцу, что даст возможность снять крышку подшипника;

2) отвернуть гайку, крепящую внутреннюю обойму подшипника;

3) снять одновременно подшипник, задний отражатель и лабиринтовое кольцо;

4) снять втулку из-под переднего лабиринтового кольца со стороны шкива, после чего в том же порядке, как и подшипник со стороны возбудителя, может быть снят подшипник со стороны вспомогательного генератора.

Для того чтобы снять вентилятор, необходимо отвернуть болты, которыми он прикреплен к якорному фланцу, и стянуть вентилятор через якорь возбудителя.

Порядок сборки якоря и корпуса двухмашинного агрегата обратен порядку разборки.

Для облегчения сборки детали, имеющие горячую посадку, должны быть предварительно подогреты в печи.

ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

Конструкция. На тепловозах серий ТЭ1, ТЭ2 и ТЭ5 применяются сериесные тяговые электродвигатели типа ДК-304. Тяговый двигатель типа ДК-304 имеет различные видоизменения, отражающие последовательные улучшения конструкции.

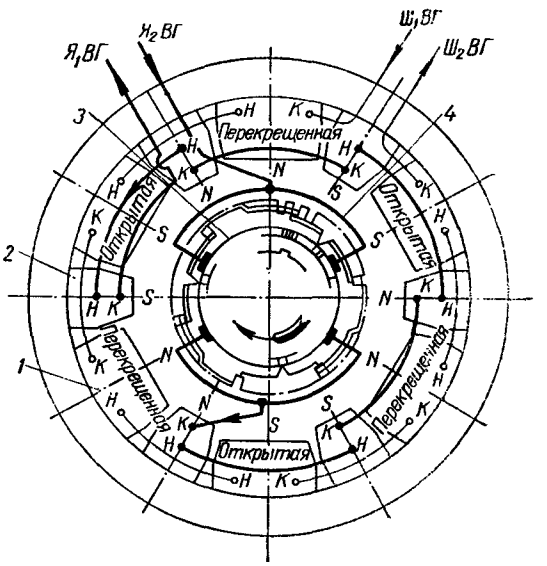
На первых опытных тепловозах ТЭ1 были установлены двигатели первого исполнения типа ДК-304А, которые не обеспечивали требуемой по техническим условиям силы тяги и в дальнейшем не изготовлялись.

Двигатель типа ДК-304Б имеет те же габаритные размеры, как и двигатель ДК-304А, но диаметр якоря и число витков обмотки возбуждения у него увеличены, вследствие чего повысилась развиваемая им длительная сила тяги. В остальном конструкция обоих исполнений двигателя в основном одинакова.

Двигатель типа ДК-304В создан в результате переработки некоторых узлов двигателя ДК-304Б, произведенной на основании опыта эксплоатации тепловозов, и представляет дальнейшее улучшение конструкции.

Во всех разновидностях тягового двигателя ДК-304 сохраняются неизменными или аналогичными основные конструктивные элементы и характеристики, в силу чего нижеследующее описание касается только одной из этих разновидностей, а именно двигателя ДК-304Б, так как этими электродвигателями в настоящее время оборудовано наибольшее количество тепловозов

Схема расположения трех тяговых двигателей на трехосной тележке тепловоза показана на фиг. 182.



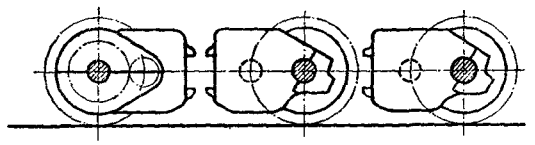
Фиг, 181. Схема соединений обмоток полюсов и якоря вспомогательного генератора (вид со стороны коллектора):

1 — главный полюс; *2* — дополнительный полюс; *3* — коллектор; *4* — собирательные шины; *Я1ВГ*, *Я2ВГ* —выводы обмотки якоря и дополнительных полюсов; *Ш1ВГ*, *Ш2ВГ* — выводы шунтовой обмотки; *Н* и *К* — начало и конец катушки; *N* и *S* — северный и южный полюсы.

Общий вид электродвигателя и расположение его на оси тележки показаны на фиг. 183 и 184.

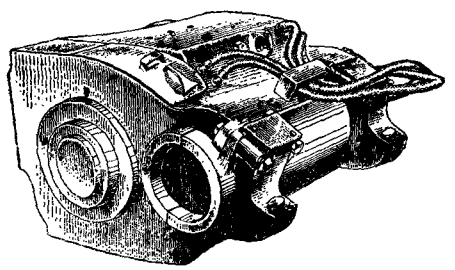
Остов *4* электродвигателя имеет два разъемных вкладыша *6*, посредством которых электродвигатель одной стороной опирается на ось тележки. С другой стороны электродвигатель посредством приливов *10* на остове (носиков) опирается на пружинную подвеску (траверсу), которая является элементом, частично смяг-

чающим удары, передаваемые на двигатель от оси тележки. При движении тепловоза по рельсам двигатель может совершать за счет деформаций пружинной подвески незначительные перемещения, вращаясь относительно оси тележки. При этом расстояние от центра оси тележки до центра вала *1* электродвигателя сохраняется постоянным. Это расстояние равно



Фиг. 182. Схема расположения тяговых электродвигателей на трехосной тележке тепловоза.

централи зубчатой передачи, посредством которой осуществляется связь вала двигателя с осью тележки. Зубчатая передача односторонняя (расположена только с одной стороны двигателя) и одноступенчатая, состоит из малой шестерни, посаженной на конце вала элек-



Фиг. 183. Электродвигатель типа ДК-304Б.

тродвигателя, и сцепленной с ней большой шестерни (зубчатки) *8*, посаженной на ось тележки.

Зубчатая передача имеет стальной разъемный кожух *7*. В верхней своей части кожух имеет отверстие, через которое производится заливка смазки. Кожух заполняется смазкой настолько, чтобы зубья большой шестерни в нижнем положении погружались в смазку. Кожух крепится двумя болтами к остову и одним болтом к подшипниковому щиту электродвигателя.

Электродвигатель имеет независимую вентиляцию, т. е. через него продувается охлаждающий воздух с постоянной скоростью, не зависимой от числа оборотов и режима работы двигателя. Посредством гибкого рукава отверстие в верхней части остова, служащее для входа охлаждающего воздуха, соединяется с воздухопроводом, в который воздух нагнетается вентилятором. Нагретый воздух выходит из двигателя через отверстия, расположенные со стороны кожуха зубчатой передачи. Количество воздуха, продуваемого через каждый электродвигатель, указано в разделе «Технические данные». Следует иметь в виду, что работа тяговых электродвигателей при неработающем вентиляторе неизбежно вызовет их чрезмерный перегрев и выход из строя.

В верхней части остова, со стороны, противоположной зубчатой передаче, расположен коллекторный люк, закрываемый крышкой *5* с рычажным замком. Через этот люк производится осмотр коллектора, верхних щеткодержателей и других внутренних деталей двигателя. В случае необходимости произвести более тщательный осмотр двигателя, протирку изоляторов или смену щеток, помимо верхнего люка можно открыть один или два нижних люка, крышки *2* и *3* которых закреплены болтами.

Выводы *9* электродвигателя выполнены в виде гибких проводов, заканчивающихся специальными кабельными наконечниками, посредством которых двигатель присоединяется к соответствующим проводам силовой цепи.

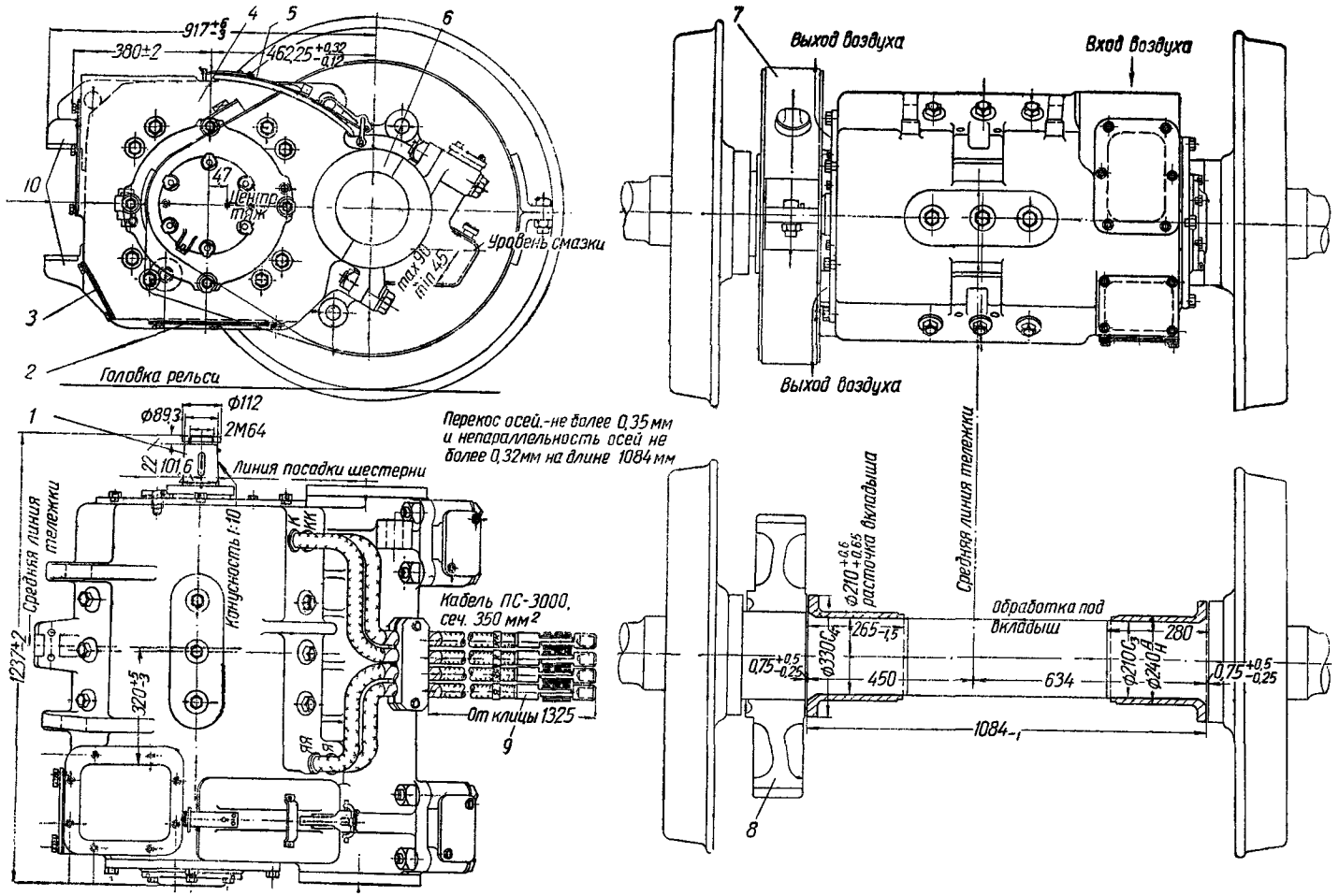
Внутреннее устройство электродвигателя типа ДК-304Б показано на фиг. 185.

Электродвигатель имеет якорь *7*, вращающийся на роликовых подшипниках, четыре главных *25* и четыре добавочных *23* полюса, четыре щеткодержателя *3* и два осевых разъемных вкладыша *19* с набивкой, прижимаемой к оси пружинным толкателем *21*.

Вал *13* электродвигателя выполняется из легированной качественной стали, которая подвергается термообработке — для получения следующих качественных показателей: предел текучести $\sigma_s = 50$ *кг/мм²*; предел прочности при растяжении $\sigma_B = 70$ *кг/мм²*; относительное удлинение $\delta = 18\%$; относительное сжатие $\psi = 50\%$; ударная вязкость $a_к = 8$ *кгм/см²*.

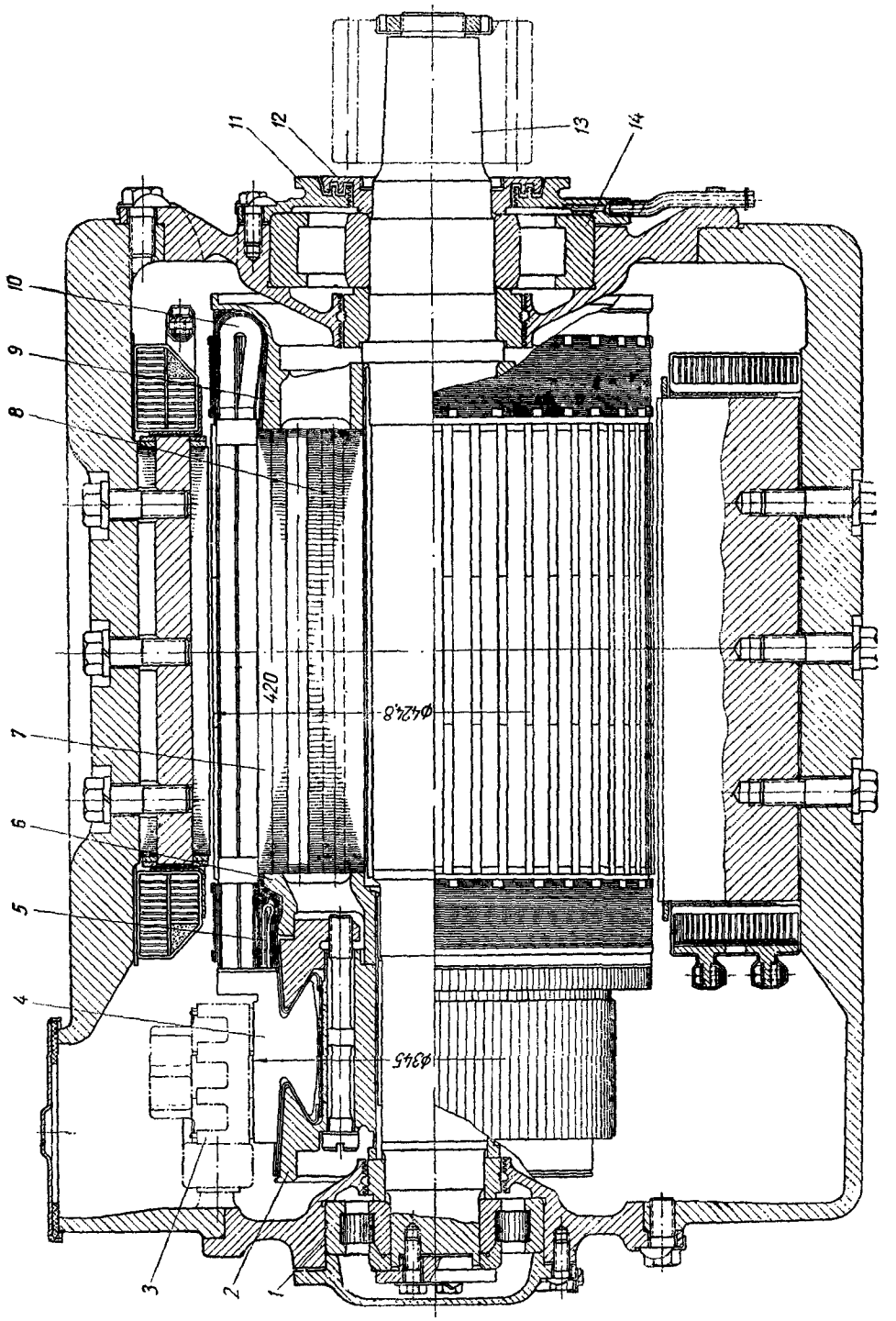
На вал напрессованы штампованные листы якоря *8* из стали Э1А, нажимные стальные шайбы *6* и *9* и коллектор *4*. Сердечник якоря и коллектор насажены на шпонку для предохранения их от проворачивания относительно вала. Секции *10* якоря заложены в прямоугольные пазы сердечника и закреплены в них текстолитовыми клиньями, имеющими форму «ласточкина хвоста». Концы секций впаяны в пластины коллектора по схеме петлевой обмотки.

Для нормальной работы электродвигателя, выполненного по такой схеме, необходимо наличие уравнительных соединений, осуще-



Фиг. 184. Габаритные размеры электродвигателя типа ДК-304Б и его расположение на оси тележки:

1 — вал; *2* и *3* — крышки нижних коллекторных люков; *4* — остов; *5* — крышка верхнего коллекторного люка; *6* — разъемные вкладыши; *7* — кожух зубчатой передачи; *8* — большая шестерня; *9* — выводы; *10* — носики для подвески; *Я* и *ЯЯ* — начало и конец обмотки якоря; *К* и *КК* — начало и конец обмотки полюсов.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
420
Ø428
Ø345

Фиг. 185. Электродвигатель типа ДК-304Б:

1 — роликовый подшипник; *2* — коробка коллектора; *3* — щеткодержатель; *4* — коллектор; *5*—уравнительные соединения; *6*—нажимная шайба якоря; *7* — якорь; *8* — сердечник якоря; *9* — нажимная шайба якоря; *10* — секция обмотки якоря; *11* — крышка подшипника; *12* — лабиринтовое кольцо; *13* — вал; *14* — роликовый подшипник; *15* — съемная накладка носика для подвески; *16* — межкатушечные соединения; *17* — щетка; *18*—прокладка; *19* — осевой разъемный вкладыш; *20* — набивка; *21* — пружинный толкатель; *22* — отъемная часть осевого подшипника („шапка"); *23* — добавочный полюс; *24* — пружинный фланец; *25* — главный полюс.

ствляющих соединение некоторых диаметрально расположенных пластин коллектора. Такие соединения *5* размещены между коллектором и сердечником якоря под основной обмоткой.

Изоляция обмоток от корпуса, их крепление и схема соединения обмоток якоря с пластинами коллектора показаны на фиг. 186.

Секция якоря изготовляется из мягкой обмоточной меди, каждый проводник которой изолируется миканитовой лентой. Пакет секции в пазовой части изолируется миканитовой лентой или микашелком. Форма секции, а также другие более подробные указания об ее изготовлении, даны на фиг. 187.

Форма и размеры уравнительного соединения даны на фиг. 188.

Коллектор состоит из 150 пластин, изолированных друг от друга коллекторным миканитом толщиной 0,8 *мм*. Этот миканит имеет большую твердость, и если не произвести так называемое продораживание коллектора, то при его износе на рабочей поверхности могут образоваться выступы из миканита, которые нарушат нормальные условия работы щеток или даже вызовут их поломку. Для предупреждения этих отрицательных явлений коллектор после проточки продораживается. Сущность этой операции заключается в том, что коллекторный миканит выфрезеровывается на глубину 1,5 *мм*, причем медные пластины коллектора, которые нуждаются только в незначительном притуплении углов, не затрагиваются.

Якорь в процессе изготовления подвергается двухкратной пропитке. Сущность этого процесса заключается в следующем:

1. Якорь с временными бандажами сушат при температуре 110—120° С в течение 12 час. или более — до получения сопротивления изоляции в горячем состоянии не менее 5 *мгом*, после чего его пропитывают в асфальто-масляном лаке № 447; продолжительность пропитки — до прекращения выделения пузырей (но не менее 5 мин.).

2. После пропитки якорь сушат вторично при температуре 110—120° С до получения сопротивления изоляции 3 *мгом* (но не менее 12 час.).

3. После постоянной бандажировки якорь сушат третий раз при температуре 110—120° С до получения сопротивления изоляции 4 *мгом* (но не менее 8 час.), после чего пропитывают второй раз.

4. После второй пропитки якорь сушат при температуре 110—120° С до получения сопротивления изоляции 5 *мгом* (но не менее 18 час.).

5. Якорь красят глифталевым лаком № 1154 и сушат при температуре 110—120° С в течение 7 час. или до прекращения прилипания при прикосновении.

Для удаления излишков лака якорь после пропитки подвергают операции «разбрызгивания», вращая его со скоростью 300 об/мин в течение 5—6 мин.

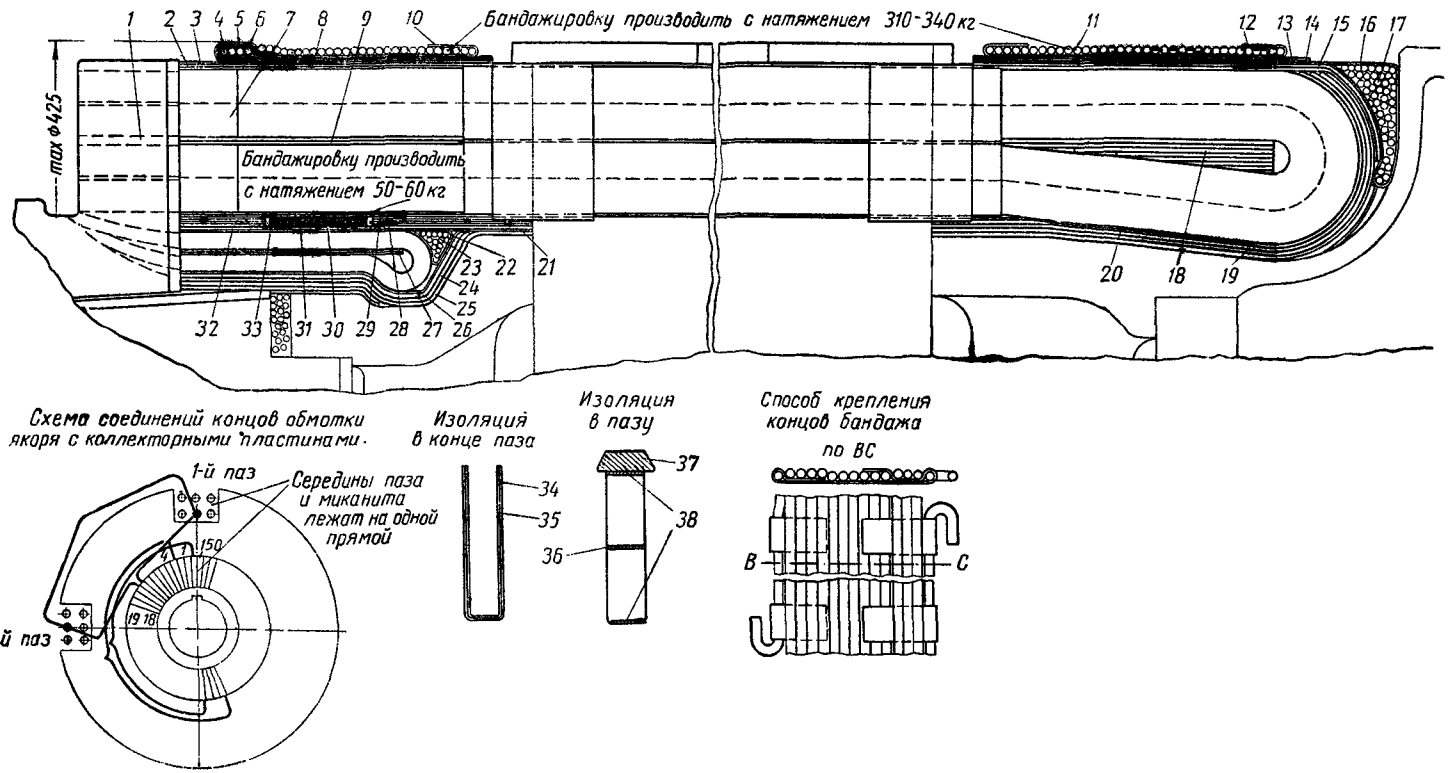
Указанное время сушки, как указывалось, соответствует температуре 110—120° С. При снижении температуры до 100° С сушку производят до получения удвоенной величины сопротивления изоляции.

Готовый якорь подвергается динамической балансировке.

Якорь опирается на роликовые подшипники, из которых подшипник *1* (см. фиг. 185) (со стороны коллектора) жестко закреплен, а подшипник *14* (со стороны привода) не имеет бортиков на внутреннем кольце, чем обеспечивается возможность свободного смещения этого конца вала в случаях изменения его длины при нагреве. При правильном монтаже подшипников они работают безотказно и нуждаются лишь в тех не частых, но регулярных добавлениях смазки и периодических осмотрах, которые предусмотрены инструкциями по уходу за подшипниками.

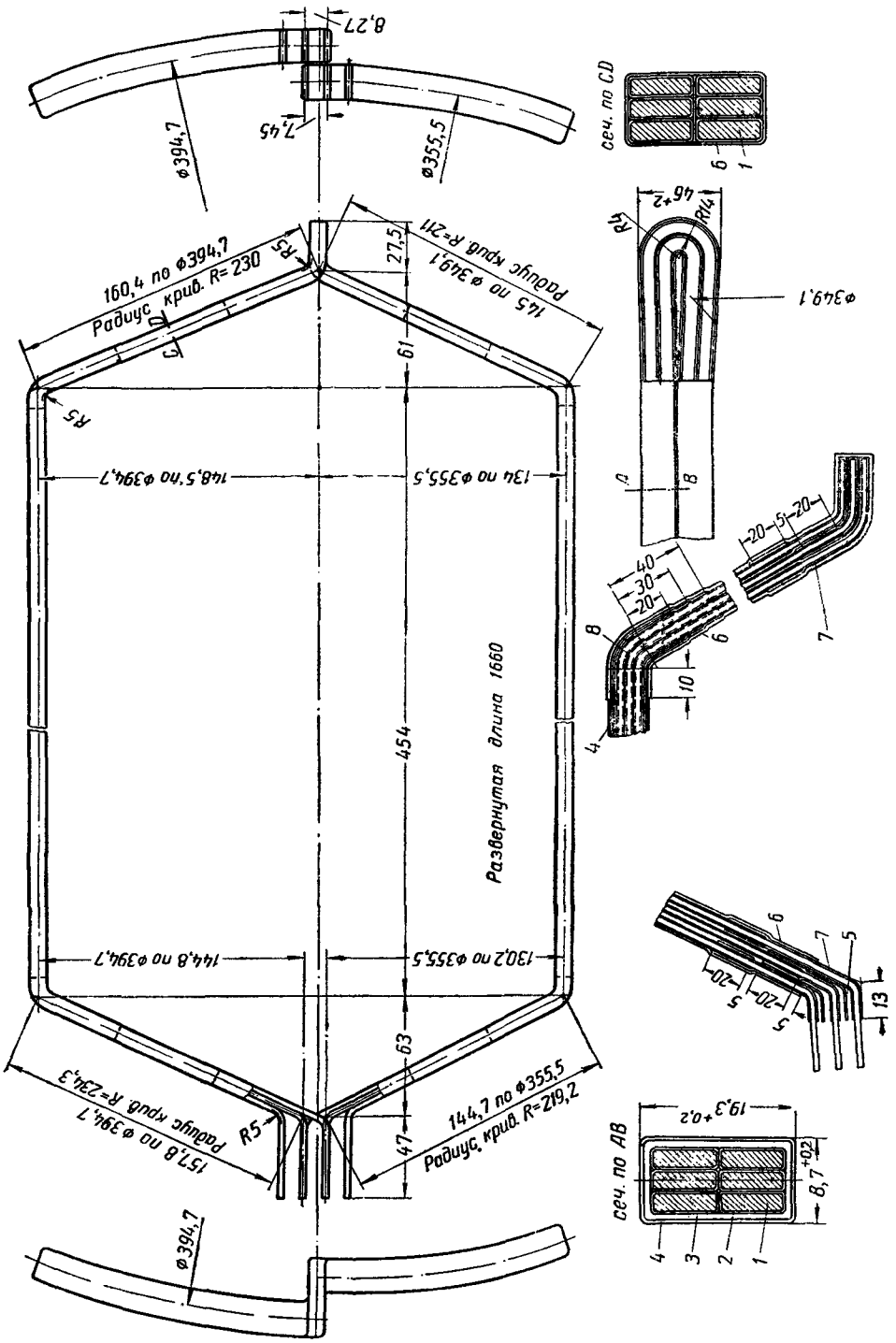
Над коллектором расположены четыре щеткодержателя (фиг. 189), каждый из которых имеет по три щетки *2*. Нажатие щеток на коллектор обеспечивается спиральными пружинами *3*, величина давления которых устанавливается при изготовлении щеткодержателей или во время их ремонта путем поворота втулки *1*, находящейся в центре пружины.

Для данного электродвигателя, имеющего петлевую обмотку, очень существенно, чтобы переходное сопротивление между щетками и коллектором было одинаковым для всех щеткодержателей, так как в противном случае будет иметь место неодинаковое распределение токов между щеткодержателями и ненормальная токовая нагрузка на уравнительные соединения, которые могут перегореть и вывести якорь из строя. По этой причине необходимо применять щетки одинаковой марки ЭГ-2А и не допускать частичную смену изношенных щеток, так как при разной их высоте они будут иметь разное давление на коллектор, а следовательно, и разное переходное сопротивление. По этой же причине не следует допускать регулировки давления щеток в условиях эксплоатации, так как это может нарушить условие одинакового давления для всех щеток.



Фиг. 186. Обмотка и схема соединений якоря электродвигателя типа ДК-304Б:

1 — медный клин: *2* — два слоя микаиита 0,3 *мм*; *3* — два слоя прессшпана 0,5 *мм*; *4* — проволока бандажная 2,5 *мм*; *5* — один слой с полуперекрышей миканита 0,3 *мм*; *6* — суровое полотно 0,4 *мм*; *7* — миканит 0,3 *мм*; *8* — один слой встык киперной ленты; *9* — два слоя микаиита 0,3 *мм*; *10* — жесть 0,25 *мм*; *11* — проволока бандажная 2,5 *мм*; *12* — жесть 0,25 *мм*; *13* — два слоя прессшпана 0,5 *мм*; *14* — два слоя микаиита 0,5 *мм*; *15* — один слой с полуперекрышей миканита 0,5 *мм*; *16* — суровое полотно 0,4 *мм*; *17* — бичевка 1,5 *мм*; *18* — миканит; *19* — два слоя с полуперекрышей миканита 0,5 *мм*; *20* и *21* — один слой встык киперной ленты; *22* — полотно суровое 0,4 *мм*; *23* — бичевка 1,5 *мм*; *24* — два слоя с полуперекрышей миканита 0,5 *мм*; *25*—один слой с полуперекрышей миканита 0,5 *мм*; *26* — один слой встык киперной ленты; *27* — один слой с полуперекрышей миканита 0,5 *мм*; *28* — один слой встык киперной ленты; *29* — два слоя с полуперекрышей микаиита 0,5 *мм*; *30* — бандажная проволока 1 *мм*; *31* — один слой с полуперекрышей миканита 0,3 *мм*; *32* — один слой с полуперекрышей миканита 0,5 *мм*; *33* — жесть 0,25 *мм*; *34* — прессшпаи 0,5 *мм*; *35* и *36* — миканит 0,3 *мм*; *37* — клин текстолитовый; *38* — миканит 0,4 *мм*.

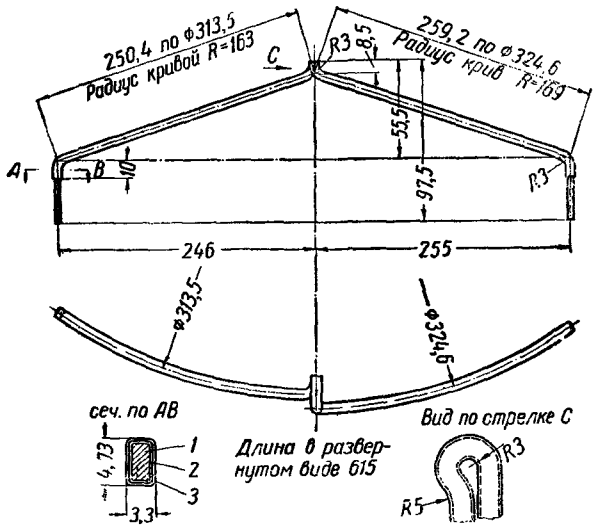


Фиг. 187. Секция якоря электродвигателя типа ДК-304Б:

1 — медь; *2* — один слой с полуперекрышей бумажно-слюдяной ленты 0,075 *мм*; *3* — три слоя с полуперекрышей бумажно-слюдяной ленты 0,1 *мм*; *4* — один слой без перекрыши ленты стеклянной пропитанной 0,15 *мм*; *5* — слюда 0,1 *мм*; *6* — один слой с полуперекрышей ленты стеклянной пропитанной 0,15 *мм*; *7* — один слой с полуперекрышей ленты шелко-слюдяной 0,15 *мм*; *8* — слюда 0,04 *мм*.

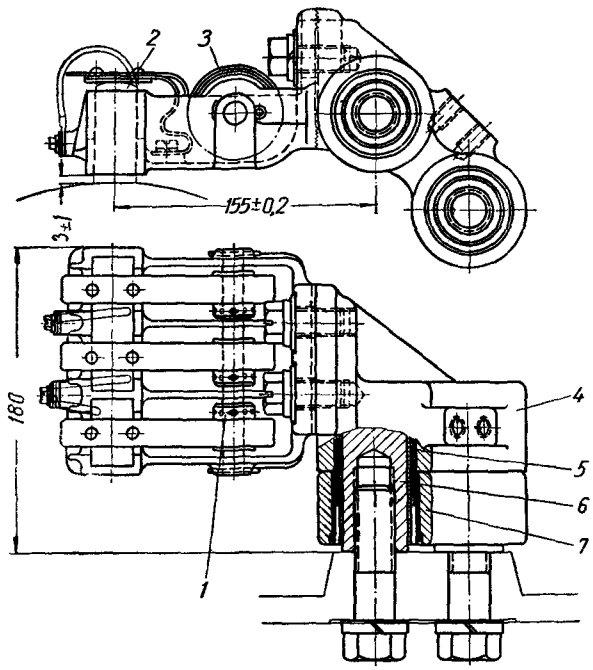
Допускается изоляция пазовой части простынкой из микашелка 0,2 *мм* шириной 445 *мм*, $3^1/_4$ оборота вместо бумажно-слюдяной ленты. При этом углы изолировать шелко-слюдяной лентой 0,15 *мм* в один слой с полуперекрытием, с заходом под простынку на 10 *мм*.

Щеткодержатели закреплены на кронштейнах *4* таким образом, что имеется возможность регулировать расстояние от щеткодержателя до рабочей поверхности коллектора, которое должно быть в пределах 2—4 *мм*. Зубчатая поверхность щеткодержателя в месте крепления к кронштейну исключает возможность самопроизвольного смещения его.



Фиг. 188. Уравнительное соединиение электродвигателя типа ДК-304Б:

1 — медь; *2* — один слой с полуперекрышей ленты шелко-слюдяной 0,15 *мм*; *3* — один слой с полуперекрышей ленты стеклянной, пропитанной 0,15 *мм*.



Фиг. 189. Щеткодержатель электродвигателя типа ДК-304Б:

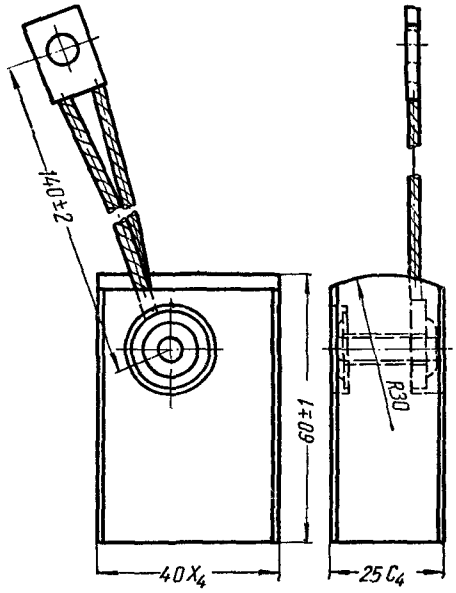
1 — втулка; *2* — щетка; *3* — спиральная пружина; *4* — кронштейн; *5* — слюда; *6* — палец; *7* — изолятор.

В кронштейн впрессованы два пальца, изолированные слюдой *5*. Для защиты основной изоляции от загрязнений на палец *6* надет фарфоровый изолятор *7* в виде цилиндра, который во избежание перекрытия рекомендуется периодически очищать от пыли и грязи. Посредством резьбы, нарезанной в пальцах, щеткодержатель вместе с кронштейном укрепляется на торцевой стенке двигателя.

Конструкция щетки показана на фиг. 190.

Попарно соединенные щеткодержатели образуют начало и конец цепи якоря, которая имеет постоянное последовательное соединение с цепью обмоток добавочных полюсов, которая в свою очередь состоит из четырех катушек, имеющих последовательно-параллельное соединение (две параллельные цепи, в каждой — по две катушки).

Схема соединений электродвигателя показана на фиг. 191, из которой видно, что соединение якоря с добавочными полюсами осуществляется внутри двигателя, а наружу выведены только начало обмотки якоря (обозначено буквой *Я*) и конец обмотки добавочных полюсов (обозначено буквами *ЯЯ*).



Фиг. 190. Щетка электродвигателя типа ДК-304Б.

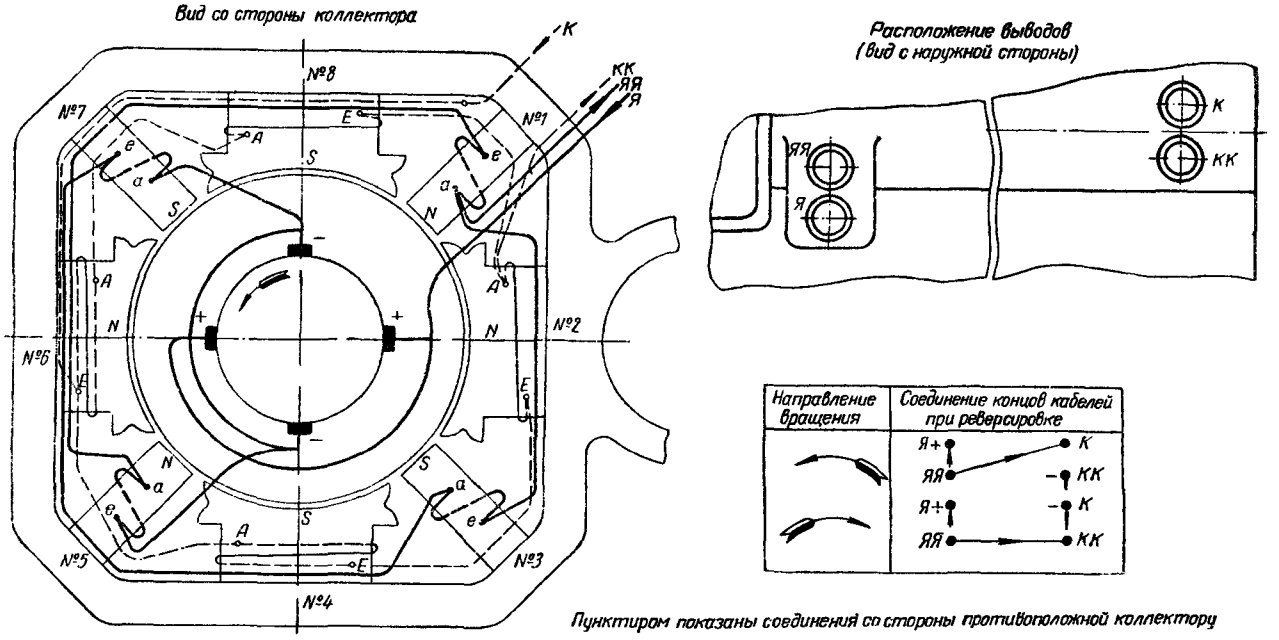
Конструкция катушки добавочного полюса показана на фиг. 192. Катушка состоит из небольшого числа витков голой обмоточной меди *2*, навитой путем изгиба на ребро на специальном станке. К концам катушки серебряным или другим твердым припоем припаяны выводные зажимы. Между витками проложена асбестовая изоляция. Катушка изолирована асбестовой лентой, тремя слоями миканитовой ленты толщиной 0,13 *мм* в полуперекрытие и покровной киперной лентой.

Катушка компаундируется дважды: первый раз — до изолировки миканитовой лентой и второй раз — после окончательной изолировки.

Сущность процесса компаундировки заключается в просушке катушки при температуре 150—160° С в течение 3 час. без вакуума, в дополнительной сушке в течение 1 часа при вакууме 650 *мм* рт. ст. и в последующей пропитке в компаунде при температуре 150—160° С под давлением 6—7 *ат* в течение 3 час. Перед второй компаундировкой время сушки увеличивается до 7 час.

Как видно из схемы, представленной на фиг. 191, цепь обмоток главных полюсов не связана с якорем и имеет выводы начала (обозначено буквой *К*) и конца (обозначено буквами *КК*). Такие независимые выводы обмотки главных полюсов необходимы для целей реверсирования (изменения направления вращения) двигателя.

Цепь обмоток главных полюсов также составлена из четырех катушек и так же, как и добавочные катушки, они соединены последовательно-параллельно (две параллельные цепи по две последовательно соединенных катушки в каждой)



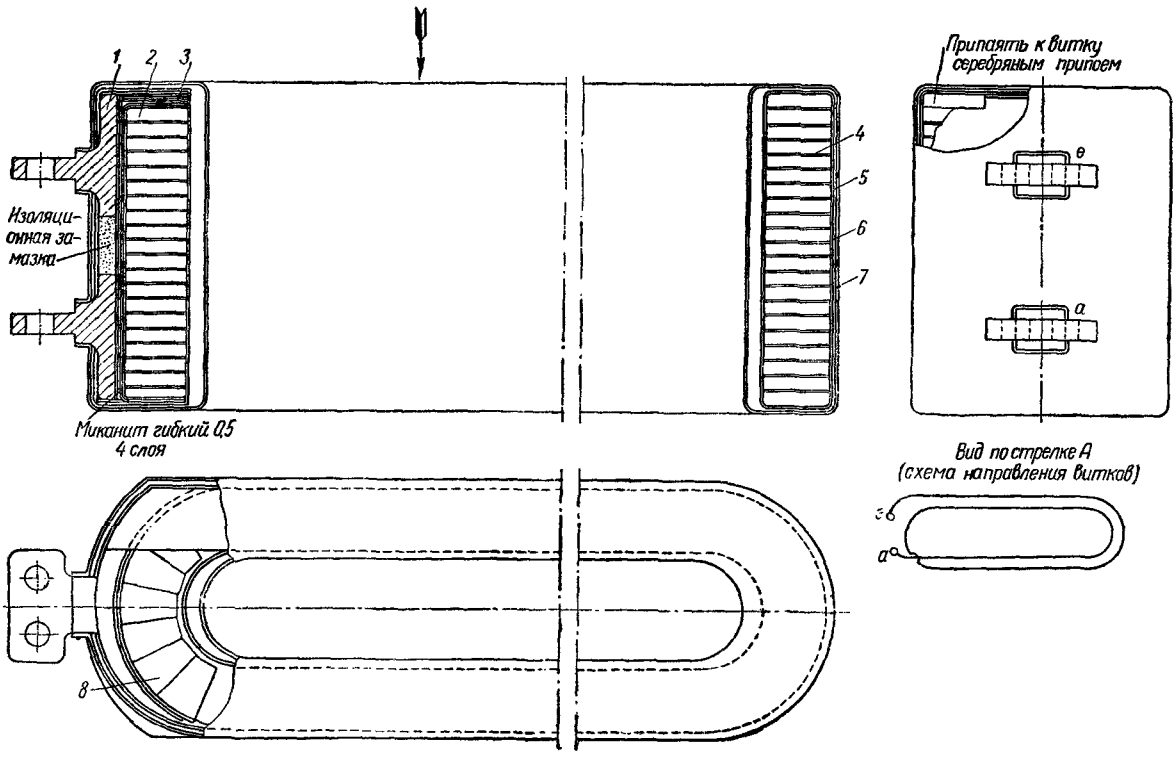
Фиг. 191. Схема соединений электродвигателя типа ДК-304Б: *Я* и *ЯЯ* — начало и конец обмотки якоря; *К* и *КК* — начало и конец обмотки возбуждения; *А* и *Е*, *а* и *е*—начало и конец катушки.

Конструкция катушки главного полюса показана на фиг. 193.

Катушка главного полюса так же выполнена из голой обмоточной меди, но намотка произведена плашмя в два слоя, витки которых соединены последовательно. Изоляция главной катушки и ее компаундировка производятся так же, как и катушки добавочного полюса.

Добавочные полюсы отлиты из стали, а главные — набраны из штампованных листов углеродистой стали марки Ст. 2 толщиной 1,5 *мм*. Крепление полюсов к остову осуществляется болтами из углеродистой качественной стали марки 40.

Между катушкой и полюсом (см. фиг. 185) устанавливаются пружинные фланцы *24*, которые компенсируют отклонение в размерах катушки и устраняют возможность перемещения ее.



Фиг. 192. Катушка добавочного полюса электродвигателя типа ДК-304Б:

1 — выводной зажим; *2* — медь; *3* — асбест; *4* — бумага асбестовая 0,35 *мм*; *5* — один слой встык ленты асбестовой 0,4 *мм*; *6* — три слоя с полуперекрышей ленты бумажно-слюдяной 0,13 *мм*; *7*—один слой с полуперекрышей ленты киперной 0,4 *мм*; *8* — миканит гибкий 0,5 *мм*.

Междукатушечные и другие соединения внутри двигателя выполнены медными шинами.

Надежность электрического контакта в местах соединения шин имеет решающее значение для нормальной работы двигателя, так как доступ к этим соединениям (в случае необходимости их ремонта) очень затруднителен, а условия их работы (удары и тряска) способствуют самопроизвольному ослаблению контактных соединений. Практика эксплоатации тяговых двигателей показала, что для больших величин тока, на которые рассчитан тяговый двигатель, удовлетворительные результаты дает контактное соединение, осуществленное двумя болтами диаметром 12 *мм* с подложенными под них изогнутыми пружинными пластинами толщиной 3 *мм* и пружинными шайбами. При этом крепежные детали (болты и пластина с резьбой, выполняющая роль гайки) должны быть выполнены из качественной конструкционной стали (например, из стали марки 40).

Во всех случаях, где это возможно, контактное соединение следует выполнять таким образом, чтобы ток имел возможность проходить не через одну, а через две параллельные контактные поверхности, что легко достигается применением сдвоенных шин, разведенных в местах соединений в виде вилки. Применение сдвоенных шин имеет еще и то преимущество, что шина при этом получается менее жесткой, что улучшает условия работы контактного соединения.

Шины и места соединений изолируются миканитовой лентой или лакотканью.

Охлаждающий воздух, поступая внутрь электродвигателя через верхний люк со стороны коллектора, проходит через электродвигатель двумя параллельными потоками: один путь — через зазоры между катушками и другой — через каналы якоря, предусмотренные для этой цели как в коробке коллектора, так и в сердечнике якоря. Нагретый воздух выходит через отверстия в подшипниковом щите со стороны привода.

Для уменьшения износа и облегчения ремонта приливов (носиков) остова, опирающихся на траверсу, они имеют съемные накладки *15*, изготовленные из стали марки Ст. 2.

Съемные накладки имеют цементированную рабочую поверхность.

В местах опоры остова двигателя на ось тележки предусмотрены два скользящих подшипника с разъемными вкладышами, изготовленными из бронзы марки Бр. ОЦС 6-6-3. Вкладыш имеет окно, к которому пружинным толкателем прижимается шерстяная набивка *20,* смоченная смазочным маслом (уровень заливки которого показан на фиг. 184). Для заливки смазки и измерения ее уровня предусмотрено малое отверстие, а для ревизии набивки — большое отверстие в отъемной части вкладыша *22* (фиг. 185), называемой иногда «шапкой осевого подшипника». При выпуске нового двигателя в местах сопряжения шапки с остовом ставится стальная прокладка *18,* но так как через некоторый период эксплоатации двигателя крепление вкладыша в силу тряски ослабевает, рекомендуется в этих случаях прокладку из-под шапки удалить.

Чтобы избежать разбрызгивания масла как на стенки остова двигателя, так и на другие части тележки, со стороны коллектора на бортике вкладыша устанавливается кольцо.

Конец вала электродвигателя конический с конусностью 1 : 10. Сцепление малой шестерни зубчатой передачи с валом безшпоночное и осуществляется за счет натяга, с которым шестерня насаживается на коническую часть вала. Величина натяга составляет около 0,15 *мм* на диаметр, что получается за счет нагрева шестерни перед ее насадкой. Дополнительное крепление шестерни гайкой необходимо только для предупреждения осевого ее смещения. Шпоночная канавка, предусмотренная на конце вала, используется только во время испытаний двигателя.

Сорт смазки, применяемый для зубчатой передачи, зависит от климатических условий работы машины, в соответствии с чем и называют эти смазки «летними» и «зимними». При выборе смазок следует руководствоваться специальными инструкциями.

Характеристики двигателя типа ДК-304Б. На фиг. 194 приведены электромеханические характеристики тягового двигателя ДК-304Б, т. е. кривые зависимости скорости движения и силы тяги от тока якоря. Эти характеристики построены для диаметра колеса 1050 *мм* и передаточного отношения зубчатой передачи 4,69.

Тепловозные двигатели в отличие от двигателей электровоза работают не при постоянном напряжении, а при напряжении, изменяющемся в зависимости от тока по автоматической характеристике генератора. Так как число оборотов двигателя зависит не только от тока якоря, но и от приложенного к нему напряжения, то скоростные характеристики двигателя, приведенные на фиг. 194, построены с учетом изменения напряжения генератора в соответствии с характеристикой, приведенной на фиг. 138 (кривая 8).

Характеристика генератора на отдельных тепловозах может изменяться вследствие различной регулировки дизеля и генератора. В случае изменения характеристики генератора скорость движения тепловоза для любого значения тока двигателя может быть пересчитана по формуле

$$v = v' \frac{U_д - I_д R_д - \Delta U}{U'_д - I_д R_д - \Delta U} \text{ км/час}, \qquad (10)$$

где v — искомая скорость движения тепловоза в *км/час* при напряжении $U_д$ на зажимах двигателя в *в;*

ΔU — падение напряжения под щетками в *в;*

$I_д$ — ток двигателя в *а,* для которого определяется скорость движения тепловоза;

$U'_д$ — напряжение в *в* на зажимах двигателя, соответствующее току $I_д$ по характеристике генератора (фиг. 138);

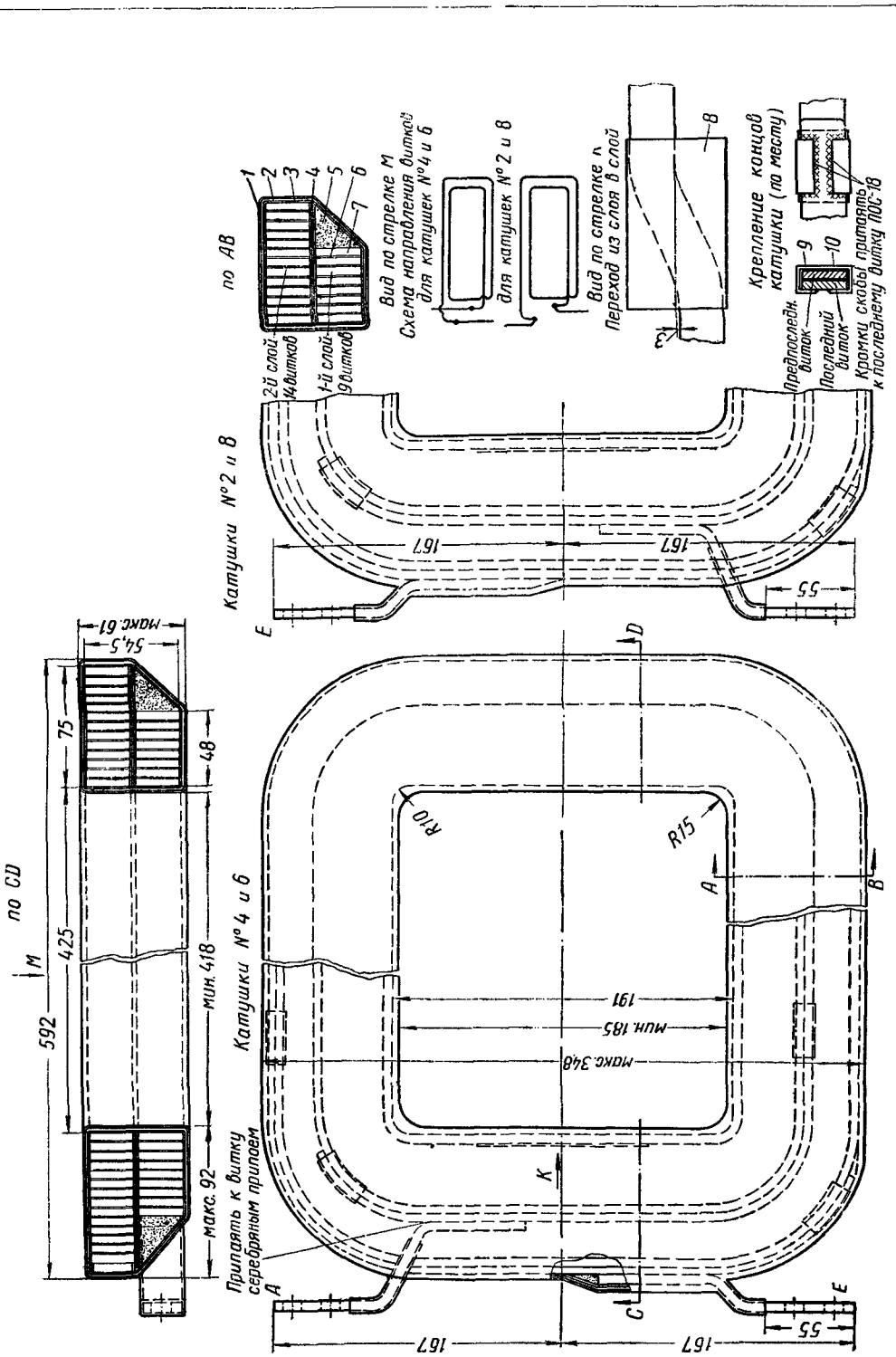
v' — скорость движения тепловоза в *км/час,* соответствующая току $I_д$ по характеристике (фиг. 194);

$R_д$ — сопротивление обмоток двигателя в *ом.*

Так как в тепловозе ТЭ1 применяется соединение шести двигателей последовательно (*С*), соединение двух параллельных групп по три двигателя (*СП*), то скоростные характеристики даны для обоих соединений. В первом случае ток двигателя равен току генератора, а напряжение на его зажимах в 6 раз меньше напряжения генератора. При последовательно-параллельном соединении ток двигателя равен половине тока генератора, а напряжение в 3 раза меньше напряжения генератора.

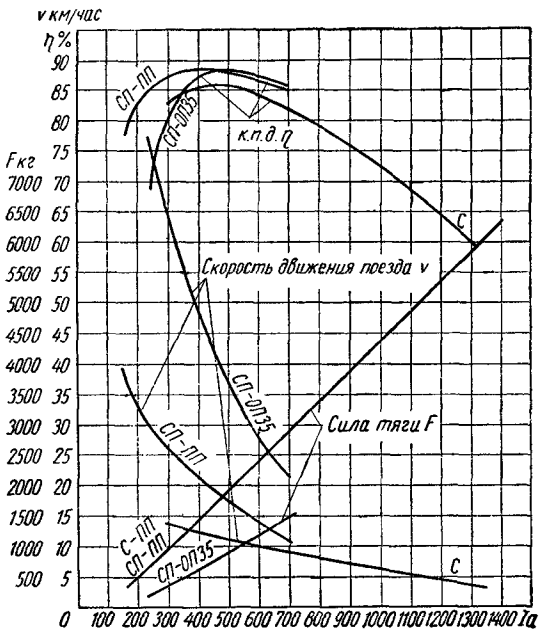
Скоростные характеристики при последовательно-параллельном соединении построены для полного поля двигателя и для ослабления поля на 35%. Число 35 означает, что ток в обмотке возбуждения двигателя составляет 35% от тока якоря. В тепловозах типа ТЭ1 и ТЭ5 применено ослабление поля до 35%. При последовательном соединении двигателей ослабление поля не применено.

Сила тяги двигателя не зависит от напряжения, поэтому для обоих соединений двигателей справедлива одна и та же характеристика. Не изменяется характеристика силы тяги и при



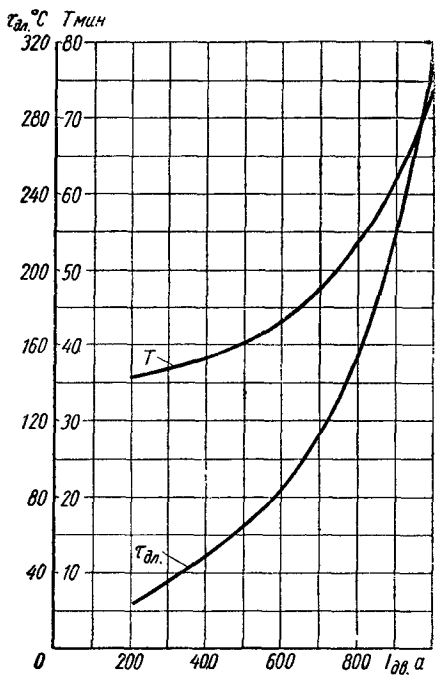
Фиг. 193. Катушка главного полюса электродвигателя ДК-304Б:

1 — один слой с полуперекрышей ленты киперной 0,4 *мм*; *2* — три слоя с полуперекрышей бумажно-слюдяной ленты 0,13 *мм*; *3* — один слой встык асбестовой ленты 0,4 *мм*; *4* — асбесто-миканитовая прокладка; *5* — замазка изоляционная; *6* — бумага асбестовая 0,4 *мм*; *7* — мель; *8* — миканит прокладочный 0,5 *мм*; *9* — жесть 0,25 *мм*; *10* — миканит гибкий 0,25 *мм*; *A* и *E* — начало и конец катушки.



Фиг. 194. Электромеханические характеристики двигателя ДК-304Б:

С — полное поле при последовательном соединении; *СП—ПП*— полное поле при последовательно-параллельном соединении; *СП-ОП35*— ослабленное поле до 35% при последовательно-параллельном соединении.



Фиг. 195. Кривые установившегося перегрева $\tau_{дл}$ и постоянной времени нагревания T двигателя ДК-304Б в зависимости от тока $I_{дв}$.

изменении характеристики генератора. При ослаблении поля сила тяги уменьшается. На фиг. 194 приведены две кривые силы тяги: для полного поля и для ослабления поля до 35%.

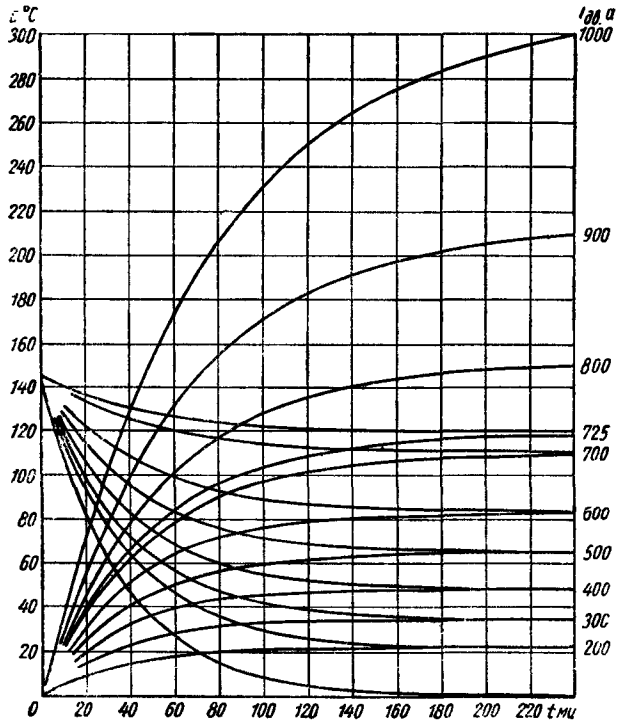
В качестве номинального режима двигателя принят длительный режим. Длительный режим устанавливается во время стендовых испытаний из условия, что при работе двигателя в этом режиме при определенном количестве охлаждающего воздуха, прогоняемого через двигатель за единицу времени, установившееся превышение температур отдельных частей двигателя не превосходит величин, указанных в стандарте на тяговые электродвигатели (ГОСТ 2582-50). Для тепловоза ТЭ1 установленный номинальный режим приведен в технических данных (см. ниже).

При изменении количества охлаждающего воздуха или мощности, подводимой к двигателю, изменится и длительный режим. Так, например, для тепловоза ТЭ2, где оба эти условия изменяются, длительный режим двигателя ДК-304Б будет иной, чем для тепловоза ТЭ1. Номинальный режим установлен для температуры наружного воздуха, равной 25° С. При более высокой температуре наружного воздуха длительный ток понижается. Например, при температуре наружного воздуха, равной 40° С, длительный ток двигателя в тепловозе ТЭ1 снижается с 725 *а* до 680 *а*.

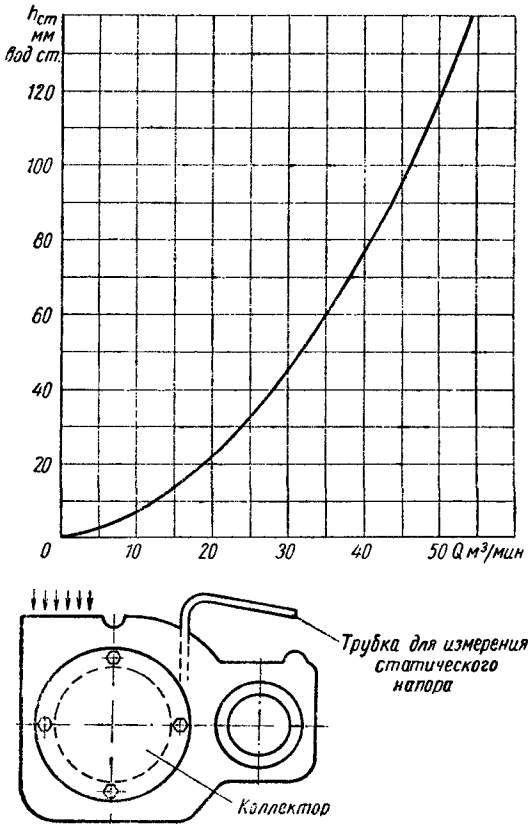
Двигатель допускает кратковременные перегрузки током выше длительного, что может быть использовано при пуске и для преодоления крутых подъемов небольшой длины. Допустимая степень перегрузки должна быть определена расчетной или опытной проверкой нагревания. Для проведения расчетов на фиг. 195 даны кривые установившегося перегрева и постоянной времени двигателя ДК-304Б в условиях работы на тепловозе ТЭ1, на фиг. 196 — кривые нагревания и охлаждения. Методы расчетов по нагреванию двигателей приводятся в руководствах по тяговым расчетам.

Для проведения расчетов по охлаждению двигателей, т. е. для определения количества воздуха при заданных параметрах вентилятора или для выбора вентилятора для заданного количества воздуха, на фиг. 197 приведена кривая зависимости статического напора двигателя от расхода воздуха.

Конструктивные особенности тягового двигателя типа ДК-304В. Двигатель типа ДК-304В отличается иным расположением кронштейна щеткодержателя, в силу чего существенно



Фиг. 196. Кривые нагревания и охлаждения двигателя ДК-304Б (цифры около кривых озиачают ток двигателя в амперах).



Фиг. 197. Статический напор тягового двигателя в зависимости от потока воздуха.

улучшается доступ к коллектору и к щеткодержателям. В зоне крепления щеткодержателя габаритные размеры двигателя несколько увеличиваются, однако его установочные размеры остаются прежними, чем обеспечивается возможность его монтажа на той же оси, на которой устанавливается двигатель ДК-304Б.

В двигателе ДК-304В улучшены междукатушечные соединения, а также введены мелкие конструктивные улучшения отдельных узлов. Якорь и электрические характеристики нового двигателя остаются такими же, как и у двигателей ДК-304Б, чем обеспечивается их взаимозаменяемость.

Технические данные тягового двигателя типа ДК-304Б

Номинальные данные

Мощность в *квт*	98
Режим работы	Длительный
Напряжение в *в*	157
Испытательное напряжение в *в*	2400
Ток в *а*	725
Число оборотов в минуту	270
Максимальное число оборотов в минуту	2200 (90 *км/час*)
Испытательное число оборотов в минуту	2650
Количество продуваемого воздуха в *м³/мин*	25

Якорь

Число пазов	50
Число секций	50
Сторон секций в пазу	6
Витков в секции	1
Схема соединений	Петлевая
Размер меди для секции в *мм*	2,1 × 8,6
Число параллельных проводов	2
Сопротивление обмотки якоря в *ом*:	
при температуре 20°С	0,008
при температуре 100° С	0,0104
Число пластин	150
Шаг по пазам	1—13
Шаг по коллектору	1—2
Количество уравнительных соединений	50
Размер меди для уравнительных соединений в *мм*	2,1 × 3,53
Шаг по коллектору для уравнительных соединений	1—76
Толщина миканита в *мм*	0,8
Глубина продораживания в *мм*	1,5

Главные полюсы

Число катушек	4
Размер меди в *мм*	4,7 × 25
Число витков в катушке	23
Соединение катушек	Последовательно-параллельное
Сопротивление обмотки главных полюсов в *ом*:	
при температуре 20°С	0,00535
при температуре 100° С	0,007
Зазор между полюсом и якорем в *мм*	2,75

Добавочные полюсы

Число катушек	4
Размеры меди в *мм*	5,5 × 25
Число витков в катушке	21
Соединение катушек	Последовательно-параллельное
Сопротивление обмотки добавочных полюсов в *ом*:	
при температуре 20° С	0,00345
при температуре 100° С	0,0045
Зазор между полюсом и якорем в *мм*	4

Щеткодержатели и щетки

Количество щеткодержателей	4
Количество щеток на каждом щеткодержателе	3
Марка щетки	ЭГ-2А
Размеры щетки (см. фиг. 190).	
Давление новой щетки на коллектор в *кг*	От 3,5 до 4
Зазор между щеткодержателем и рабочей поверхностью коллектора в *мм*	От 2 до 4

Якорные подшипники

Подшипник со стороны коллектора	№ 62417
Подшипник со стороны шестерни	№ 32424
Сорт смазки (ГОСТ 1631-42)	№ 1—13
Количество закладываемой смазки при сборке нового подшипника или после промывки в *г*:	
со стороны коллектора	600
со стороны шестерни	1200
Рекомендуемое количество смазки, добавляемое через каждые 1,5—3 мес. в *г*:	
со стороны коллектора	50—75
со стороны шестерни	150—230
Продольный разбег якоря в холодном состоянии в *мм*	От 0,15 до 0,4
Радиальный люфт нового подшипника после сборки в холодном состоянии в *мм*:	
со стороны коллектора	От 0,05 до 0,12
со стороны шестерни	От 0,07 до 0,14
Предельно допустимый радиальный люфт изношенного подшипника в *мм*:	
со стороны коллектора	0,25
со стороны шестерни	0,3
Торцевое биение наружного кольца подшипника после сборки в *мм*:	
со стороны коллектора	Не более 0,14
со стороны шестерни	Не более 0,2

Осевые подшипники

Зазор между вкладышем и осью в *мм*:	
для новых вкладышей	От 0,6 до 0,75
при изношенном вкладыше	Не более 1,6
Продольный разбег двигателя в *мм*:	
для новых вкладышей	От 1 до 2,5
при изношенных вкладышах	Не более 8
Уровень смазки при наклонном измерении в *мм* (см. фиг. 184)	Не менее 45 и не более 90

Разные данные

Вес двигателя без зубчатой передачи в *кг*	2530
Вес якоря в *кг*	670
Габариты (см. фиг. 184).	

Разборка и сборка. Для разборки необходимо:

1) отвернуть гайку на конце вала и с помощью специального приспособления стащить шестерню;

2) удалить щетки;

3) снять крышку подшипника со стороны коллектора;

4) поставить электродвигатель вертикально, стороной коллектора вниз и выверить его так, чтобы якорь мог быть поднят вверх без повреждения коллектора, щеткодержателей и подшипников; на конец вала навернуть подъемное кольцо;

5) удалить болты, крепящие подшипник со стороны коллектора;

6) удалить болты, крепящие подшипниковый щит со стороны шестерни, а в отжимные отверстия щита ввернуть болты, с помощью которых выпрессовать щит.

Дальнейшая разборка двигателя производится по мере необходимости (замена изношенных или поврежденных частей, полная ревизия подшипников и т. п.). При этом надо:

1) снять подшипниковый щит со стороны коллектора с помощью отжимных болтов;

2) для разборки подшипникового узла со стороны шестерни снять с вала лабиринтовое кольцо посредством съемника в виде трубы с нарезкой на конце, снять крышку подшипника и подшипниковый щит вместе с наружным кольцом подшипника;

3) снимать внутренние кольца подшипника с вала и выжимать наружные кольца из подшипниковых щитов с помощью специальных съемников.

При сборке следует руководствоваться нижеследующими указаниями:

1. При сборке подшипников следует иметь в виду, что внутренние и наружные кольца роликоподшипников не являются взаимозаменяемыми; потому в случае необходимости смены одного кольца должен быть заменен весь подшипник, а при сборке необходимо следить за тем, чтобы кольца подшипников не были перепутаны.

Как разборку, так и сборку электродвигателя следует производить с помощью специальных приспособлений, исключающих возможность ударов по подшипнику и ближайшим к нему деталям, так как удары могут привести к образованию трещин в подшипнике.

Подшипники перед посадкой тщательно промыть чистым бензином, а посадочные поверхности на валу и в подшипниковом щите протереть сухой чистой тряпкой и слегка смазать консистентной смазкой.

Посадка на вал колец и втулок производится с предварительным подогревом их в течение 40 мин. в ванне с минеральным маслом, имеющим температуру 100—110° С. Кольца должны находиться в ванне в подвешенном состоянии и не должны касаться стенок ванны. При посадке колец на вал необходимо плотно прижимать их к торцевой упорной поверхности.

Наружное кольцо подшипника запрессовывать в холодном состоянии. При этом во избежание перекоса подшипника необходимо следить за чистотой упорных поверхностей.

В процессе сборки подшипника (но после его просушки) произвести закладку свежей смазки. Следует применять только рекомендованные марки смазок (см. «Технические данные»).

Рекомендуется следующая степень заполнения подшипникового узла смазкой: смазочную камеру в подшипниковом щите заполнить на $^2/_3$ ее объема; пространство между роликами в подшипнике и все лабиринтовые канавки заполнить полностью; смазочную камеру в наружной крышке со стороны шестерни заполнить полностью, а со стороны коллектора — на $^1/_3$ ее объема.

2. При сборке катушек поставить на место все фланцы и прокладки. Окончательную подтяжку болтов, крепящих полюсы, производить при катушках, нагретых до 80—85° С, что может быть осуществлено путем пропускания через каждую из них тока 400 *а* в течение не менее 30 мин. Катушки должны сидеть плотно, без качки.

3. Опускать якорь в остов в вертикальном положении. Для защиты поверхности коллектора от повреждений он должен быть обернут плотной бумагой. Якорь нужно опускать медленно, с легким поворачиванием его от руки. Затяжку болтов подшипникового щита производить равномерно, не допуская его перекоса.

В местах прилегания щита к остову не должно быть грязи и посторонних предметов, могущих вызвать перекос подшипника.

4. Проверить щупом радиальный люфт подшипников и закрепить на валу подшипник со стороны коллектора.

5. Поставить двигатель в горизонтальное положение и проверить легкость вращения якоря от руки. Проверить индикатором биение наружных колец подшипников. При проверке биения якорь прижать к одной стороне путем установки двигателя в наклонное положение.

6. Поставить лабиринтовое кольцо со стороны шестерни, поставить крышки подшипников.

7. Удалить бумагу с коллектора и поставить щетки. Новые щетки необходимо притереть.

8. Перед посадкой шестерни на вал необходимо очистить их посадочные поверхности, удалить заусенцы и забоины и убедиться в том, что пятно от посадки холодной шестерни составляет не менее 75% посадочной поверхности. Посадить холодную шестерню от руки и отметить ее положение. Шестерню равномерно прогреть до температуры, превышающей температуру вала приблизительно на 130° С (температура шестерни никогда не должна превышать 190° С). При том же угловом положении, какое занимала шестерня до нагрева, посадить ее на вал, обеспечив при этом натяг, величина которого должна соответствовать продольному смещению шестерни в пределах 1,3—1,5 *мм* относительно ее положения в холодном состоянии.

После остывания шестерни и измерения ее натяга закрепить шестерню от осевых смещений гайкой, подложив под нее стопорную шайбу.

ГЛАВА III

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Электрические аппараты на тепловозах служат для управления электрическими машинами, для защиты их и других элементов оборудования от ненормальных режимов, для приведения в действие различных вспомогательных механизмов, для поглощения электрической энергии и т. д.

Основными частями аппаратов являются контакты и связанные с ними токоведущие части, катушки приводные и дугогасительные, механизмы для привода контактов и для блокировки между ними и разные детали для механического крепления или защиты отдельных узлов аппаратов.

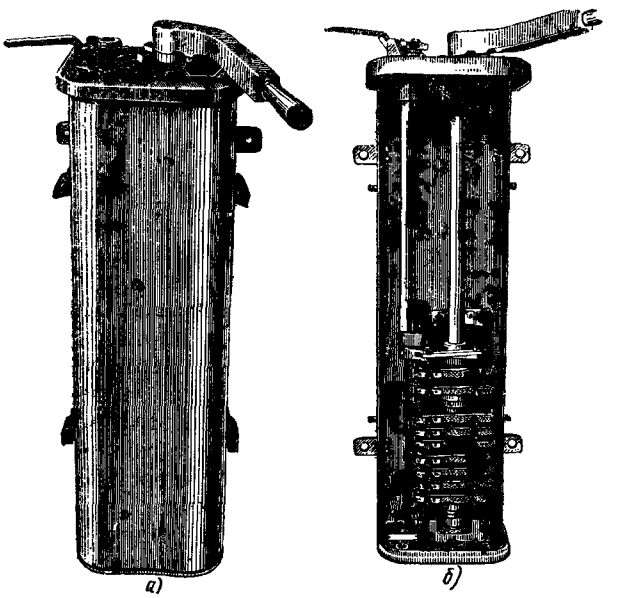
Шунтовые катушки тяговых аппаратов обычно наматываются на металлический каркас, изолированный лакотканью (часто и миканитом), с гетинаксовыми или текстолитовыми шайбами по торцам. Чаще всего катушки тяговых аппаратов состоят из двух секций, разделенных изоляционной шайбой, установленной посредине. В этом случае намотку каждой секции начинают от этой шайбы, для чего либо пропускают под шайбу половину провода, необходимого для катушки, либо пропускают под среднюю шайбу начало провода для одной секции и к ней припаивают начало провода другой секции. При таком способе намотки оба вывода катушки получаются на наружной ее поверхности, что делает более простым и надежным присоединение наружных проводов. Часто для этой цели устанавливаются металлические зажимы с резьбой, укрепляемые на катушке. Шунтовые катушки чаще всего выполняются из медного обмоточного провода ПЭЛ, покрытого лакостойкой эмалью. Снаружи катушки покрываются несколькими слоями изоляционной ткани или бумаги, закрепляемой тафтяной лентой или бичевой. После намотки катушки пропитываются и сушатся по специальной инструкции.

Сериесные катушки чаще всего изготовляются из голой медной шины, наматываемой на шаблоне на ребро с некоторым расстоянием между витками. После намотки катушка покрывается лаком и сушится.

КОНТРОЛЛЕР

Назначение. Контроллер КВ-15А служит для управления тепловозом. Он имеет две рукоятки: съемную реверсивную рукоятку и главную рукоятку (рукоятку управления). Реверсивная рукоятка служит для изменения направления движения тепловоза вперед или назад и в то же время является ключом, без которого нельзя включить схему и привести в движение тепловоз. Реверсивная рукоятка может находиться только у машиниста, ведущего поезд. Главная рукоятка служит для включения схемы и для управления числом оборотов дизеля.

Конструкция. Общий вид контроллера показан на фиг. 198, *а* с кожухом, а на фиг. 198, *б* — без кожуха. На фиг. 199, *а, б* и *в* изображены поперечные разрезы контроллера.



Фиг. 198. Контроллер КВ-15А:
а — с кожухом; *б* — без кожуха.

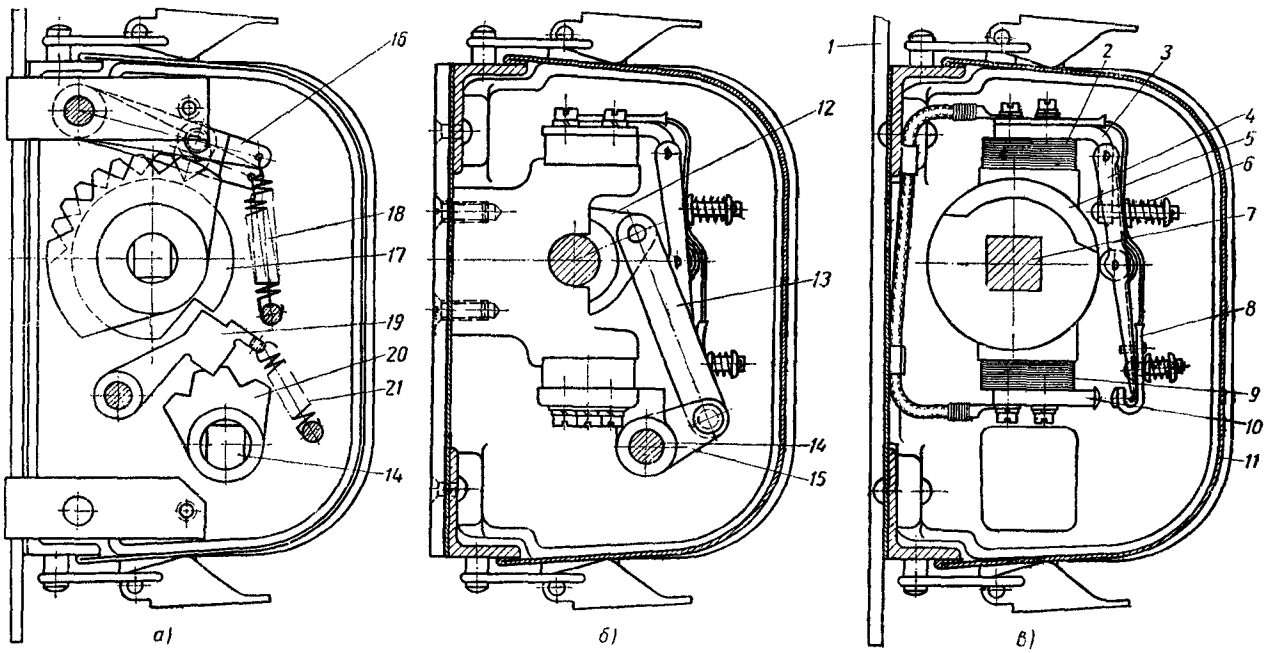
На фиг. 199, *в* показан разрез в нижней части контроллера. Корпус *1* состоит из задней стенки, крышки и днища. В корпусе установлен вал *7*, опирающийся на днище и проходящий сквозь крышку. На нижнюю квадратную часть вала надеты кулачковые шайбы *5* из пластмассы, на части окружности которых сделаны вырезы.

На изоляционной рейке *2* установлены пальцы, состоящие из угольников *3* и рычагов *4*, шарнирно укрепленных на угольниках. На рычаге при помощи штифта с пружиной

установлен контакт *8* с серебряной напайкой, соединенный с угольником гибким плетеным кабелем. В середине рычага посажен на оси ролик, катящийся по боковой поверхности шайбы и прижимаемый к ней пружиной *6*.

На второй изоляционной рейке *9* установлены неподвижные контакты *10* с серебряной напайкой. При повороте главной рукоятки шайбы поворачиваются. Пока ролик катится по невырезанной части шайбы, контакты на фиг. 199, *б*, представляющей разрез контроллера выше той части, где расположены пальцы, и состоит из рычагов *12, 13* и *15*.

Для фиксации главного барабана на его валу укреплены два храповика *17* с вырезами. В эти вырезы, соответствующие рабочим положениям рукоятки, западают ролики, укрепленные на рычагах *16*. Две пружины *18* прижимают ролики к храповикам. Двойной комплект фиксирующего механизма сделан вслед-



Фиг. 199. Поперечные разрезы контроллера КВ-15А.

разомкнуты. Когда под ролик попадает вырез шайбы, палец под действием пружины приходит в соприкосновение с неподвижным контактом. Таким образом, замыкание контактов производится пружиной, и нажатие на контакт определяется ее усилием. Размыкание производится шайбой.

Положения рукоятки, на которых замкнуты те или иные пальцы, определяется расположением и размером выреза соответствующей шайбы. Всего на контроллере установлено девять пальцев и девять кулачковых шайб, из которых семь нижних управляются главной рукояткой (фиг. 198), а два верхних — реверсивной рукояткой. Две верхние шайбы (реверсивный барабан) могут свободно вращаться на главном валу и приводятся во вращение от вала реверсивной рукоятки. Привод виден

ствие малого угла поворота с одного положения на другое, не позволяющего получить достаточно глубокий вырез при одном храповике. Фиксация реверсивного барабана осуществляется посредством храповика *20*, жестко укрепленного на валу *14*, и рычага *19*, прижимаемого пружиной *21*. Рычаг служит одновременно для блокировки между рукоятками. Положение, показанное на фиг. 199, *а*, соответствует нулевому положению главной рукоятки (холостой ход) и нулевому положению реверсивной рукоятки. При этом выступ рычага *19* входит в вырез шайбы храповика *17* и препятствует повороту главной рукоятки. Если вал *14* будет сдвинут в одно из рабочих положений, которым соответствует более глубокий вырез в храповике, рычаг *19* опустится ниже и не будет мешать повороту главной рукоятки. После

поворота главной рукоятки с нулевого положения реверсивную рукоятку нельзя повернуть, так как шайба храповика *17* будет мешать подъему рычага *19*. Таким образом, главную рукоятку можно повернуть только при рабочем положении реверсивной рукоятки, реверсивную — только при нулевом положении главной.

Реверсивная рукоятка вставляется в вырезы в головке реверсивного вала. На крышке сделаны приливы, позволяющие вынуть рукоятку только в среднем положении вала и препятствующие выниманию ее на любом из рабочих положений.

ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ВЕНТИЛИ

Назначение. Электропневматические вентили применяются в электрических аппаратах и механизмах, приводимых в действие сжатым воздухом.

Вентили управляют сжатым воздухом при помощи электромагнитов, открывающих и закрывающих соответствующие клапаны. Каждый вентиль имеет два клапана (впускной и выпускной) и три отверстия: одно — для впуска сжатого воздуха из резервуара, второе — для соединения камеры вентиля с цилиндром механизма и третье — для выпуска сжатого воздуха в атмосферу.

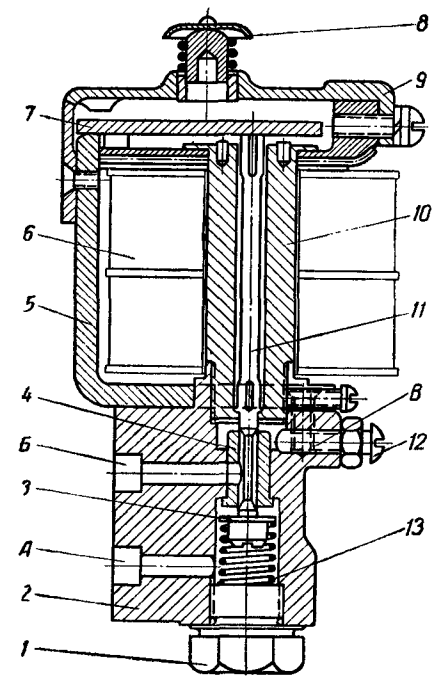
По принципу действия вентили делятся на включающие (*ВВ*), которые впускают в цилиндр сжатый воздух при возбужденной катушке электромагнита и соединяют цилиндр с атмосферой при выключенной катушке, и выключающие (*ВкВ*), которые соединяют цилиндр с атмосферой при возбужденной катушке и с источником сжатого воздуха при выключенной катушке.

В тепловозах ТЭ1, ТЭ2 и ТЭ5 применяются включающие вентили в пневматических контакторах, реверсоре, клапане песочницы и в приводе к регулятору дизеля.

Конструкция включающего вентиля ВВ. На фиг. 200 показан разрез включающего вентиля. Внутри чугунного корпуса *2* запрессовано седло *4*. В отверстии седла расположен ствол *11* с двумя клапанами: верхним, составляющим одно целое со стволом, и нижним *3*, привернутым к стволу.

Оба клапана притерты к седлу. При выключенной катушке нижний клапан прижат к седлу пружиной *13*, опирающейся на пробку *1*. Вверху на корпусе укреплены ярмо *5* из полосовой стали и сердечник *10* из круглой стали. Ствол *11* проходит внутри отверстия в сердечнике, и его конец выходит на 2—3 *мм* выше торца сердечника. На сердечнике расположена катушка *6*. На ярмо и ствол опирается якорь *7* из листовой стали. Сверху к ярму прикреплена крышка *9*.

Отверстие *А* в корпусе соединено с резервуаром сжатого воздуха, отверстие *Б* — с цилиндром аппарата и отверстие *В* — с атмосферой. При выключенной катушке доступ сжатого воздуха к цилиндру закрыт нижним клапаном. Цилиндр соединен с атмосферой через отверстие между седлом и верхним клапаном и отверстие *В*. Если по условиям работы аппарата требуется замедленный выход сжатого воздуха из цилиндра, в отверстие *В* ввертывается винт *12* со скошенным краем, посредством которого можно изменять сечение выпускного отверстия. В тепловозных аппаратах замедление не требуется и винт *12* не применяется.



Фиг. 200. Включающий вентиль.

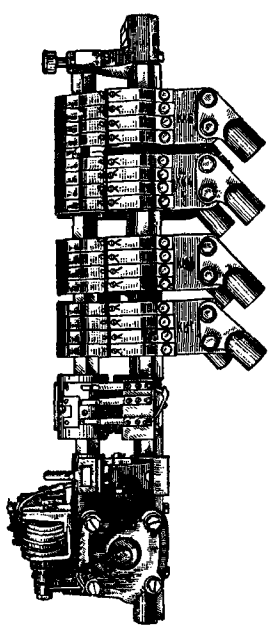
При возбуждении катушки якорь *7* притягивается к сердечнику *10* и опускает ствол *11*, прижимая верхний клапан к седлу и открывая нижний клапан. Цилиндр аппарата разобщается с атмосферой и соединяется с источником сжатого воздуха. Кнопка *8* служит для ручного включения вентиля при опробовании работы аппарата.

Катушки вентилей могут быть рассчитаны на различные рабочие напряжения до 220 *в* на зажимах катушки и до 600 *в* по изоляции.

В тепловозных аппаратах применяются три различных исполнения вентилей: ВВ-1А — в пневматическом приводе к регулятору дизеля, ВВ-2А — в реверсоре и ВВ-3А — в пневматических контакторах и клапане песочницы. Они отличаются друг от друга сечением отверстия между клапаном и седлом. Вентиль ВВ-1А имеет минимальное сечение, равное 5 *мм*^{2}, вентиль ВВ-2А — большее сечение, равное 6 *мм*^{2}, и вентиль ВВ-3А имеет сечение нижнего клапана, равное 8 *мм*^{2}, и сечение верхнего клапана — 19 *мм*^{2}. Ход клапана у вентилей ВВ-1А и ВВ-2А равен 0,9 *мм*, а у вентиля ВВ-3А ход клапана равен 1,3 *мм*.

РЕВЕРСОР

Назначение. Реверсор ПР-758А-1 служит для изменения направления движения тепловоза путем переключения обмоток возбуждения тяговых двигателей. При переключении обмоток изменяется направление тока в обмотках и тем самым изменяется направление вращения тяговых двигателей.



Фиг. 201. Реверсор ПР-758А-1.

Конструкция. Концы обмоток возбуждения и питающие кабели присоединяются к пальцам реверсора (фиг. 201). Барабан с контактными сегментами в одном положении соединяет между собой одни пальцы, в другом — другие. Поворот барабана осуществляется пневматическим приводом *1*, расположенным в нижней части реверсора и управляемым дистанционно посредством двух электропневматических вентилей *2* (фиг. 202). Между главным барабаном и пневматическим приводом расположен блок-барабан *4*. Главные сегменты барабана представляют собой отливки *6*, укрепленные на шестигранном валу *15*, опрессованном бумажно-бакелитовой изоляцией. Каждая пара сегментов изолирована друг от друга фибровой прокладкой *16*.

Силовой палец показан на фиг. 202 (разрез по *AB*). Чугунный пальцедержатель *13* укреплен на шестигранной стойке *14*, опрессованной бумажно-бакелитовой изоляцией, посредством болта и гайки, которыми хомут пальцедержателя зажимается на стойке В пальцедержатель ввернут стержень *8*, на который надеваются медный контактный палец *7* и пружина *9*. Пружина одним концом опирается на палец. Второй конец пружины удерживается пластиной *10* и шплинтом. На конце пальца приклепана пятка *11*, имеющая коническую заточку, которой палец опирается на края углубления в пальцедержателе. Палец соединен гибким плетеным кабелем с соединительной пластиной *12*. Если палец не касается барабана, он опирается пяткой на пальцедержатель и на воротник стержня *8*. В собранном реверсоре палец опирается на барабан и пяткой — на пальцедержатель. Так как пятка и стержень допускают покачивание пальца, он устанавливается так, что касание его с барабаном происходит по меньшей мере в двух точках.

В связи с большим током тягового двигателя в цепь каждого двигателя включены по четыре пальца, соединяемые параллельно общей соединительной пластиной и общим кабельным наконечником (фиг. 201). Всего на реверсоре на двух стойках установлены восемь комплектов, состоящих из четырех пальцев, по четыре комплекта с каждой стороны.

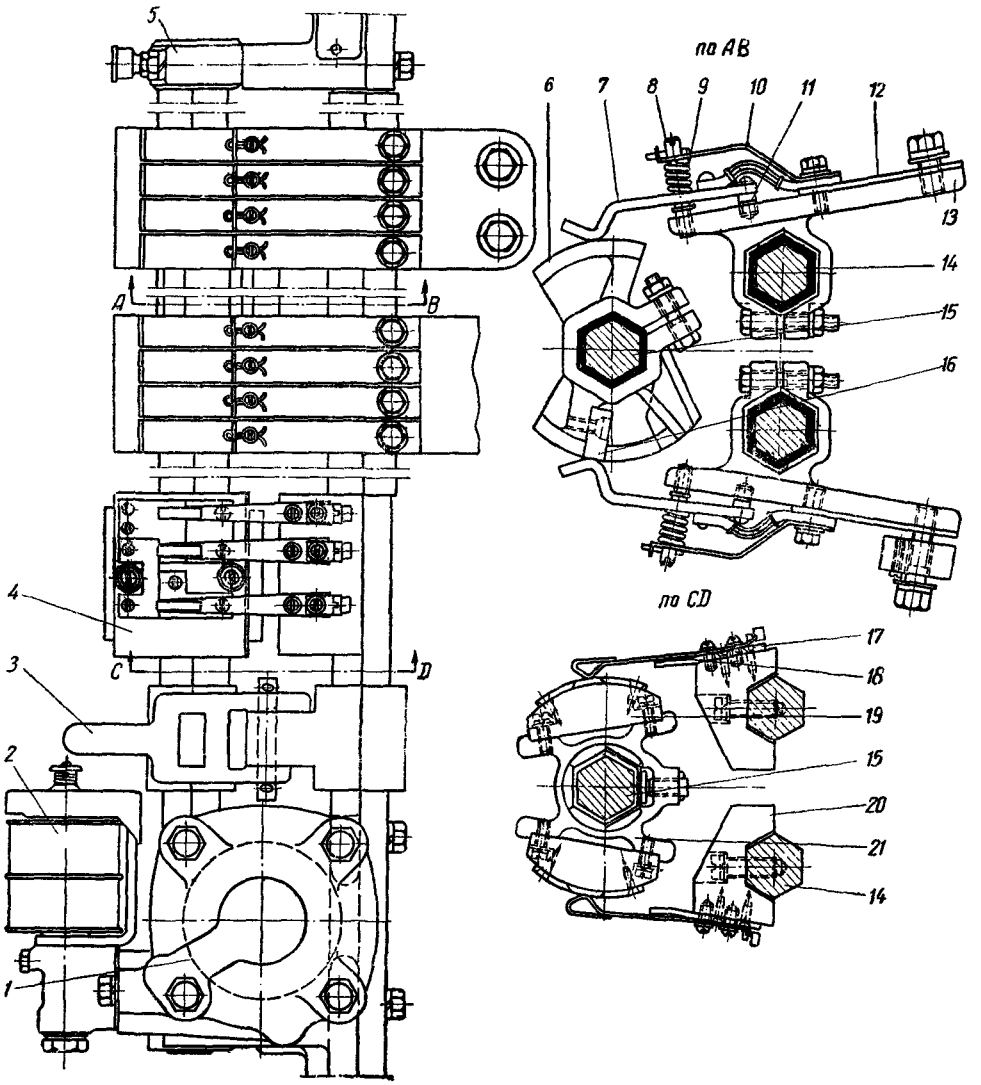
Палец управления показан на фиг. 202 (разрез по *CD*). Деревянная пропитанная льняным маслом колодка *20* привернута болтами к шестигранной стойке *14*. К колодке привернута планка *17* из полосовой стали, а к последней — контактный палец *18* из пружинной стали. На реверсоре установлены шесть пальцев управления (по три с каждой стороны).

Блок-барабан *4* состоит из отливки *21* с шестигранным отверстием, грани которого прижаты болтом к граням вала *15*, и деревянных колодок *19*, к которым привернуты медные контактные сегменты. На верхних концах стоек *14* укреплен подшипник *5* с масленкой для конца вала *15*.

Электропневматический привод реверсора изображен на фиг. 203. Отлитый из чугуна цилиндр *1* укреплен на двух шестигранных стойках *6* болтами *5*. Внутри цилиндра расположен двухсторонний поршень *4*, на обоих торцах которого сделаны кожаные уплотнения *3*, прижатые к поршню специальными пружинными шайбами *2* и закрепленные шпильками с гайками и шайбами. С обеих сторон

к цилиндру привернуты чугунные крышки *8*. С наружной стороны на цилиндре установлены два включающие вентиля *9*, отверстия в корпусах которых (см. «Электропневматические вентили») сообщаются с пространствами в цилиндре по обе стороны от поршня. Если возбудить катушку правого вентиля, сжатый воздух проникнет в цилиндр справа от поршня и переместит поршень налево.

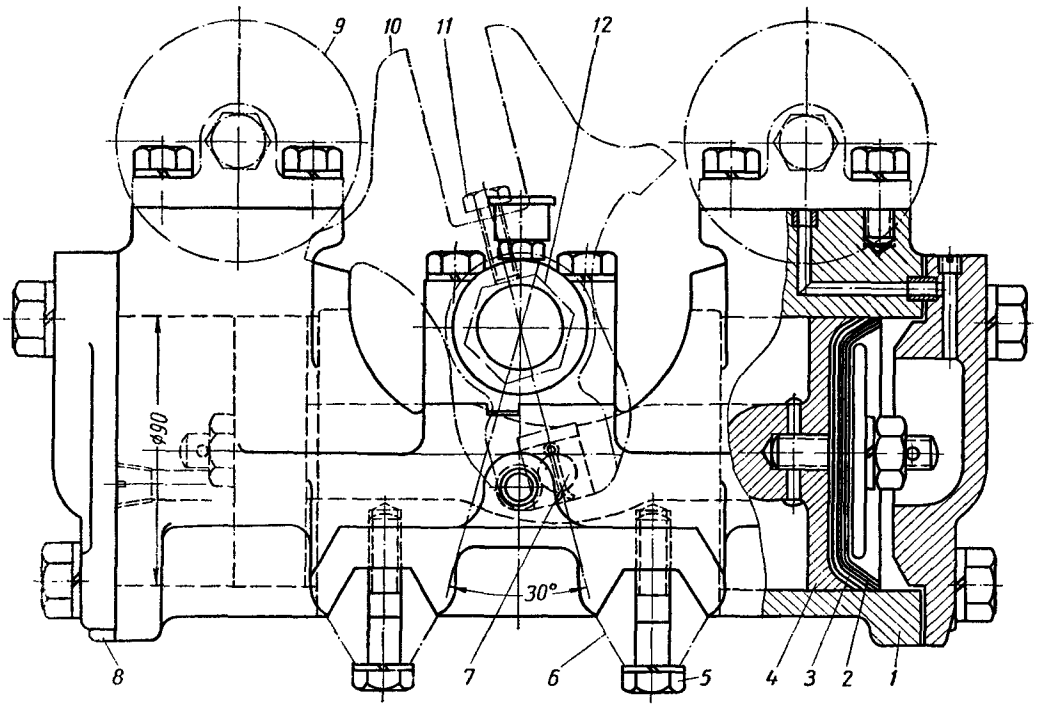
Поршень посредством валика *7* связан шарнирно с рычагом *10*. Рычаг *10* укреплен на шестигранном валу *12* барабана болтом *11*, прижимающим вал к граням шестигранного отверстия рычага. При перемещении поршень захватывает нижний конец рычага *10* и поворачивает шестигранный вал и барабан на 30° по часовой стрелке. При выключении правого и включении левого вентиля поршень перемещается вправо и поворачивает барабан против часовой стрелки.



Фиг. 202. Реверсор ПР-758А-1.

Фиксация положений барабана осуществляется сжатым воздухом, так как вентиль остается включенным. В среднее положение, когда пальцы не соединены с сегментами, барабан можно поставить только вручную при выключенных вентилях.

Для фиксации барабана в выключенном положении предусмотрена специальная защелка *3* с рукояткой, расположенная непосредственно над пневматическим приводом (фиг. 202).



Фиг. 203. Электропневматический привод реверсора.

КОНТАКТОРЫ

Назначение и принцип устройства. Контакторами называются аппараты, служащие для дистанционного размыкания и замыкания электрической цепи под током.

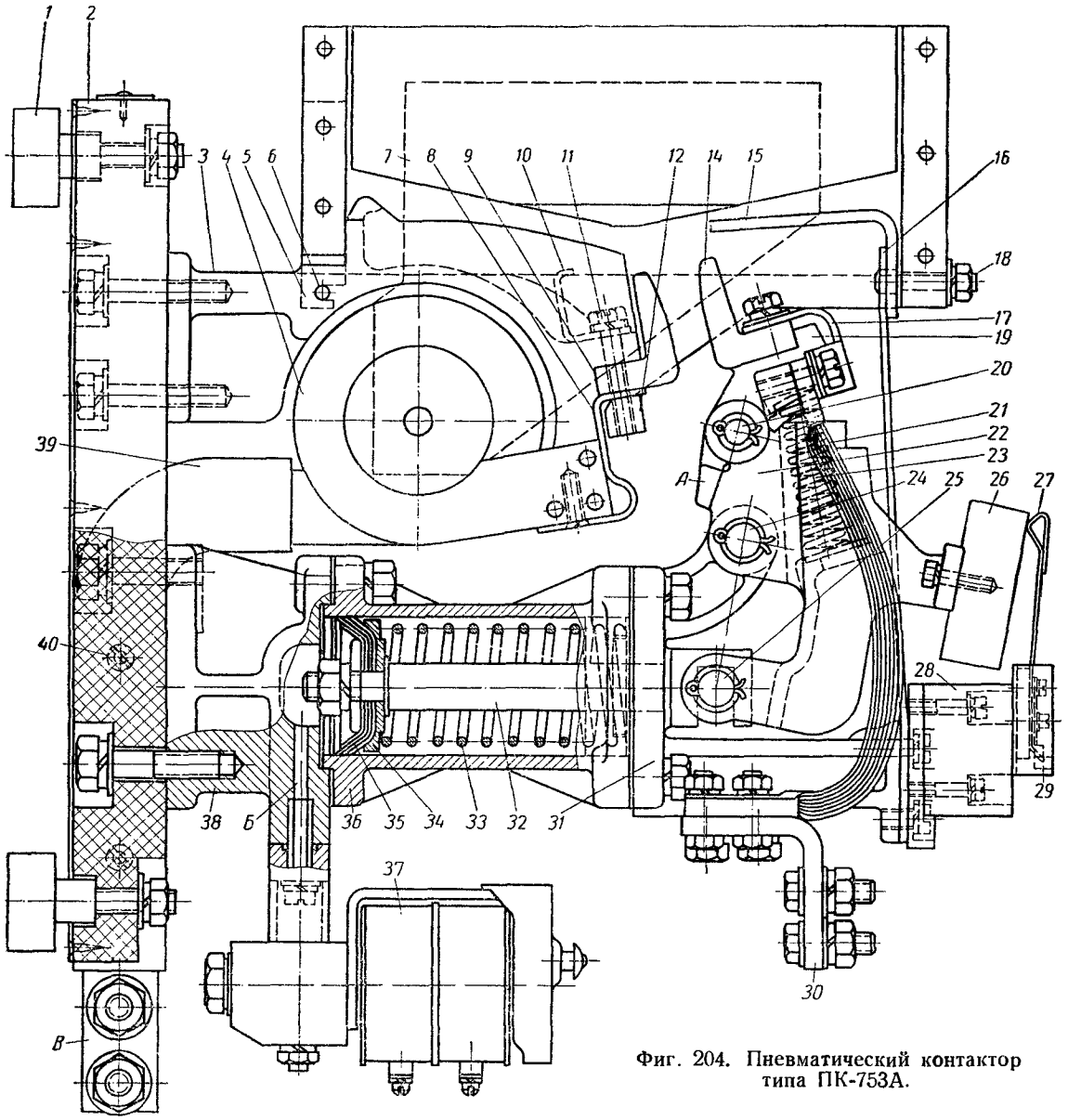
Привод контактора имеет дистанционное управление. Посредством контроллера или кнопочного выключателя в катушку контактора подается ток, от которого привод приходит в действие и перемещает подвижные части контактора, замыкая или размыкая соответствующие контакты.

Применяемые на тепловозах серии ТЭ контакторы делятся по типу привода на две группы: на электропневматические (чаще называемые пневматическими) и на электромагнитные.

Пневматический контактор. Пневматический контактор типа ПК-753А, изображенный на фиг. 204 и 205, применяется на тепловозах для включения и переключения тяговых двигателей. Отдельные части контактора укреплены на асбоцементной доске *2*, которая при помощи двух болтов *1*, имеющих опрессованные изоляционной массой головки, укрепляется на каркасе аппаратной камеры тепловоза. Контактор монтируется в положении, показанном на фиг. 205, т. е. доска *2* должна быть расположена вертикально, а вентиль *37* — внизу.

На доске *2* с помощью болтов укреплен верхний кронштейн *3*, представляющий собой фигурную отливку. К краю кронштейна *3* приклепан тремя заклепками выводной конец дугогасительной катушки *4*. Дугогасительная катушка представляет собой несколько витков медной шины, гнутой на ребро. Второй выводной конец дугогасительной катушки, покрытый изоляцией *39*, укреплен на боковом торце доски *2* посредством двух винтов *40*. К краю *B* выводного конца болтами присоединяется при монтаже кабельный наконечник или соединительная шина для присоединения контактора к другим элементам схемы. Внутри дугогасительной катушки имеется стальной сердечник с двумя стальными шайбами на торцах, которые прикреплены к сердечнику путем развальцовки торцов сердечника и удерживают сердечник внутри катушки. Сердечник и шайбы изолированы от катушки.

К кронштейну *3* посредством болта *11* и специальной гайки *12* привернут неподвижный контакт *9*. Дугогасительная катушка и неподвижный контакт соединены между собой не только через кронштейн, но и посредством медной шины *8*.

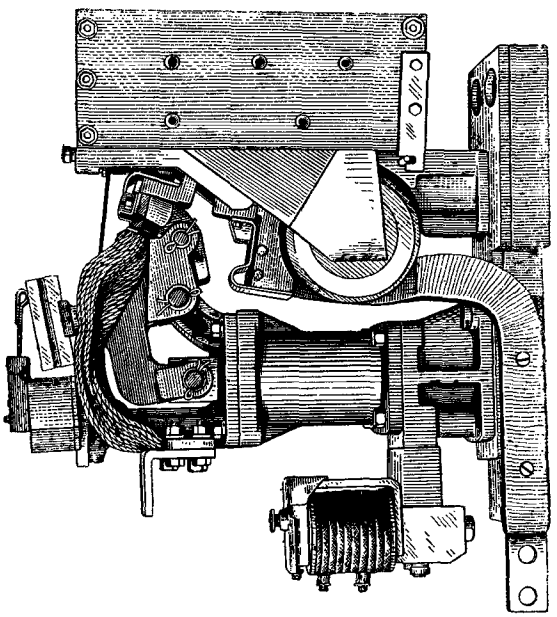


Фиг. 204. Пневматический контактор типа ПК-753А.

Под дугогасительной катушкой укреплен на доске *2* пневматический привод. Привод состоит из крышки *38*, цилиндра *36* и крышки *31*, отлитых из чугуна и скрепленных между собой болтами. Внутри цилиндра *36* расположен стальной шток *32*, на левом конце которого укреплен поршень, состоящий из чашки *34*, нескольких кожаных манжет *35*, прижатых к чашке чашеобразной пружиной, шайбами и гайкой.

Между чашкой *34* и крышкой *31* установлена мощная пружина *33*, отжимающая шток влево. С правой стороны шток проходит через отверстие в крышке и заканчивается крюком. На приливе крышки *31* шарнирно укреплен посредством валика *24* держатель *22* подвижного контакта. На нижнем конце держателя укреплен валик *25*, который входит в прорез штока *32*. На держателе *22* шарнирно укреплен посредством валика *20* рычаг *19*, к которому привернут болтом подвижной контакт *14*. Подвижной контакт *14* и неподвижный контакт *9* совершенно одинаковы по форме и по размерам и нарезаются из профильной твердотянутой меди, сечение которой соответствует форме контакта.

Подвижной контакт через латунную скобу *17* и соединение *21* соединен с выводным угольником *30*, привернутым к приливу крышки. Соединение *21* представляет собой несколько плоских голых кабелей, сплетенных из тонкой медной проволоки. По краям плоские кабеля обжаты специальными плоскими наконечниками и пропаяны вместе с ними. Между держателем *22* и рычагом *19* установлена пружина *23*, которая стремится повернуть рычаг *19* против часовой стрелки и прижимает конец *А* рычага *19* к обработанной плоскости держателя.



Фиг. 205. Общий вид контактора типа ПК-753А.

К крышке *38* снизу привернут винтами открытый включающий вентиль *37*. Пространство в цилиндре *36* слева от поршня соединено с вентилем отверстием *Б*.

На держателе *22* укреплена с помощью винтов изоляционная колодка *26*, в наружную часть которой вделаны латунные планки. На приливе крышки *31* укреплена вторая изоляционная колодка *28*, на которой установлены контактные пальцы *27* и кабельные наконечники *29*. Колодка *26* с латунными планками и колодка *28* с контактными пальцами образуют блокировку. Форма и расположение контактных планок в колодке *26* и число пальцев на колодке *28* определяются количеством блок-контактов, которые должен иметь контактор, и схемой их включения. Блок-контакты, применяемые в контакторах тепловоза ТЭ1, показаны на схеме (см. фиг. 143).

Вверху на контакторе расположена съемная дугогасительная камера. Она состоит из плоских асбоцементных стенок и перегородок *13*, скрепленных между собой болтами. К боковым стенкам прикреплены изоляционные прокладки, с которыми связаны посредством развальцованных трубок стальные плоские полюсы *7*, контуры которых показаны на фиг. 204 пунктиром. С одной стороны камера укрепляется на контакторе посредством металлических крюков *5*, привернутых к камере, и штифта *6*, запрессованного в кронштейн *3*, за который крюки камеры зацепляются. С другой стороны на внутренней торцевой стенке камеры имеется штифт *18*, который входит в отверстия, имеющиеся в дугогасительном роге *15* и стальной плоской пружине *16*. Пружина *16* с укрепленным на ней рогом *15* привернута к крышке *31* вместе с колодкой *28*.

Для того чтобы снять камеру, нужно нажать на нее в направлении к доске, вывести крюки *5* из зацепления с штифтом *6*, повернуть ее по часовой стрелке, пока перемещению перестанет мешать кронштейн. Затем переместить камеру в направлении от доски, пока штифт *18* не выйдет из отверстия в роге *15*, после чего ее можно поднять вверх. Надевается камера в обратном порядке.

Принцип действия контактора заключается в следующем.

На фиг. 204 контактор показан в разомкнутом положении. При включении катушки вентиля *37* сжатый воздух, подведенный к корпусу вентиля через клапан и отверстие *Б* в крышке *38* проникнет в цилиндр. Под давлением сжатого воздуха поршень и шток *32*, преодолевая усилие пружины, переместится вправо. Держатель *22* будет поворачиваться вместе с рычагом *19* как одно целое — до соприкосновения подвижного и неподвижного контактов. После этого держатель вместе с валиком *20* будет продолжать поворачиваться, что заставит рычаг *19* поворачиваться относительно валика *20* по часовой стрелке, сжимая пружину *23*. Подвижный контакт *14* будет при этом перекатываться и немного скользить по неподвижному контакту. Поворот рычага *19* будет продолжаться, пока его нижняя плоскость с правой стороны не коснется держателя. Контакты после этого будут соприкасаться плоскостями в их нижней части («пятками»).

При выключении катушки вентиль сообщит цилиндр с атмосферой. Давление в цилиндре

упадет и шток под действием пружины *33* будет перемещаться влево. Держатель начнет поворачиваться по часовой стрелке. Рычаг *19*, прижимаемый пружиной *23*, будет поворачиваться против часовой стрелки, причем контакты будут еще замкнуты, но точка соприкосновения их будет перемещаться вверх. Когда конец *А* рычага коснется держателя, поворачивание рычага прекратится, и с этого момента контакты начнут расходиться. Если до этого через них протекал ток, то при расхождении контактов между ними возникнет электрическая дуга.

Магнитный поток, создаваемый током в дугогасительной катушке, через полюсы *7* камеры подведен к месту расхождения контактов. Сила взаимодействия, возникающая между магнитным потоком и током электрической дуги, стремится переместить дугу вверх. Дуга перемещается по поверхности контактов, затем перебрасывается на дугогасительные рога *10* и *15*. Усилие, создаваемое магнитным потоком, заставляет дугу растягиваться вверх и, наконец, она гаснет. Соприкосновение дуги с перегородками и стенками дугогасительной камеры ускоряет процесс гашения дуги.

Назначение дугогасительной катушки с сердечником и полюсами заключается в создании и распределении магнитного потока внутри камеры для растягивания дуги. Дугогасительная камера способствует гашению дуги и предотвращает перебрасывание ее на близлежащие предметы.

Устройство подвижного контакта с перекатыванием и скольжением (или, как часто говорят, с «притиранием») его по поверхности неподвижного контакта имеет две цели: 1) удалить место размыкания контактами тока от места рабочего соприкосновения их (рабочей контактной поверхности), чтобы дуга, появляющаяся при размыкании, не портила рабочей поверхности контактов и 2) использовать трение контактов в процессе их замыкания и размыкания для очистки контактной поверхности от копоти и окислов, образующихся под действием дуги. Оба эти обстоятельства весьма важны для работоспособности контактора, поэтому в эксплоатации необходимо следить за тем, чтобы форма контактов после очистки и подпиливания обеспечивала правильную работу контактов: соприкосновение в верхней части и скольжение в процессе притирания.

Так как во время движения тепловоза через контакты протекает большой ток, необходимо, чтобы нажатие на контакт было достаточным. В противном случае контакты будут нагреваться выше допустимого предела, что приведет к окислению их и к выходу из строя.

Конечное нажатие на контакт (т. е. нажатие в конечном положении) определяется разностью давления сжатого воздуха и усилия пружины *33*, а также размерами плеч. В первый момент соприкосновения контактов нажатие подвижного контакта на неподвижный зависит от усилия пружины *23*, называемой «притирающей». Величина этого усилия также важна для работы контактов: при малом усилии пружины контакт может отскакивать от неподвижного в первый момент после удара, что приведет к образованию дуги между ними; слишком большое усилие приведет к усиленному износу контактов в процессе «притирания» при замыкании и размыкании. Поэтому необходимо периодически сверять начальное и конечное нажатие на контакты с техническими данными и ремонтировать контактор при отклонении давлений от требуемых величин.

Для измерения величины нажатия надевают петлю из проволоки или прочной нити на шайбу под головкой болта, которым привернут контакт, зацепляют крюком динамометра за петлю и плавно оттягивают динамометр перпендикулярно плоскости конечного соприкосновения. Для удобства проверки в технических данных указываются величины усилий динамометра, соответствующие нормальным нажатиям.

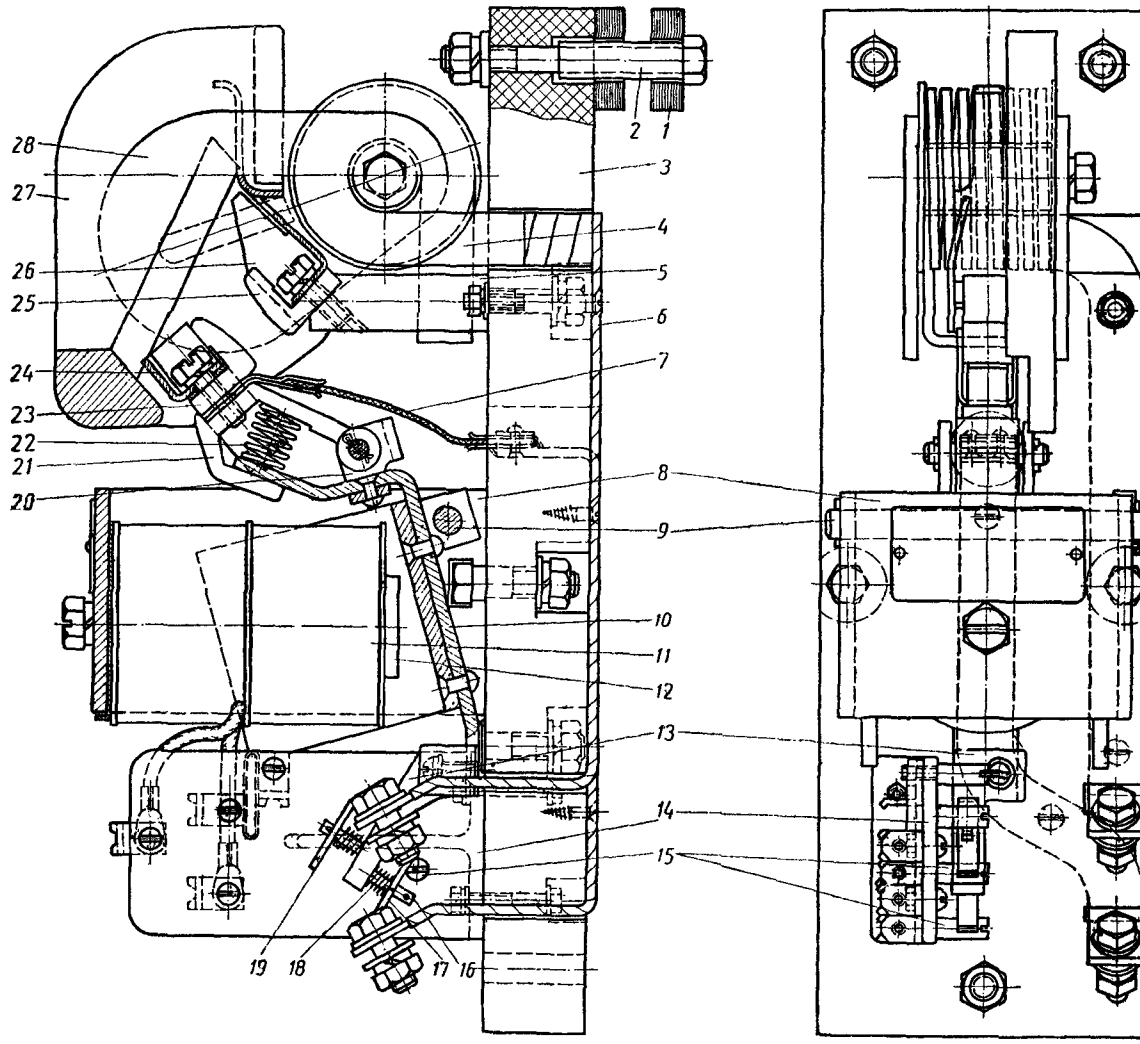
Величина раствора между контактами в разомкнутом состоянии (ее часто называют «разрывом») устанавливается для каждого типа контактора в зависимости от величины максимального напряжения, которое может появиться между контактами после размыкания. Эта величина также должна проверяться по техническим данным.

Существенное значение имеет также размер, называемый «провалом» или «притиранием». Он представляет собой расстояние, которое прошла бы точка конечного соприкосновения на подвижном контакте от действительного ее положения до положения, которое она займет при снятом неподвижном контакте, если держатель будет повернут на тот же самый угол. Так как это расстояние воображаемое и непосредственно не измеряется, его измеряют двумя способами. Первый способ заключается в следующем: устанавливают держатель в положение начального соприкосновения, закрепляют его в этом положении, поворачивают рычаг *19* по часовой стрелке до упора, измеряют расстоя-

ние между точками начального соприкосновения подвижного и неподвижного контактов и пересчитывают пропорционально плечам на точку конечного контакта. При втором способе повертывают рычаг *19* до упора и измеряют расстояние между точками, являющимися упором в нормальном состоянии.

При повороте держателя *22* для замыкания главных контактов происходит перемещение колодки *26*, которая при этом поднимается. При перемещении колодки контактные пальцы скользят по ее поверхности. В зависимости от расположения контактных планок на колодке действие контактов может быть различным. Пальцы, соединенные контактной планкой при разомкнутом положении контактора, будут разомкнуты, когда они при замкнутом положении главных контактов окажутся на изоляционной поверхности. И наоборот, пальцы, которые при разомкнутом положении соприкасались с поверхностью изоляционной колодки и были разомкнуты, при замкнутом положении контактора оказываются замкнутыми через контактную планку. В первом случае блок-контакты называются нормально замкнутыми, во втором — нормально разомкнутыми.

Электромагнитный контактор типа КПД-45Б-1. Контакторы типа КПД-45Б-1 применяются на тепловозе для шунтирования обмоток возбуждения тяговых двигателей. Конструкция контактора изображена на фиг. 206, где боковой вид дан с разрезом нижней части дугогасительной камеры и якоря и вид спереди — со снятой левой стенкой

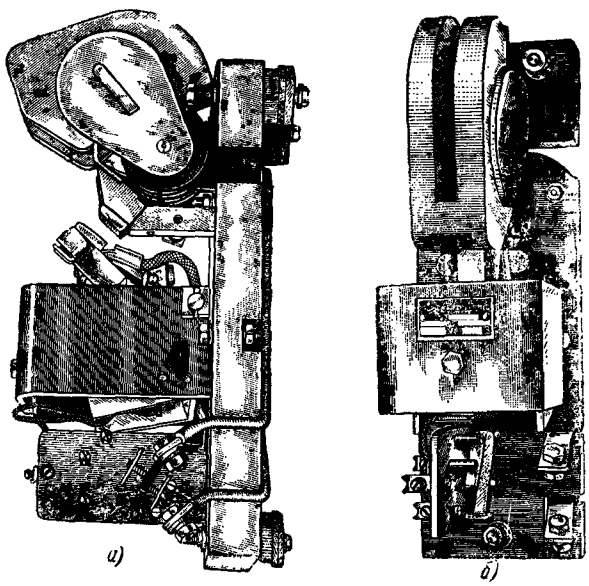


Фиг. 206. Общий вид электромагнитного контактора типа КПД-45Б 1.

камеры. На фиг. 207 показан общий вид контактора, причем на фиг. 207, *а* дугогасительная камера показана повернутой вверх.

Изоляционная доска *3* (фиг. 206) из пропитанного битумом или мазутом асбоцемента укрепляется на металлическом каркасе аппаратной камеры тепловоза посредством трех болтов, изолированных от каркаса изоляционными трубками *2* и изоляционными планками *1*.

На изоляционной доске укреплена стойка *5*, к которой приварен конец дугогасительной



а) *б)*

Фиг. 207. Контактор типа КПД-45Б-1:
а — вид сбоку; *б* — вид спереди.

катушки *4*, намотанной из голой медной шины, гнутой на ребро. Второй конец дугогасительной катушки, изолированный лентой, пропущен сквозь вырез в доске, идет по задней стороне доски вниз, где вновь проходит в вырез доски на переднюю сторону и является выводом для присоединения наружного кабеля.

Внутри дугогасительной катушки помещен стальной сердечник, изолированный от катушки миканитовой гильзой. С обеих сторон к сердечнику прикреплены держатели *28* из листовой стали, изолированные от катушки изоляционными шайбами.

К стойке *5* привернуты неподвижный контакт *25* и рамка *26*, служащая дугогасительным рогом. Дугогасительная камера *27* состоит из двух стенок, изготовленных из прессованного асбестоцемента. Камера вставляется между держателями *28* и удерживается посредством выступов на стенках, входящих в прорези держателей. Держатели с камерой могут быть повернуты кверху (см. фиг. 207, *а*), чем обеспечивается доступ к контактам. Электромагнитный привод контактора расположен ниже. Скоба *8*, согнутая в виде буквы П из листовой или полосовой стали, прикреплена к доске двумя болтами. К скобе привернут болтом сердечник *12* с насаженной на него катушкой *11*. На скобе *8* шарнирно укреплен посредством валика *9* якорь, состоящий из двух склепанных между собой скоб из листовой или полосовой стали. К верхней части якоря приклепан хомутик *20* с валиком, на котором может поворачиваться кронштейн *21*.

К кронштейну *21* прикреплены болтом коронка *24*, защищающая головку болта от действия электрической дуги, подвижный контакт *23* и гибкое соединение *7* из плетеного плоского кабеля, второй конец которого приклепан и припаян к выводной медной шине.

Контакты *23* и *25* одинаковы. Они вырезаны из прутка твердотянутой меди, сечение которого имеет форму показанного на чертеже контакта. В нижнюю часть контакта («пятку») впаяна серебряная накладка, благодаря чему в замкнутом положении контакты соприкасаются серебром.

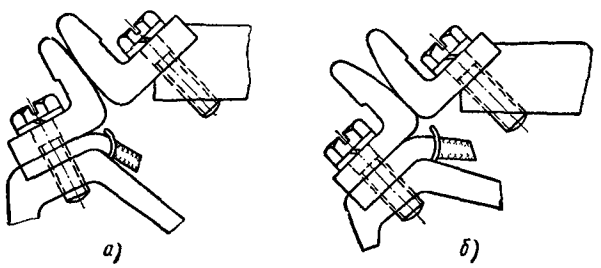
На нижнем конце якоря укреплен кронштейн *13*, прессованный из изоляционной массы. На кронштейне прикреплены два подвижных блок-контакта, представляющие собой латунные или медные контактные планки *17* и *19*, установленные на стержнях *16* квадратного сечения со шплинтами на концах и пружинами *18* под планками.

Неподвижные блок-контакты *15*, представляющие собой латунные цилиндрические шпильки, ввернуты в изоляционную стойку *14*, привернутую к изоляционной доске *3*.

При отсутствии тока в катушке якорь занимает положение, показанное на фиг. 206. При этом главные контакты *23* и *25* разомкнуты, нижние блок-контакты замкнуты, верхние — разомкнуты.

При присоединении катушки *11* к вспомогательному генератору или аккумуляторной батарее ток, протекающий по катушке, создает магнитный поток, замыкающийся по цепи: сердечник, скоба *8*, зазор между скобой *8* и стенками скобы якоря *10*, якорь *10*, воздушный зазор между якорем и сердечником. Магнитный поток создает усилие, момент которого, преодолевая момент силы тяжести якоря, поворачивает последний по часовой стрелке. Контакты, как и в пневматическом контакторе, имеют притирающее действие. До

начального соприкосновения контактов якорь и кронштейн *21* движутся как одно целое, поскольку пружина *22* прижимает нижний выступ кронштейна к верхнему краю якоря. После соприкосновения контактов якорь продолжает поворачиваться до соприкосновения с сердечником. Кронштейн *21* будет при этом поворачиваться против часовой стрелки, сжимая пружину *22*. Подвижной контакт скользит и перекатывается по неподвижным. При выключении катушек якорь под действием силы тяжести отпадает, и контакты размыкаются в обратной последовательности. Начальное и конечное положения контактов показаны на фиг. 208.

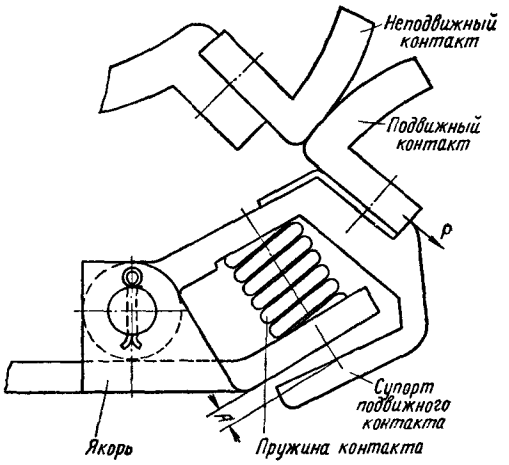


Фиг. 208. Положения контактов при включении контактора: *а* — начальное соприкосновение; *б* — конечное положение.

При смене или зачистке контактов необходимо проверять положение их начального соприкосновения и конечное положение, а также добиваться, чтобы в обоих случаях контакты соприкасались по всей их ширине.

В отличие от пневматического контактора конечное нажатие на контакт, как и начальное, в электромагнитном контакторе определяется усилием пружины *22* и оно больше начального нажатия лишь вследствие сжатия пружины. По своей величине конечное нажатие на контакт в электромагнитном контакторе значительно меньше, чем в пневматическом. Начальная точка соприкосновения не должна быть расположена слишком близко к серебряной пластине, так как в противном случае возникновение дуги может привести к выплавлению серебра.

Начальное и конечное нажатия на контакты должны проверяться при смене и ремонте контактов. Способ проверки конечного нажатия на контакты показан на фиг. 209. Петлю из тонкой проволоки или прочной нити надевают на подвижной контакт по линии конечного соприкосновения и зацепляют за нее крючок пружинного динамометра. Между контактами прокладывается полоска тонкой бумаги. Затем динамометр плавно оттягивается по направлению стрелки *P*. Показание динамометра в момент, когда бумажную полоску можно легко сдвинуть, определяет величину конечного нажатия контакта. Начальное нажатие проверяется при разомкнутых контактах. Петля опять располагается по линии конечного соприкосновения. Полоска бумаги



Фиг. 209. Измерение нажатия на контакты и провала.

прокладывается между кронштейном и якорем в месте их соприкосновения.

Необходимо также периодически проверять величину раствора и притирание контактов. Проверка притирания производится измерением размера *A*, нормальные значения которого указаны ниже.

Блок-контакты при замыкании главных контактов переключаются, т. е. нижние блок-контакты размыкаются, а верхние — замыкаются. В блок-контактах проверяются: нажатие пружины на контактный мостик в разомкнутом положении, величина раствора и притирание.

Электромагнитный контактор типа КПД-46А-1. Контакторы типа КПД-46А-1 применяются для присоединения тягового генератора к аккумуляторной батарее при электрическом пуске дизеля.

По своей конструкции контактор КПД-46А-1 в основном одинаков с контактором КПД-45Б-1 и отличается от него увеличенным нажатием на контакт. Увеличение нажатия сделано потому, что для контакторов пуска дизеля наиболее тяжелым режимом является момент включения, когда пусковой ток генератора достигает 1500—2000 *а*. Отскакивание подвиж-

ного контакта при ударе вызывало бы размыкание этого тока, что сопровождалось бы появлением мощной дуги и повреждением контактов. Увеличение начального нажатия снижает опасность отскакивания, поэтому в контакторе КПД-46А-1 внутри притирающей пружины *22* поставлена вторая пружина.

В связи с тем, что большее усилие пружины требует увеличения усилия, создаваемого катушкой, и что напряжение аккумуляторной батареи в первый момент включения резко падает по причине большого тока, в контакторе КПД-46А-1 поставлена новая катушка, обеспечивающая большее число ампервитков при включении. Катушка эта не рассчитана на длительное включение: при напряжении 75 *в* она может быть включена не более 2 мин. с холодного состояния. При нормальной эксплоатации она дольше не включается, но необходимо помнить об этом при различных проверках и испытаниях.

Главные контакты выполнены без напайки на них серебра. В остальном конструкция контактора КПД-46А-1 не отличается от конструкции контактора КПД-45Б-1.

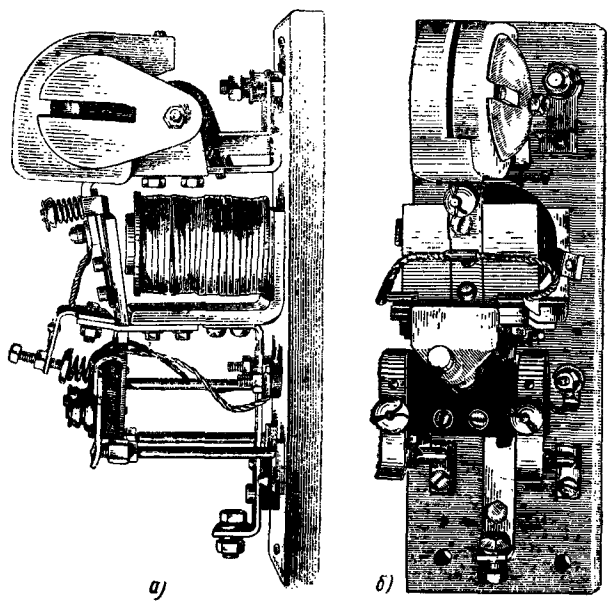
Электромагнитные контакторы типа КПМ-220А-10 и КПМ-220В-10. Контактор типа КПМ-220А-10 применяется на тепловозе для включения цепи возбуждения тягового генератора, а контакторы типа КПМ-220В-10 — для включения вспомогательного генератора и цепи возбуждения возбудителя. Они отличаются между собой тем, что контактор КПМ-220А-10 имеет одну пару нормально замкнутых и одну пару нормально разомкнутых блок-контактов, а контактор КПМ-220В-10 имеет две пары нормально замкнутых блок-контактов. В остальном контакторы одинаковы.

По принципу действия контакторы КПМ-220А-10 и КПМ-220В-10 аналогичны контакторам КПД-45Б-1 и КПД-46А-1. Контактор КПМ-220В-10 показан на фиг. 210. Контактор КПМ-220А-10 изображен на фиг. 211.

Вверху контактора на изоляционной панели установлен неподвижный контакт с дугогасительной катушкой и дугогасительной камерой. Конструкция контактных частей КПМ-220А-10 и КПМ-220Б-10 аналогична конструкции соответствующих частей контакторов КПД-45Б-1 и КПД-46А-1, но первые отличаются от вторых меньшими размерами и несколько иной формой. Магнитная система контакторов имеет более существенные отличия.

Ярмо *8* из полосовой стали выполнено в форме угольника, привернутого к изоляционной доске *1*. На ярме укреплен сердечник *6* с катушкой *7*. Якорь *10*, выполненный из полосовой стали, подвешен на вилке *9*, которая привернута к ярму и входит в прорези, сделанные с боковых сторон якоря. Выпадение якоря из вилки предотвращается привернутым к вилке угольником *11* и отключающей пружиной *12*, опирающейся на ввернутый в угольник *11* регулировочный болт.

При невозбужденной катушке пружина прижимает якорь к торцу шпильки *13*, укрепленной под якорем на изоляционной доске и являющейся упором для якоря.



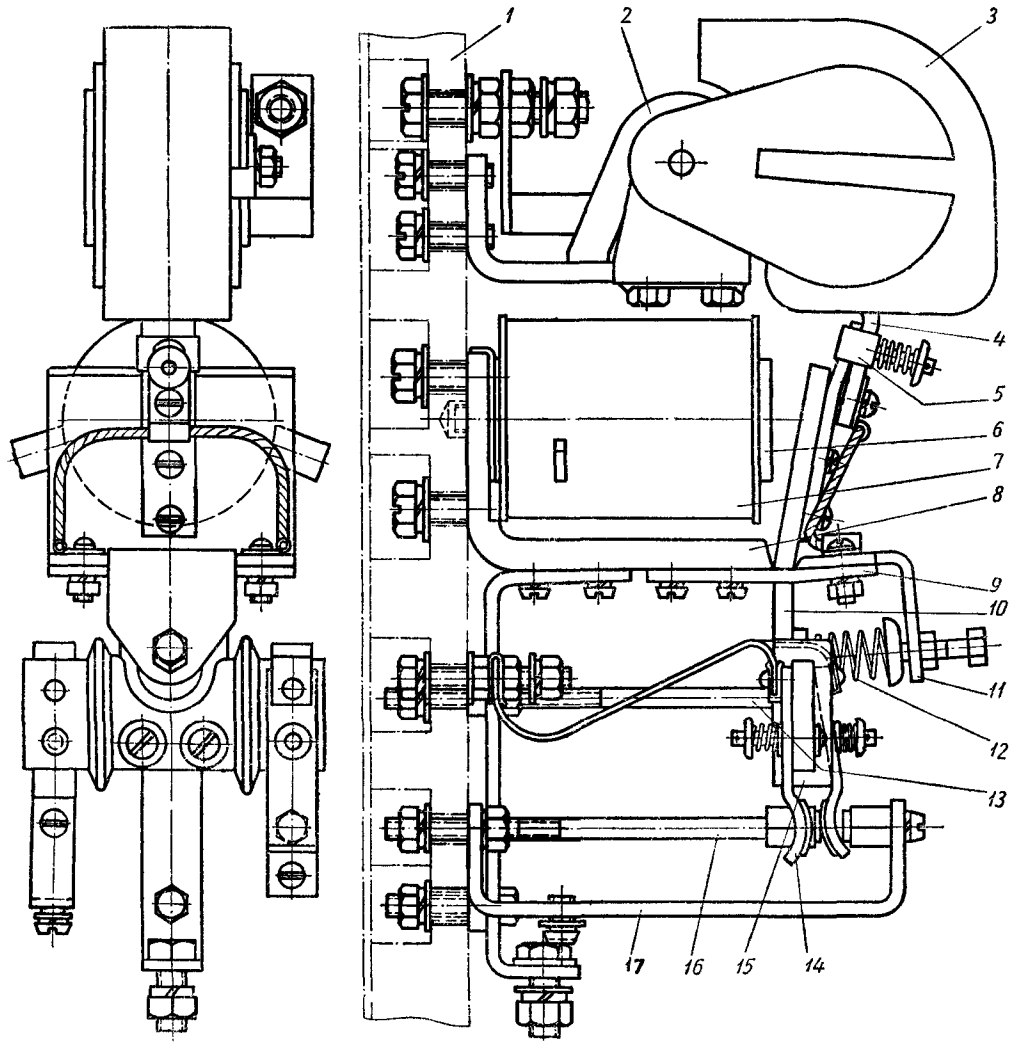
а *б*

Фиг. 210. Электромагнитный контактор типа КПМ-220В-10:

а — вид сбоку; *б* — вид спереди.

Вверху на якоре установлен подвижной контакт *4*, который удерживается на якоре посредством стержня с пружиной и скобы *5*. На нижней части якоря прикреплена прессованая изоляционная планка *15*, на которой установлены подвижные блок-контакты *14*.

Подвижные блок-контакты могут быть установлены с наружной стороны изоляционной планки или со стороны, обращенной к изоляционной доске. В первом случае неподвижным контактом служит шпилька *16*, укрепленная на изоляционной доске непосредственно под подвижным блок-контактом, на свободный конец шпильки навернута глухая гайка с серебряной напайкой. Такие блок-контакты являются нормально замкнутыми, так как при невозбужденной катушке контакты замкнуты под действием пружины.



Фиг. 211. Общий вид контактора типа КПМ-220А-10.

Когда подвижной блок-контакт установлен с задней стороны изоляционной планки и обращен контактной поверхностью наружу, неподвижный блок-контакт выполняется в форме скобы *17*, привернутой к изоляционной доске и огибающей снизу подвижной контакт таким образом, что гайка с серебряной напайкой обращена внутрь к подвижному блок-контакту. Эти блок-контакты являются нормально разомкнутыми, так как они разомкнуты при невозбужденной катушке и замыкаются при возбуждении ее.

Поскольку в данном контакторе поворот подвижного контакта в процессе притирания очень мал, контактная поверхность его в целях обеспечения достаточного удаления линии размыкания контактов от линии конечного соприкосновения выполнена в форме дуги с относительно большим радиусом.

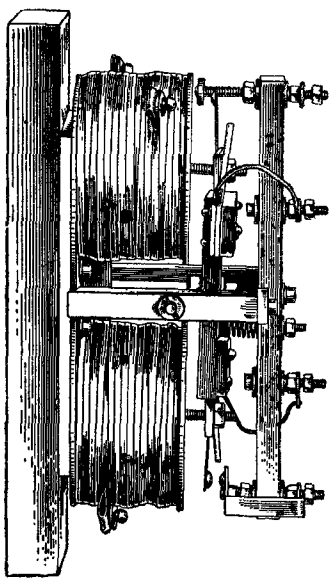
Блок-контакты так же как и главные, имеют притирающее действие, но в значительно меньшей степени, так как они имеют серебряные контакты, которые более легко изнашиваются. Кроме того, блок-контакты не рассчитаны на размыкание больших величин тока.

В отличие от контакторов КПД-45Б-1 и КПД-46А-1 размыкание главных контактов контакторов КПМ-220А-10 и КПМ-220В-10 происходит не под действием веса сердечника, а под действием отключающей пружины.

РЕЛЕ

Реле называется электрический аппарат, который приходит в действие при определенных значениях каких-либо физических факторов: напряжения, тока, давления масла или воздуха и т. п., и путем замыкания или размыкания своих контактов воздействует на приводы других аппаратов. В тепловозах применяются реле различных типов, конструкции и принцип действия которых описываются ниже.

Реле перехода типа Р-42Б-1. Реле перехода типа Р-42Б-1 служит для автоматического переключения тяговых двигателей с последовательного соединения на последовательно-параллельное, с полного поля на ослабленное и обратно. Конструкция реле показана на фиг. 212 и 213.



Фиг. 212. Реле перехода типа Р-42Б-1.

На изоляционной асбоцементной доске *1* укреплена стальная рама, состоящая из планки *2* и двух стоек *5*. К раме привернуты два сердечника *3* и две катушки: шунтовая *4* и сериесная *6*. Сердечники и катушки одинаковы по размерам и расположены симметрично, но расчетные данные катушек различны.

На стойках *5* установлена неподвижная изоляционная рейка *8*, на которой укреплены посредством гаек неподвижные контакты *7* и *17*, представляющие собой латунные винты с припаянными скобами и с серебряными напайками. На стойках *5* подвешен шарнирно рычаг *12* с противовесом *15*. На рычаге посредством изоляционных планок *11* установлены подвижные контакты *9* и *16*, представляющие собой плоские пружины с серебряными напайками по концам. К рычагу привернуты также два якоря *10*, закрепленные гайками.

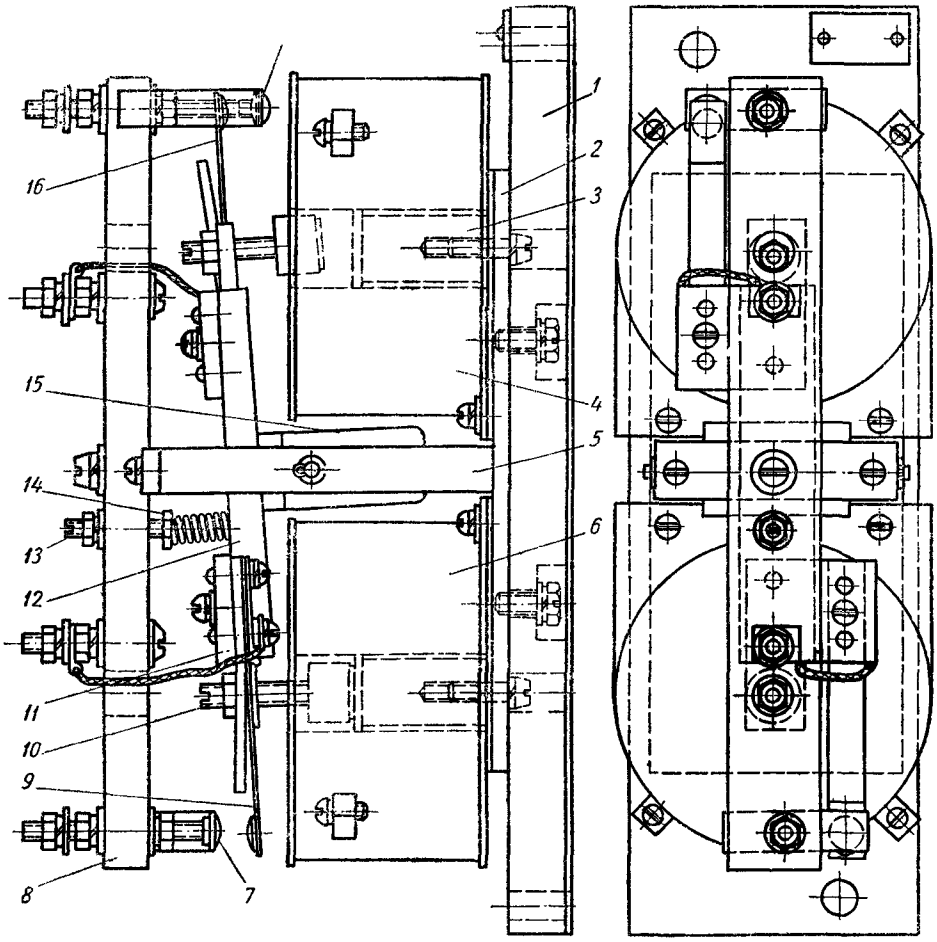
На рычаг действует усилие пружины *14*, второй конец которой прикреплен к регулировочному винту, установленному на рейке *8*. Пружина стремится повернуть рычаг против часовой стрелки и прижимает нижний якорь к сердечнику сериесной катушки. При этом обе пары контактов разомкнуты.

Если по шунтовой катушке будет протекать ток, то создастся магнитный поток, который будет замыкаться в основном через сердечник, рамку, рычаг, якорь и воздушный зазор между якорем и сердечником. Магнитный поток создаст усилие, которое будет притягивать якорь и будет стремиться повернуть рычаг по часовой стрелке.

Усилие, создаваемое шунтовой катушкой, зависит от числа ампервитков катушки и от величины воздушного зазора между якорем и сердечником (чем больше зазор, тем меньше магнитный поток при том же числе ампервитков). При некотором числе ампервитков шунтовой катушки момент силы притяжения, создаваемой катушкой, становится больше противодействующего ему момента силы пружины, благодаря чему якорь поворачивается и замыкает обе пары контактов.

Если при протекании тока в шунтовой катушке имеется ток и в сериесной катушке, то ампервитки сериесной катушки также создадут магнитный поток, замыкающийся в основном через сердечник сериесной катушки, планку *2*, рычаг и якорь сериесной катушки. Во избежание прилипания якоря к сердечнику к якорю припаяна немагнитная прокладка. Так как с магнитной точки зрения немагнитная прокладка равнозначна воздушному зазору, то можно сказать, что воздушный зазор между сердечником и прижатым к нему якорем равен толщине немагнитной прокладки.

Толщина прокладки составляет доли миллиметра, поэтому зазор в сериесной катушке во много раз меньше зазора в шунтовой катушке, и магнитный поток, создаваемый сериесной катушкой, значительно больше потока шунтовой катушки при одном и том же числе ампервитков. Усилие притяжения, развиваемое сериесной катушкой, противодействует усилию шунтовой катушкой и складывается с усилием пружины. Следовательно, при равном числе ампервитков обеих катушек реле не сработает, т. е. рычаг не повернется. Для того чтобы реле



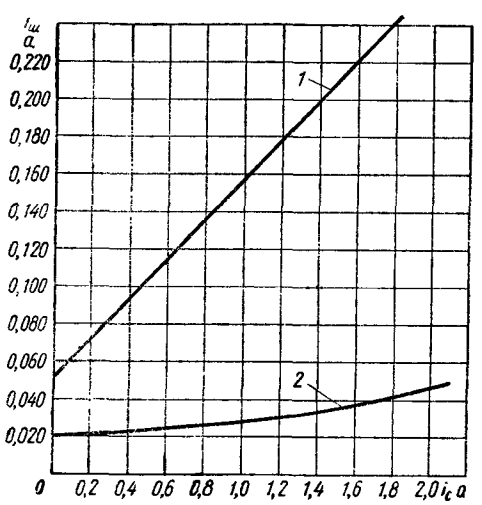
Фиг. 213. Общий вид реле перехода типа Р-42Б-1.

сработало, необходимо значительное превышение числа ампервитков шунтовой катушки над числом ампервитков сериесной катушки. Очевидно также, что чем больше число ампервитков сериесной катушки, тем большим должно быть число ампервитков шунтовой катушки для того, чтобы реле сработало.

Зависимость тока срабатывания шунтовой катушки от тока сериесной катушки, снятая опытным путем при нормальном нажатии пружины, представлена на фиг. 214 кривой *1*.

После срабатывания реле верхний якорь соприкасается с сердечником шунтовой катушки, а между якорем и сердечником сериесной катушки образуется воздушный зазор, равный первоначальному зазору в шунтовой катушке. Следовательно, усилие, создаваемое шунтовой катушкой, увеличится, а усилие сериесной катушки уменьшится.

Для того чтобы реле пришло в первоначальное состояние, т. е. чтобы рычаг повернулся



Фиг. 214. Характеристика реле Р-42Б-1:
1 — характеристика срабатывания; *2* — характеристика отпадания.

*

против часовой стрелки («отпал»), нужно уменьшить ток шунтовой катушки или увеличить ток сериесной катушки, или проделать то и другое одновременно. Очевидно, чем больше ток в шунтовой катушке, тем больший ток сериесной катушки потребуется для отпадания реле. Опытная зависимость тока шунтовой катушки от тока сериесной катушки при отпадании изображена на фиг. 214 кривой *2*.

Отношение тока отпадания к току притяжения называется коэфициентом возврата реле. Из фиг. 214 видно, что для реле Р-42Б-1 отношение тока шунтовой катушки при отпадании к току ее при срабатывании составляет 0,2—0,4 и уменьшается с увеличением тока в той и другой катушках.

Характеристика реле и соответствие этой характеристики требованиям работы схемы существенно зависит от выполнения и регулировки реле. Правильная работа реле перехода очень важна для работы всей схемы и обеспечения тяговых свойств тепловоза, в особенности при работе тепловозов по системе многих единиц.

При изготовлении и ремонте реле необходимо применять материалы и процессы их обработки в точном соответствии с указаниями на чертежах и строго соблюдать размеры. Изменение толщины немагнитной прокладки на якорях, изменение зазора между противовесом и рамкой и т. п. могут существенно изменить характеристику реле.

Регулировка реле производится ввертыванием и вывертыванием якорей и изменением натяжения пружины. Эта регулировка должна производиться квалифицированным персоналом завода, изготовляющего или ремонтирующего реле. В условиях эксплоатации регулировка напряжения и тока генератора, при которых срабатывает реле, может осуществляться только изменением сопротивлений в цепи шунтовой и сериесной катушек реле (см. «Принципиальная схема»).

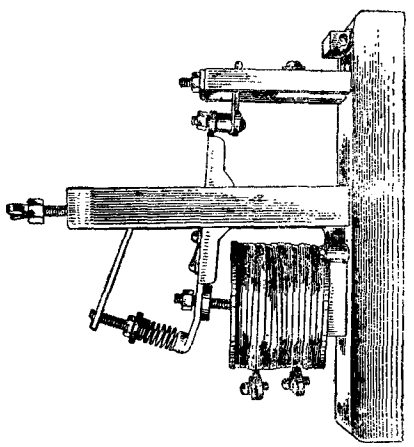
Регулировка величины раствора и величины провала контактов производится подниманием и опусканием неподвижных контактов. Нажатие на контакт не регулируется. Если оно не соответствует техническим данным, плоская пружина подвижного контакта должна быть заменена.

Раствором называется, как уже указывалось, минимальное расстояние между контактами в разомкнутом состоянии, провалом (или притиранием) — условный путь точки конечного касания подвижного контакта от действительного ее положения до положения при снятом неподвижном контакте. Провал обычно измеряется косвенным путем, т. е. измеряется расстояние между краем планки рычага и плоской пружиной контакта в разомкнутом состоянии, затем то же расстояние измеряется в замкнутом состоянии. Разница пересчитывается в отношении плеч края планки и точки касания контакта. Полученная величина приблизительно соответствует провалу.

Реле боксования. Реле боксования служит для защиты тяговых двигателей при боксовании колес. Его работа и схема включения описаны выше (см. «Электрическая схема тепловоза ТЭ1»).

Конструкция реле типа Р-46Б-1 представлена на фиг. 215 и 216.

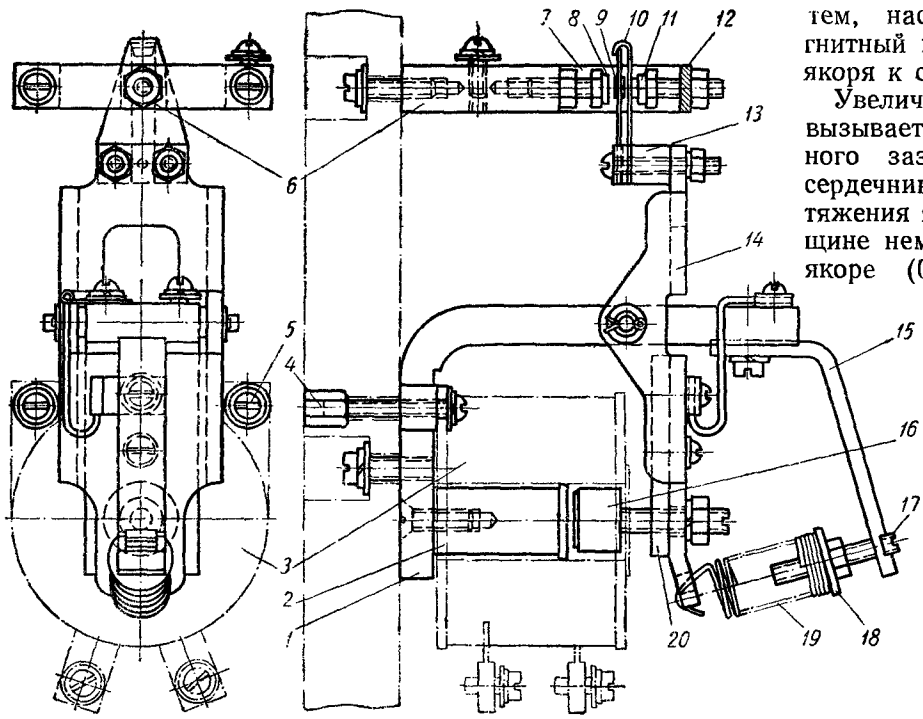
Скоба *1* из полосовой стали (фиг. 216) привернута к изоляционной доске, показанной



Фиг. 215. Реле боксования типа Р-46Б-1.

пунктиром. На скобе укреплен стальной круглый сердечник *2*, на который надета катушка *3*. Катушка вместе со скобой укрепляется на доске винтами *5*, ввернутыми в гайку *4*, запрессованную в доске. На доске установлены две стойки *7* и одна короткая стойка *6*, расположенная посредине между стойками *7*. В стойку *6* ввернут болт *8* с серебряной напайкой на головке, который является задним неподвижным контактом. На стойках *7* укреплена планка *12*, в которую ввернут такой же болт *11*, являющийся передним неподвижным контактом.

На скобе *1* шарнирно подвешен штампованный из листового алюминия рычаг *14*, на котором укреплен посредством сухаря *13* и винта с гайкой подвижной контакт, состоящий из плоской пружины *9* с серебряной напайкой и изогнутой пластины *10*. С другой стороны к рычагу *14* привернуты стальная планка *20*



Фиг. 216. Общие виды реле типа Р-46Б-1.

тем, насколько увеличится магнитный поток после притяжения якоря к сердечнику.

Увеличение магнитного потока вызывается уменьшением воздушного зазора между якорем и сердечником, который после притяжения якоря станет равным толщине немагнитной прокладки на якоре (0,3 *мм*). Для данного реле, в котором общий воздушный путь для магнитного потока велик в сравнении с воздушным зазором между якорем и сердечником, уменьшение последнего мало сказывается на величине магнитного потока, поэтому для отпадания реле необходимо очень небольшое уменьшение тока. Коэфициент возврата реле составляет 0,85—0,90. Для реле боксования весьма важны чувствительность реле и высокое значение коэфициента возврата.

и стальной якорь *16*. За нижний край рычага *14* зацеплена пружина *19*, второй конец которой закреплен на держателе *18*, навинченном на регулировочный винт *17*. Головка винта *17* опирается на угольник *15*, привернутый к скобе *1*. Подвод тока к подвижному контакту осуществляется через гибкий проводник и рычаг *14*. Подвод тока к неподвижным контактам осуществляется через стойки.

Усилие пружины стремится повернуть рычаг *14* против часовой стрелки и прижимает подвижной контакт к заднему неподвижному контакту. Если в катушке появляется ток, то он создает магнитный поток, замыкающийся через сердечник *2*, скобу *1*, воздушное пространство между скобой *1* и планкой *20*, планку *20*, якорь и воздушный зазор между якорем и сердечником. Если ток в катушке достаточен для того, чтобы усилие притяжения преодолело сопротивление пружины, рычаг *14* повернется по часовой стрелке, оторвет подвижной контакт от заднего неподвижного контакта и прижмет его к переднему контакту. Если ток в катушке уменьшится, то усилие, создаваемое катушкой, также уменьшится, и пружина вернет рычаг в первоначальное положение. Степень уменьшения тока в катушке для отпадания определяется главным образом

Как указывалось в описании схемы, когда число оборотов одного из двигателей увеличивается вследствие потери сцепления колеса с рельсом, реле срабатывает и выключает возбуждение возбудителя. Важно, чтобы это происходило в самом начале боксования, т. е. при малом расхождении чисел оборотов двигателей и, следовательно, при малом токе в катушке реле. Это достигается в реле путем уменьшения усилия пружины, трения и инерции подвижных частей. Высокий коэфициент возврата важен для того, чтобы реле вновь включило возбуждение, как только боксование будет прекращаться, так как задержка в восстановлении приведет вследствие уменьшения напряжения генератора к резкому падению силы тяги всего тепловоза. Поэтому необходимо при изготовлении и ремонте реле применять материалы и способы их обработки, указанные на чертеже, а также точно соблюдать все размеры, так как отклонения от этих указаний, например, изменение материала и размеров планки *20*, может существенно изменить характеристику реле.

Весьма важно также и соблюдение величины зазоров между контактами, так как при слишком малом зазоре может возникнуть дуга

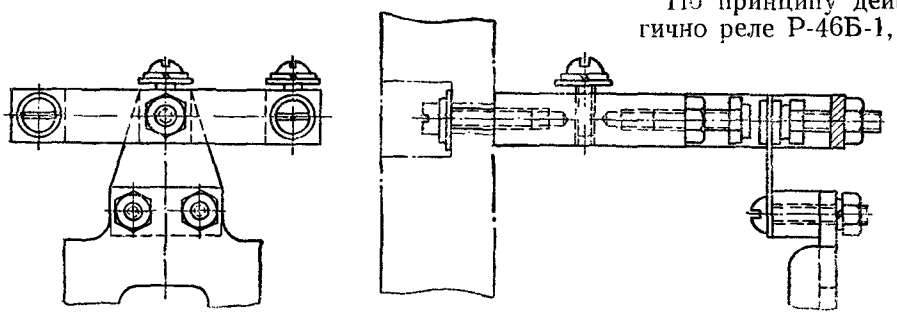
между контактами, а при слишком увеличенном зазоре понизится коэфициент возврата. Регулировка зазора между контактами производится поворотом неподвижных контактов. При регулировке необходимо следить за тем, чтобы плоскость рычага *14* была параллельна доске.

Регулировка тока срабатывания производится изменением усилия пружины путем поворота регулировочного винта. Ток отпадания регулируется поворотом винта якоря, после чего должен быть вновь проверен ток срабатывания. Регулировка положения якоря производится заводом-изготовителем и в условиях эксплоатации она не должна изменяться.

Реле ограничения тока. Реле ограничения тока типа Р-47А-1 применяется для защиты генератора от чрезмерного тока при последовательно-параллельном соединении тяговых двигателей.

По конструкции реле Р-47А-1 одинаково с реле Р-46Б-1 и отличается от последнего выполнением подвижного контакта и катушки.

Подвижной контакт реле Р-47А-1 показан на фиг. 217. Контакт представляет жесткую пластинку, на конце которой с двух сторон напаяны серебряные контакты. Крепление контакта на рычаге выполнено так же, как в реле Р-46Б-1. Вместо одной катушки, имеющейся на реле Р-46Б-1, на реле Р-47А-1 имеются две катушки: вибрационная *7* (фиг. 218) и сериесная *8*. Вибрационная катушка укреплена на скобе аналогично катушке Р-46Б-1. Сериесная катушка представляет собой один виток из медной шины, концы которой припаяны к толстым медным выводам. Она укреплена на изоляционной планке *11* посредством болтов, ввернутых в выводы катушки с задней стороны панели *1*.



Фиг. 217. Контакты реле ограничения тока типа Р-47А-1.

Планка *20* (фиг. 216) в отличие от реле боксования для повышения коэфициента возврата реле выполнена из латуни. Вместе с реле *2* на панели *1* смонтированы соединенные между собой параллельно два конденсатора *5* и регулируемое сопротивление *12*. Верхний зажим конденсаторов соединен с добавочным сопротивлением *6*, представляющим собой проволочную спираль. Сопротивление *12* представляет собой фарфоровый или стеатитовый цилиндр с канавками по окружности, по которым наматывается проволока из фехраля или константана с высоким электрическим сопротивлением. На трубке, установленной в реле Р-47А-1, имеются две обмотки, не соединенные в электрическом отношении между собой. На каждой из них, кроме концевых постоянных выводов, установлен хомутик *10* с выводом, посредством перемещения которого можно изменять величину включенного сопротивления.

Реле ограничения тока закрыто железным кожухом *3*, который опирается внизу на доску *9* и закрепляется барашковой гайкой, навернутой на винт в стойке *4*.

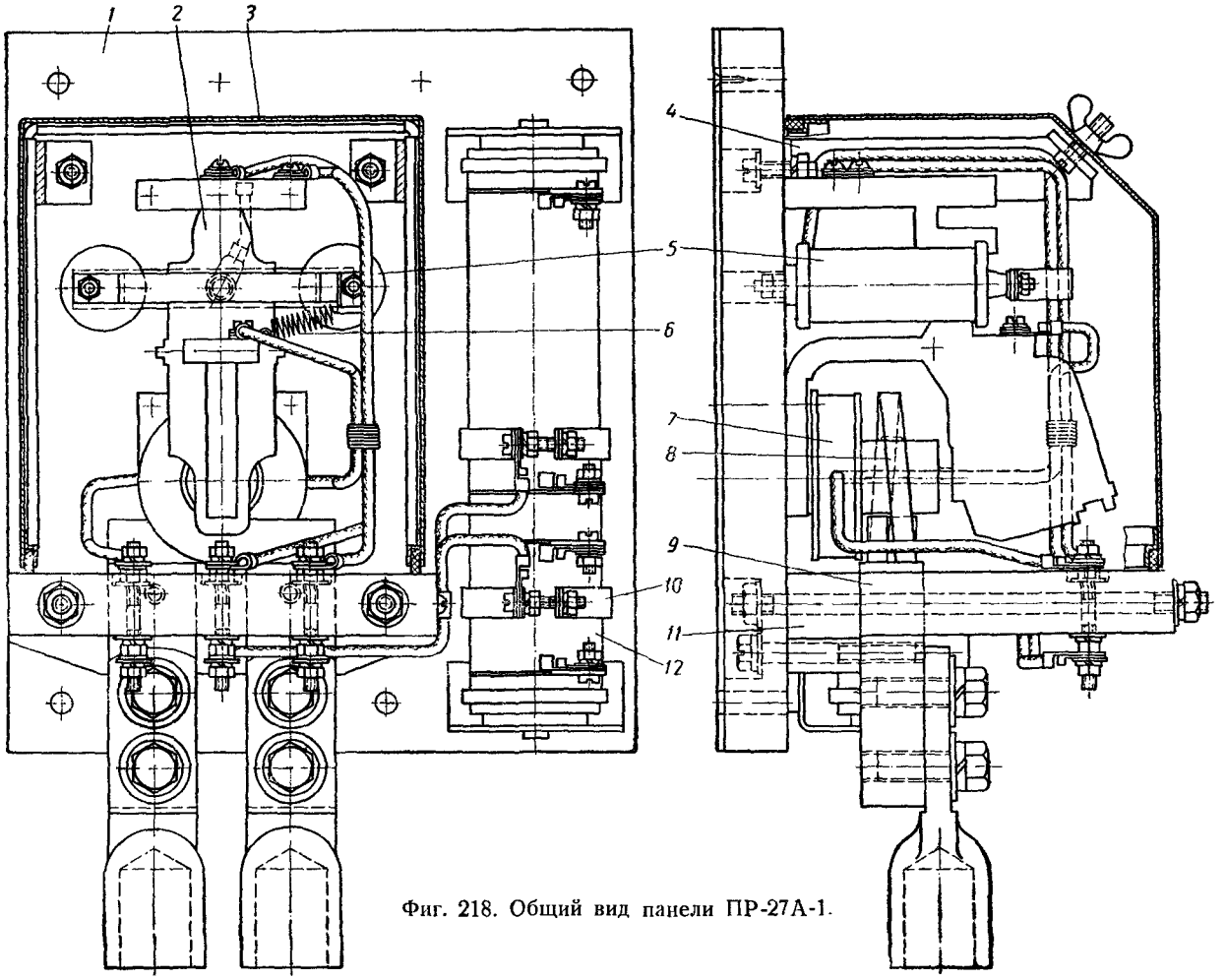
Выводы от контактов и вибрационной катушки присоединены к зажимам, установленным на доске *9*.

По принципу действия реле Р-47А-1 аналогично реле Р-46Б-1, но так как в реле Р-47А-1 для магнитного потока путь по воздуху больше, чем в реле Р-46Б-1, то коэфициент возврата реле Р-47А-1 выше и достигает 0,92—0,95.

Вибрационная катушка служит для ускорения вибрации контактов при срабатывании реле, поэтому для регулирования тока срабатывания реле не следует прибегать к изменению тока вибрационной катушки.

Ток вибрационной катушки устанавливается на заводе-изготовителе путем регулирования величины верхней части сопротивления *12*. Срабатывание реле происходит, когда ток в сериесной катушке достигает определенного значения. Ток срабатывания можно изменить поворотом регулирующего винта *17* (см. фиг. 216), изменяющего натяжение пружины. Для увеличения тока срабатывания винт ввертывается, для уменьшения — вывертывается.

Панель с реле типа Р-47А-1, двумя конденсаторами и сопротивлением имеет общее наименование ПР-27А-1. Общий вид панели показан на фиг. 218.



Фиг. 218. Общий вид панели ПР-27А-1.

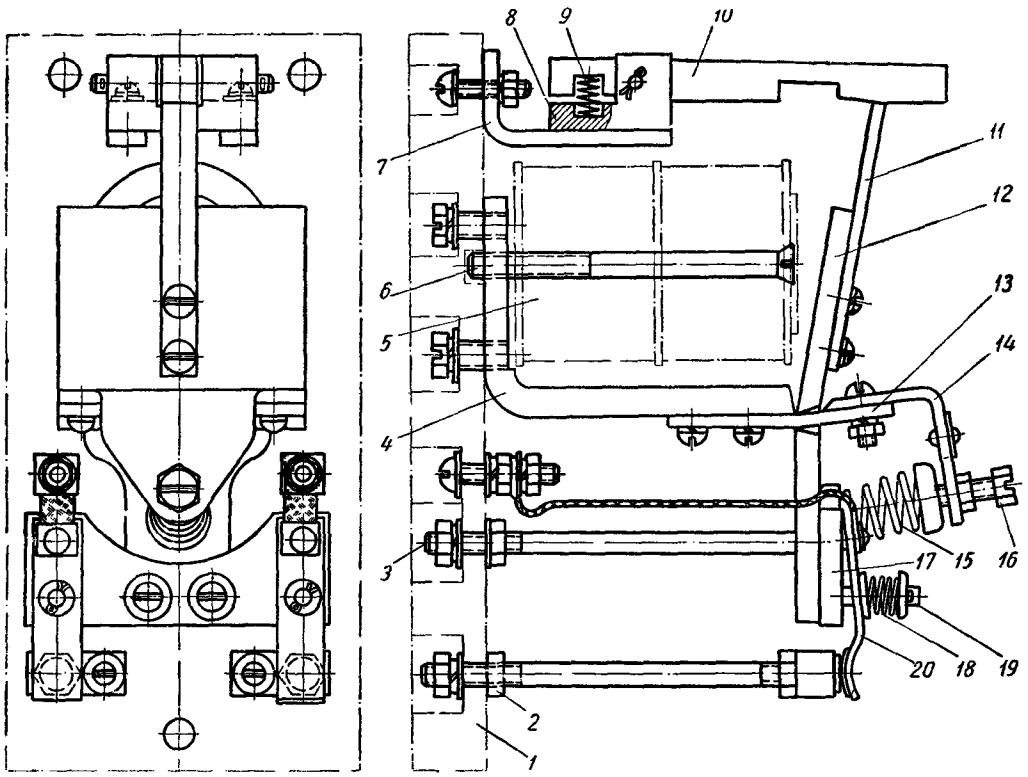
Реле заземления. Реле заземления типа Р-45Г-1 служит для защиты силовой цепи от случайных заземлений и защиты тяговых двигателей от коротких замыканий. Конструкция и общий вид реле показаны на фиг. 219 и 220.

Реле заземления имеет замкнутую магнитную систему, одинаковую с системой контактора КПМ-220. Между якорем *12* и угольником *14* расположена пружина *15*, прижимающая якорь к упорной шпильке *3*.

На нижнем конце якоря укреплена изоляционная планка *17* с запрессованными в нее двумя штифтами *19*. На каждом штифте установлен подвижной контакт *20* с серебряной напайкой, прижимаемый к планке пружиной *18*, надетой на штифт. К доске привернуты две планки *2*, в которые ввернуты неподвижные контакты, представляющие собой шпильки с глухими гайками на концах и с серебряными напайками на гайках.

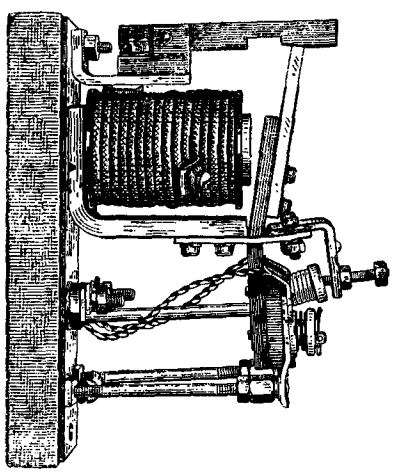
Вверху установлена механическая защелка, состоящая из привернутого к доске угольника *7*, привернутой к угольнику колодки *8* и шарнирно укрепленного на колодке рычага *10*. Пружина *9* прижимает рычаг *10* к укрепленной на якоре планке *11*.

Когда в катушке нет тока, якорь прижат к упорной шпильке *3*, и обе пары контактов замкнуты. Если через катушку пройдет ток, достаточный для того, чтобы создаваемое им усилие преодолело сопротивление пружины *15*, якорь притянется к сердечнику и разомкнет обе пары контактов. Планка *11* попадает в вырез рычага *10* и рычаг под действием пружины *9* защелкнет якорь в притянутом положении, поэтому контакты останутся разомкнутыми и после того, как в результате выключения цепи возбуждения генератора ток в катушке исчезнет. Для возвращения реле в начальное состояние нужно отвести рукой ры-



Фиг. 219. Реле заземления типа Р-45Г-1.

чаг *10* вверх. Тогда якорь будет освобожден от защелки и под действием пружины *15* займет положение, изображенное на фиг. 219.



Фиг. 220. Общий вид реле заземления типа Р-45Г-1.

Регулировка тока срабатывания реле производится поворотом регулировочного болта *16*, который изменяет натяжение пружины *15*. Регулировка величины раствора между контактами осуществляется ввертыванием и вывертыванием гаек на неподвижных контактах *2*. Для изменения притирания нужно опустить или приподнять упорную шпильку *3*. Провал (притирание) контактов можно проверить изменением зазора между краем планки *17* и контактом *20* при замкнутых контактах с последующим пересчетом этого размера на точку конечного касания контактов. Поскольку реле возвращается в начальное положение благодаря освобождению защелки при выключенной катушке, ток отпадания для него не имеет значения.

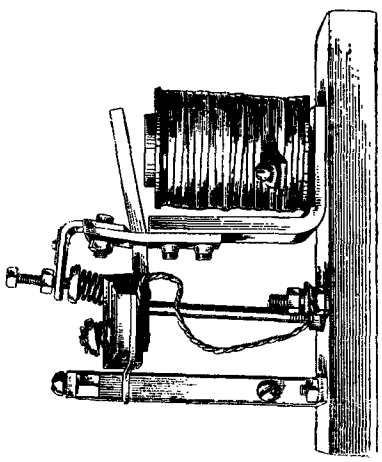
Реле управления. В схеме применены три реле управления, имеющие в основном одинаковую конструкцию, но используемые для различных целей. В этих реле использованы детали описанного выше реле заземления Р-45Г-1. Катушка одинакова для всех исполнений реле управления, но отличается по своим расчетным данным от катушки реле Р-45Г-1, так как она рассчитана на работу при напряжении 75 *в*.

Реле Р-45Ж-2 используется как промежуточное реле на панели регулятора напряжения ПР-29А-1. Так же, как реле заземления, реле Р-45Ж-2 имеет две пары нормально замкну-

тых контактов (которые в схеме соединены последовательно) и отличается от него лишь катушкой, отсутствием механической защелки и тем, что оно не имеет отдельной изоляционной доски, а смонтировано на панели ПР-29А-1.

Реле Р-45Е-2 использовано в схеме как промежуточное реле при автоматическом управлении последовательно-параллельным переключением двигателей (*РУ1*). Оно отличается от реле Р-45Ж-2 тем, что имеет одну пару нормально замкнутых контактов и одну пару нормально разомкнутых контактов и тем, что смонтировано на отдельной изоляционной доске.

Реле Р-45Д-2 применяется для замыкания ступени сопротивления в цепи возбуждения



Фиг. 221. Реле управления Р-45Д-2.

возбудителя при пуске тепловоза (*РУ2*). Оно имеет две пары нормально разомкнутых контактов (фиг. 221) и смонтировано на отдельной доске.

Все три реле работают как реле напряжения, поэтому величина тока отпадания для них не имеет значения. Регулировке подлежат ток срабатывания, величина раствора и провала контактов

Регулировка реле управления производится так же, как и регулировка реле заземления.

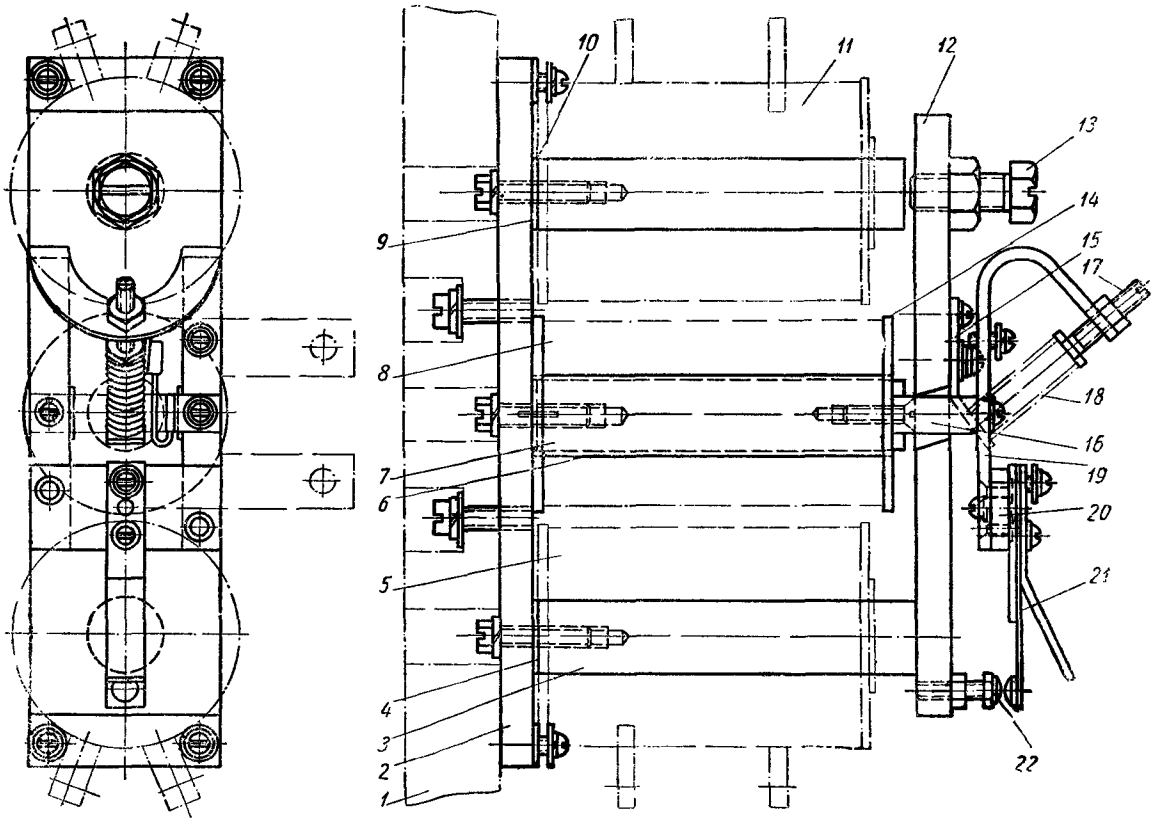
Реле обратного тока. Реле обратного тока Р-44А-О служит для автоматического присоединения (посредством контактора *Б*) вспомогательного генератора к аккумуляторной батарее, когда дизель начинает работать, и для автоматического выключения вспомогательного генератора при остановке дизеля. Реле рассчитано на установку его на изоляционной доске *1* (фиг. 222), к которой привертывается основание *2* из полосовой стали. На основании укреплены три сердечника *3*, *7* и *9* из круглой стали и три катушки: дифференциальная *5*, сериесная *8* и шунтовая *11*. Сериесная катушка намотана из медной голой шины, гнутой на ребро. Для изоляции катушки от сердечника и основания на сердечник надеты изоляционная трубка *6* и две шайбы *14*. Дифференциальная и шунтовая катушки выполнены из эмалированной обмоточной проволоки, изолированы и пропитаны изоляционным компаундом.

К торцу сердечника *7* привернута стальная рамка *16*, боковые стойки которой входят в прорези якоря *12*. К этим же стойкам прикреплена дужка *19*. К якорю привернута изогнутая планка *15*, на которую опирается один конец пружины *18*. Второй конец пружины удерживается регулировочным винтом *17*, ввернутым в дужку *19*. На нижних концах дужки укреплена изоляционная планка *20*, на которой с помощью двух металлических планок и винтов установлен неподвижный контакт *21*, представляющий собой бронзовую плоскую пружину с серебряной напайкой на конце. На якоре против неподвижного контакта ввернут подвижной контакт *22*, представляющий собой латунный болт с серебряной напайкой на головке.

Подвод тока к неподвижному контакту осуществляется установкой кабельного наконечника под головку одного из винтов, крепящих контакт к планке. Присоединение к подвижному контакту производится через дужку *19*, гибкий проводник и якорь, так что корпус реле находится под потенциалом подвижного контакта.

При отключенных катушках пружина прижимает якорь к сердечникам *3* и *7*. Контакты при этом разомкнуты. Шунтовая катушка, как это видно на схеме тепловоза (см. фиг. 143), присоединена через сопротивление к зажимам вспомогательного генератора, сериесная катушка включена в цепь тока заряда, дифференциальная катушка — на разность напряжений вспомогательного генератора и батареи. Таким образом, направление тока в шунтовой катушке всегда одно и то же, а в сериесной и дифференциальной катушках зависит от соотношения величин напряжений вспомогательного генератора и батареи.

При остановленном дизеле и разомкнутых контактах реле в дифференциальной катушке протекает ток от батареи к вспомогательному генератору. Катушка создает магнитный поток, замыкающийся главным образом через сред-



Фиг. 222. Общий вид реле обратного тока Р-44А-0.

ний сердечник и частично через верхний сердечник. Усилие, вызываемое этим потоком, прижимает якорь к нижнему сердечнику.

Когда дизель начинает работать, и на зажимах вспомогательного генератора появляется напряжение, через шунтовую катушку протекает ток, создающий магнитный поток в верхнем сердечнике того же направления, какое имел поток от диференциальной катушки. Следовательно, поток в нижнем сердечнике увеличивается, и усилие, создаваемое шунтовой катушкой, не может притянуть якорь. Когда напряжение вспомогательного генератора равно напряжению батареи, ток в диференциальной катушке равен нулю. Магнитный поток, создаваемый шунтовой катушкой, замыкается частично через средний сердечник, а частично через нижний сердечник. При этом усилие притяжения шунтовой катушки больше, чем усилие диференциальной катушки. Однако благодаря усилию пружины якорь продолжает оставаться прижатым к нижнему сердечнику.

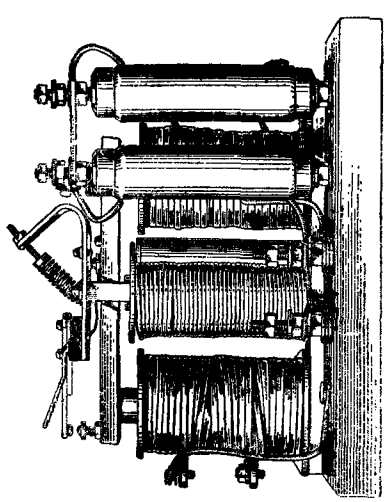
Когда напряжение генератора становится больше напряжения батареи, направление тока в диференциальной катушке изменяется. Под действием тока магнитный поток в нижнем сердечнике уменьшается и якорь поворачивается против часовой стрелки, замыкая контакты. После этого, как было указано в описании схемы, ток в диференциальной катушке уменьшается до ничтожной величины, не имеющей значения для работы реле. Ток в шунтовой катушке уменьшается вследствие введения в ее цепь добавочного сопротивления. Через сериесную катушку протекает ток заряда батареи. Магнитный поток, создаваемый при этом сериесной катушкой, складывается с потоком шунтовой катушки, и якорь удерживается в притянутом к верхнему сердечнику положении. Весь магнитный поток практически замыкается через верхний и средний сердечники.

Если дизель начинает останавливаться и напряжение вспомогательного генератора падает, ток батареи уменьшается, достигает нуля и затем меняет направление. Тогда ампервитки сериесной катушки уменьшают магнитный поток в среднем сердечнике. Часть магнитного потока, создаваемого шунтовой катушкой, замыкается теперь через нижний сердечник

и создает усилие, стремящееся притянуть якорь к нижнему сердечнику. При некотором токе в сериесной катушке совместно действующие усилие пружины и сила притяжения нижнего сердечника преодолевают усилие верхнего сердечника и якорь поворачивается по часовой стрелке, размыкая контакты.

Необходимо, чтобы включение реле во избежание большого толчка зарядного тока при включении происходило при возможно меньшей разности между напряжениями вспомогательного генератора и батареи и чтобы величина обратного тока во избежание излишнего разряда батареи при выключении была мала. Эти условия требуют точного соблюдения при изготовлении и ремонте реле требований, указанных в чертежах, в отношении материалов и размеров и в особенности в отношении величин зазоров в магнитной системе. Некоторая регулировка характеристики реле возможна за счет изменения числа латунных шайб *4* и *10* под сердечниками.

В условиях эксплоатации регулировка напряжения срабатывания реле может производиться поворотом регулировочного винта *17*, изменяющего усилие пружины. Ослабление пружины уменьшает разность напряжений, при которой реле срабатывает, но одновременно увеличивает обратный ток при отпадании. Обратный ток может также регулироваться поворотом упорного болта *13*. При ввертывании его уменьшается зазор между нижним сердечником и якорем при замкнутых контактах. Однако при этом уменьшаются нажатие и провал контактов.



Фиг. 223. Панель ПР-26А-1 с реле Р-44А-0.

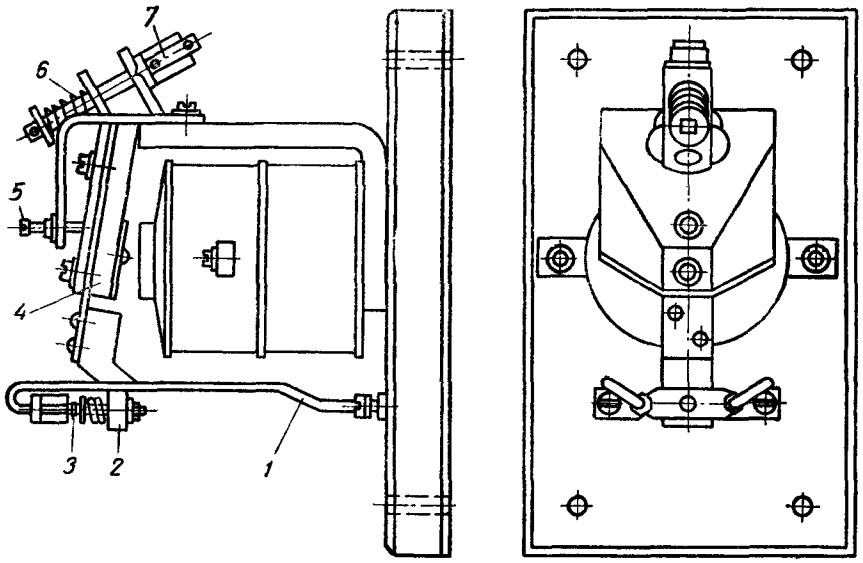
Раствор, нажатие и провал контактов регулируются также ввертыванием и вывертыванием подвижного контакта *22*.

Реле вместе с трубчатыми сопротивлениями смонтировано на панели ПР-26А-1 (фиг. 223).

Реле времени. Реле времени Р-3200Б-0/1 включено в схему тепловоза для обеспечения выдержки времени между размыканием контакторов ослабления поля тяговых двигателей при отпадании реле перехода и замыканием части добавочного сопротивления в цепи шунтовой катушки реле перехода. Выдержка времени необходима для того, чтобы избежать повторного включения и выключения реле перехода (см. «Принципиальная схема»).

Общий вид реле времени Р-3200Б-0/1 показан на фиг. 224. Магнитная система реле по конструкции аналогична магнитной системе реле Р-45 и отличается тем, что имеет магнитопровод значительно большего сечения и катушку бо́льших размеров, и тем еще, что между катушкой и сердечником установлена толстая медная гильза. На якоре *4* реле укреплена изоляционная планка *2*, на которой установлен подвижной контакт *3* мостикового типа с серебряными контактами. Неподвижные контакты *1* выполнены в виде изогнутых шпилек, на концах которых навернуты глухие гайки с серебряными напайками. При невозбужденной катушке якорь удерживается пружиной *6*, а неподвижные контакты замкнуты мостиком. Наружные провода присоединяются только к неподвижным контактам. Подвижной же контактный мостик служит лишь для соединения их между собой.

При возбуждении катушки якорь притягивается и размыкает контакты. Выдержка времени обеспечивается при выключении катушки медной гильзой. Спадание тока в катушке при выключении вызывает вследствие взаимоиндукции ток в медной гильзе, представляющей собой короткозамкнутый виток. Ток в медной гильзе замедляет спадание магнитного потока в магнитной системе реле и тем самым задерживает отпадание якоря. Промежуток времени от момента размыкания цепи катушки до момента замыкания контактов называется выдержкой времени реле. Реле Р-3200 обеспечивает выдержку времени от 2 до 4 сек. Регулировка выдержки времени в пределах 3—4 сек. может производиться изменением натяжения пружины посредством поворота гайки *7*. Для более резкого уменьшения выдержки нужно увеличить толщину немагнитной прокладки на якоре. В тепловозе к этому



Фиг. 224. Общий вид реле времени Р-320ОБ-0/1.

прибегать не нужно, так как требуется выдержка времени, равная 3,5—4 сек.

Ток включения можно отрегулировать поворотом винта *5*, являющегося упором для якоря.

При включении катушки также имеют место возникновение тока в гильзе и задержка притяжения якоря. Однако эта задержка составляет всего 0,2—0,3 сек., так как при включении между якорем и сердечником имеется относительно большой зазор, вследствие чего магнитный поток мал.

РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ

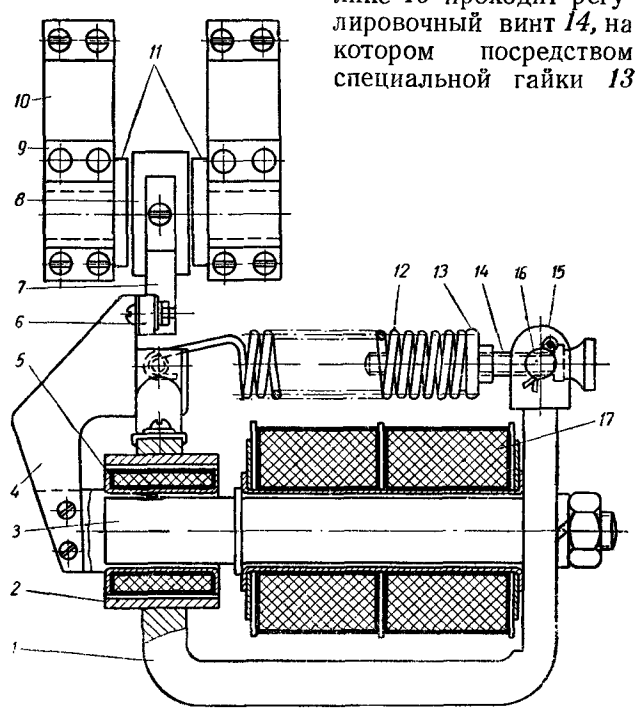
Назначение. Регулятор напряжения на тепловозах служит для регулирования напряжения вспомогательного генератора. При изменении числа оборотов и нагрузки генератора необходимо поддерживать его напряжение постоянным и равным примерно 75 *в*. Это требование выполняется при помощи регулятора путем автоматического изменения тока возбуждения генератора.

На тепловозах ТЭ1, ТЭ2 и ТЭ5 применен вибрационный регулятор типа СРН-2В-1.

Конструкция регулятора напряжения СРН-2В-1. Конструкция регулятора напряжения показана на фиг. 225. Ярмо *1* согнуто из мягкой полосовой стали. В отверстие, находящееся в левой стороне ярма, вварен стальной цилиндр *2*. На правой стенке ярма укреплен стальной круглый сердечник *3*, который своим концом входит внутрь цилиндра *2*, образуя кольцевой воздушный зазор между ярмом и сердечником. В этом зазоре расположена подвижная катушка *5*, укрепленная на алюминиевой рамке *4*. На другом конце рамки посредством изоляционной планки *6* укреплен штампованный держатель *7* с угольным контактом *8*. По обе стороны контакта *8* расположены два неподвижных контакта *11*, зажатых в держателях *9*. Правый неподвижный контакт обычно изготовляется из угля. Левый контакт в регуляторе СРН-2В-1 выполнен из серебра. К держателю *9* приклепана пластина *10* из биметалла. Пластины *10* привернуты к скобам, укрепленным на панели (скобы и панели на фиг. 225 не показаны).

В стенках рамки *4* сделаны вырезы, которыми она опирается на призму, укрепленную на ярме.

На правой стенке ярма укреплен хомутик *15* с валиком *16*. В отверстие в валике *16* проходит регулировочный винт *14*, на котором посредством специальной гайки *13*



Фиг. 225. Регулятор напряжения СРН-2В-1.

укреплен конец пружины *12*. Второй конец пружины крюком зацеплен за штифт, запрессованный в рамку. Призматическая опора рамки расположена ниже пружины, поэтому пружина, прижимая рамку к опоре, стремится повернуть ее по часовой стрелке и прижимает подвижный контакт *8* к правому неподвижному контакту.

На сердечнике *3* расположена неподвижная катушка *17*. Подвижная и неподвижная катушки регулятора соединены последовательно и включены через добавочное сопротивление на напряжение вспомогательного генератора. Когда через катушки протекает ток, то ампервитки неподвижной катушки создают магнитный поток, замыкающийся через сердечник, кольцевой зазор между ярмом и сердечником и ярмо. В кольцевом зазоре магнитный поток неподвижной катушки направлен радиально и, следовательно, магнитные силовые линии перпендикулярны току, протекающему по виткам подвижной катушки. Сила взаимодействия между катушкой под током и магнитным потоком направлена перпендикулярно направлениям магнитного потока и тока, т. е. направлена по оси сердечника. Соединение катушек выполняется так, что подвижная катушка испытывает усилие, притягивающее ее в сторону неподвижной катушки.

Пока сила притяжения подвижной катушки создает момент, меньший момента усилия пружины, подвижной контакт соприкасается с правым неподвижным контактом. При некотором токе в катушках подвижной контакт отходит от правого контакта и остается посредине между контактами. Эта величина тока называется током равновесия регулятора. При уменьшении тока подвижной контакт соприкасается с правым контактом, а при увеличении тока — с левым контактом.

Так как при перемещении контактов подвижная катушка не выходит за пределы кольцевого зазора, где магнитный поток распределен вдоль оси зазора почти равномерно, то усилие, действующее на подвижную катушку, практически не зависит от ее положения. Изменение тока равновесия при перемещении подвижного контакта от правого до левого неподвижных контактов объясняется в основном изменением натяжения пружины. Это изменение очень невелико: ток равновесия в пределах нормального хода контакта изменяется всего на 2—3%.

Как указывалось в описании схемы (см. «Цепь возбуждения вспомогательного генератора»), при замыкании подвижного контакта с правым неподвижным замыкается сопротивление R_1 цепи возбуждения, при этом ток возбуждения достигает максимального значения. Когда подвижной контакт находится между неподвижными контактами, не замыкаясь ни с одним из них, сопротивление R_1 вводится в цепь возбуждения. Это положение соответствует некоторому среднему току возбуждения. Замыкание подвижного контакта с левым неподвижным контактом приводит к шунтированию обмотки возбуждения сопротивлением R_2, что соответствует минимальному току возбуждения.

Регулятор работает следующим образом. Ток равновесия регулятора соответствует определенному напряжению вспомогательного генератора

$$U_0 = i_p(R_к + R_4),$$

где i_p — ток равновесия регулятора;
$R_к$ — сопротивление подвижной и неподвижной катушек регулятора;
R_4 — добавочное сопротивление в цепи катушек.

Пока напряжение ниже этого значения, пружина прижимает подвижной контакт к правому неподвижному контакту. Как только напряжение станет больше напряжения равновесия, контакты размыкаются, ток возбуждения начинает уменьшаться. Напряжение падает, контакты вновь замыкаются и т. д. Подвижной контакт вибрирует около неподвижного. Ток возбуждения пульсирует, колеблясь около значения, соответствующего (при данном числе оборотов и нагрузке генератора) напряжению U_0. Чем больше отношение времени, в течение которого контакты разомкнуты, к времени, когда они замкнуты, тем меньше средний ток возбуждения. Когда средний ток должен быть меньше тока, соответствующего разомкнутому положению подвижного контакта, подвижной контакт переходит к левому неподвижному контакту и вибрирует около него. Пульсации тока возбуждения вызывают пульсации напряжения, меньшие по амплитуде вследствие инерции магнитного потока. Пульсации напряжения при значительной их величине могут вызвать мигание света ламп. Величина пульсации уменьшается с увеличением частоты вибрации контактов и с уменьшением нечувствительности регулятора.

Частота вибрации зависит от инерции подвижных частей регулятора, поэтому их выполняют возможно более легкими.

Нечувствительность регулятора характеризуется разностью напряжения, при котором контакты размыкаются, и напряжения, при котором они замыкаются. Величина нечувствительности влияет также на точность регулирования, т. е. на величину отклонений напряжения генератора в процессе регулирования от заданного значения U_0. Нечувствительность зависит от гистерезиса в магнитной системе. Характеристика электромагнита при нормальном выполнении практически не зависит от перемещения контактов. Однако при неправильном положении катушки в кольцевом зазоре (смещение ее по оси сердечника или в радиальном направлении) характеристика может быть искажена. Уменьшение трения достигается установкой подвижных частей на призмах. Уменьшение гистерезиса — надлежащим отжигом сердечника и ярма.

Правильная работа регулятора в большой степени зависит от тщательности и точности изготовления.

При вибрации контактов между ними возникает искрение, которое повышает их температуру. При металлических контактах искрение вызывает также перенос металла с одного контакта на другой, что приводит к повреждению контактной поверхности, поэтому для регулятора выбраны угольные контакты.

Угольные контакты под действием искрения постепенно выгорают. Очень важно, чтобы уголь не содержал несгораемых примесей, образующих после выгорания угля изоляционную пленку, нарушающую контакт, поэтому контакты должны изготовляться из высококачественного электрографитированного угля с очень малой зольностью.

Пластины, на которых подвешены неподвижные контакты, выполнены из биметалла. При изменении режима работы вспомогательного генератора меняются режим работы контактов регулятора и их температура. Последнее приводит к изгибу биметаллической пластины, вследствие чего соприкосновение контактов происходит в новых точках. Это уменьшает опасность нарушения контакта и делает более равномерным их износ.

Левый контакт, являющийся отрицательным полюсом, не подвержен опасности переноса металла, и потому выполняется в некоторых случаях из серебра. Для уменьшения искрения параллельно контактам включены конденсаторы.

На панели ПР-29А-1 (фиг. 226) вместе с регулятором напряжения *1* смонтированы конденсаторы *2*, промежуточное реле *5* и сопротивления *3*. Панель закрывается кожухом, привертываемым к скобам *4* и *6*. Промежуточное реле типа Р-45Ж-2 и конструкция сопротивлений описаны выше (см. «Реле» и «Сопротивления»). На панели установлено пять сопротивлений, из которых каждое представляет собой трубчатое регулируемое сопротивление типа ТСБ, а именно:

Сопротивление	R_0	— трубка	ТСБ-5;
»	R_1	— »	ТСБ-55;
»	R_2	— »	ТСБ-14;
Сопротивления	R_3 и R_4	— »	ТСБ-40.

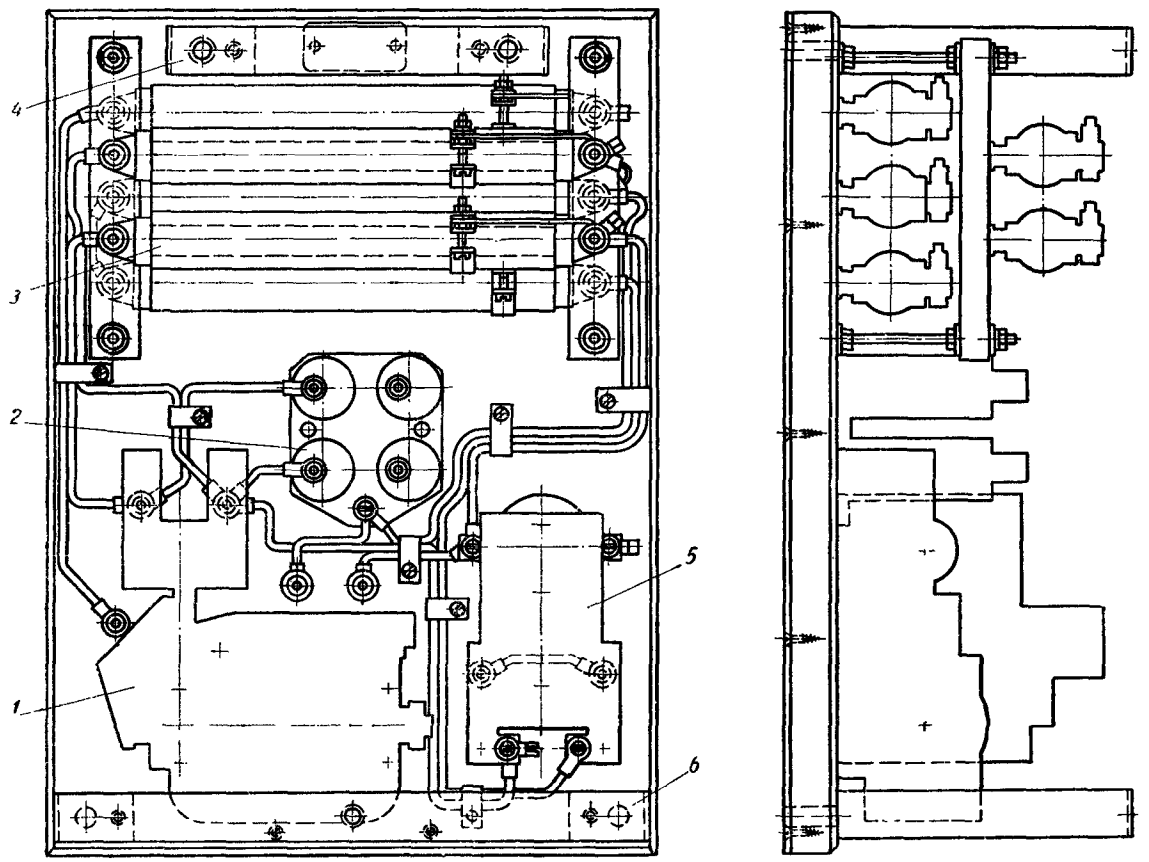
Числа в обозначении типа указывают максимальное значение сопротивления при сдвинутом на край движке.

Четыре конденсатора типа В-3К-153 по 0,5 *мкф* включены параллельно контактам регулятора. Обычно включаются в цепь два конденсатора, а два других остаются резервными.

Сопротивления R_0, R_1, R_2 и R_3 включены в цепь возбуждения вспомогательного генератора. Их величины определяют возможный диапазон изменения режима генератора (числа оборотов, тока нагрузки), при котором регулятор может поддерживать постоянное напряжение. Уменьшение R_0 увеличивает максимальный ток возбуждения, увеличение R_1 и уменьшение R_2 уменьшает минимальный ток возбуждения. Одновременно с этим увеличивается разрывная мощность контактов и, следовательно, повышается их износ.

Регулировка сопротивлений производится на заводе, и в условиях эксплоатации следует прибегать к ней только в том случае, если при минимальном числе оборотов вала дизеля напряжение вспомогательного генератора снижается или при максимальном числе оборотов повышается более чем на 2—3 *в* от установленного и не удается отрегулировать надлежащую величину сопротивлением R_4 (см. ниже). Не следует одновременно уменьшать R_0 и R: при уменьшении одного из них нужно увеличить второе, в противном случае может быть короткое замыкание генератора на эти сопротивления. При регулировке сопротивлений должна проверяться разрывная мощность на контактах во избежание перегрузки одного из них за счет другого.

В случае нарушения контакта для восстановления его обычно оказывается достаточным осторожно потереть один контакт о другой. Если поверхность одного из контактов значительно повреждена, ее следует осторожно зачистить мелким напильником. Зазор между контактами должен быть в пределах 0,5—1 *мм*. Регулировка зазора осуществляется переме-



Фиг. 226. Общий вид панели ПР-29А-1 (кожух снят).

щением неподвижных контактов после ослабления винтов в держателях.

Регулировка напряжения вспомогательного генератора может производиться изменением натяжения пружины и изменением сопротивления R_4. Регулировка пружиной производится на заводе. При помощи пружины устанавливается ток равновесия (см. «Технические данные»). В условиях эксплоатации регулировка должна производиться сопротивлением R_4 (верхняя трубка). Перемещение движка вправо приводит к увеличению напряжения, а перемещение движка влево — к его уменьшению.

При осмотре регулятора нужно тщательно проверить, чтобы рамка подвижного контакта опиралась точно обоими углами выреза на призматическую опору и не перемещалась вдоль них при замыкании и размыкании контактов. Подвижная катушка должна быть расположена в кольцевом зазоре концентрично сердечнику и ни в коем случае не должна при перемещении зацеплять за сердечник и ярмо, т. е. везде должен оставаться достаточный зазор. Прилегание контактов должно быть по всей поверхности, а не одним углом.

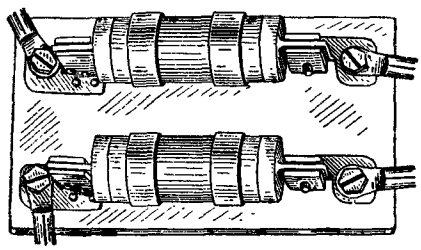
ПРЕДОХРАНИТЕЛИ

Для защиты цепей управления, освещения и вспомогательных цепей от коротких замыканий на тепловозе применяются плавкие трубчатые предохранители.

На щитке ГЩ-12А-1 (фиг. 227) установлены два предохранителя типа ПР, одинаковые по конструкции и размерам, но отличающиеся плавкой вставкой. Один предохранитель с номинальным током 100 *а* включен в цепь аккумуляторной батареи, второй предохранитель с номинальным током 80 *а* защищает от коротких замыканий вспомогательный генератор.

Предохранитель представляет собой фибровую трубку, на которую с двух сторон надеты стальные колпачки, укрепляемые на трубках посредством круглых гаек. В колпачках сделаны узкие щели, сквозь которые проходят

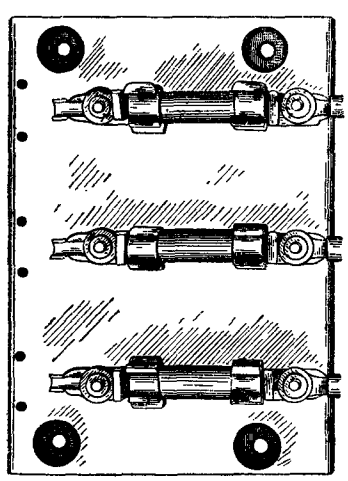
ножи. Внутри трубки к ножам припаяны плавкие вставки из листового цинка. Пространство внутри трубки заполняется толченым мелом или мраморной крошкой, которая предохраняет трубку от повреждения при расплавлении вставки, сопровождающемся возникновением электрической дуги, так как мел и мраморная крошка способствуют гашению дуги. Для установки предохранителей на изоляционной доске



Фиг. 227. Щиток ГЩ-12А-1 с предохранителями.

имеются пружинные контактные стойки (щеки), в которые врубаются ножи предохранителя. Наружные провода подведены к контактным стойкам.

На щитке ГЩ-11А-1 (фиг. 228) установлены три трубчатых предохранителя с номинальным током 10 *а*, включенных в цепь освещения и в цепь мотор-вентилятора калорифера. В принципе они подобны предохранителям, описанным выше, но проще по конструкции и меньше



Фиг. 228. Щиток ГЩ-11А-1 с предохранителями.

по габаритам. На фибровые трубки надеты латунные колпачки. В боковой поверхности колпачка сделаны прорези, прорезанная часть отгибается и вдавливается в трубку, чем и осуществляется закрепление колпачка на трубке. Плавкие вставки, выполняемые обычно из медной проволоки, пропускаются через отверстия в центре колпачков, и концы их припаиваются к колпачку снаружи. Внутрь трубки засыпается мел или мраморная крошка. На изоляционной доске укреплены бронзовые пружинные держатели, в которые вставляются колпачки предохранителей.

Эти предохранители не рассчитаны на многократную перезарядку, так как при снятии и надевании колпачков крепление их ослабевает. Однако при осторожном обращении предохранители можно использовать несколько раз. Такие же предохранители установлены в кнопочном выключателе (см. ниже).

Плавкие вставки для предохранителей выбираются таким образом, чтобы они не перегорали при токе, равном 110% от номинального, и перегорали в течение 1—4 мин. (в зависимости от величины номинального тока) при нагрузке, равной 150% номинального тока.

ВЫКЛЮЧАТЕЛИ С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

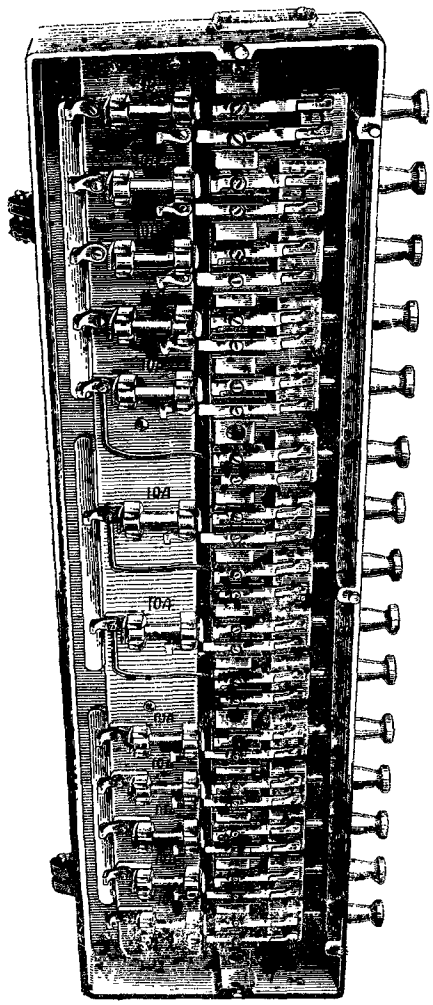
Для отключения цепей управления и освещения в тепловозах используется целый ряд различных выключателей с непосредственным управлением. Некоторые из них являются известными конструкциями общего применения (как например, перекидные выключатели освещения, пакетные выключатели), другие же являются специально изготовленными для подвижного состава.

Краткое описание специально изготовленных для подвижного состава выключателей с непосредственным управлением приводится ниже.

Кнопочный выключатель типа КУ-26А-1. Кнопочный выключатель, показанный на фиг. 229 со снятой крышкой, состоит из корпуса, в котором размещены 15 выключающих кнопок. Внутри корпуса укреплена изоляционная рейка с 30 контактными пальцами из плоской пружинной стали. Сквозь отверстия в боковой стенке проходят стержни кнопок, на которых укреплены фибровые колодки. В углублениях колодки привернуты медные планки таким образом, что при нажатой кнопке пара пальцев, расположенных на колодке, касается медной планки, благодаря чему они оказываются соединенными между собой в электрическом отношении. При выключенной кнопке пальцы соприкасаются с поверхностью фибро-

вой колодки и находятся в разомкнутом состоянии. Углубления, сделанные в колодках и контактных планках, удерживают кнопки от самопроизвольного переключения.

На фиг. 229 кнопки показаны во включенном положении, кроме верхней. Внутри верхней кнопки (с надписью: «Запуск дизеля»)



Фиг. 229. Кнопочный выключатель КУ-26А-i (со снятой крышкой).

имеется пружина, которая возвращает кнопку в выключенное положение после того, как на нее прекращается нажатие. Слева от рейки с пальцами в корпусе укреплена изоляционная доска с трубчатыми предохранителями, вставленными в пружинные держатели (см. выше). Предохранители и пальцы кнопок соединены между собой в соответствии с схемой тепловоза.

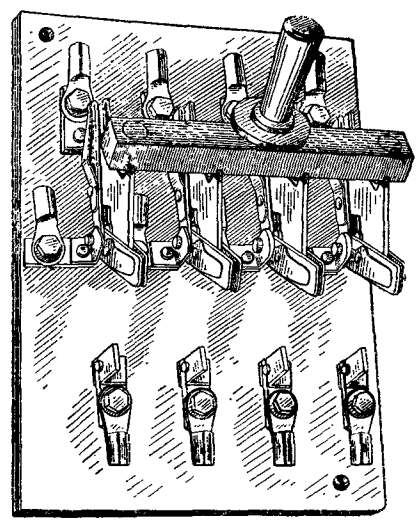
Снаружи выключатель закрыт крышкой, на которой против кнопок размещены дощечки с надписями. Крышка имеет дверцу с левой стороны, открывающую доступ к предохранителям.

Кнопочный выключатель служит для включения цепей управления и освещения.

Отключатели тяговых двигателей ГВ-23А и ГВ-24А. Отключатели ГВ-23А и ГВ-24А представляют собой по существу многополюсные переключатели и применяются для переключений цепей управления, связанных с отключением одной группы тяговых двигателей и работой тепловоза с тремя оставшимися двигателями. Отключатель ГВ-24А (ОМ1-3) для отключения двигателей 1—3 имеет четыре ножа, а отключатель ГВ-23А (ОМ4-6) — три ножа.

Конструкция отключателя ГВ-24А показана на фиг. 230. На изоляционной доске смонтированы вверху и внизу по четыре неподвижных медных ножа, привернутых к контактным планкам с кабельными наконечниками. По середине доски на подобных же планках установлены стойки с шарнирно укрепленными на них двухсторонними пружинными щеками. К щекам прикреплены угольники, связанные с изоляционной колодкой рукоятки.

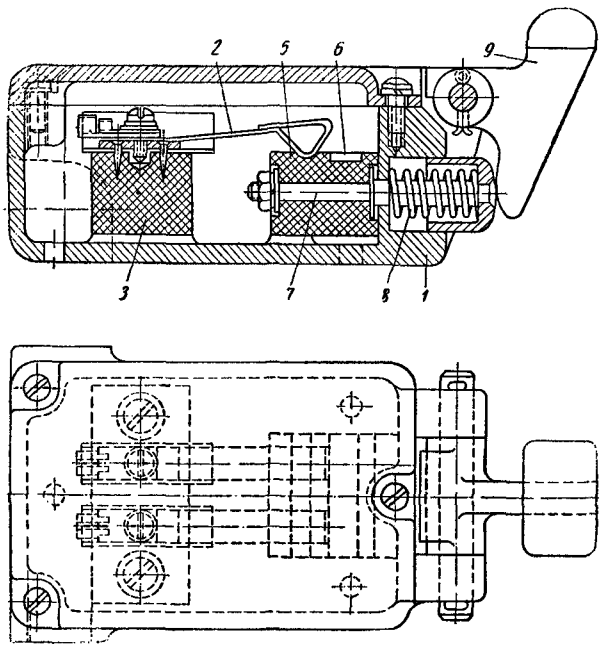
При повороте рукоятки вверх замыкаются верхние ножи, что соответствует нормальной работе двигателей. При перекидывании рукоятки вниз происходят переключения, необходимые для отключения двигателей *1—3* и работы схемы с двигателями *4—6*. Подобную конструкцию, но с тремя ножами, имеет отключатель ГВ-23А.



Фиг. 230. Отключатель тяговых двигателей ГВ-24А.

Педальный выключатель КН-2А. Педальный выключатель служит для включения клапана песочницы. Он представляет собой индивидуальный кнопочный выключатель с возвратной пружиной, подобный применяемому в КУ-26А-1, но приспособленный для управления ногой.

Конструкция педального выключателя КН-2А показана на фиг. 231. К литому корпусу *1* привернута изоляционная колодка *3* с укрепленными на ней двумя стальными пальцами *2*. Под пальцами расположена фибровая колодка *5* с укрепленной на ней медной планкой *6*. Колодка *5* укреплена на стержне *7* кнопки, внутри которой расположена пружина *8*. На приливах корпуса шарнирно укреплен рычаг *9*, упирающийся концом в кнопку. К корпусу привернута литая крышка *4*. Нормально пружина оттягивает кнопку в выключенное положение.



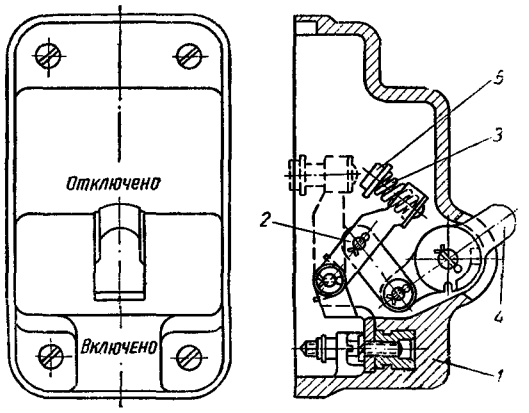
Фиг. 231. Педальный выключатель КН-2А.

При нажатии сверху на рычаг *9* кнопка перемещается влево и пальцы замыкаются медной планкой *6*. При освобождении рычага возвратная пружина *8* размыкает пальцы.

Выключатели ГВ-22А и ГВ-25А. Выключатель аккумуляторной батареи ГВ-22А представляет собой двухполюсный рубильник нормального типа, у которого вместо рукоятки сделана петля для дистанционного управления. Выключатель установлен в аппаратной камере, а рукоятка — в кабине машиниста. Рукоятка связана тягой с колодкой выключателя.

Выключатель ГВ-25А служит для отключения катушки реле заземления в том случае, когда в силовой цепи имеется заземление, которое не удается устранить в пути. Он представляет собой однополюсный рубильник, по конструкции аналогичный отключателям ГВ-23А и ГВ-24А.

Выключатель ВУ-213А. Выключатель служит для отключения цепи автоматического управления переходом на последовательно-параллельное соединение тяговых двигателей. Выключатель ВУ-213А (фиг. 232) представляет собой прессованную из пластмассы коробку *1*, в которой шарнирно укреплен держатель *2* с установленным на нем подвижным контактом *5*, на который нажимает пружина *3*. Держатель связан тягой с рукояткой *4*. Положение, изображенное на фиг. 232, соответствует разомкнутому состоянию контактов. При повороте рукоятки вниз подвижной контакт переходит в положение, изображенное пунктиром, и замыкается с неподвижным контактом, установленным на панели (на фигуре не показанном)



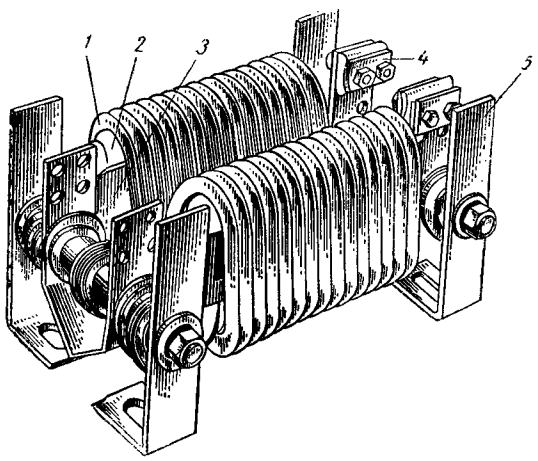
Фиг. 232. Выключатель ВУ-213А.

СОПРОТИВЛЕНИЯ

Назначение. На тепловозах ТЭ1 и ТЭ5 применяются сопротивления трех различных конструкций. Фехралевые ленточные сопротивления используются для шунтирования обмоток возбуждения тяговых двигателей. В качестве добавочных и поглощающих сопротивлений в цепи управления, возбуждения и освещения применяются постоянные трубчатые сопротивления и регулируемые трубчатые сопротивления.

Фехралевое ленточное сопротивление типа СЛ-5Б-1. Сопротивление (фиг. 233) состоит из двух, смонтированных на металлических стойках *5*, элементов. Каждый элемент представляет собой штампованный железный держатель *3*, на котором укреплены с двух сторон стеатитовые изоляторы *2* с канавками.

Само сопротивление представляет собой спираль *1* овального сечения, намотанную на ребро из фехралевой ленты. Фехраль представляет собой сплав железа, хрома и алюминия



Фиг. 233. Сопротивление СЛ-5Б-1.

с высоким удельным сопротивлением (около 1,2 $\frac{ом \cdot мм^2}{м}$), очень низким температурным коэфициентом (т. е. с сопротивлением, практически не зависящим от температуры) и большой теплостойкостью (допускаемая температура около 1000° С). Спираль надевается на изоляторы так, что витки ее входят в канавки изоляторов. В штампованном держателе из листовой стали сделаны вырезы, которыми элемент опирается на изолированные шпильки, укрепленные на стойках и изолированные от последних изоляционными шайбами.

Концы ленточной спирали привариваются к выводам *4*, укрепленным на шпильках. На элементах ящика СЛ-5Б-1 сделаны также выводы посредине. Обе половины каждого элемента соединены параллельно, т. е. так же, как и сами элементы. Таким образом, получается цепь из четырех сопротивлений, соединенных параллельно.

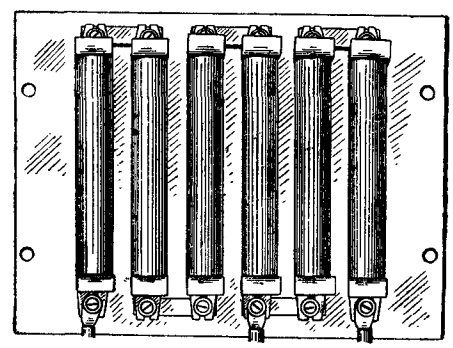
В настоящее время на тепловозах устанавливаются элементы типа КФ, отличающиеся круглой формой витков вместо овальной и немного большей величиной сопротивления.

Постоянные трубчатые сопротивления. Постоянное трубчатое сопротивление (фиг. 234) представляет собой керамиковую трубку, на которую наматывается проволока из материала высокого сопротивления (фехраль, константан) с некоторым расстоянием между витками. После этого трубка покрывается специальной жаростойкой эмалью, которая после запекания превращается в глянцевую стекловидную массу, удерживающую намотку на трубке и являющуюся изоляцией.

Концы проволоки присоединяются посредством выводов из гибкого медного кабеля к держателям, укрепляемым на торцах трубок. Эти держатели с вырезами внизу служат для установки сопротивлений на панелях и одновременно являются выводами сопротивления, к которым присоединяются наружные провода.

Трубчатые сопротивления изготовляются в трех исполнениях, отличающихся размерами: *ТСБ* — большая трубка, *ТС* — средняя и *ТСМ* — малая трубка.

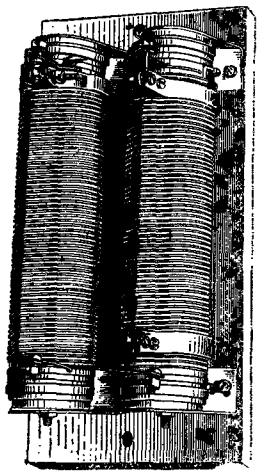
Трубчатые сопротивления монтируются по нескольку штук на отдельных щитах сопротивлений (*ЩС*) или устанавливаются на панелях вместе с аппаратами, для которых они предназначены.



Фиг. 234. Щиток с трубчатыми сопротивлениями.

Регулируемые сопротивления. Регулируемое сопротивление типа СР-2 (фиг. 235) состоит из фарфоровой или стеатитовой трубки с канавками по окружности, на которые наматываются константановая или фехралевая проволока. Размеры канавки и диаметр проволоки должны подбираться таким образом, чтобы проволока выступала за пределы канавки. Концы проволоки закрепляются на трубке, образуя вывод в форме петли, в которую вставляется зажимной винт. На трубке устанавливается один или два хомутика с двумя вин-

тами: один служит для затягивания хомутика на трубке, другой — для присоединения проводов. К торцам трубки прикреплены держатели, с помощью которых сопротивление может быть установлено на панели.



Фиг. 235. Регулируемое сопротивление СР-2.

Регулируемые сопротивления устанавливаются по нескольку штук на отдельных щитках (*ЩС*), либо на панелях вместе с аппаратами, для которых они предназначены.

Регулируемые сопротивления, установленные на панели ПР-29А-1 с регулятором напряжения, представляют собой трубки *ТСБ*, описанные выше, но отличающиеся тем, что на них с двух сторон оставлены полосы, не покрытые эмалью. В этих местах проволока, намотанная на трубку, открыта. На трубки надеты контактные хомуты с углублениями против тех мест трубки, где проволока оставлена окрытой. При стягивании хомутика винтом он соприкасается с проволокой и может служить в качестве передвигаемого вывода.

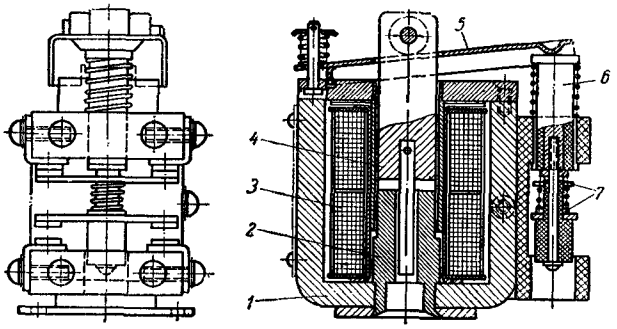
РАЗНЫЕ АППАРАТЫ

Электромагнит регулятора дизеля БМ-1А. Электромагнит типа БМ-1А служит для перемещения золотника, выпускающего масло из гидравлического сервопривода регулятора дизеля в случае падения давления масла (см. «Дизели»).

Электромагнит (фиг. 236) состоит из подковообразного ярма *1*, в котором укреплен сердечник *2* с катушкой *3*. Внутри катушки может перемещаться якорь *4*, подвешенный с помощью роликов на рычаге *5*. Край рычага опирается на изоляционный стержень *6*, на котором установлены на пружине подвижные контакты *7*. Внизу к сердечнику прикреплен стержень, связанный с золотником.

При нормальной работе дизеля катушка электромагнита возбуждена, якорь *4* притянут вниз, и золотник находится в рабочем положении. Если давление масла падает ниже допустимого, катушка выключается контактами реле давления масла. Тогда совместное действие пружин рычага и контактов поднимает якорь, и золотник выпускает масло из-под силового поршня регулятора.

Одна пара блок-контактов (верхняя) электромагнита замкнута при отключенной катушке, вторая пара замкнута при возбужденной катушке. В схеме тепловоза ТЭ1 использована только первая пара контактов и в схеме тепловоза ТЭ2 — обе пары.



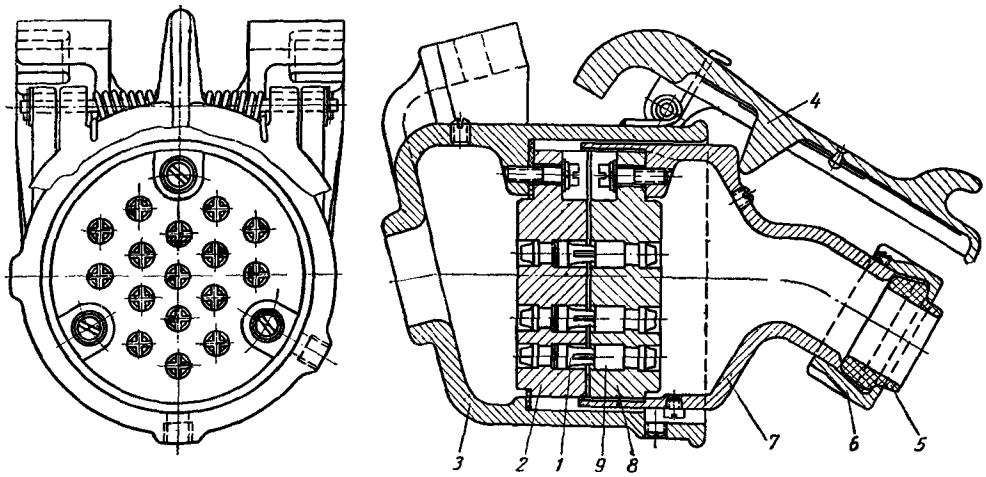
Фиг. 236. Электромагнит регулятора дизеля БМ-1А-1.

Межтепловозное соединение. Межтепловозное соединение служит для соединения цепей управления двух или больше тепловозов, работающих по системе многих единиц. Оно состоит из розетки РЗ-2А и штепселя ШУ-2А, и рассчитано на соединение 16 проводов управления.

На фиг. 237 штепсель и розетка показаны во включенном положении, слева показан вид розетки без штепселя с оборванной крышкой.

Розетка состоит из чугунного литого корпуса *3*, в котором помещается изоляционная колодка *2* с 16 пружинными штепсельными контактами *1*. Провода впаиваются в углубления, имеющиеся в наконечниках, привернутых к штепселям с задней стороны колодки. На корпусе шарнирно укреплена крышка *4*, которая при отсутствии штепселя прижимается пружиной к торцу розетки, а при включенном штепселе удерживает его от выпадения.

Штепсель состоит из литого корпуса *7* и такой же как *2*, изоляционной колодки *8*, в которой укреплены 16 латунных гнезд. В углубления латунных гнезд входят штепсельные контакты розетки. Провода входят в горловину и впаиваются в углубления наконечников, привернутых к гнездам. После пайки проводов и закрепления штепселей и гнезд пространство сзади колодок штепселя и розетки заполняется специальной изоляционной массой. Во избежание попадания влаги в штепсель в горловине помещается резиновая втулка *5*, уплотняемая специальной гайкой *6*.



Фиг. 237. Межтепловозное соединение.

Розетки устанавливаются на торцах тепловоза. Два штепселя, соединенных шестнадцатипроводным кабелем, защищенным рукавом, являются съемным соединением, хранящимся на тепловозе.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ АППАРАТОВ

Ниже приводятся основные технические данные, по которым выпускались аппараты тепловозов поставки 1947—1950 гг.

1. Контакторы

Наименование механических данных	Типы контакторов			
	ПК-753А-1	КПД-45Б-1	КПД-46А-1	КПМ-220А-10 и КПМ-220В-10
Номинальное напряжение в *в*	750	750	750	—
Длительный ток в *а*	750	400	400	80
Сопротивление катушки вентиля при 20° С в *ом*	215	92,1	7,9	220
Ток срабатывания в *а*	0,14 *	0,49	3,16	0,19
Ток длительный катушки в *а*	0,28	0,63	—	0,24
Раствор главных контактов в *мм*	14,5—16,5	17—18	17—18	8—10
Провал главных контактов в *мм*	13—15	2,5—5,5	2,5—5,5	5—7
Начальное нажатие в *кг*	5—7	—	—	—
Конечное нажатие от притирающей пружины в *кг*	12—17	6,4—7,3	8,5—10	1,4—1,6
Конечное нажатие при давлении воздуха 5 *ат*	55—63	—	—	—
Давление воздуха в *ат*, необходимое для:				
касания контактов	$\leqslant 2{,}5$	—	—	—
притирания контактов	$\leqslant 3{,}5$	—	—	—
начала отпадания	$\geqslant 1{,}5$	—	—	—
полного отпадания	$\geqslant 0{,}4$	—	—	—
Данные блок-контактов:				
Напряжение в *в*	125	125	125	75
Длительный ток в *а*	5	—	—	—
Разрываемый ток в *а*	1,5	—	—	—
Нажатие в *кг*	1,0—2,5	0,06—0,1	0,06—0,1	0,27—0,33
Раствор в *мм*	—	55—60	55—60	7—8
Провал в *мм*	—	2—4	2—4	3,5—4,5

* При давлении воздуха 5 *ат*.

2. Контроллер КВ-15А

Номинальное напряжение в *в*	75
Раствор контактов в *мм*	6—8
Провал контактов в *мм*	2,5—3,5
Начальное нажатие в *кг*	0,09—0,13
Конечное нажатие в *кг*	0,34—0,46

3. Реверсор ПР-758А-1

Номинальное напряжение в *в*	750
Длительный ток в *а*	750
Максимальное давление в *ат*	7
Минимальное давление в *ат*	3,2

	Главные контакты	Пальцы управления
Данные контактов:		
Провал в *мм*	2—3	2—3
Давление в *кг*	6,5—9	0,9—2,25
Данные вентиля:		
Тип	ВВ-2А-1	—
Сопротивление катушки при 20° С в *ом*	328	—
Длительный ток в *а*	0,152	—
Ток срабатывания при 5 *ат* в *а*	0,07	—

6. Электропневматические вентили привода к регулятору дизеля ВВ-1А-1

Номинальное напряжение в *в*	75
Сопротивление катушки при 20° С в *ом*	790
Длительный ток в *а*	0,0675
Ток срабатывания при 5 *ат* в *а*	0,041
Максимальное давление в *ат*	7

7. Клапан песочницы КЛП-3А-1

Тип вентиля	ВВ-3Б-2
Сопротивление катушки при 20° С в *ом*	215
Длительный ток в *а*	0,295
Ток срабатывания при 5 *ат* в *а*	0,14
Максимальное давление в *ат*	7

8. Электромагнит регулятора дизеля БМ-1А-1

Усилие тяги при зазоре 1,6 *мм* в *кг*	18—20
Ход стержня в *мм*	1,5
Сопротивление катушки при 20° С в *ом*	17,3
Длительный ток в *а*	0,85
Раствор контактов в *мм*	2,5—3
Ток срабатывания в *а*	3,5
Провал контактов в *мм*	1,5—2,5
Нажатие в *кг*	0,11—0,13

4. Реле

Наименование технических данных	Типы реле						
	Р-42Б-1	Р-47А-1	Р-46Б-1	Р-45Г-1	Р-45Ж-2 Р-45Д-2 Р-45Е-2	Р-44А-0	Р-3200-Б-0/1
Контакты:							
Номинальное напряжение в *в*	75	75	75	75	75	75	75
Раствор в *мм*	3,5—4	1,2—1,6	1,6—2,0	7—8	7—8	1,5—2,0	11—13
Провал в *мм*	1,5—2	—	—	3,5—4,5	3,5—4,5	—	—
Нажатие в *кг*	0,02	—	—	0,27—0,33	0,27—0,33	0,04—0,05	0,24—0,27
Шунтовая катушка:							
Длительный ток в *а*	0,19	10	0,17	10	0,24	0,65	0,382
Ток срабатывания в *а*	0,152—0,162	1,5	0,05	10	0,19	0,576	$<$ 0,382
Ток отпадания в *а*	0,03—0,04	—	0,045	—	—	0,135	—
Сопротивление при 20° С в *ом*	552	0,04	526	0,102	220	29,8	140
Сериесная катушка:							
Длительный ток в *а*	3,5	750	—	—	—	70	—
Ток срабатывания в *а*	1,0	660	—	—	—	—	—
Ток отпадания в *а*	1,26	—	—	—	—	$\leqslant$ 8,5	—
Сопротивление при 20° С в *ом*	1,56	—	—	—	—	—	—
Дифференциальная катушка:							
Длительный ток в *а*	—	—	—	—	—	0,21	—
Ток срабатывания в *а*	—	—	—	—	—	0,008	—
Сопротивление при 20° С в *ом*	—	—	—	—	—	287	—

5. Регулятор напряжения СРН-2В-1

Номинальное напряжение в *а*	75
Раствор контактов в *мм*	0,5—1
Максимальный ток контактов в *а*	7
Сопротивление неподвижной катушки при 20° С в *ом*	2,62
Сопротивление подвижной катушки при 20° С в *ом*	0,96
Длительный ток катушек в *а*	2
Ток равновесия в *а*	1,7—1,8
Напряжение замыкания левого контакта в	76

9. Выключатели

Наименование технических данных	Типы выключателей		
	КУ-26А-1	ВУ-213Б	КН-2А
Номинальное напряжение в *в*	75	75	75
Длительный ток в *а*	10	12	10
Нажатие в *кг*	12,5	0,6—0,8	1—2
Раствор в *мм*	—	14,5—19,5	—
Провал в *мм*	—	2,2—4,2	—

ГЛАВА IV
АККУМУЛЯТОРНАЯ БАТАРЕЯ

НАЗНАЧЕНИЕ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ НА ТЕПЛОВОЗЕ

Аккумуляторная батарея на тепловозе ТЭ1 служит для электрического пуска дизеля и для питания цепи освещения и управления при неработающем дизеле.

При электрическом пуске дизеля тяговый генератор с сериесной пусковой обмоткой включается на батарею и работает как сериесный двигатель, вращая коленчатый вал дизеля. Так как омическое сопротивление тягового генератора мало и включение производится без всяких пусковых сопротивлений, ток в первый момент достигает очень высоких значений. После начала вращения коленчатого вала дизель-генератора, ток быстро падает вследствие появления противоэлектродвижущей силы генератора. Пик тока в момент включения достигает 1500 *а*, а к концу пуска ток спадает приблизительно до 200 *а*.

Весь процесс пуска дизеля длится около 10 сек., толчок же тока резко спадает уже через 1—2 сек.

Расход емкости на один пуск очень мал и в нормальных условиях он не превышает 1 *а-ч*. При охлаждении дизеля до низкой температуры условия пуска резко утяжеляются вследствие увеличенного трения при застывшей смазке и большей длительности пуска в связи с ухудшением условий воспламенения топлива. При выборе батареи для тепловоза учитывалась также возможность нескольких пусков подряд, так как в охлажденном дизеле воспламенеиие топлива сразу может и не произойти. Напряжение батареи выбирается таким, чтобы было обеспечено необходимое для воспламенения топлива число оборотов дизеля. В тепловозе ТЭ1 батарея состоит из 32 последовательно соединенных элементов.

Во время движения тепловоза аккумуляторная батарея присоединена к вспомогательному генератору с постоянным напряжением 75 *в*, что составляет 2,35 *в* на каждый элемент.

При остановленном дизеле во время длительных стоянок на тепловозе могут производиться работы, при которых от батареи могут питаться цепи освещения и управления: осмотр и ремонт оборудования, проверка работы схемы и т. п. Эта нагрузка невелика, — не превышает 10 *а*, поэтому выбор батареи определяется главным образом по толчку тока, имеющему место при пуске дизеля.

В тепловозе применена кислотная аккумуляторная батарея, имеющая более высокий к. п. д., меньшую стоимость и являющаяся более подходящей для заряда при постоянном напряжении, чем щелочная.

АККУМУЛЯТОРНАЯ БАТАРЕЯ ТИПА 32-ТН-550

Конструкция и технические данные. Свинцовые аккумуляторные батареи типа 32-ТН-550 разработаны специально для применения их на советских тепловозах. Они установлеиы на тепловозах ТЭ1, ТЭ2 и ТЭ5.

В обозначении типа батареи число 32 указывает количество элементов, буква Т — назначение батареи (тепловоз), Н — тип пластины (намазные) и число 550 — номинальную емкость аккумуляторной батареи. Под номинальной емкостью понимается гарантированная емкость в ампер-часах при 10-часовом режиме разряда в нормальных условиях.

Батарея состоит из 32 аккумуляторов, последовательно соединенных между собой. Они имеют пластины намазного типа, состоящие из решеток, отлитых из свинцово-сурьмянистого сплава, в ячейках которых запрессована активная масса.

Аккумуляторы монтируются в эбонитовых сосудах, закрываемых эбонитовыми же крышками. В крышках имеются вентиляционные отверстия, запираемые специальными пробками. Промежутки между стенками эбонитовых сосудов и крышек заливаются специальной кислотоупорной мастикой.

Для удобства транспортировки и монтажа, а также для защиты эбонитовых сосудов от механических воздействий, отдельные аккумуляторы монтируются в деревянные секционные футляры по четыре аккумулятора в каждой секции. Таким образом, батарея из 32 аккумуляторов монтируется в восьми секционных футлярах.

Последовательное соединение аккумуляторов и секций между собой осуществляется с помощью плоских медных перемычек, покрытых слоем свинца.

Габаритные размеры каждой секции, состоящей из четырех аккумуляторов, приведены в табл. 6.

В табл. 7 приведены характеристики основных разрядных режимов, гарантируемых заводом-изготовителем.

Таблица 6

Габаритные размеры и вес секций аккумуляторов

Длина (без учета ручек) в *мм*	Ширина в *мм*	Высота с учетом штырей бори и подвесок в *мм*	Средний ориентировочный вес в *кг*	
			элемента	секции
732±3	348±2	373±3	41	184

Таблица 7

Режимы разряда аккумуляторных батарей

Разрядный режим	Сила разрядного тока в *а*	Минимальное допустимое напряжение в конце разряда в *в*	Номинальная емкость при данном режиме в *а-ч*
10-часовой	55	1,8	550
5-часовой	95	1,75	425
5-минутный	900	1,50	100
Прерывистый	1700	1,00	15 толчков

Примечание. Прерывистый разряд ведется толчками, а именно: 10 сек. разряд силой тока в 1700 *а*, затем пауза на 10 сек. и т. д. — до напряжения, равного 1,0 *в* на элемент.

Аккумуляторы должны отдавать емкость, указанную в табл. 5, при соблюдении следующих условий: а) плотность электролита в начале разряда должна быть равна 1,27—1,28; б) разряд должен производиться до конечного напряжения, указанного в табл. 5 для данного режима.

Величины емкости для 10- и 5-часового режимов, указанные в табл. 5, гарантируются при средней температуре электролита + 30° С после пяти тренировочных циклов. Для 5-минутного и прерывистого разрядов начальная температура принята равной 27—30° С.

В случае, если температура электролита отличается от + 30° С и лежит в пределах от +10 до +40° С, то величина емкости может быть приблизительно подсчитана по формуле:

$$C_T = C_{30}\,[1 + 0{,}01\,(T - 30)]\ a\text{-}ч, \qquad (11)$$

где T — средняя температура электролита в процессе разряда;

C_T — емкость при температуре T;

C_{30} — емкость при температуре 30° С;

0,01 — температурный коэфициент емкости.

Отдача аккумуляторов по емкости при 10-часовом режиме гарантируется не ниже 80%, а к. п. д. — не меньше 65%.

При оставлении вполне заряженных аккумуляторов в бездействии в течение 30 суток саморазряд в сутки составляет в среднем не более 0,5%. При 15-дневном бездействии саморазряд принимается равным 0,75% и при трех-дневном — 1%.

Электролитом для аккумуляторных батарей 32-ТН-550 служит раствор, получаемый смешением аккумуляторной кислоты, соответствующей ГОСТ 667-41, и дестиллированной воды.

Согласно ГОСТ 667-41 аккумуляторная кислота удельного веса 1,83, идущая для приготовления электролита, должна отвечать следующим требованиям (по максимально допустимому содержанию примесей в %): а) нелетучий остаток — 0,3; б) марганец — 0,0001; в) железо — 0,012; г) мышьяк — 0,0001; д) окислы азота — 0,0001.

Дестиллированная вода, идущая на приготовление электролита, должна отвечать следующим требованиям (по максимально допустимому содержанию примесей в *мг/л*): а) железа — 0,5; б) хлора — 5,5; в) окись кальция — 17,5; г) окись магния — 5,0; д) окись кремния — 12,5.

Плотность (удельный вес) электролита в заряженных аккумуляторах на тепловозах, работающих в южной части страны (Средняя Азия, Закавказье), должна быть круглый год 1,240—1,250. На тепловозах, работающих в северной части страны, плотность электролита в заряженных аккумуляторах должна быть в летние месяцы 1,240—1,250, а в зимние месяцы ее целесообразно повышать до 1,260 + 0,005. Как здесь, так и в последующем тексте, плотность электролита относится к +30° С. Для перерасчета плотности электролита при температурах, отличных от +30° С, и приведения ее к плотности при +30° С следует пользоваться табл. 8.

Таблица 8

Плотность электролита при разных температурах в °С

+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
1,313	1,310	1,307	1,304	1,301	1,298	1,294	1,291	1,287
1,303	1,300	1,297	1,294	1,291	1,288	1,284	1,281	1,277
1,293	1,290	1,287	1,284	1,280	1,277	1,274	1,270	1,267
1,283	1,280	1,277	1,274	1,270	1,267	1,264	1,260	1,256
1,273	1,270	1,267	1,264	1,260	1,257	1,254	1,250	1,246
1,263	1,260	1,257	1,254	1,250	1,248	1,245	1,241	1,237
1,253	1,250	1,247	1,244	1,240	1,238	1,235	1,231	1,227
1,243	1,240	1,237	1,234	1,230	1,228	1,224	1,220	1,217
1,233	1,230	1,227	1,224	1,220	1,217	1,214	1,210	1,207
1,223	1,220	1,217	1,214	1,210	1,207	1,204	1,200	1,197
1,213	1,210	1,207	1,204	1,200	1,197	1,194	1,190	1,187
1,203	1,200	1,196	1,193	1,190	1,186	1,183	1,180	1,176

Для устранения возможности замерзания электролита в зимнее время батарею следует держать всегда в заряженном состоянии. Температура замерзания электролита повышается с увеличением его плотности. При сильно разряженной батарее, когда плотность электролита уменьшается, он больше подвержен замерзанию, нежели при хорошо заряженной батарее. Зависимость температур замерзания электролита от его плотности видна из данных табл. 9.

Таблица 9

Температура (в °С) замерзания электролита

Плотность электролита	Температура замерзания	Плотность электролита	Температура замерзания
1,100	—7,5	1,170	—15,3
1,110	—8	1,180	—18,3
1,120	—9	1,190	—24,5
1,130	—9,3	1,200	—34
1,140	—9,8	1,210	—40
1,150	—11,4	1,224	—46
1,160	—13,4	1,265	—61

Электролит следует приготовлять в керамиковых или деревянных, выложенных рольным свинцом сосудах.

При приготовлении электролита крепкую кислоту выливают в воду. Категорически воспрещается вливать воду в крепкую кислоту, так как это может привести к выбрасыванию кислоты и к сильным ожогам.

ПОДГОТОВКА БАТАРЕИ 32-ТН-550 К УСТАНОВКЕ НА ТЕПЛОВОЗЕ

Перед установкой батареи на тепловоз производится заливка ее электролитом и проводятся тренировочные заряды. Температура электролита при заливке не должна превышать +25° С. Заливка производится через стеклянную, эбонитовую или свинцовую воронку почти до горлышка отверстий.

Первый заряд должен производиться не раньше чем через 6 час. после заливки и при температуре электролита не выше +30° С. Оставлять на длительное время залитые аккумуляторы без заряда во избежание сульфатации не следует.

Первый заряд батареи ведут двухступенчатым режимом.

Первая ступень заряда ведется током 50 *а* до достижения большинством аккумуляторов напряжения 2,4 *в*. После этого сила зарядного тока снижается до 30 *а*, и заряд этой силой тока ведется до достижения признаков конца заряда.

Признаками конца заряда следует считать:

а) постоянство напряжения и плотности электролита у всех элементов батареи в течение 2 час.;

б) обильное «кипение» аккумуляторов, т. е. интенсивное выделение пузырьков газа на поверхности электролита.

При проведении первого заряда ни в коем случае нельзя допускать повышения температуры электролита свыше +45° С.

Общая продолжительность первого заряда не может быть регламентирована, и в значительной степени зависит от окружающей температуры. Ориентировочно батарее при первом заряде должно быть сообщено около 500 *а-ч*.

При окончании первого заряда не следует искусственно корректировать плотность электролита доливанием крепкой кислоты, если плотность мала, так как она может вырасти при последующих зарядах. Если же в конце первого заряда плотность электролита в отдельных элементах поднимается выше 1,250, то ее следует снизить доливанием в аккумуляторы дистиллированной воды.

Аккумуляторные батареи 32-ТН-550 набирают (увеличивают) емкость в течение первых циклов заряд — разряда.

Гарантированную емкость, указанную в табл. 5, батареи должны отдавать не позднее, чем после пяти тренировочных циклов. Однако для установки на тепловоз нет необходимости давать новой батарее пять тренировочных циклов. Для батарей, работающих в жарком поясе, достаточно ограничиться двумя разрядами, а для батарей, работающих в северных районах, целесообразно давать три разряда.

Критерием пригодности батареи к установке на тепловоз является отдача батареей при втором разряде не менее 80% гарантированной емкости 10-часового режима и на третьем разряде — не менее 90% емкости 10-часового режима, приведенной к +30° С.

Тренировочные разряды батареи следует производить 10-часовым режимом, т. е. силой тока 55 *а*, до напряжения 1,8 *в* на одном-двух наиболее слабых аккумуляторах тренирующейся батареи.

Разряды батареи следует начинать тогда, когда температура электролита упадет до +40° С или ниже.

После окончания первого разряда батарея включается во второй заряд. Заряд должен быть начат во избежание сульфатации пластин

не позднее чем через 2 часа после окончания разряда.

Второй заряд ведется двухступенчатым режимом:

а) Первая ступень: силой тока 80 *а* — до достижения напряжения 2,4 *в* на большинстве аккумуляторов батареи.

б) Вторая ступень: силой тока в 40 *а* — до достижения признаков конца заряда, указанных выше.

В конце второго заряда корректируют плотность электролита во всех аккумуляторах до 1,240—1,250 путем доливания в аккумуляторы дестиллированной воды или кислоты удельного веса 1,300—1,320.

Второй и последующие разряды батареи производятся аналогично первому разряду, т. е. силой тока в 55 *а* до достижения напряжения 1,8 *в* на одном-двух аккумуляторах батареи.

Третий и последующие заряды батареи ведутся аналогично второму заряду, т. е. двухступенчатым режимом, силой тока 80 или 40 *а*.

При проведении второго и всех последующих зарядов батареи нельзя допускать повышения температуры электролита свыше +45° С. При достижении этой температуры следует снизить силу зарядного тока или сделать перерыв в зарядке.

При проведении второго и последующих зарядов батареям нормально должно сообщаться около 115—120% от количества *а-ч*, полученных от батареи при предшествующих разрядах.

Если между последним зарядом и установкой батареи на тепловозе прошло более 5 суток, батарею нужно подзарядить током 40 *а*. Подзаряд должен быть окончен через 2 часа после того, как установится постоянное напряжение.

После установки батареи на тепловозе производят последовательное соединение секций и проверяют сопротивление изоляции между каждым полюсом батареи и землей. Сопротивление изоляции должно быть не ниже 25 000 *ом*.

УХОД ЗА БАТАРЕЕЙ

Надежная и безотказная работа батареи может быть обеспечена лишь при условии тщательного и систематического ухода за ней и своевременного устранения всех неисправностей.

Батарею следует подвергать осмотру через каждые 3 дня. При этом необходимо проверить уровень электролита во всех аккумуляторах. Если уровень ниже чем 15 *мм* над щитком, нужно долить аккумуляторы дестиллированной водой (но ни в коем случае не электролитом). Необходимо после этого проверить плотность электролита во всех аккумуляторах и их напряжение. Проверку напряжения нужно делать под током, например при включении прожекторов и всей осветительной цепи. Если отдельные аккумуляторы имеют пониженную плотность и напряжение, их необходимо отдельно подзарядить от источника постоянного тока (не доливая их кислотой). Если после подзаряда плотность и напряжение останутся ниже нормы, аккумуляторы следует отправить в ремонт.

Если осмотр производится непосредственно после работы тепловоза, следует проверить температуру электролита во всех аккумуляторах. За аккумуляторами, которые имеют температуру значительно выше (на 5° и более), чем средняя температура электролита остальных аккумуляторов, следует более тщательно следить во время их эксплоатации. Если повышение температуры имеет систематический характер, аккумуляторы нужно снять для осмотра и ремонта. Необходимо также проверять и подтягивать все контактные соединения.

Так как в условиях работы на тепловозе батарея не подвергается полным зарядам и разрядам, она постепенно теряет емкость. Во избежание этого нужно не реже чем один раз в 6 мес., проводить лечебные разряды батареи.

Лечебный разряд батареи производится в следующем порядке. Сначала батарея подзаряжается током второй ступени (40 *а*), пока в течение 2 час. напряжение и плотность электролита большинства аккумуляторов будут сохраняться постоянными. Затем батарея включается на разряд током 10-часового режима (55 *а*) и разряжается до 1,8 *в* на нескольких аккумуляторах. После этого батарея заряжается нормальным двухступенчатым режимом (см. выше).

Не реже одного раза в 3 мес. необходимо производить так называемый восстановительный заряд для полного устранения сульфатации.

Восстановительный заряд производится следующим образом: а) производится нормальный заряд; б) затем батарея отключается и остается в покое в течение 1—2 час.; в) далее батарея заряжается током, равным половине нормального (20 *а*) в течение часа; г) операции по пунктам «б» и «в» повторяют 2—3 раза, пока сразу после включения батареи после перерыва будет наблюдаться обильное выделение газов.

Восстановительный заряд производится также в тех случаях, когда разряженная батарея оставалась без заряда дольше суток или когда в батарее наблюдается отставание некоторых элементов при заряде.

Ненормальное понижение напряжения или емкости элементов может быть результатом короткого замыкания или загрязнения электролита посторонними примесями.

ГЛАВА V

ЭКСПЛОАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

ПОДГОТОВКА ТЕПЛОВОЗА К РАБОТЕ

При приемке тепловоза и перед пуском его бригада должна произвести общий осмотр электрических машин и аппаратов. Необходимо проверить состояние коллекторов и щеток тягового генератора, тяговых двигателей, возбудителя, вспомогательного генератора, двигателя топливного насоса; просмотреть, нет ли каких-либо посторонних предметов на машинах или внутри их; проверить плотность всех доступных контактных соединений и подтянуть ослабевшие; закрыть после осмотра все люки и проверить надежность их закрепления.

В аппаратной камере нужно просмотреть аппараты, проверить рукой отсутствие заеданий подвижных частей аппаратов и состояние контактов; проверить плотность всех доступных контактных соединений; подтянуть все ослабевшие гайки и болты. Если на тепловозе имеется сжатый воздух, проверить действие пневматических контакторов и реверсора нажатием на кнопки вентилей.

Следует произвести также осмотр аккумуляторной батареи, проверить плотность электролита и его уровень в нескольких банках; убедиться в надежности соединений между банками и присоединения наружных проводов.

Перед пуском тепловоза нужно убедиться, что давление в резервуарах тормозной системы равно 7—8 *ат* и в резервуаре управления равно 4,8—5,0 *ат*.

ОБСЛУЖИВАНИЕ ТЕПЛОВОЗА В ПУТИ

Для трогания тепловоза с остановки нужно нажать кнопку «Управление машинами», поставить реверсивную рукоятку в положение «Вперед» или «Назад» в зависимости от нужного направления движения, и затем медленно, без рывков, поворачивать рукоятку управления. На одном из первых положений рукоятки тепловоз должен начать двигаться. Нельзя держать под током тяговые двигатели при неподвижном состоянии тепловоза более 5—10 сек., так как коллектор может быть поврежден. Если тепловоз не трогается при перемещении рукоятки управления, нужно поставить ее на положение холостого хода и установить причину.

Во время движения в зависимости от требуемой скорости и профиля пути рукоятка управления может находиться на любом положении. Выключатель реле перехода при нормальном движении должен быть включен. Скорость движения не должна быть больше установленной правилами эксплоатации, и во всяком случае не должна превышать 90 *км/час*. При всех скоростях ниже максимальной можно держать рукоятку управления на восьмом положении.

Если скорость движения тепловоза уменьшается (на подъеме) до 10—12 *км/час*, нужно переключить двигатели на последовательное соединение. Для этого нужно перевести рукоятку управления на два-три положения назад во избежание увеличения числа оборотов дизеля при переключении и затем выключить выключатель реле перехода. После этого можно опять поставить рукоятку управления на нужное положение.

При буксировании тепловоза другим локомотивом нужно выключить отключатели тяговых двигателей. Если имеются неисправные двигатели, то необходимо также поставить в нейтральное положение барабан реверсора.

В случае неисправности одного из двигателей должен быть выключен отключатель соответствующей группы двигателей. Движение на трех двигателях допускается только до ближайшего депо.

ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ИХ ПРИЧИНЫ

При нажатии кнопки «Запуск дизеля» дизель не вращается. Возможные причины: а) отсутствие контакта где-либо в цепи катушки контакторов запуска; б) неисправность контакторов; в) разряжен-

ная или неисправная батарея; г) перегорел или неисправен предохранитель в цепи запуска; д) неисправность реле давления масла.

При работающем дизеле тепловоз не трогается с места. Возможные причины: а) отсутствие контакта где-либо в цепи катушек контакторов возбуждения и пневматических контакторов; б) недостаточное напряжение вспомогательного генератора; в) недостаточное давление воздуха в резервуаре управления; г) неисправность контактора или контроллера; д) перегорел или неисправен один из предохранителей в цепи управления; е) не снята защелка реверсора.

Тепловоз движется только в одном направлении. Возможные причины: а) отсутствие контакта в цепи катушки вентиля; б) недостаточное давление воздуха в воздушном резервуаре управления; в) неисправность вентиля или заедание реверсора.

Тепловоз недостаточно повышает скорость при повороте рукоятки управления. Возможные причины: а) отсутствует контакт в цепи катушки реле перехода или контакторов *СП1* и *СП2*; б) неисправно реле перехода или реле управления; в) неисправны контакторы; г) недостаточно давление воздуха в резервуаре управления; д) неисправно реле обратного тока или регулятор напряжения; е) не включен выключатель перехода.

Не происходит переключения на ослабленное поле. Возможные причины: а) нарушение контакта в цепи шунтовой катушки реле перехода; б) неисправность реле перехода; в) нарушение контакта в цепи катушек контакторов ослабления поля или неисправность контакторов; д) не включен выключатель реле перехода.

Амперметр батареи показывает разряд. Возможные причины: а) неисправность реле обратного тока или контактора батареи; б) неисправность регулятора напряжения; в) неисправность амперметра; д) перегорел предохранитель вспомогательного генератора.

Сработало реле заземления. Возможные причины: а) нарушение изоляции в силовой проводке; б) нарушение изоляции в тяговом двигателе или генераторе; в) короткое замыкание или круговой огонь на коллекторе тягового двигателя. Если при повторном пуске реле заземления вновь срабатывает, нужно установить причину. Если причиной является заземление цепи и двигатели исправны, допускается движение до депо при отключенном реле заземления. В случае неисправности двигателя возможно движение при отключенной группе двигателей.

Повышен ток заряда батареи. Возможные причины: а) неисправность батареи (глубокий разряд, ненормальный электролит); б) неисправность регулятора напряжения (нарушение контакта между подвижным и неподвижным контактами), неправильная регулировка сопротивления R_4 или R_2.

Перегрев якоря какой-либо электрической машины. Чрезмерный перегрев якоря может явиться следствием следующих причин: а) перегрузка или недостаточная вентиляция; б) короткие замыкания или заземления в обмотках якоря или в коллекторе; в) плохая коммутация.

Перегрев катушек. Чрезмерный перегрев катушек может явиться результатом следующих причин: а) перегрузка (для добавочных и сериесных катушек); б) частичное короткое замыкание одной или нескольких катушек; в) повышенный ток в результате неправильных соединений или в результате нарушения электрического контакта в параллельных цепях.

Перегрев коллектора. Чрезмерная температура коллектора обычно вызывается следующими причинами: а) значительная перегрузка в течение длительного периода; б) чрезмерное искрение под щетками; в) ненормальное давление щеток; д) плохое состояние коллектора.

Нагрев контактных соединений. Болтовые соединения будут нагреваться, если контактные поверхности загрязнены или повреждены или если болты и гайки плохо затянуты.

Плохая коммутация. Чрезмерное искрение под щетками может явиться следствием одной из следующих причин: а) чрезмерная перегрузка; б) щетки не имеют необходимого давления или оно не одинаково для всех щеток; в) щетки туго перемещаются в гнездах щеткодержателей; г) щетки предельно изношены; д) щетки плохо притерты или подгорели на рабочих поверхностях; е) марка щетки не соответствует техническим данным; ж) коллектор грязный, покрыт маслом, имеет шероховатую поверхность или изношен; д) одна или несколько пластин коллектора не находятся на уровне рабочей поверхности; и) коллекторный миканит выступает над рабочей поверхностью; к) отсутствует контакт в петушке коллектора; л) заземление секции; м) лыска на коллекторе или другое наруше-

ние его формы, выражающееся в биении его рабочей поверхности; н) плохая балансировка якоря; о) неисправности в катушках добавочных полюсов (полное или частичное междувитковое замыкание, неравномерное распределение токов для катушек, соединенных в параллельные группы, вследствие разной величины их сопротивления или вследствие нарушения контакта в междукатушечных соединениях); п) неправильная полярность катушек.

Нагревание подшипников. Чрезмерное нагревание подшипников может явиться следствием следующих причин: а) неисправность подшипника; б) неправильная сборка подшипника (перекос, ненормальный зазор и т. п.); в) недостаток смазки; г) переполнение подшипника смазкой (для подшипников качения); д) нарушение балансировки якоря.

УХОД ЗА ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ МАШИНАМИ

Нормальная работа электрооборудования во многом зависит от качества ухода за ним, поэтому регулярность периодических осмотров машин, своевременная замена изношенных частей, смазка и другие профилактические мероприятия имеют огромное значение.

При уходе за электрическими машинами следует руководствоваться официальными инструкциями заводов-поставщиков; здесь же в краткой форме изложены только основные вопросы, связанные с уходом за электрическими машинами постоянного тока.

Уход за коллектором. Коллектор требует особо тщательного осмотра и ухода. Он должен быть всегда чистым. Рабочая поверхность коллектора должна быть гладкой, полированной, блестящей. Во время осмотра коллектор следует протирать сухой чистой тряпкой. Смазка вредна для коллектора. Если на поверхность коллектора попало масло или жир, то его следует протереть тряпкой, слегка смоченной бензином. Если на поверхности коллектора замечены следы обгорания, то их надо зачистить мелкой пемзой или стеклянной бумагой, прикрепленной к деревянной колодке, плотно прилегающей к коллектору и имеющей ширину, равную длине коллектора.

Если поверхность коллектора нельзя привести в нормальное состояние путем шлифования, то его надо обточить и затем шлифовать. Рекомендуемая скорость резания при обточке коллектора около 90 *м/мин*.

Если в результате износа коллектора или его обточки поверхность меди сравнялась с межламельным миканитом, то его следует продорожить. При отсутствии специального станка эту операцию можно выполнить вручную при помощи пилы, изготовленной из ножовочного полотна; толщина пилы должна соответствовать толщине миканита. После продороживания нужно удалить остатки слюды с обеих сторон каждой дорожки, прочистить дорожку щеткой и затем прошлифовать коллектор. Фасок на углах коллекторной меди вдоль дорожки не делать; необходимо только эти углы слегка притупить.

Уход за щетками и щеткодержателями. Вследствие износа щеток и коллектора в машине накапливается мелкая угольная и медная пыль, которую периодически нужно удалять путем протирки деталей двигателя чистой сухой тряпкой. При осмотрах надо проверять легкость перемещения щетки в обойме щеткодержателя и степень ее износа. Допустимая степень износа лимитируется металлической армировкой щетки; нельзя допускать такого износа щетки, при котором создавалась бы опасность соприкосновения армировки щетки с поверхностью коллектора, в результате чего коллектор будет поврежден.

Изношенные щетки необходимо заменять новыми. Желательно, чтобы единовременно производилась замена всех щеток электрической машины или во всяком случае была бы обеспечена одинаковая высота всех щеток, установленных на машине, так как это является одним из условий равномерного распределения тока между щеткодержателями, что особенно существенно для генератора и тяговых двигателей. По той же причине в сомнительных случаях необходимо проверять величину давления щетки на коллектор. При



Фиг. 238. Притирание щеток.

смене щеток необходимо ставить щетки той же марки, особенно, если производится только частичная их смена. Новые щетки должны быть притерты к рабочей поверхности коллектора стеклянной бумагой, которая протаскивается в направлении вращения; при обратном перемещении бумаги щетку следует приподнять. Во избежание скругления краев щетки бумагу следует прижимать к коллектору (фиг. 238).

Уход за подшипниками качения. Шариковые и роликовые подшипники должны периодически смазываться рекомендуемой инструкциями смазкой. Частота добавлений смазки зависит от условий работы электрической машины, а количество добавляемой смазки зависит также и от размеров подшипника. Следует иметь в виду, что чрезмерная смазка подшипника так же опасна, как и недостаточная, так как переполненный смазкой подшипник может перегреваться, а избыточная смазка будет выжиматься через лабиринты внутрь машины, где, попадая на коллектор, щетку и обмотку, она может привести к повреждению машины.

Уход за осевыми подшипниками тяговых двигателей. Подшипники должны регулярно осматриваться для определения уровня масла. В нижней части масляной камеры необходимо периодически с помощью всасывающего насоса брать пробу масла, и если в нем будет обнаружена вода, то следует произвести полную смену смазки. Концы набивки нужно подбивать плотно к окну вкладыша, а подгоревшую набивку сменять. Торцевые стороны вкладышей должны быть покрыты смазкой.

Набивку следует периодически заменять новой (примерно через каждые 6 мес.).

Сорт смазки зависит от климатических условий и должен удовлетворять требованиям соответствующих инструкций.

Уход за зубчатой передачей тяговых двигателей. Этот уход заключается в основном в периодическом добавлении смазки. Сроки добавления смазки зависят от интенсивности работы тепловоза и должны уточняться на основании эксплоатационного опыта. Важно, чтобы уровень смазки в кожухе зубчатой передачи был всегда достаточным для надлежащего смачивания зубьев большой шестерни и не был бы чрезмерно высоким, так как это привело бы к разбрызгиванию масла и загрязнению двигателя и других частей тележки. Применяются различные сорта смазки в зависимости от зимних или летних условий работы.

УХОД ЗА АППАРАТАМИ

Уход за электрическими аппаратами должен производиться в соответствии с официальными инструкциями. Общие сведения по уходу приводятся ниже.

Одним из основных требований, предъявляемых к эксплоатации аппаратов, является содержание их в чистоте. Попадание масла на изоляционные детали способствует скоплению пыли и грязи, что может вызвать перекрытие изоляции по поверхности.

Очень важно, чтобы все болты, винты и гайки были туго затянуты, в особенности на контактных соединениях.

При каждом осмотре нужно тщательно проверять состояние контактов. Поврежденную поверхность медных контактов следует осторожно зачистить напильником с мелкой насечкой. Серебряные контакты часто зачищать не следует, потемнение их не является вредным. Ни в коем случае не следует применять наждачного полотна для зачистки контактов.

Контакты с сильно поврежденной поверхностью или изношенные следует заменять новыми.

При зачистке или смене контактов необходимо проверять притирание контактов и расположение точек начального и конечного соприкосновения (см. описание конструкций аппаратов).

Изоляционные детали следует периодически покрывать глифталевым лаком № 1201. Он имеет хорошие изолирующие свойства и дает гладкую, хорошо очищаемую поверхность.

Цилиндры реверсора и пневматических контакторов должны периодически смазываться графитовой смазкой № 2Б по техническим условиям ТУ601 завода «Динамо» им. Кирова. В зимнее время она должна разбавляться вазелиновым маслом (ГОСТ 1805-42). Кожаные манжеты при периодическом ремонте должны пропитываться смазкой № 1Б по техническим условиям ТУ616 завода «Динамо» им. Кирова.

ГЛАВА VI

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВОЗА ТЭ2

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА

Общие сведения. К тому времени, когда была составлена данная книга, были изготовлены лишь два опытных тепловоза ТЭ2. Ниже указываются особенности электрической схемы опытных тепловозов ТЭ2.

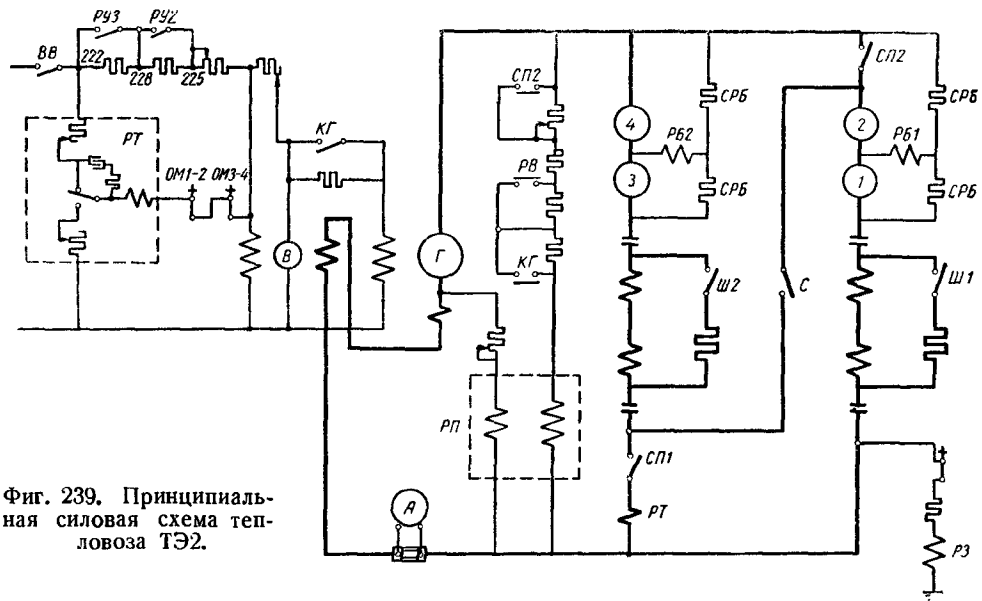
Тепловоз ТЭ2, как уже указывалось, состоит из двух одинаковых секций, сцепленных между собой так, что кабины машиниста находятся на концах сдвоенного тепловоза. При любом направлении движения тепловоз управляется из передней (по движению) кабины,

причем обе секции управляются из одной кабины по системе многих единиц.

Так как схемы обеих секций одинаковы и все переключения в схеме в процессе работы тепловоза происходят одновременно в обеих секциях, ниже рассматривается схема одной секции.

Схема выполненных тепловозов ТЭ2 как силовая, так и управления, весьма близка к описанной выше схеме тепловоза ТЭ1, поэтому она не описывается во всех подробностях, а указываются лишь отличия ее от схемы ТЭ1.

Принципиальная силовая схема тепловоза ТЭ2. Основное отличие силовой схемы



Фиг. 239. Принципиальная силовая схема тепловоза ТЭ2.

тепловоза ТЭ2 (фиг. 239) заключается в уменьшении числа тяговых двигателей с шести на четыре. Тяговые двигатели попарно расположены на двух двухосных тележках: двигатели *1—2* расположены на передней тележке и двигатели *3—4* — на задней. Группа из двух двигателей каждой тележки постоянно соединена между собой последовательно.

Так же, как и на тепловозе ТЭ1, в схеме предусмотрено автоматическое переключение двигателей с последовательного соединения (обе группы соединены последовательно) на последовательно-параллельное (группы соединены параллельно), а также ослабление возбуждения при последовательно-параллельном соединении.

В опытных тепловозах для ослабления поля применены те же шунтирующие сопротивления, как и в тепловозе ТЭ1. В связи с уменьшением числа двигателей в группе суммарное сопротивление обмоток возбуждения, шунтируемых данным сопротивлением, уменьшилось в полтора раза. Вследствие этого коэфициент ослабления поля увеличивается в опытных тепловозах ТЭ2 приблизительно до 0,45 вместо 0,35 на тепловозе ТЭ1. Для последующих тепловозов ТЭ2 намечено установить коэфициент ослабления поля 0,42.

Последовательно-параллельное переключение осуществляется контакторами *С, СП1* и *СП2* и ослабление поля — контакторами *Ш1* и *Ш2* под контролем реле перехода *РП* точно таким же образом, как и на тепловозе ТЭ1. Таким же образом осуществлена и защита двигателей и генератора посредством реле заземления *РЗ* и реле ограничения тока *РТ*.

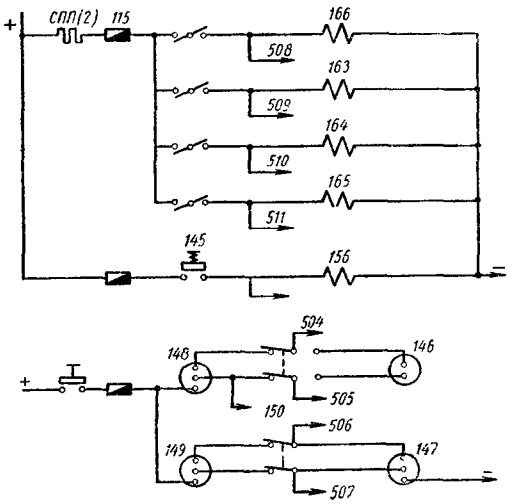
Реле боксования *РБ1* и *РБ2* включены аналогично тому, как это сделано на тепловозе ТЭ1, но величина сопротивления *СРБ*, к которым присоединены катушки *РБ1* и *РБ2*, изменена, и обе ветви сделаны одинаковыми. В схему введен амперметр *А1* с шунтом для контроля за нагрузкой генератора.

Схема возбуждения генератора и возбудителя также сохранена одинаковой с ТЭ1 с тем лишь изменением, что вместо одной ступени увеличения возбуждения на третьем положении контроллера управления в тепловозе ТЭ2 введены две ступени посредством двух реле управления *РУ2* и *РУ3*. Реле управления *РУ3* включается на втором положении контроллера и замыкает ступень *222—228* сопротивления, реле *РУ2* включается на третьем положении

контроллера и замыкает ступень *228—225*. Это изменение обеспечивает более плавный пуск тепловоза, в то время как на тепловозе ТЭ1 наблюдается значительный скачок тягового усилия при переходе со второго положения контроллера на третье.

Схема управления. Схема управления сохранена такой же, как и на тепловозе ТЭ1, но внесены некоторые дополнения, показанные на фиг. 240.

В связи с применением пневматической муфты для сцепления вала вентилятора холо-



Фиг. 240. Дополнения к схеме управления.

дильника дизеля с валом дизеля в схеме введен электромагнитный вентиль *166*, катушка которого включается пакетным выключателем. Провод *508* идет к межтепловозному соединению к катушке вентиля *166* второй секции, так что включаются и выключаются одновременно вентиляторы обеих секций.

Пневматические приводы для открывания и закрывания жалюзей холодильника управляются электромагнитными вентилями *163, 164* и *165*, каждый из которых включается пакетным выключателем. Вентиль *163* управляет приводом верхней жалюзи, вентиль *164*—приводом левой жалюзи (масла) и вентиль *165*—приводом правой жалюзи (воды). От каждого пакетного выключателя идет провод к межтепловозному соединению и соответствующим катушкам второй секции. Указанные выше четыре цепи защищены плавким предохранителем *115*. Последовательно с ним включено сопротивление *СПП (2)*, которое служит уравнительным сопротивлением между вспомогательными генераторами секций, если пакетные выключатели замкнуты случайно на обеих секциях. В схеме предусмотрено дистанционное управление звуковыми сигналами — тифонами, которое осуществляется пневматическим клапаном *156*. Клапаны тифонов обеих секций включаются посредством педального включателя *145* одновременно.

Для контроля температуры воды и давления масла второй секции в схему введены электрический термометр и электрический манометр. Электрический термометр состоит из датчика *146* и измерительного прибора (указателя) *148*.

Переключатель *150* присоединяет либо датчик данной секции к указателю другой секции, если управление производится со второй секции, либо датчик второй секции к указателю данной секции, если тепловоз управляется с данной секции. Подобным же образом через вторую пару ножей переключателя *150* присоединяются датчик *147* и указатель *149* электроманометра. Включение этих цепей производится кнопкой с предохранителем от напряжения 26 *в* аккумуляторной батареи.

Кроме описанных выше изменений, в схеме тепловоза ТЭ2 предусмотрены сигнальные лампы, загорающиеся при срабатывании электромагнита подачи топлива (блокировочного магнита) и реле заземления.

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Для опытных тепловозов ТЭ2 использовано все основное электрооборудование тепловоза ТЭ1. Электрические машины использованы без всяких изменений, кроме изменения условий работы тяговых двигателей, что, однако, повлекло изменение технических данных последних.

В электрических аппаратах произведены несущественные изменения, указанные ниже.

Тяговые электродвигатели. Изменение режима работы тяговых двигателей обусловлено тем, что четыре тяговых двигателя тепловоза ТЭ2 получают мощность дизель-генератора, которая в тепловозе ТЭ1 распределялась между шестью двигателями. Мощность, получаемая каждым двигателем, увеличивается в полтора раза. Так как ток генератора и число групп двигателей остались неизменными, то увеличение мощности реализуется путем повышения напряжения на зажимах каждого двигателя. Увеличение напряжеиия приводит к изменению числа оборотов двигателей.

Таким образом, скоростная характеристика двигателя при автоматическом регулировании

напряжения генератора изменяется. Увеличение числа оборотов двигателя при том же токе якоря приводит к увеличению механических и магнитных потерь в якоре, что при неизменных условиях охлаждения двигателей вызвало бы повышенное нагревание их. Однако в связи с применением того же вентилятора для охлаждения тяговых двигателей, который был применен на тепловозе ТЭ1 при шести двигателях, количество охлаждающего воздуха, получаемого каждым тяговым двигателем в тепловозе ТЭ2, увеличивается более чем до 35 *м³/мин*. Это обстоятельство позволило оставить без изменения длительный ток двигателя при увеличенной в полтора раза мощности.

Характеристика тягового двигателя тепловоза ТЭ2 при автоматическом изменении напряжения по кривой (см. фиг. 138) приведена на фиг. 241.

Номинальный длительный режим тягового двигателя ДК-304Б при работе на тепловозе ТЭ2 следующий:

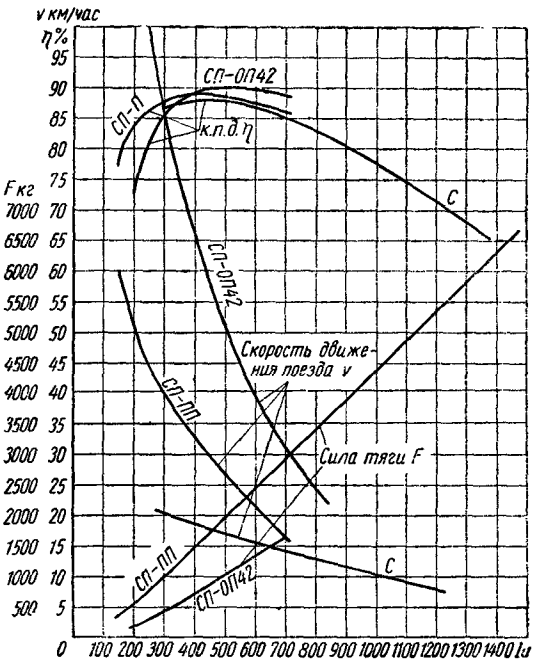
Мощность в *квт*	154
Напряжение в *в*	195
Ток в *а*	725
Сила тяги в *кг*	3000
Скорость движения в *км/час*	14
Количество воздуха в *м³/мин* не менее	35
Диаметр колеса в *мм*	1050
Передаточное отношение	4,69

Электрическая аппаратура. Из применяемых на тепловозе ТЭ1 аппаратов подвергались изменениям на опытных тепловозах ТЭ2 следующие:

а) в контроллере управления добавлен кулачковый элемент и кулачковая шайба для включения *РУ3*;

б) в реле заземления добавлены нормально разомкнутые контакты для включения сигнальной лампы;

в) в качестве реле *РУ3* использовано реле Р-45Д-2, в связи с чем количество их на одну секцию увеличилось до двух;



Фиг. 241. Скоростные характеристики двигателя ДК-304Б в тепловозе ТЭ2: *С* — последовательное соединение; *СП — ПП* — последовательно-параллельное соединение при полном поле; *СП-ОП42* — последовательно параллельное соединение при ослабленном до 42%.

г) для управления пневматической муфтой вентилятора холодильника и пневматическими приводами жалюзи использованы вентили типа ВВ-3, применяемые также в контакторе ПК-753;

д) изменены названия и схема включения кнопок на кнопочном выключателе;

е) добавлена аппаратура, указанная в описании дополнительной схемы управления (см. фиг. 240).

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

ЭКИПАЖНАЯ ЧАСТЬ И КУЗОВ ТЕПЛОВОЗОВ СЕРИИ ТЭ1

ГЛАВА I

ВЕРХНЕЕ СТРОЕНИЕ ТЕПЛОВОЗОВ СЕРИИ ТЭ1

РАМА ТЕПЛОВОЗА

Тепловоз ТЭ1 имеет следующую схему устройства экипажной части:

Рама тепловоза, несущая на себе всю силовую установку, приборы управления, кузов и экипировочные запасы, опирается на две трехосные тележки одинаковой конструкции. Вес рамы тепловоза со всеми размещенными на ней устройствами передается на тележки через пятники и скользуны. Тележка имеет два скользуна, каждый из которых снабжен двумя спиральными пружинами, могущими воспринять нагрузку в 7 *т*.

Таким образом, рама тепловоза имеет шесть опорных точек — две пяты и четыре скользуна, расположенных на двух тележках.

Для предохранения шкворневой балки от износа между верхним и нижним пятниками располагается шлифованный круглый диск, являющийся сменной деталью.

Рама тепловоза сварная. Центральная часть ее состоит из двух сварных хребтовых балок двутаврового сечения. Хребтовые балки связаны между собой в средней части вертикальными листами, а по концам — стяжными ящиками, служащими для размещения хвостовиков автосцепки и фрикционных аппаратов. Кроме того, хребтовые балки связаны горизонтальными листами.

Верхние пятники крепятся к поперечным балкам, состоящим из горизонтальных и вертикальных листов.

К наружным частям хребтовых балок приварены кронштейны, поддерживающие обносный швеллер, обращенный полками внутрь рамы. Помимо кронштейнов, обносный швеллер связан с хребтовыми балками продольными листами.

Общий вид рамы тепловоза ТЭ1 показан на фиг. 242 (см. вклейку).

КУЗОВ

Кузов тепловоза ТЭ1 (фиг. 243) состоит из пяти следующих основных секций: кузова над помещением холодильников, кузова над двигателем (капот), кузова над высоковольтной камерой, будки машиниста, кузова над аккумуляторным помещением. Между собой отдельные секции соединяются болтами.

Кузов над помещением холодильников устанавливается на раме тепловоза и приваривается к ней, т. е. является несъемным. Будка машиниста может быть снята с рамы тепловоза только вместе с топливным баком, так как приварена к нему. Остальные три кузова (над двигателем, над высоковольтной камерой и над аккумуляторным помещением) опираются на раму тепловоза и являются съемными.

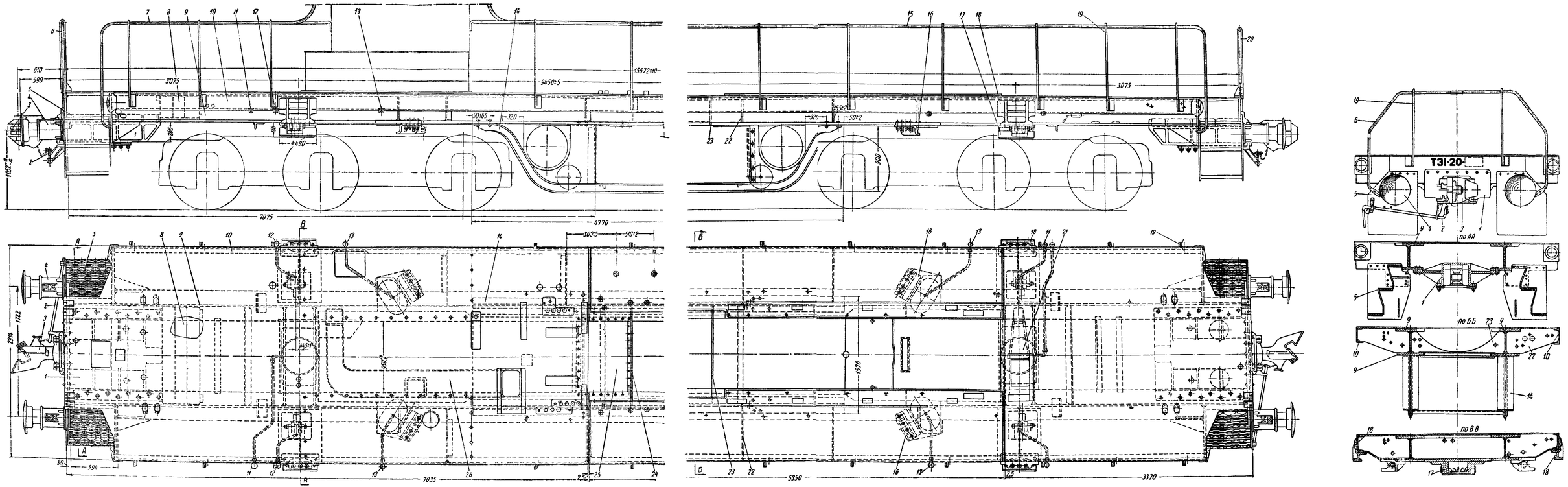
В кузове над помещением холодильников и в кузове над аккумуляторным помещением размещены попарно бункеры для песка. Для доступа к крышкам люков бункеров оба кузова имеют с торцов скобы, служащие ступеньками.

В крыше кузова над двигателем имеются три люка с крышками, через которые можно производить демонтаж турбовоздуходувки, снятие крышек двигателя, выемку поршней и втулок.

В задней крышке имеется отверстие для выхлопной трубы, смещенное влево от средней продольной плоскости тепловоза.

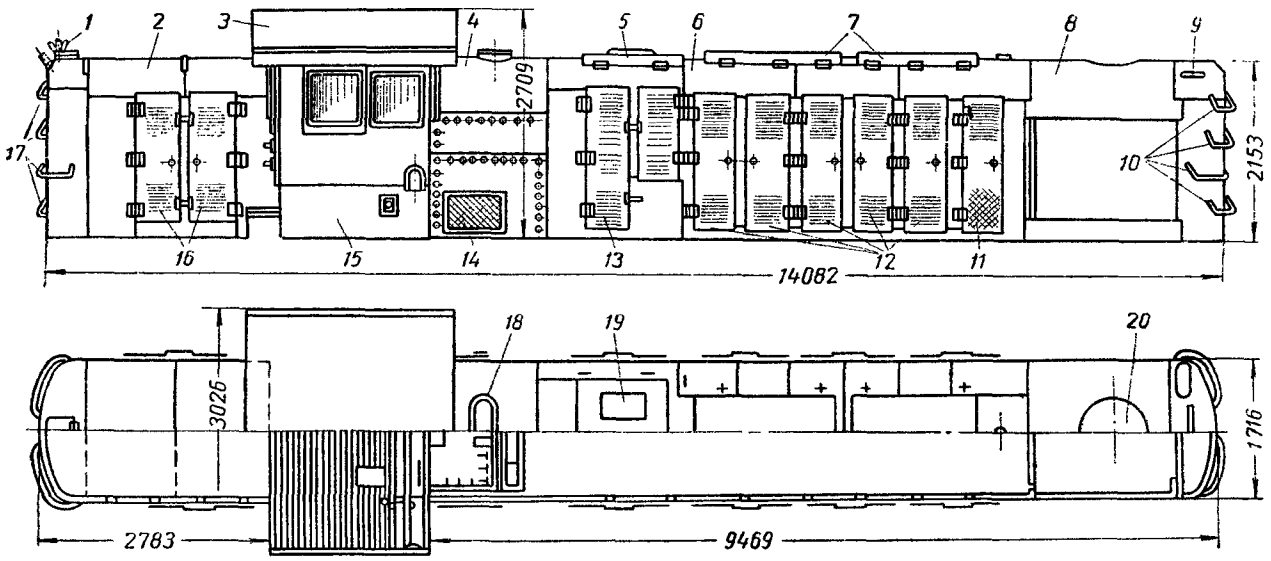
Боковые стенки кузова над двигателем имеют двери. Эти двери открываются наружу и дают свободный доступ к силовой установке с площадки тепловоза. Для охлаждения машинного помещения двери имеют жалюзи, которые в зимнее время закрываются щитками.

Каркас воздушного фильтра приварен к кузову над двигателем. Каркас имеет люк, кото-



Фиг. 242. Рама тепловоза ТЭ1:

1 — стяжной ящик; *2* — расцепной привод; *3* — автосцепка; *4* — буфер; *5* — лестница; *6* — поручень задний; *7* — поручень боковой задний; *8* — балласты; *9* — хребтовая балка; *10* — обносный швеллер; *11* — кронштейн масленки для смазки пяты; *12* — кронштейн и масленки для смазки боковин; *13* — кронштейн и масленки для смазки скользунов; *14* — крепление нефтяного бака и воздушных резервуаров; *15* — поручень боковой передний; *16* — скоба подъема тележки; *17* — верхний пятник *18*— кронштейн для подъема тепловоза в сборе; *19* — стойка поручня; *20* — поручень передний; *2*воздушные каналы охлаждения тяговых электродвигателей передней тележки; *22* — кронштейн обносного швеллера; *23* — косынка поперечная (вертикальный лист); *24* — косынка поперечная; *25* — лист люка компрессора; *26* — воздушные каналы охлаждения тяговых электродвигателей задней тележки.



Фиг. 243. Кузов тепловоза ТЭ1:

1 — люк задней песочницы; *2* — кузов над аккумуляторным помещением; *3* — будка машиниста; *4* — кузов над высоковольтной камерой; *5* — люк над турбовоздуходувкой; *6* — кузов над двигателем; *7* — люки над дизелем; *8* — кузов над холодильным помещением; *9* — люк передней песочницы; *10* — ступеньки к передней песочнице (скобы); *11* — сетка на всасывающем канале вентилятора для тяговых электродвигателей передней тележки (только с правой стороны); *12* — смотровые двери кузова над двигателем; *13* — дверь у воздушного фильтра (фильтр имеется только с правой стороны); *14* — сетка на всасывающем канале вентилятора для тяговых электродвигателей задней тележки (только с правой стороны); *15* — топливный бак; *16* — двери кузова над аккумуляторным помещением; *17* — ступеньки к задней песочнице (скобы); *18* — горловина люка кузова над высоковольтной камерой; *19* — горловина выхлопного патрубка дизеля; *20* — горловина вентилятора холодильников

рый позволяет засасывать воздух из машинного помещения в зимнее время, когда дверки кузова закрыты и на жалюзи поставлены щитки.

ПЕСОЧНАЯ СИСТЕМА

Основные узлы песочной системы тепловоза ТЭ1 (фиг. 244) имеют следующее назначение и устройство.

Песочные бункеры предназначены для размещения песка. Как указывалось выше, бункеры расположены попарно на обоих концах кузова тепловоза. Правый и левый бункеры задней песочницы (фиг. 245) в верхней части связаны между собой изогнутым желобом, в средней части которого находится люк для засыпки песка. В нижней части бункеров имеются отверстия для отвода песка к форсункам. Бункеры передней песочницы не имеют соединительного желоба и снабжены отдельными люками. Песочные бункеры приварены к настильному листу. Внутри бункеры загрунтованы суриком, снаружи окрашиваются серой эмалью.

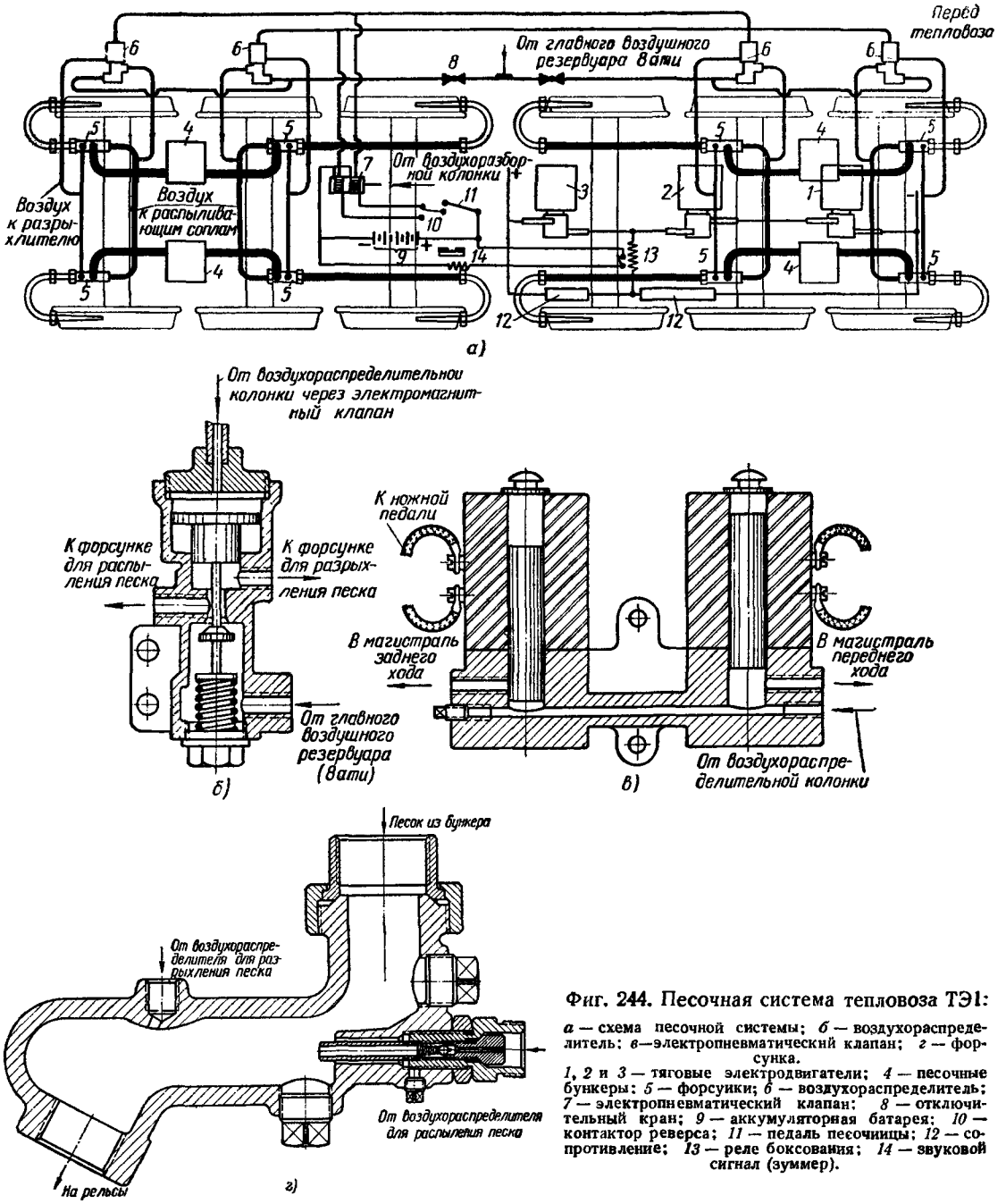
Форсунки предназначены для подачи песка под колеса тепловоза. Всего на тепловозе имеется восемь форсунок; четыре из них используются при переднем ходе тепловоза, а четыре — при заднем. Правая и левая сторона тепловоза обслуживаются отдельными форсунками. Подача песка производится под переднюю (по ходу тепловоза) колесную пару каждой тележки.

Форсунка (фиг. 244, *г*) получает песок из бункера через верхнее отверстие. Подача песка на рельс производится при помощи сжатого воздуха под давлением *8 ати,* подводимого от воздухораспределителя к нижнему горизонтальному сверлению. Через верхнее вертикальное сверление от того же воздухораспределителя подводится воздух для разрыхления песка.

Пробки служат для прочистки песочницы в случае ее засорения.

Воздухораспределитель (фиг. 244, *б*) служит для подачи воздуха к форсункам.

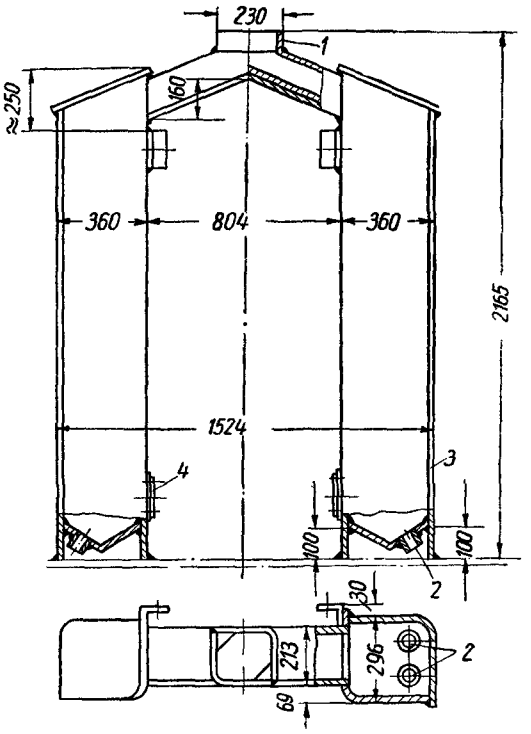
Управляется воздухораспределитель воздухом, поступающим от воздухоразборной колонки через электропневматический клапан к верхнему поршеньку. Поршенек перемещается вниз и открывает клапан, удерживаемый нормально в закрытом положении пружиной, нахо-



Фиг. 244. Песочная система тепловоза ТЭ1:

а — схема песочной системы; *б* — воздухораспределитель; *в*—электропневматический клапан; *г* — форсунка.

1, *2* и *3* — тяговые электродвигатели; *4* — песочные бункеры; *5* — форсунки; *6* — воздухораспределитель; *7* — электропневматический клапан; *8* — отключительный кран; *9* — аккумуляторная батарея; *10* — контактор реверса; *11* — педаль песочницы; *12* — сопротивление; *13* — реле боксования; *14* — звуковой сигнал (зуммер).



Фиг. 245. Бункеры задней песочницы:

1 — люк для засыпки песка; *2* — патрубок песочной трубы; *3* — стенка бункера; *4* — люк для осмотра нижией части бункера.

дящейся в нижней части воздухораспределителя. При открытии клапана воздух из главного воздушного резервуара поступает через воздухораспределнтель к форсунке для разрыхления и для распыления песка. Один воздухораспределитель обслуживает две форсунки — для правого и левого колес одной и той же колесной пары.

Всего имеется четыре воздухораспределителя, из коих два служат для переднего хода и два для заднего.

Электропневматический клапан (фиг 244, *в*) служит для открытия и закрытия доступа воздуха к воздухораспределителю. Управляется электропневматический клапан током от аккумуляторной батареи *9*, поступающим к его катушкам при замыкании педали песочницы *11*. В зависимости от направления движения тепловоза контактор реверсора *10* включает катушку клапана переднего или заднего хода.

Один клапан обслуживает все четыре воздухораспределителя.

Реле боксования *13* (фиг. 244, *а*) замыкает электрическую цепь звукового сигнала *14* при появлении боксования колесных пар.

Появление звукового сигнала указывает машинисту на необходимость уменьшить силу тяги и привести в действие песочницу.

ГЛАВА II

ТЕЛЕЖКИ ТЕПЛОВОЗОВ СЕРИИ ТЭ1

ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО ТЕЛЕЖЕК

Обе трехосные тележки тепловоза ТЭ1 (фиг. 246) сделаны одинаковыми и взаимозаменяемыми с любой тележкой другого тепловоза. Расстояние между осями тележек различно, у передней (по ходу тепловоза) тележки расстояние между первой и второй осью равно 1525 *мм*, между второй и третьей — 1905 *мм*. Разница в расстоянии между осями вызвана тем, что в первом промежутке расположен один тяговый электродвигатель (для передней оси), во втором — два (для второй и третьей оси). Таким образом (см. фиг. 18) для первой, второй и четвертой осей тяговые электродвигатели расположены сзади колесных пар, для третьей, пятой и шестой осей — впереди колесных пар. Вследствие этого при движении тепловоза необрессоренная нагрузка первой, второй и четвертой осей уменьшается, а для третьей, пятой и шестой осей увеличивается.

Основная нагрузка передается на тележку при помощи пятника с плоской пятой диаметром 490 *мм*, расположенного над средней осью тележки со смещением на 305 *мм* в сторону передней оси. Для предохранения шкворневой балки от износа между верхним и нижним пятниками располагается шлифованный стальной круглый диск из стали 50, а для защиты цилиндрической части служит стальное кольцо тоже из стали 50.

Скользуны расположены между второй и третьей осями на радиусе 1484 *мм*, отсчитываемом от центра пятника. Скользун представляет собой опрокинутый стакан, внутри которого имеются две цилиндрические пружины. Стакан может перемещаться вертикально в неподвижном стакане. Возле скользунов помещены скобы.

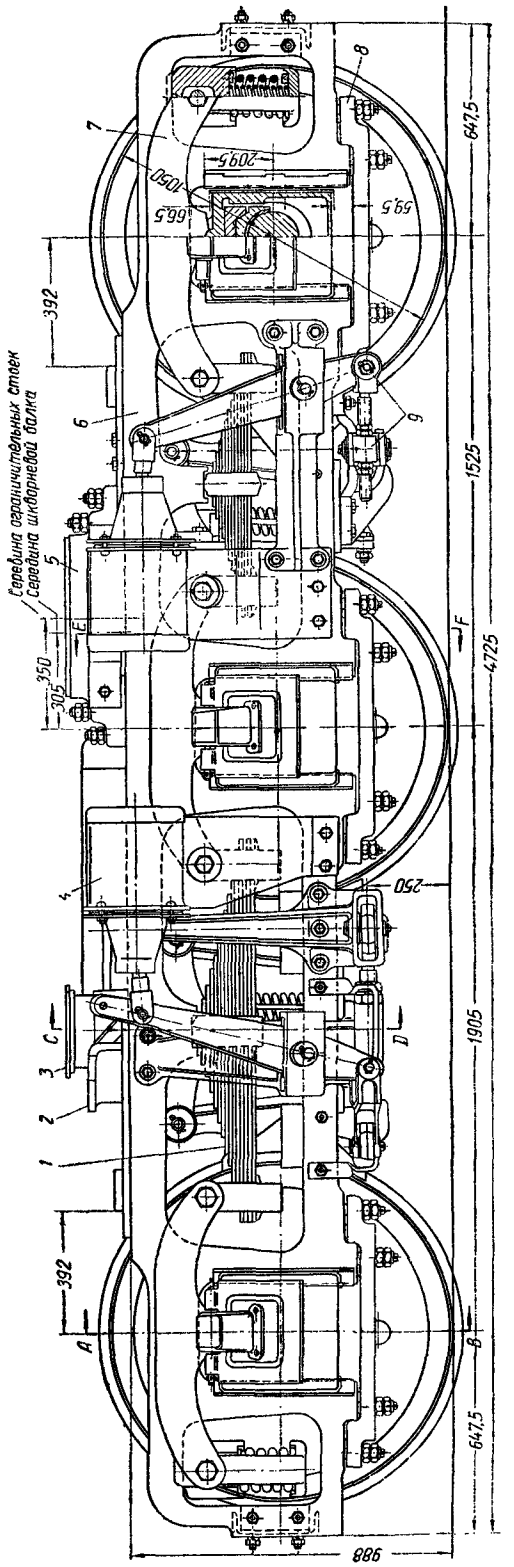
В верхних горизонтальных листах тележки имеются три выреза, через которые пропускаются гибкие рукава, подводящие воздух к тя-

говым электродвигателям для их охлаждения.

Рама тележки опирается на оси посредством рессорного подвешивания. Все рессоры одной стороны сбалансированы между собой. Таким образом, получается двухточечное подвешивание тележки. Устойчивость тележки достигается благодаря наличию скользунов с пружинами.

Тормозные цилиндры (по четыре цилиндра на каждой тележке) размещены снаружи рам, что облегчает доступ к ним.

Тележка может поворачиваться около пятника на угол 4° в обе стороны относительно своего среднего положения. Внешний вид тележки показан на фиг. 247.



РАМА ТЕЛЕЖКИ

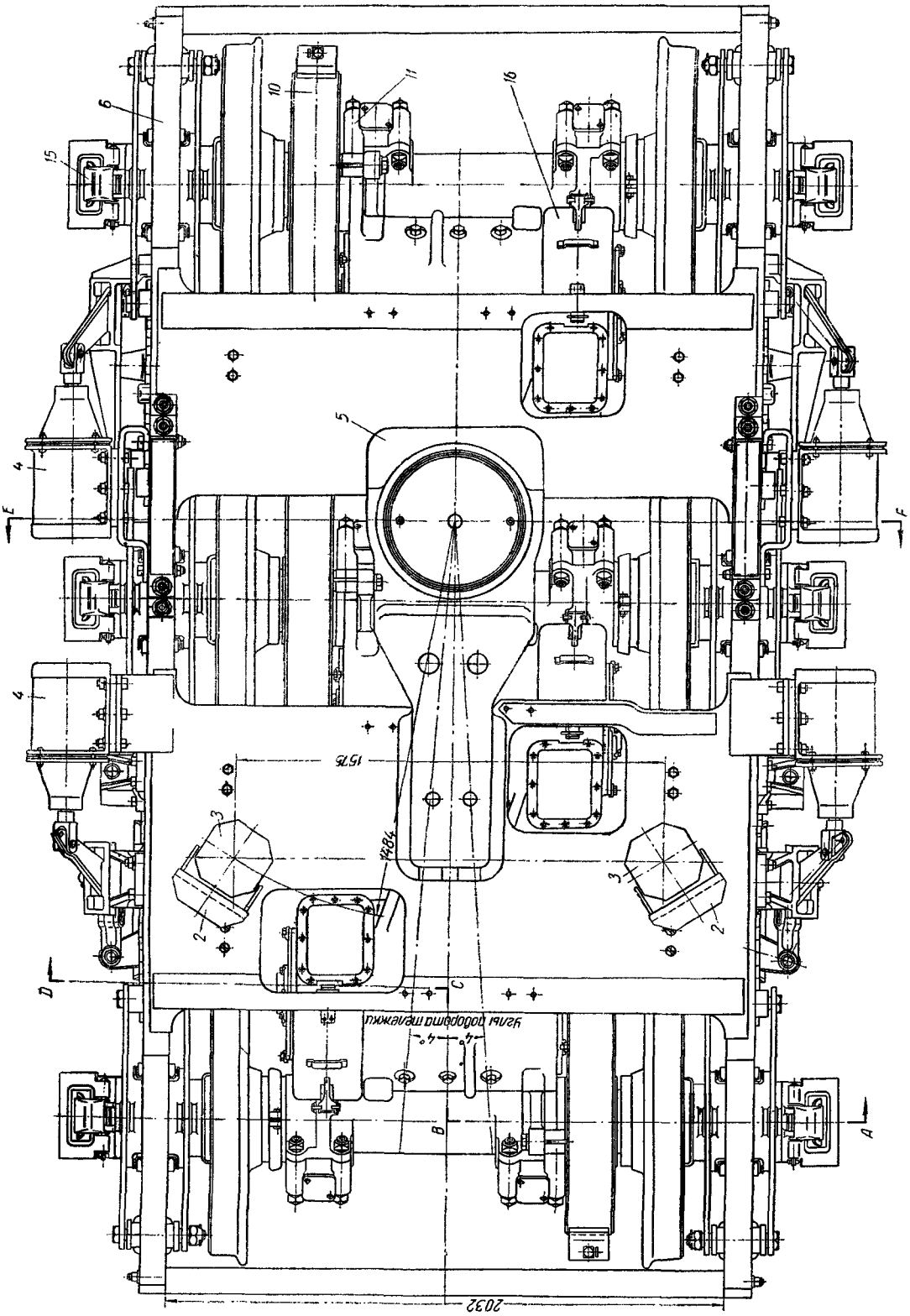
Рама тележки (фиг. 248) состоит из двух продольных рамных листов, связанных между собой целым рядом поперечных креплений.

Рамные листы имеют толщину 102 *мм* и изготовлены из стали по специальным техническим условиям. Листы имеют три буксовых окна, стянутых снизу буксовыми струнками, прикрепляемыми к раме при помощи двух болтов и двух шпилек. К буксовым окнам приварены наличники, рабочие поверхности которых параллельны между собой. Буксовых клиньев не имеется.

Облегчающие вырезы между буксовыми окнами служат для размещения листовых рессор рессорного подвешивания. Концевые облегчающие вырезы служат для размещения цилиндрических рессор.

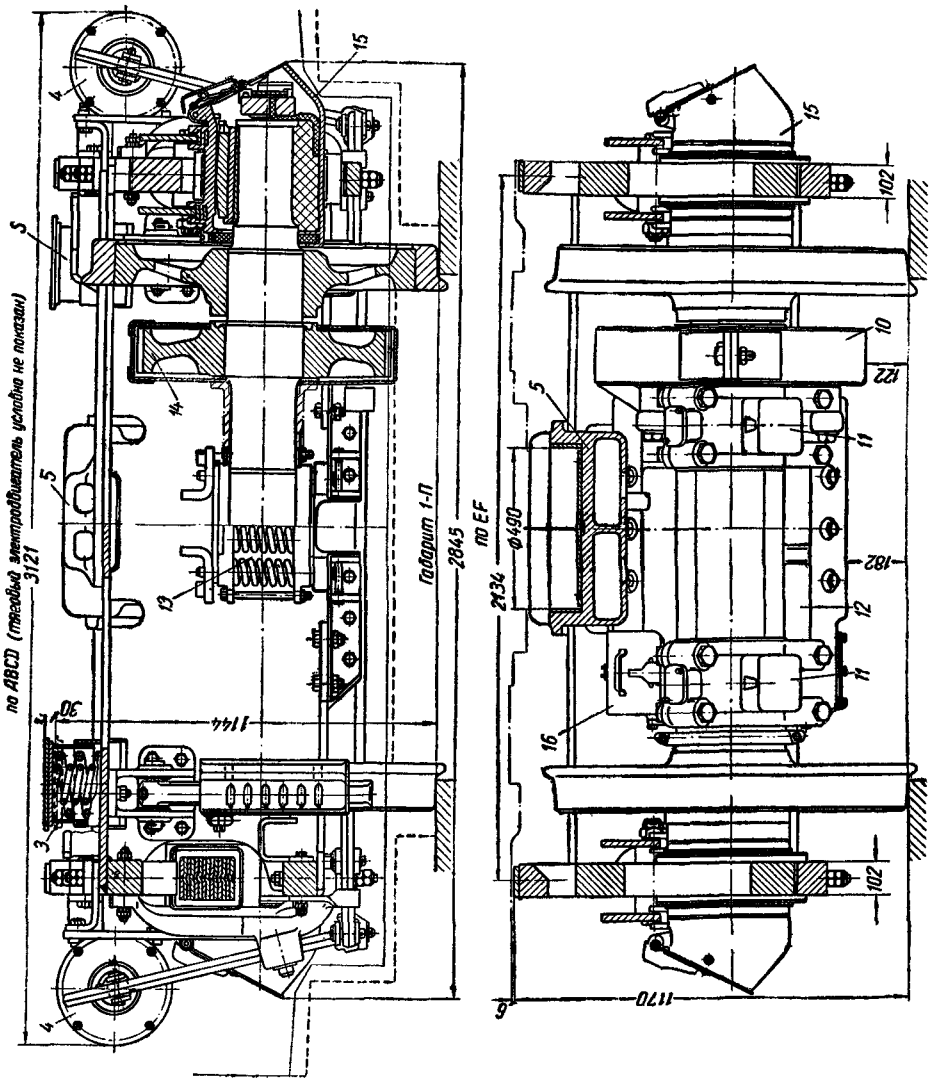
С обоих концов рамные листы связаны между собою швеллерами, обращенными полками внутрь тележки. В верхней части среднего участка связь осуществляется передним и задним горизонтальными листами из стали марки МСт. 3. Эти листы сварены с литой шкворневой балкой, изготовленной из стального литья марки 35-5019 (ГОСТ 977-41). В задний лист вварены стаканы скользунов. Между буксовыми вырезами расположены вертикальные листы, воспринимающие нагрузку от шкворневой балки и скользунов. В нижней части среднего участка рамы имеются горизонтальные листы, связанные с вертикальными листами и нижней кромкой рамы.

Сварка рамы производится качественными электродами марки Э50. Для вертикальных швов допускается применение электродов марки Э42.



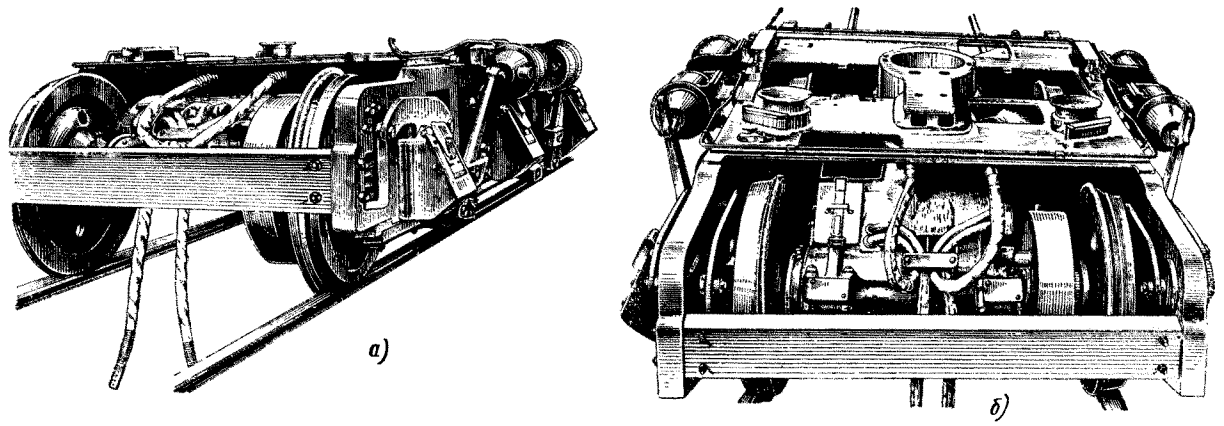
Фиг. 246. Тележка тепловоза ТЭ1:

1 — листовая рессора рессорного подвешивания (задняя); *2* — скоба; *3* — скользун; *4* — тормозной цилиндр; *5* — шкворневая балка; *6* — рама тележки; *7* — балансир рессорного подвешивания (передний); *8* — подбуксовая струнка; *9* — рычажная тормозная передача; *10* — кожух зубчатой передачи тягового электродвигателя; *11* — осевой подшипник тягового электродвигателя; *15* — буксовая коробка; *16* — смотровые люки тягового электродвигателя.



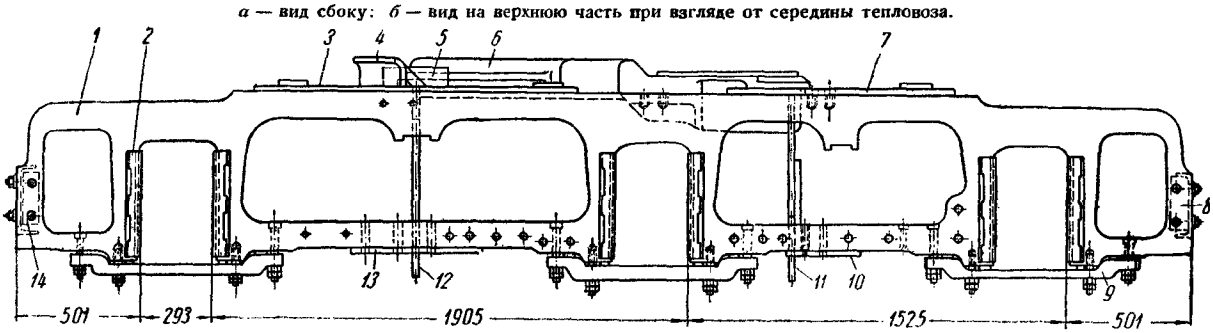
Фиг. 246. Тележка тепловоза ТЭ1

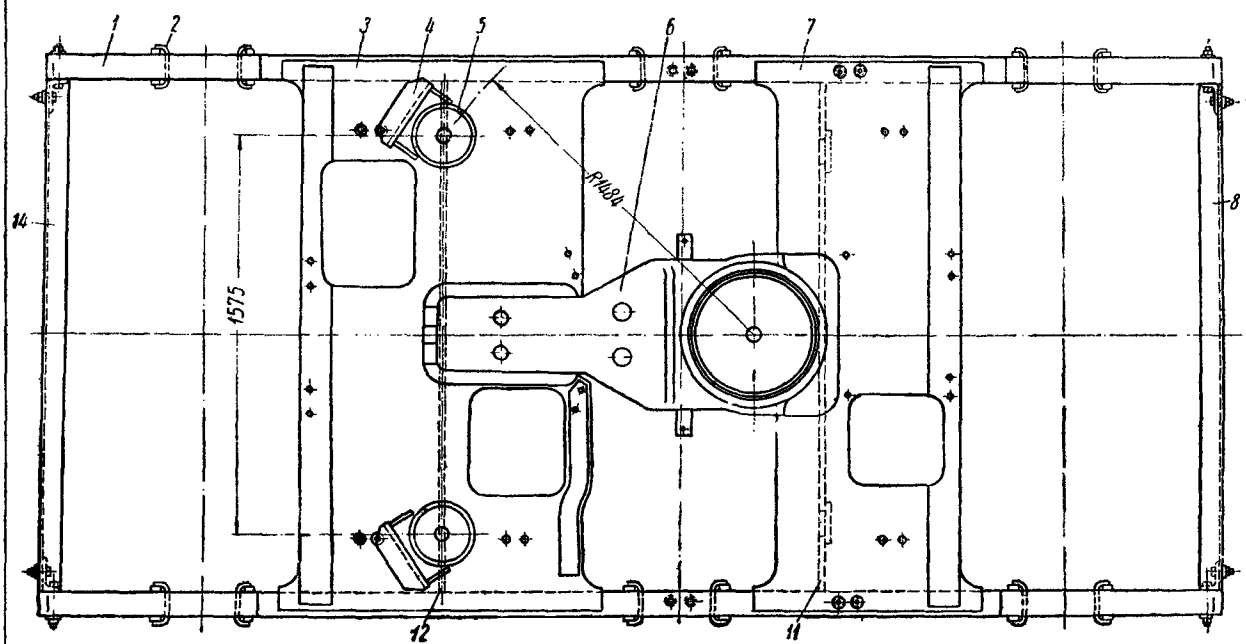
3 — скользун; *4* — тормозной цилиндр; *5* — шкворневая балка; *10* — кожух зубчатой передачи тягового электродвигателя; *11* — осевой подшипник тягового электродвигателя; *12* — тяговой электродвигатель; *13* — пружины подвески тягового электродвигателя; *14* — шестерня зубчатой передачи тягового электродвигателя; *16* — буксовая коробка; *16* — смотровые люки тягового электродвигателя.



Фиг. 247. Внешний вид тележки тепловоза ТЭ1:

а — вид сбоку; *б* — вид на верхнюю часть при взгляде от середины тепловоза.





Фиг. 248. Рама тележки тепловоза ТЭ1:

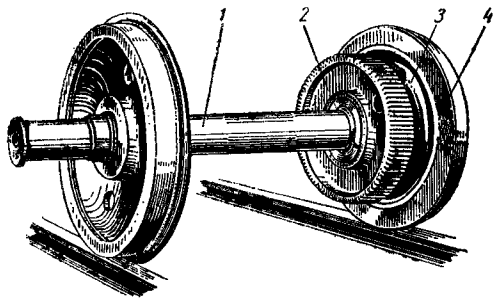
1 — рамный лист; *2* — буксовый наличник; *3* — лист верхний задний; *4* — скоба; *5* — стакан скользуна; *6* — шкворневая балка; *7* — лист верхний передний; *8* — балка поперечная передняя; *9* — буксовая струйка; *10* — лист нижний передний; *11* — лист вертикальный передний; *12* — лист вертикальный задний; *13* — лист нижний задний; *14* — балка поперечная задняя.

КОЛЕСНЫЕ ПАРЫ И ОСИ

Колеса для колесных пар тепловозов ТЭ1 изготовлялись двух диаметров — 1014 и 1050 *мм*. Колеса диаметром 1050 *мм* ставились на тепловозах, начиная с ТЭ1-20-122.

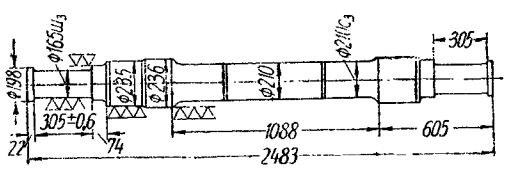
Колесная пара состоит из шести элементов (фиг. 249): оси колесной пары, шестерни, двух колесных центров, двух бандажей.

Ось колесной пары (фиг. 250) изготовляется из осевой углеродистой стали по ГОСТ 3281-46.



Фиг. 249. Колесная пара тепловоза ТЭ1:
1 — ось колесной пары; *2* — шестерня; *3* — колесный центр; *4* — бандаж

После ковки ось подвергается термической обработке — нормализации с последующим отпуском. Ось подвергается тщательной механической обработке при строгих допусках на овальность, конусность, волнистость и биение цилиндрических поверхностей. Допуски указаны в технических условиях. Галтели и переходы, исходя из возможности появления



Фиг. 250. Ось колесной пары.

больших местных напряжений, обрабатываются по шаблонам весьма тщательно. Конусность подступичных частей оси, направленная малым диаметром к ее середине, не допускается.

Вес оси в чистом виде 631 *кг*. Маркировка располагается в средней части оси.

Шестерня, служащая для передачи крутящего момента от вала тягового электродвигателя на обод колес, изготовлена из стали марки 45Х. Шестерня имеет 75 прямых

Основные размеры оси (в *мм*)

Наименование элементов оси	Диаметр	Длина
Заплечик	198	22
Буксовая шейка	165	305
Цилиндрическая часть под пылевую шайбу . . .	198	74
Подступичная часть для колеса	235	194+10 *
Подступичная часть для шестерни	236	160
Моторно-осевая шейка .	210	280
Общая длина оси	—	2483

* Первое слагаемое относится к цилиндрической части, второе — к конической.

зубьев; модуль равен 10. Передаточное число равно 75 : 16 = 4,6875. Наружный диаметр колеса 775 *мм*, ширина обода 140 *мм*. Вес шестерни 273 *кг*.

На ступице шестерни имеется канавка для постановки уплотнения, предохраняющего от попадания пыли в кожух шестерен. Шестерня насаживается на ось усилием 50—90 *т*, причем нормальное усилие для насаживания шестерни равно 60 *т*. Натяг между цилиндрическими поверхностями посадочной части оси и отверстия шестерни равен 0,14—0,18. Насадку шестерен разрешается производить в горячем состоянии при температуре нагрева не более 200° С с натягом 0,12—0,16.

Колесный центр изготовляется из стального литья марки 25-4522 (ГОСТ 977-41). Приемка и испытание производятся по ГОСТ 4491-48. На диске колесного центра с внутренней стороны имеется площадка 50 × 80 *мм* для постановки знаков месяца и года изготовления, номера плавки, марки завода-изготовителя, номера центра и клейма ОТК. На той же стороне диска имеются три прилива высотой по 25 *мм* для испытания на отжиг.

Ось колесной пары запрессовывается в колесный центр с бандажем с усилием 110—145 *т* (нормально 125 *т*); в колесный центр без бандажа ось запрессовывается с усилием 90—125 *т* (нормально 100 *т*).

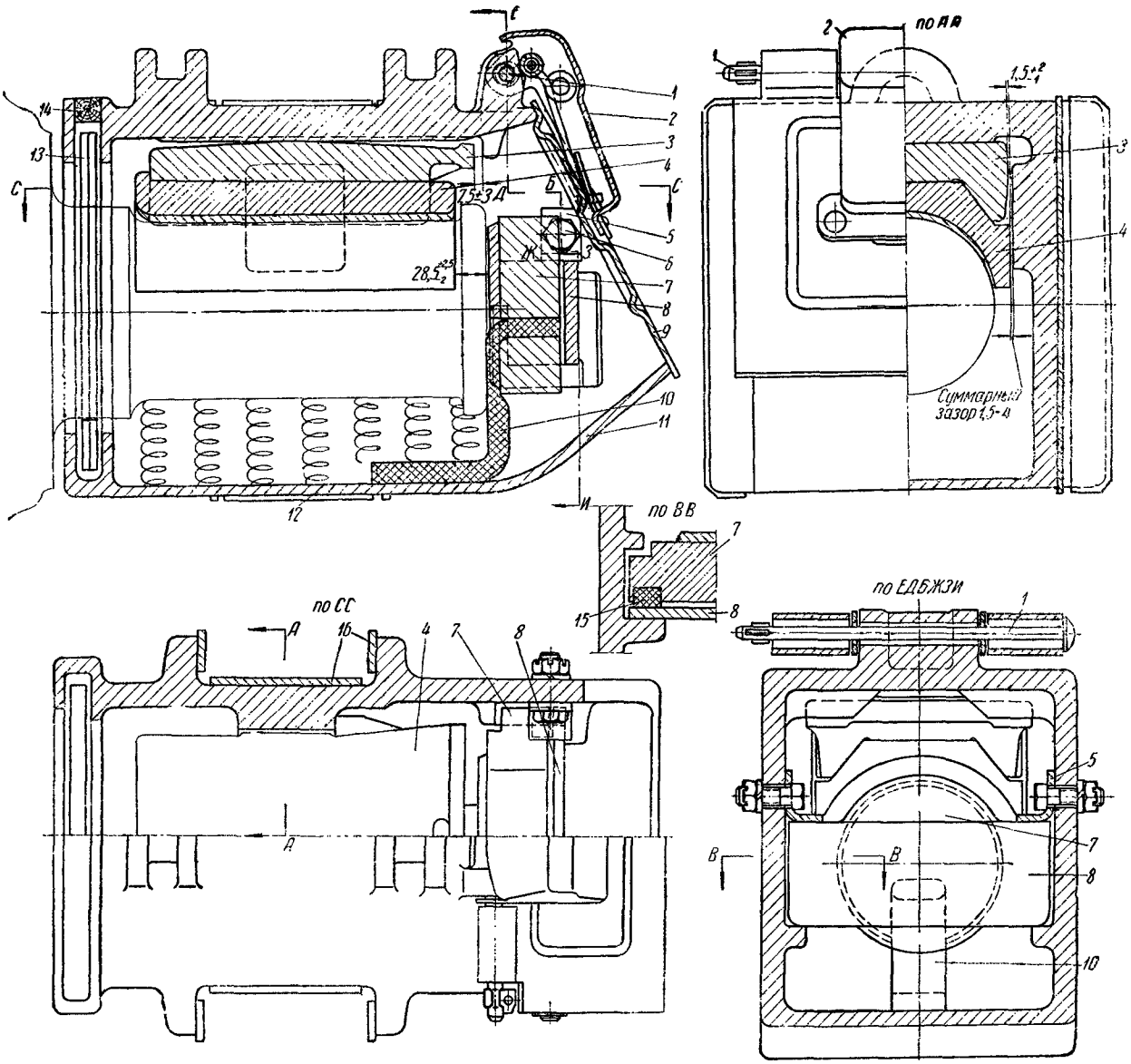
Основные размеры колесного центра: ширина обода 132 *мм*, наружный диаметр 864 *мм*, ширина подступичной части 190 + + 15 *мм* (первая цифра относится к цилиндрической части, вторая — к конической). Вес колесного центра 325 *кг*.

Бандаж изготовляется из бандажной стали марки IV (ГОСТ 398-41). Насадка бандажа на колесный центр производится в горячем состоянии. Температура бандажа не должна превышать 320° С. Крепительные бандажные кольца не ставятся. Обработка рабочей поверхности бандажа производится на собранной колесной паре. Разница в диаметрах колес по кругу катания одной колесной пары допускается не более 0,5 *мм*.

Диаметр бандажа по кругу катания 1014 *мм*, ширина бандажа 140 *мм*, толщина 75 *мм*, вес 263 *кг*.

БУКСЫ

Букса тепловоза ТЭ1 в собранном виде показана на фиг. 251. Корпус буксы изготовлен из стального литья марки 35-5019 (ГОСТ 977-41). Корпус имеет приваренные наличники, изготовленные из качественной кон-



Фиг. 251. Букса тепловоза ТЭ1 в собранном виде:

1 — ось буксовой крышки; *2* — кожух; *3* — буксовый камень; *4* — вкладыш; *5* — скоба; *6* — болт с гайкой и шайбой; *7* — упор; *8* — планка; *9* — крышка буксы; *10* — фитиль; *11* — корпус буксы; *12* — набивка; *13* — пылевая шайба; *14* — дубовая планка; *15* — амортизатор; *16* — наличник буксы.

струкционной углеродистой стали с повышенным содержанием марганца марки 60Г. Каждый наличник состоит из трех частей: центральной и двух боковых. На верхней части корпуса буксы расположены гнезда для балансиров и ушко для прикрепления крышки. Со стороны, противоположной крышке, корпус имеет полость для размещения пылевой шайбы. Вес корпуса буксы с наличниками 134 *кг*.

Вкладыш изготовляется из бронзы БрОЦС 3-11-5 (ГОСТ 613-41) с заливкой баббитом Б16 (ГОСТ 1320-41). Вкладыш имеет на боковых наружных плоскостях заплечики, которыми он упирается в выступы на внутренних поверхностях вертикальных стенок корпуса буксы. С внутреннего конца вкладыш имеет буртик, служащий для удержания камня.

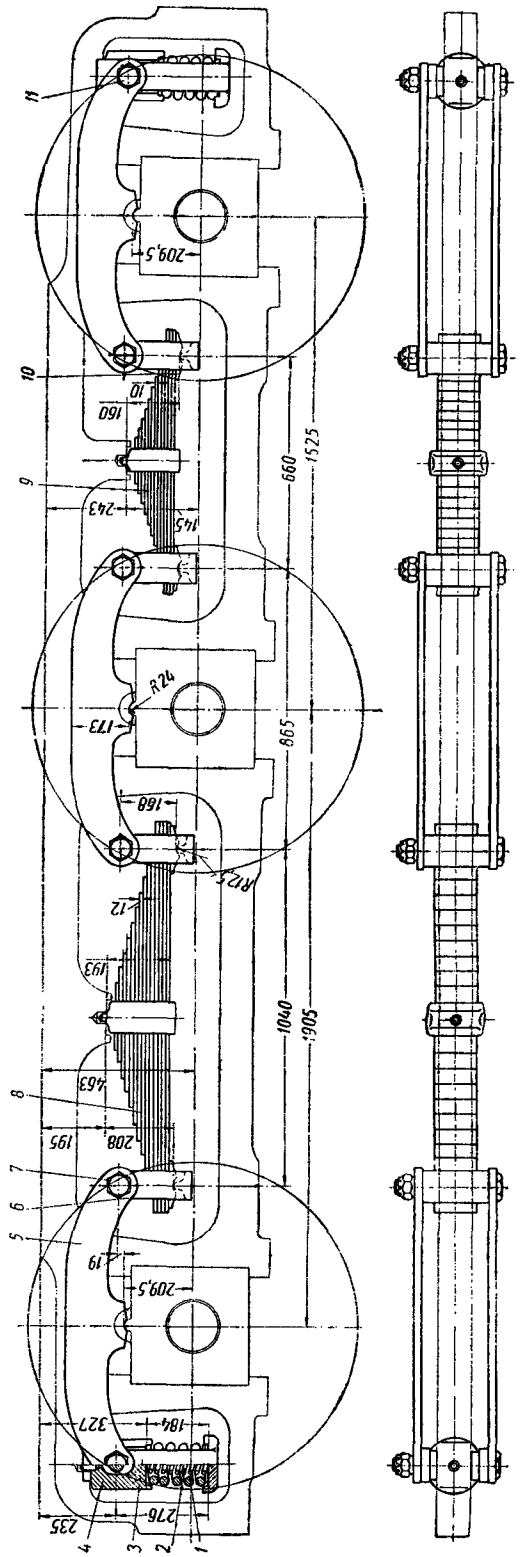
Упор изготовляется из стали Ст. 3 с наплавкой из латуни марки ЛМцС 58-2-2 (ГОСТ 1019-47). В качестве заменителя для наплавки может быть применена бронза марки БрОЦС 6-6-3 (ГОСТ 613-41). В центральной части упора имеется продолговатое отверстие для фитиля, служащего для смазки торца оси. Упор служит для передачи бокового усилия от оси на буксу и далее — на раму тележки. Со стороны, противоположной заливке, упор имеет два вертикальных паза для размещения текстолитового амортизатора, через который передается давление от оси колесной пары на планку и затем на буксу. Упор и планка удерживаются скобами, крепящимися болтами к боковым стенкам корпуса буксы.

Крышка буксы сделана откидной кверху. Крышка укреплена на горизонтальной оси, помещенной в приливе корпуса буксы. Наименьший угол открытия крышки равен 65°.

Буксовый камень изготовляется из стального литья марки 35-5015 (ГОСТ 977-41). Положение его фиксируется задним заплечиком вкладыша и приливами, находящимися в верхней части корпуса буксы около крышки. В верхней части камень имеет выпуклое очертание, допускающее наклон оси.

Пылевая шайба изготовляется из фанеры и закладывается в предназначенную для нее полость заранее. Полость сверху закрывается дубовым бруском, плотно забитым в паз буксы по всему контуру.

Нижняя часть корпуса буксы заполняется шерстяными концами, предварительно пропитанными мазутом. Со стороны пылевой шайбы концы должны плотно прилегать к цилиндрической части оси, обнимая не менее $^2/_5$ окружности снизу и плотно закрывая в этом месте отверстие в корпусе буксы.



Фиг. 252. Общий вид рессорного подвешивания тепловоза ТЭ1:

1 — пружина наружная; *2* — пружина внутренняя; *3* — стойка; *4* — гнездо пружины; *5* — балансир; *6* — подвеска; *7* — валик подвески; *8* — рессора задняя (большая); *9* — рессора передняя (малая); *10* — рессорная накладка; *11* — валик стойки.

РЕССОРНОЕ ПОДВЕШИВАНИЕ

Рессорное подвешивание тележки тепловоза ТЭ1 (фиг. 252) состоит из двух самостоятельных групп. Каждая группа включает в себя рессоры одной из сторон тележки. Таким образом, получается двухточечное подвешивание, сохраняющее устойчивость благодаря передаче нагрузки на тележку в трех точках (пята и два пружинных скользуна).

Передняя часть рамы опирается на наружную и внутреннюю цилиндрические пружины, расположенные в стойке, подвешенной к переднему концу переднего балансира с помощью валика. Все балансиры состоят из двух одинаковых полос толщиной 20 *мм* фасонного очертания, из которых одна расположена снаружи рамы тележки, а другая — внутри. Средней своей частью балансиры опираются на буксы и имеют возможность поворачиваться около них на некоторый угол. Балансиры изготовляются из стали марки Ст. 3. В отверстия для валиков вставлены сменные стальные втулки.

Задний конец переднего балансира имеет подвеску, связанную с ним валиком. Подвеска изготовлена из стального литья марки 35-5015 (ГОСТ 977-41). Валик изготовлен из стали марки 20 (ГОСТ В-1050-41). На подвеску опирается короткая листовая рессора длиной 660 *мм*. Другим концом эта рессора опирается на подвеску среднего балансира. Рессора находится в плоскости рамы тележки и располагается в облегчающем вырезе рамы. Хомут рессоры воспринимает на себя вес рамы.

Аналогично устроена задняя часть рессорного подвешивания тележки, но с той разницей, что задняя листовая рессора имеет длину 1040 *мм* в груженом состоянии. В зависимости от толщины рессорных листов задняя рессора изготовляется из 14 листов (при толщине листов от 11,3 до 12,1 *мм*) или из 13 листов (при толщине листов от 12,2 до 12,7 *мм*). Ширина рессорных листов в обоих случаях равна 130 *мм*. Оба типа рессор взаимозаменяемы по размерам и равноценны по своим характеристикам. Рессорные листы изготовляются из стали марки 55С2 (ГОСТ В-2052-43).

Хомут шириной 100 *мм* изготовляется из стали Ст. 3.

Характеристика листовых рессор приведена в табл. 10.

Характеристика цилиндрических пружин приведена в табл. 11.

Таблица 10

Характеристика листовых рессор

Наименование рессоры	Ширина листа в *мм*	Толщина листа в *мм*	Число листов	Число коренных листов	Фабричная стрела	Длина в свободном состоянии в *мм*	Нагрузка в *кг*	Длина под нагрузкой в *мм*
Задняя	130	12	14	4	52	1032	11 000	1040
Задняя, вариант А	130	11,3—12,1	14	4	45	1035	8 150	1040
Задняя, вариант Б	130	12,2—12,7	13	—	—	—	—	—
Передняя	130	10	12	3	—	657,2	—	660

Таблица 11

Характеристика цилиндрических пружин

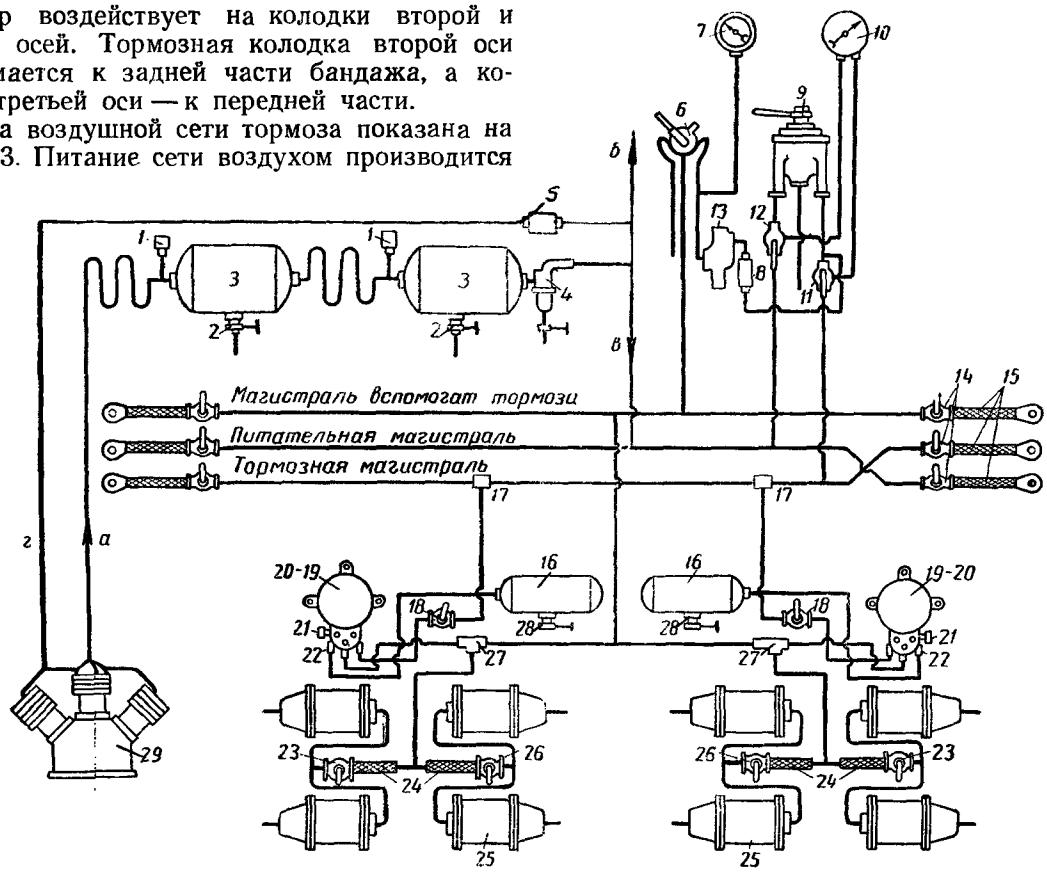
Наименование пружины	Длина в свободном состоянии в *мм*	Наружный диаметр в *мм*	Диаметр прутка в *мм*	Число витков	Нагрузка в *кг*	Прогиб пружины в *мм*
Наружная	210	138	30	6	4000 (1000)	41,2 (10,3)
Внутренняя	210	74,5	17	10	4160 (6370)	25 (39)

ТОРМОЗНОЕ УСТРОЙСТВО

Общее расположение тормозного оборудования на тележке тепловоза ТЭ1 показано на фиг. 246 и 247. Как видно из этих фигур, каждая тележка имеет четыре тормозных цилиндра, расположенных снаружи рам. Передний цилиндр передней тележки воздействует на тормозную колодку первой оси, прижимающуюся к задней части бандажа. Задний цилиндр воздействует на колодки второй и третьей осей. Тормозная колодка второй оси прижимается к задней части бандажа, а колодка третьей оси — к передней части.

Схема воздушной сети тормоза показана на фиг. 253. Питание сети воздухом производится

Сжатый воздух, пройдя предварительно через змеевики-холодильники по трубе *а*, поступает в главные резервуары, а затем — в сборник. Пройдя сборник, воздух разветвляется на два потока: по стрелке *б* — к приборам управления и по стрелке *в* — в питательную магистраль и затем к крану машиниста. Пройдя кран, воздух достигает тормозной ма-



Фиг. 253. Схема автотормозного устройства:

1 — предохранительный клапан; *2* — водоспускной кран; *3* — главный резервуар; *4* — сборник; *5* — регулятор давления; *6* — кран вспомогательного тормоза; *7* — манометр; *8* — фильтр; *9* — кран машиниста системы Казанцева; *10* — манометр с двумя стрелками; *11* — комбинированный кран; *12* — кран двойной тяги; *13* — клапан максимального давления; *14* — концевой кран; *15* — соединительный рукав; *16* — запасный резервуар; *17* — пылеуловитель; *18* — разобщительный кран; *19* — рабочий резервуар; *20* — распределитель; *21* — отпускной клапан; *22* — магистральный штуцер; *23* — разобщительный кран; *24* — резиновый соединительный рукав; *25* — тормозной цилиндр; *26* — разобщительный кран; *27* — переключательный клапан; *28* — водоспускной кран; *29* — компрессор.

от двухступенчатого компрессора, вал которого соединен с валом генератора через муфту. Компрессор имеет три цилиндра: два наклонных низкого давления, а один вертикальный высокого давления. Максимальное давление воздуха 10 *ати,* нормальное — 8 *ати.*

гистрали. На трубе *г* расположен регулятор давления воздуха, который выключает компрессор, когда давление в питательной магистрали превысит 8 *ати.*

В схеме предусмотрен вспомогательный тормоз, кран которого дает возможность впускать

воздух непосредственно в тормозные цилиндры локомотива (минуя воздухораспределитель).

Главных резервуаров два, емкостью 0,75 $м^3$ каждый. Запасных резервуаров тоже два, емкостью по 0,09 $м^3$. Тепловоз имеет три воздушные магистрали: питательную, тормозную и магистраль вспомогательного тормоза. На каждом конце тепловоза расположено по три концевых крана, по одному концевому крану на каждой воздушной магистрали.

УХОД ЗА ТЕЛЕЖКАМИ

Осмотр тележек производится при смене тепловозных бригад, при периодических осмотрах, при производстве перечневых ремонтов первого и второго объемов, при заводском ремонте — среднем и капитальном. В каждом из упомянутых случаев производится необходимый ремонт, согласно «Правилам ремонта тепловозов». Необходимый ремонт и подготовка тепловоза к рейсу при смене тепловозных бригад производится силами самой бригады.

В основном уход за тележками в эксплоатации, производимый силами самой бригады, сводится к очистке от грязи и подбивке букс, смене амортизаторов в упорах осей, смазке буксовых направляющих и деталей рессорного подвешивания, смене тормозных колодок, регулировке тормозной передачи и смене валиков, укреплению песочных труб, укреплению ослабших гаек, болтов, шплинтов и т. д., к добавлению смазки в масленки и буксы, прочистке смазочных отверстий и трубок.

Уход за тяговыми электродвигателями, расположенными на тележках, сводится к заполнению смазкой кожухов зубчатой передачи, смазке моторно-осевых подшипников, очистке коллекторов, смене угольных щеток, очистке фильтров тяговых электродвигателей, креплению брезентовых воздухопроводов, очистке от грязи воздушных каналов и сеток, а также других доступных частей.

Особого внимания требует подготовка тепловоза к зиме и переход на зимние условия работы, а также переход с зимних условий работы на летние. Последнее особенно важно в районах с жарким климатом.

При переходе на зимние условия работы производится заправка букс зимней смазкой, ставятся фильтры, предотвращающие возможность попадания снега в вентиляторы для подачи охлаждающего воздуха к тяговым электродвигателям, производится проверка и отепление всех водоспускных кранов тормозной системы, топливных баков и т. д. Чтобы не допустить замораживания подбивки, буксы тележки полезно заправлять подогретым маслом.

При работе тепловоза в условиях жаркого климата особое внимание должно быть обращено на предотвращение возможности попадания песка в тяговые электродвигатели, так как это вызывает засорение вентиляционных каналов якоря, что приводит к ухудшению охлаждения и порче электродвигателя.

ГЛАВА III

ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ТЕПЛОВОЗА ТЭ5

ВЕРХНЕЕ СТРОЕНИЕ

Как видно из фиг. 24, кузов тепловоза ТЭ5 состоит из трех основных частей, перечисление которых даем, начиная с головной части локомотива: кузов над помещением для аккумуляторов и для котла отопления, кузов кабины управления и машинного помещения, кузов над помещением холодильников. В отличие от тепловозов ТЭ1 в передней части тепловоза ТЭ5 расположены аккумуляторы, а в задней — холодильник.

Аккумуляторы установлены в два ряда по высоте, чтобы освободить место для котла отопления. Паровой котел имеет производительность 5 *кг/час* и связан с системой трубопроводов, паросмесительных эжекторов и подогревателей, имеющих целью поддержание нормальной температуры внутри машинного помещения и обогрев водяной системы. Масло в картере дизеля не подогревается, что является недостатком системы обогрева, так как заставляет при стоянках периодически запускать дизель. При устройстве отепления картера двигателя этот недостаток может быть частично устранен.

Кузов кабины управления и машинного помещения утеплен, что позволяет поддерживать внутри него достаточную температуру для нормальной работы бригады и для предохранения топлива от загустения. Подогреву топлива во время работы двигателя способствует расположение концов сливной и всасывающей топливных труб в нижнем топливном баке. Это

объясняется тем, что из бака забирается в несколько раз больше топлива, чем требуется для работы двигателя, поэтому значительная его часть в подогретом виде возвращается в топливный бак и подогревает подсасываемое холодное топливо.

Для предохранения от потерь тепла топливные баки имеют тепловую изоляцию. Топливопроводы размещены преимущественно внутри кузова, а участки их, расположенные вне кузова, тщательно утеплены.

Секции холодильников, в целях устранения замораживания их, утепляются мягкими капотами, навешивающимися поверх жалюзи и укрепляющимися ремнями.

Как показали опыты ЦНИИ, проведенные с тепловозами ТЭ5-20 на Северной ж. д. зимой 1948/49 г., при неработающем дизеле прежде всего охлаждается вода в секциях холодильника, затем — масло в секциях холодильника. Медленнее охлаждаются вода в рубашках дизеля и масло в картере. Эксплоатационные поездки при низких температурах (минус 20—35° С) показали, что при охлаждении масла до нужных температур происходит чрезмерное снижение температуры воды. Такое явление наблюдается как на тепловозах ТЭ5, так и на тепловозах ТЭ1. Причиной этого является отсутствие возможности отдельно регулировать открытие жалюзи для водяных и масляных секций. Поэтому возникает необходимость устройства отдельных приводов к жалюзи той стороны холодильника, на которой расположены обе группы секций. Для другой стороны, на которой расположены только водяные секции, изменение привода жалюзи не требуется.

ТЕЛЕЖКИ

Тепловоз ТЭ5-20 имеет трехосные тележки, одинаковые с тележками тепловоза ТЭ1-20. Так как тепловоз ТЭ5-20 предназначен для работы в суровых зимних условиях, то при его построении особое внимание было обращено на предотвращение возможности выхода из строя наиболее ответственного агрегата, расположенного на тележках, а именно тяговых электродвигателей.

В тяговые электродвигатели во время снежных бурь могут попасть влага и снег вместе с охлаждающим воздухом, что приводит к отсыреванию изоляции и понижению ее сопротивления. При стоянках тепловоза тяговые электродвигатели могут быть занесены снегом через вентиляционные отверстия и неплотности крышек коллекторных люков.

Для предотвращения заноса снегом на стоянках приходится периодически продувать тяговые электродвигатели вентиляционным воздухом, для чего необходимо пускать дизель. При падении сопротивления изоляции просушивание ее может быть произведено во время езды резервом на второй позиции контроллера.

К числу конструктивных мероприятий по предотвращению выхода из строя тяговых электродвигателей в зимнее время относятся: устройство переключения для всасывания вентиляционного воздуха из кузова во время бурь; снабжение всасывающих отверстий каналов к вентиляторам специальными фильтрами; снабжение выходных воздушных отверстий специальными сетками; выбор надлежащей конструкции люков, обеспечивающих плотность прилегания их к корпусу электродвигателя.

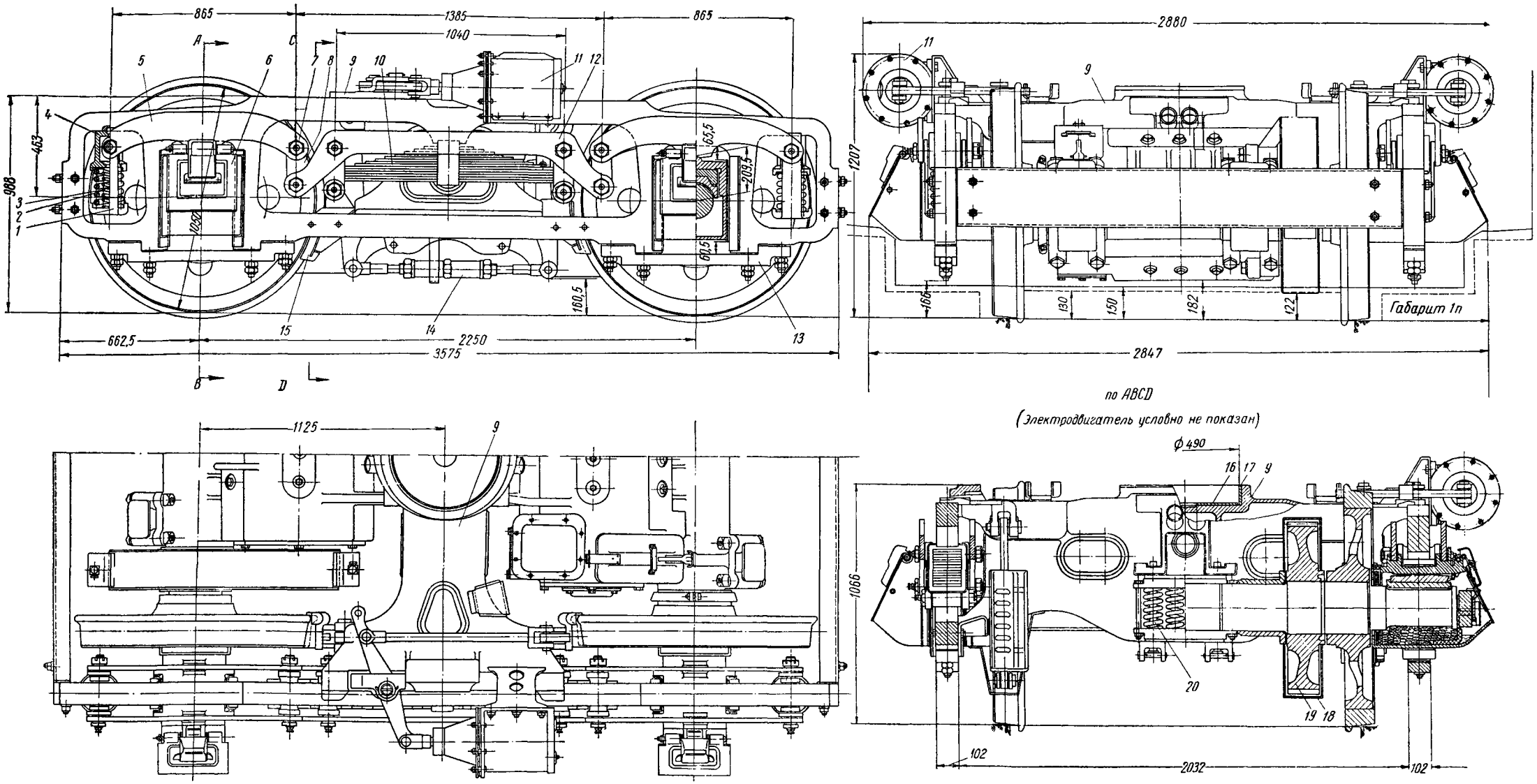
ГЛАВА IV

ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ТЕПЛОВОЗА ТЭ2

ВЕРХНЕЕ СТРОЕНИЕ

Силовая установка на тепловозе ТЭ2 однотипна с установкой тепловоза ТЭ1. Все агрегаты на обеих сериях тепловозов имеют одну и ту же конструкцию и одинаковые характеристики. Дизели марки Д-50 с наддувом. Управление тепловозом автоматическое с одного поста управления. Благодаря применению двухосных тележек удалось сократить расстояние между их шкворнями и получить значительное облегчение веса рамы. Тепловоз ТЭ2 имеет вес на 1 *л. с.* 83 *кг* по сравнению с 124 *кг* у тепловоза ТЭ1.

По сравнению с тепловозом ТЭ1 на тепловозе ТЭ2 изменены расположение холодильников и привод к вентилятору. Вместо ременной передачи установлен прямой жесткий привод от вала двигателя. Фрикционная муфта привода имеет дистанционное электропневматическое управление с поста машиниста. Верхние и боковые жалюзи холодильника имеют также



Фиг. 255. Тележка тепловоза ТЭ2:

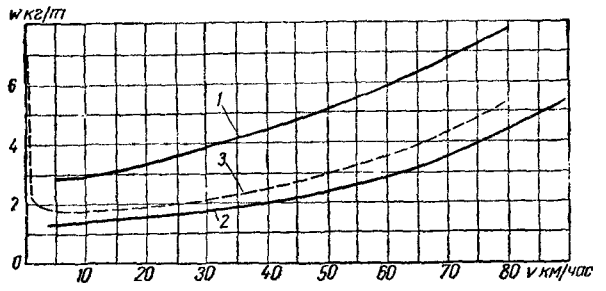
1 — стойка рессорного подвешивания; *2* — цилиидрическая пружина наружная; *3* — цилиндрическая пружина внутренняя; *4* — гнездо пружины; *5* — балансир; *6* — осевая букса; *7* — валик балансира; *8* — подвеска балки рессорного подвешивания; *9* — междурамное крепление; *10* — листовая рессора; *11* — тормозной цилиндр; *12* — балка рессорного подвешивания; *13* — буксовая струнка; *14* — тормозные тяги; *15* — тормозная колодка; *16* — диск пятника; *17* — кольцо пятника; *18* — кожух зубчатой передачи тягового электродвигателя; *19* — зубчатое колесо передачи; *20* — пружины подвески тягового электродвигателя.

электропневматический привод и могут управляться с поста машиниста.

Масляный холодильник усилен на одну секцию. Вентиляторное колесо с высоким к. п. д. типа ЦАГИ диаметром 1600 *мм* (вместо 1144 *мм* у винтового лопастного колеса тепловоза ТЭ1) и улучшенная конструкция шахты повысили производительность холодильника без увеличения затраты мощности.

Обслуживание сдвоенного тепловоза производится одной бригадой, состоящей из трех человек: поездного машиниста, помощника машиниста и машиниста дизель-генераторной установки. Тепловоз ТЭ1 обслуживается бригадой из двух человек. У тепловоза ТЭ2 на одного обслуживающего человека приходится 2000 : 3 = 667 *л. с.* двигателя, а у тепловоза ТЭ1 — 1000 : 2 = 500 *л. с.*, т. е. энерговооруженность одного человека на тепловозе ТЭ2 на 33,4% выше, чем на тепловозе ТЭ1.

Удельное сопротивление движению для тепловоза ТЭ2, как это видно из фиг. 254, зна-



Фиг. 254. Удельное сопротивление движению для тепловозов ТЭ1 и ТЭ2 на прямой горизонтали:

1 — для ТЭ2 без тока; *2* — для ТЭ2 под током; *3* — для ТЭ1 под током.

чительно ниже, чем для тепловоза ТЭ1. Учитывая пониженный сравнительно с тепловозом ТЭ1 вес на единицу мощности, приходим к выводу, что к. п. д. на крюке тепловоза ТЭ2 будет выше, чем к. п. д. тепловоза ТЭ1.

ТЕЛЕЖКИ

Тепловоз ТЭ2 имеет одинаковые двухосные тележки, у которых каждая ось снабжена тяговым электродвигателем.

Общее устройство тележки показано на фиг. 255 (см. вклейку). База тележки равна 2250 *мм*, общая длина 3575 *мм*.

Основой тележки служит рама (фиг. 256), состоящая из двух рамных листов, связанных между собой по концам концевыми балками, а по середине — междурамным креплением.

Рамные листы имеют толщину 102 *мм* и изготовляются из специальной стали. Каждый лист имеет два буксовых выреза, укрепленных снизу буксовыми струнками, и три облегчающих выреза. Вдоль вертикальных кромок буксовых вырезов, с обеих сторон рамы приварены подкладки из стали Ст. 3, служащие боковыми упорами для буксовых наличников. Наличники, изготовленные из стали 60Г, приварены к подкладкам и имеют ширину опорной поверхности для букс, равную 150 *мм*. Буксовые струнки изготовлены из специальной стали и крепятся к рамным листам при помощи двух болтов и двух шпилек. Вес одной струнки равен 37,4 *кг*.

Концевые облегчающие вырезы служат для размещения цилиндрических рессор рессорного подвешивания, а в среднем облегчающем вырезе располагается листовая рессора.

Междурамное крепление отлито из стали марки 25-4522 (ГОСТ 977-41). В средней части отливки расположен нижний пятник, представляющий одно целое с междурамным креплением. Пятник воспринимает на себя нагрузку от главной рамы со всем расположенным на ней оборудованием. Для защиты от износа междурамного крепления в нижний пятник вставлено кольцо из стали 50, а днище его защищено сменным диском пятника, изготовленным тоже из стали 50.

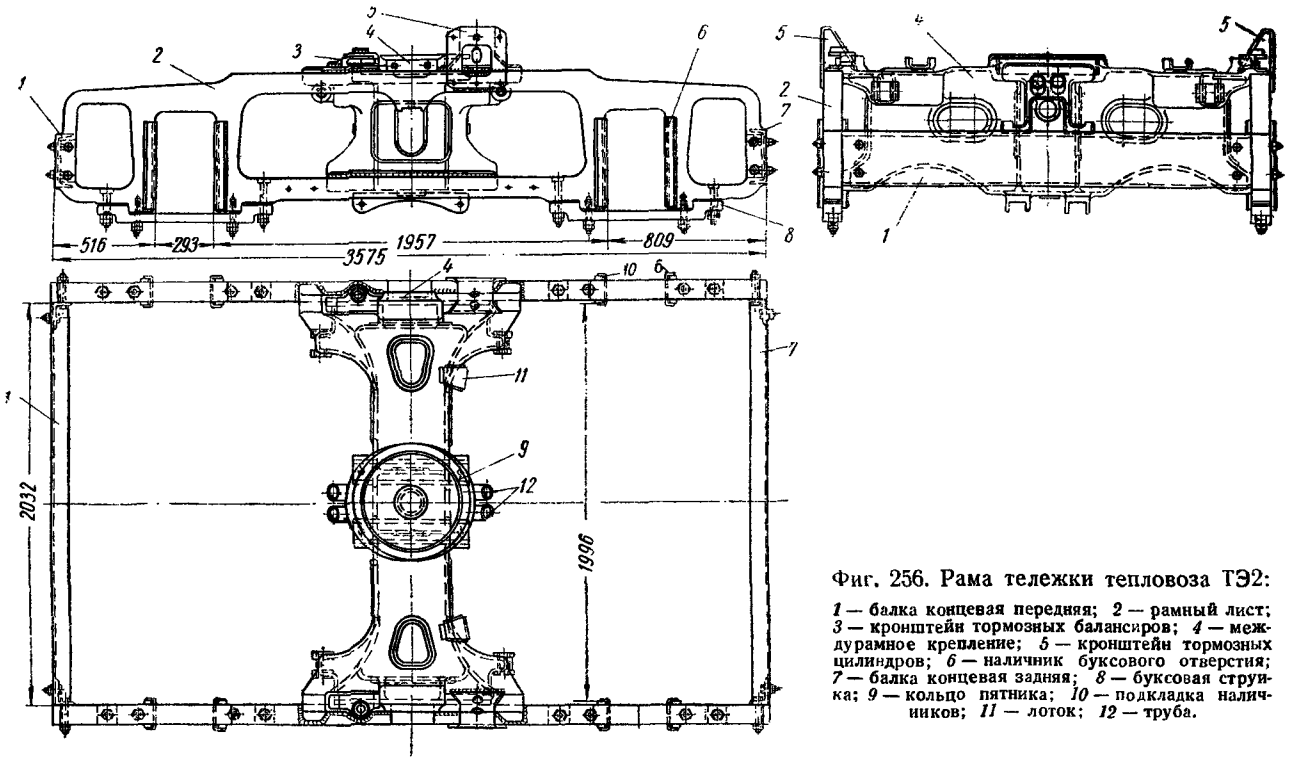
Междурамное крепление несет на себе кронштейны подвесок тяговых электродвигателей, кронштейны тормозных подвесок и кронштейны тормозных балансиров. Кронштейны привариваются электродами марки Э50.

В средней части междурамного крепления, под нижним пятником, в отливке расположены две трубы, идущие в направлении оси тележки. Эти трубы внутри окрашиваются черной эмалевой краской и служат для пропуска проводов.

Междурамное крепление соединяется с рамными листами при помощи сварных швов.

Концевые балки связаны с рамными листами при помощи болтов. Рама тележки передает нагрузку на буксы при помощи рессорного подвешивания, схема которого показана на фиг. 257. Рессорное подвешивание каждой тележки двухточечное. Общая жесткость рессорного подвешивания составляет 1145 *кг/мм*. На тепловозах выпуска 1950 г. применено более мягкое рессорное подвешивание, а также введены скользуны для улучшения ходовых качеств тележек.

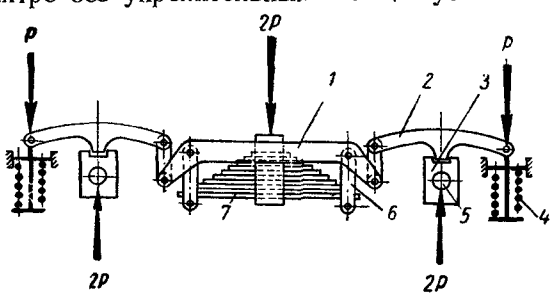
Осевые буксы тепловоза ТЭ2 однотипны с буксами тепловоза ТЭ1. Колеса имеют диа-



Фиг. 256. Рама тележки тепловоза ТЭ2:

1 — балка концевая передняя; *2* — рамный лист; *3* — кронштейн тормозных балансиров; *4* — междурамное крепление; *5* — кронштейн тормозных цилиндров; *6* — наличник буксового отверстия; *7* — балка концевая задняя; *8* — буксовая струйка; *9* — кольцо пятника; *10* — подкладка наличников; *11* — лоток; *12* — труба.

метр 1050 *мм* по кругу катания. Колеса бандажные, причем бандаж удерживается на центре без укрепительных колец. Зубчатое колесо насажено непосредственно на ось. Зубчатая передача односторонняя, с прямыми зубьями, модуль 10. Передаточное отношение зубчатой передачи 75 : 16.



Фиг. 257. Схема рессорного подвешивания тележки тепловоза ТЭ2:

1 — балка рессорного подвешивания; *2* — балансир; *3* — осевая букса; *4* — цилиндрическая пружина рессорного подвешивания; *5* — ось колесной пары; *6* — подвеска листовой рессоры (сережка); *7* — листовая рессора.

Тяговый электродвигатель типа ДК-304Б опирается на ось двумя моторно-осевыми подшипниками, а хвостовая часть его подвешена к междурамному креплению при помощи четырех цилиндрических пружин.

Тормозные цилиндры диаметром 10 дюймов расположены снаружи рам. Все тележки имеют по два цилиндра, каждый из которых воздействует на колодки одной стороны тележки. Каждое колесо тормозится одной тормозной колодкой, т. е. торможение одностороннее. Полное передаточное число тормозной схемы 6. Нажатие тормозных колодок при давлении воздуха в 3,3 *ати* равно 8 *т* на ось.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бюллетени тепловозной комиссии, выпуск № 1, Транспечать НКПС, М. 1927.

2. Гаккель Я. М., Первый мощный тепловоз, построенный в Ленинграде в 1924 г., «Электричество» № 1, 1925, стр. 6—13.

3. Гаккель Я. М., Тепловоз, «Экономика, труд и техника» № 3, 1923, стр. 2—14.

4. Гриневецкий В. И., Проблема тепловоза и ее значение для России, издание Теплотехнического института, М. 1924.

5. Гуревич А. Н., Полужесткая дизельгенераторная муфта ЦНИИ для серийных тепловозов $Э^{ЭЛ}$, «Техника железных дорог» № 10, 1948, стр. 16—19.

6. Гуревич А. Н., Попов Г. В., Результаты испытаний тепловоза серии $Д^{Б}$, ЦНИИ, Трансжелдориздат, М. 1949.

7. Добровольский Н. А., Тепловоз $Ю^{М}005$ и его испытание в Германии, НКПС, Транспечать, М. 1927.

8. Зюберкрюб М., Тяговые передачи локомотивов, перевод с немецкого, переработан проф. А. Н. Шелест и дополнен А. Б. Домбровским, Госжелдориздат НКПС, М—Л. 1933.

9. Лугинин Н., Новые тепловозы $Э^{ЭЛ}$-5 и $Э^{ЭЛ}$-9 с электропередачей, Тепловоз $О^{ЭЛ}$-6 с электропередачей, Маневровые мотовозы с механической передачей, «Локомотивостроение», сб. 4 тепловозной лаборатории ММИ, Госмашметиздат, М.—Л. 1933, стр. 133—139.

10. Лугинин Н. Г. Тепловоз $О^{ЭЛ}$-7 и его испытание, «Локомотивостроение». Сб. тепловозной лаборатории ММИ № 7, Госмашметиздат, М.—Л. 1934, стр. 28—128.

11. Малышев В. А., Шпаковский И. Д., Зейтман С. М., Тепловоз $Э^{ЭЛ}$ типа 2—5—1 с электрической передачей, Редбюро Трансмаш, М. 1936.

12. Нарских И. И., Пойдо А. А., Изготовление взаимозаменяемых вкладышей подшипников коленчатого вала дизеля тепловоза $Д^{А}$, Труды ЦНИИ, Трансжелдориздат, М. 1948.

13. Научно-исследовательский ииститут железнодорожного транспорта, вып. 31, Результаты испытаний и паспорт тепловоза «ВМ-20», Трансжелдориздат», М. 1937.

14. Научно-исследовательский институт реконструкции тяги НКПС, Главнейшие результаты опытов над тепловозом $Э^{ЭЛ}$-5, Трансжелдориздат, М. 1934.

15. Пойдо А. А. и др., Тепловозы $Д^{А}$ и $Д^{Б}$ устройство, уход и обслуживание, Трансжелдориздат, М. 1947.

16. Пойдо А. А., Кметик П. О., Успехи тепловозиой тяги в СССР и задачи в области ее развития, «Техника железных дорог» № 8, 1949, стр. 1—3.

17. С. Ж., Мощный тепловоз с механической передачей, Сб. «Локомотивостроение» № 1/10, 1935, стр. 109—111.

18. Сборник тепловозной комиссии, вып. № 2, Транспечать НКПС, М. 1929

19. Сборники тепловозной комиссии, вып. № 3, Транспечать НКПС, М. 1930.,

20. Семичастнов И. Ф., Турбопередачи тепловозов, Машгиз, М. 1948.

21. Степанов А. Д., Тепловозы и автомотрисы с электрической передачей, Государственное энергетическое издательство, М—Л. 1945.

22. Степанов А. Д., Тепловозостроение за 25 лет, «Электричество» № 9, 1950, стр. 23—31.

23. Хлебников Г. К., Мотовозы, конструкции и эксплоатация, ЦНИИ, вып. 48, Трансжелдориздат, М. 1939.

24. Хохлов Т. Н., За тепловоз, «Паровозное хозяйство» № 1, 1934, стр. 12—16.

25. Хохлов Т. Н., Платонов Е. В., Паспорт тепловоза серии ТЭ1, вып. 34, Труды ЦНИИ, Трансжелдориздат, М 1949.

26. Хохлов Т. Н., Рудая К. И., Паспорт тепловоза серии $Д^{А}$, вып. 19, Труды ЦНИИ, Трансжелдориздат, М. 1948.

27. Центральный научно-исследовательский тепловозный институт НКПС, сб. 1, Тепловоз с электрической передачей $Э^{ЭЛ}$-2, ОГИЗ-Гострансиздат, М—Л. 1931.

28. Центральный научно-исследовательский тепловозный институт НКПС, сб. 2, Тепловоз с механической передачей $Э^{МХ}$ 3, ОГИЗ-Гострансиздат, М.—Л. 1931.

29. Шелест А., Тепловозы, «Техническая энциклопедия», Т. 22, ОГИЗ РСФСР, М. 1933, стр. 903—943.

30. Шелест А. Н. и др., Тепловозы, Энциклопедический справочник «Машиностроение», т. 13, Машгиз, М. 1949, стр. 495—608.

31. Шишкин К. А., Тепловозы в послевоенной пятилетке, «Основные вопросы пятилетнего плана восстановления и развития железнодорожного траиспорта на 1946—1950 гг.», сб. статей под общей редакцией Б. И. Левина, Трансжелдориздат, М. 1947, стр. 213—218.

32. Шпаковский И. Д., Алешин А. А., Семенов И. Н., Кметик П. И., Малышев В. М., Тепловоз $Э^{ЭЛ}$-5, «Локомотивостроение», сб. 5, Тепловозной лаборатории ММИ, Госмашметиздат, М.—Л., 1933, стр. 5—68.

33. Якобсон П. В., Тепловоз, Гострансиздат, М.—Л. 1932.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От авторов 3

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО СОВЕТСКИХ ТЕПЛОВОЗОВ

Глава I. Исторический обзор развития тепловозов в СССР 5
Глава II. Конструкция первых советских тепловозов 8
Глава III. Современные тепловозы и их основные характеристики 37

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК ТЕПЛОВОЗОВ ТЭ1, ТЭ2, ТЭ5

Глава I. Дизель Д-50 48
Глава II. Трубопроводы и вспомогательное оборудование дизеля 113
Глава III. Холодильник тепловоза ТЭ1 139
Глава IV. Особенности механического оборудования тепловозов ТЭ2 и ТЭ5 147
Глава V. Уход за двигателем и неисправности в работе 161

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЗОВ СЕРИЙ ТЭ1 И ТЭ5

Глава I. Электрическая схема тепловозов ТЭ1 и ТЭ5 165
Глава II. Электрические машины 191
Глава III. Электрические аппараты 228
Глава IV. Аккумуляторная батарея 263
Глава V. Эксплоатация электрооборудования . . 267
Глава VI. Особенности электрооборудования тепловоза ТЭ2 270

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

ЭКИПАЖНАЯ ЧАСТЬ И КУЗОВ ТЕПЛОВОЗОВ СЕРИИ ТЭ1

Глава I. Верхнее строение тепловозов серии ТЭ1 274
Глава II. Тележки тепловозов серии ТЭ1 277
Глава III. Особенности устройства тепловоза ТЭ5 287
Глава IV. Особенности устройства тепловоза ТЭ2 288
Использованная литература 291

Технические редакторы *В. П. Дульнев* и *Т. Ф. Соколова.* Корректор *И. И. Рубашкин*
Обложка художника *А. Л. Бельского*

Сдано в производство 18/X 1950 г. Подписано к печати 7/III 1951 г. Тираж 3000 экз. Т-00984
Печ. л. 30,56 (4 вкл.) Бум. л. 9,32 Уч.-изд. л. 36,25. Бумага 84×108$^1/_8$ Заказ № 2870

1-я типография Машгиза, Ленинград, ул. Моисеенко, 10

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть	По чьей вине
17	6-я графа справа, 1-я сверху	160	16,0	Авт.
25	Подпись под фиг. 8, стр. 1-я сверху	14-4-1	1-4-1	Тип.
125	Левая колонка, стр. 24-я снизу	Цианирование	Центрирование	Корр.
154	Правая колонка, стр. 2-я снизу	Начиная с . . .	Насос 41 пока не ставится, а начиная с третьего тепловоза . . .	Авт.

Шишкин К. А. и др., „Советские тепловозы". Зак. 2870.