

В. А. РАКОВ, П. К. ПОНОМАРЕНКО

# ЭЛЕКТРОВОЗ

*Четвёртое  
переработанное издание*



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
Москва 1952

В книге даётся описание механической, электрической и пневматической частей электровозов постоянного тока железных дорог Советского Союза; подробно разобрана работа электрических схем, освещены вопросы управления и даны сведения по эксплуатации и уходу за электровозами.

Книга рассчитана на электровозных машинистов и их помощников.

---

*Редактор В. А. ШИЛОВСКИЙ*

## ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

Перевод ряда участков железных дорог с паровой тяги на электрическую обусловил появление кадров тяговых-электровозников. Эти кадры стремятся овладеть в совершенстве техникой своего дела. Многие электровозные машинисты на основе стахановско-кривоносовских методов работы и глубокого изучения электровоза, управления им и искусства вождения поездов добились блестящих успехов.

Для того чтобы помочь электровозным машинистам и их помощникам с наименьшей затратой времени изучить технически передовой локомотив, каким является электровоз, и написана настоящая книга.

Книга рассчитана главным образом на машинистов и их помощников, частично она может быть использована и ремонтным персоналом электровозных депо и лицами, желающими ознакомиться с устройством и работой электровоза.

В книге дано описание механической, электрической и пневматической частей электровозов постоянного тока, эксплуатируемых на электрифицированных участках СССР; подробно разобрана работа электрических схем с реостатным и рекуперативным торможением; освещены вопросы управления электровозом и даны сведения по эксплуатации и уходу за оборудованием.

Подобная книга появляется впервые, поэтому авторы надеются, что электровозные машинисты, их помощники и лица, изучающие электровоз, своими пожеланиями и замечаниями помогут исправить недочёты как в размещении материала, так и в описании отдельных аппаратов и частей электровоза.

Все пожелания и замечания, которые нами будут приняты с благодарностью, просьба направлять в Трансжелдориздат НКПС.

Май 1938 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ К ЧЕТВЁРТОМУ ИЗДАНИЮ

При подготовке книги «Электровоз» к четвёртому изданию значительной переработке подверглись главы «Тяговые двигатели», «Вспомогательные машины», «Электрические схемы» и «Техника безопасности при обслуживании электровозов». В главы «Механическая часть», «Управление электровозом» и «Эксплуатация электровозов» внесены изменения в соответствии с переизданными в марте 1952 г. Правилами технической эксплуатации железных дорог Союза ССР (ПТЭ).

В новом издании более подробно описаны машины и оборудование электровозов серии ВЛ22<sup>м</sup>, материал справочного характера вынесен в приложения, а описание менее распространённых конструкций и схем набрано мелким шрифтом.

Октябрь 1952 г.

---

## ВВЕДЕНИЕ

Идея использования электрической энергии для целей передвижения была осуществлена в России ещё в начале прошлого века, когда был изобретён электрический двигатель.

В результате работ талантливых русских учёных, инженеров и изобретателей стало возможным практическое осуществление электрификации железнодорожных линий. Однако в условиях царской России вследствие экономической отсталости страны вопрос о введении электрической тяги на железных дорогах не получил своего разрешения.

Только после Великой Октябрьской социалистической революции открылись неограниченные возможности для электрификации железнодорожного транспорта.

Ещё не была закончена гражданская война, а партия большевиков уже наметила грандиозные планы электрификации страны.

В феврале 1920 г. по решению Советского правительства была образована Государственная комиссия по электрификации России (ГОЭЛРО). Разработанный этой комиссией план электрификации страны был принят на VIII Всероссийском съезде Советов.

Это был первый ленинско-сталинский план технического перевооружения нашей Родины на базе электрификации.

План ГОЭЛРО намечал строительство гидроэлектрических и тепловых электрических станций, линий электропередач, электрификацию нескольких грузонапряжённых железнодорожных магистралей, а также ряда горных и пригородных участков железных дорог.

Благодаря успешному выполнению намеченной программы электрификации страны и развитию электропромышленности уже в 1926 г. был электрифицирован первый в Советском Союзе пригородный участок Баку—Сабунчи—Сураханы, на котором паровая тяга была заменена электрической.

Особенно широко начала вводиться электрическая тяга на советском транспорте в годы сталинских пятилеток, на основе успешного осуществления сталинской политики индустриализации страны. В эти исторические годы по личному указанию товарища Сталина были электрифицированы сотни километров железнодорожных линий.

В 1932 г. на электровозную тягу был переведён участок Хашури—Зестафони Закавказской железной дороги, имеющий тяжёлый



горный профиль с большим количеством кривых малого радиуса и крутых уклонов; затем электровозы были пущены на Пермской, Свердловской, Томской, Кировской, Сталинской, Ярославской и Орджоникидзевской железных дорогах.

Электрификация железных дорог не прекращалась и в годы Великой Отечественной войны. В это время были начаты работы по электрификации участка Челябинск—Златоуст Южно-Уральской железной дороги, а на ряде пригородных линий введена в эксплуатацию моторвагонная тяга.

В послевоенной сталинской пятилетке восстановления и развития народного хозяйства Советского Союза осуществлялась дальнейшая электрификация транспорта.

Директивами XIX съезда партии по пятому пятилетнему плану развития СССР на 1951—1955 годы предусматривается перевод на электрическую тягу в четыре раза больше железнодорожных линий по сравнению с протяжённостью линий, электрифицированных в истекшем пятилетии.

В настоящее время продолжается электрификация дорог Урало-Сибирского направления, Закавказья, а также пригородных участков Москвы и Ленинграда. В нашей стране впервые в мире электрифицируются не только отдельные железнодорожные участки, а целое важнейшее магистральное направление, включающее несколько железных дорог.

Широкие перспективы перевода движения поездов с паровой на электрическую тягу откроет введение в строй величайших сооружений сталинской эпохи — Куйбышевской, Сталинградской, Горьковской и Чебоксарской гидроэлектростанций на Волге, Каховской на Днепре и Воткинской на Каме, а также постройка ряда других гидроэлектрических и тепловых электрических станций. Энергия этих станций обеспечит новый мощный подъём дальнейшего развития промышленности, транспорта и сельского хозяйства.

Заботами Коммунистической партии, Советского правительства и лично товарища Сталина железнодорожный транспорт оснащается мощными электровозами самой современной конструкции и совершенным моторвагонным подвижным составом.

Электровагонная и моторвагонная тяга по сравнению с паровой имеет ряд существенных технико-экономических преимуществ: электровоз при питании его электрической энергией от тепловых электрических станций использует на полезную работу 14—16 % всей энергии, имеющейся в топливе, тогда как паровоз использует в средних эксплуатационных условиях не более 6 — 7 % энергии, заключённой в топливе.

Уже одно это преимущество при замене паровой тяги электрической даёт большую экономию топлива; кроме того, электрические станции могут потреблять более низкосортное топливо, чем паровозы, или вообще не потреблять его, работая исключительно на «белом угле» (гидроэлектростанции).

Большие мощности и практическое отсутствие ограничений в получаемой энергии позволяют электровозу работать с более высокими скоростями и водить более тяжёлые составы по сравнению с паровозами.

При низких температурах воздуха мощность паровоза несколько снижается, так как увеличивается бесполезная отдача тепла котлом и цилиндрами в атмосферу; у электровоза же, наоборот, зимой мощность повышается и сохраняется высокий процент использования энергии, подводимой к локомотиву.

В случае применения двойной или тройной тяги однотипными электровозами последние можно соединить между собой электрическими цепями, посредством которых сцепленные электровозы управляются одним машинистом из головного электровоза.

Электровозы, как правило, имеют по два поста управления и, следовательно, не нуждаются ни в поворотных кругах, ни в треугольниках, которые необходимы для паровозов.

Применение рекуперативного торможения, при котором двигатели электровоза работают в качестве генераторов электрического тока, уменьшает износ тормозных колодок и даёт экономию энергии, особенно при эксплуатации электровозов на горных участках.

Стоимость ремонта электровозов ниже стоимости ремонта паровозов: здесь, в частности, отсутствует дорогостоящий котельный ремонт.

Условия труда машиниста электровоза и его помощника значительно лучше, чем на паровозе.

Широкое применение электрической тяги увеличит пропускную и провозную способность линий, ускорит оборот вагонов, удешевит перевозку грузов и пассажиров и будет способствовать дальнейшему подъёму работы железнодорожного транспорта нашей советской Родины.

---

## ГЛАВА I

### ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ МЕХАНИКИ

#### 1. Движение

Механикой называется наука о движении и равновесии материальных тел под действием сил. В зависимости от формы пути, который проходит тело, движение разделяется на прямолинейное и криволинейное. Например, вертикально падающее тело совершает прямолинейное движение; конец стрелки часов, идущий по закруглению поезда или летящий снаряд совершают криволинейное движение.

Прямолинейное и криволинейное движение может быть равномерным и неравномерным. Равномерным движением называется движение, при котором тело в равные промежутки времени проходит равные по величине пути. Поезд, проходящий каждую секунду одинаковые расстояния, совершает равномерное движение.

Расстояние, проходимое движущимся телом в единицу времени (в секунду, минуту или час), называется скоростью движения.

Если тело движется равномерно, то, зная, какое расстояние оно прошло в известное время, можно найти скорость его движения; для этого надо разделить число пройденных единиц длины (например километров или метров) на число единиц времени (часов, минут или секунд), в течение которого пройдена эта длина. В технике принято выражать скорости в метрах в секунду и в километрах в час.

Одним из видов криволинейного движения является движение тела по окружности; примером может служить движение точки или детали, расположенной на вращающемся колесе. Скорость вращения измеряется обычно в оборотах в минуту (об/мин.). Скорость, которой обладают тела, совершающие круговое движение, называется окружной скоростью. Окружная скорость может быть определена, если известны радиус или диаметр и число оборотов движущегося тела в определённый промежуток времени. Например, если вращающееся колесо имеет диаметр  $D=1,2$  м и скорость вращения  $n=300$  об/мин., то скорость точки, расположенной на окружности колеса, будет равна

$$v = \frac{\pi D n}{60} = \frac{3,14 \cdot 1,2 \cdot 300}{60} = 18,84 \text{ м/сек},$$

или

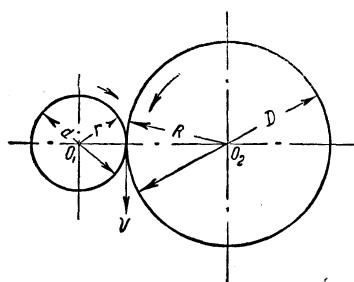
$$18,84 \cdot 3,6 = 67,8 \text{ км/час.}$$

Окружные скорости  $v$  двух сцепленных колёс (фиг. 1) равны между собой, а числа оборотов этих колёс обратно пропорциональны радиусам  $R$  и  $r$  (или диаметрам  $D$  и  $d$ ), т. е.:

$$\frac{n \text{ колёса с центром } O_1}{n \text{ колёса с центром } O_2} = \frac{R}{r} = \frac{D}{d} = i.$$

Величина  $i$  носит название передаточного числа.

Если движущееся тело проходит в одинаковые промежутки времени неодинаковые расстояния, т. е. меняет свою скорость, то



Фиг. 1. Сцепленные колёса

такое движение называется неравномерным, или переменным, движением. Когда при движении тела скорость его увеличивается, то такое движение называется ускоренным, когда же скорость движения тела уменьшается, то такое движение называется замедленным.

Если в случае неравномерного движения разделить длину всего пройденного телом пути на число единиц времени, в которое этот путь пройден, то получится так называемая средняя скорость движения. Так, например, если поезд прошёл за 0,5 часа 28 км и на разных участках этого пути он шёл с различной скоростью, то средняя скорость его на участке пути в 28 км будет равна

$$v = \frac{28}{0,5} = 56 \text{ км/час.}$$

Изменение скорости движения тела в течение единицы времени называется ускорением.

Если тело движется с переменной скоростью, так что скорость его изменяется в каждую секунду на одну и ту же величину, т. е. ускорение его остаётся постоянным, то такое движение называется равнопеременным. В зависимости от увеличения или уменьшения скорости равнопеременное движение может быть равноускоренным или равнозамедленным.

## 2. Закон инерции

Более двухсот лет назад знаменитый физик и математик Ньютон открыл закон, которому подчиняются все тела. Этот закон называется законом инерции и заключается в следующем: «Всякое тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения, пока

какая-нибудь сила не заставит его изменить это состояние». На первый взгляд закон инерции может показаться не вполне точным. Приведённый в движение поезд не двигается с равномерной скоростью вечно, как, казалось бы, должно быть по закону инерции, а замедляет своё движение и останавливается. Однако противоречия здесь нет. Движение поезда замедляется действующими на него силами, например, силой трения о рельсы и воздух.

### 3. Сила

Закон инерции позволяет точно определить, что в механике подразумевается под словом «сила». Силой называется всякая причина, изменяющая состояние движения тела. Силы могут вызвать движение, прекратить, замедлить или ускорить его и изменить направление движения независимо от того, вращательное или поступательное это движение или то и другое вместе.

Силы могут изменить первоначальную форму тела, или, как говорят, деформировать его (сжать, согнуть, растянуть).

Действие силы может быть кратковременным (удар, толчок), длительным и постоянным (сила земного притяжения). На одно тело может действовать несколько сил, равных или отличающихся по величине и направленных по одной линии или под различными углами.

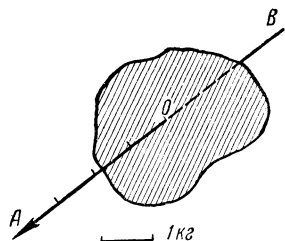
При действии на тело сил, равных по величине и прямо противоположных по направлению, приложенных к одной точке или к точкам на прямой действия этих сил, тело не изменит своего состояния, т. е. сохранит равновесие.

За единицу измерения силы в технике принята единица веса один килограмм (1 кг).

Чтобы определить действие силы на тело и изобразить это на чертеже, необходимо знать величину силы, её направление и точку приложения.

Сила на бумаге изображается отрезком прямой, выходящим из точки приложения  $O$  (фиг. 2) и отложенным по направлению действия силы. На конце отрезка ставится стрелка, указывающая направление силы. Сила веса всегда изображается вертикальным отрезком, направленным вниз.

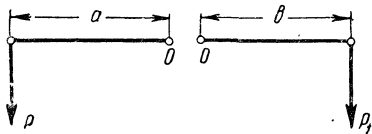
Точку приложения всякой силы можно перенести по направлению её действия вперёд или назад — в точки  $A$  или  $B$  (фиг. 2) без изменения действия силы. В этом можно убедиться из опыта. Если тянуть какой-либо груз за верёвку, то независимо от длины верёвки, за которую груз тянется, усилие тянущего не изменится.



Фиг. 2. Графическое изображение величины, точки приложения и направления силы

#### 4. Момент силы

Моментом силы  $P$  относительно точки  $O$  (фиг. 3) называется произведение силы  $P$  на расстояние  $a$ . Расстояние  $a$  называется плечом момента.



Фиг. 3. Графическое изображение момента силы

Если представить, что плечо принадлежит материальному телу, которое может поворачиваться вокруг точки  $O$ , то момент силы является вращающим моментом. Момент  $Pa$  вращает тело против часовой стрелки, а момент  $P_1b$  — по часовой стрелке.

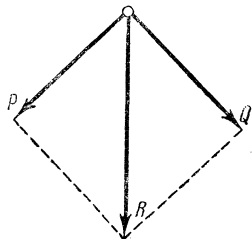
Если тело способно только вращаться, но не может передвигаться, как, например, вал машины, то если  $Pa = P_1b$ , — действие моментов уравновешивается и тело остаётся в покое.

#### 5. Сложение и разложение сил

Часто на одно и то же тело или точку действует несколько сил. Замена их одной силой называется сложением сил, а заменяющая их одна сила называется равнодействующей.

Равнодействующая двух или нескольких сил, действующих по одному направлению, равна их сумме; равнодействующая на чертеже изображается суммой отрезков, равных по величине отдельным силам.

При действии на точку или тело двух сил по одному направлению, но в разные стороны равнодействующая равна их разности, а при одинаковой величине равна нулю, так как силы взаимно уравновешиваются. Если несколько сил действует на тело или точку в одну сторону, а ещё несколько — в противоположную, то равнодействующая будет равна разности сумм тех и других сил.



Фиг. 4. Параллелограмм сил

Если две силы приложены к одной точке и расположены под углом, то в этом случае равнодействующая сила  $R$  равна диагонали параллелограмма, построенного на составляющих силах  $P$  и  $Q$  (фиг. 4). (Параллелограммом называется четырёхугольник, у которого противоположные стороны равны и параллельны.)

Чем больше угол между силами, тем меньше величина равнодействующей.

#### 6. Трение

Существуют силы сопротивления движению, которые действуют в направлении, противоположном движению, и замедляют его. К таким силам относится сила трения. При движении одного тела по

другому вследствие наличия на соприкасающихся поверхностях неровностей происходит стирание, срезание неровностей, на которое и затрачивается часть движущей силы. Чем больше неровности, тем больше трение и затрачиваемая на его преодоление сила.

Отношение силы, которую надо приложить к телу для преодоления трения, к весу самого тела или к давлению тела на поверхность называется коэффициентом трения.

В механике различают два рода трения:

1) трение первого рода, или трение скольжения, например, трение тормозной колодки о бандаж колеса, и

2) трение второго рода, или трение качения, например, трение катящегося шара о поверхность, трение колёс о рельсы.

Трение второго рода значительно меньше трения первого рода.

Трение между двумя телами тем меньше, чем глаже трущиеся друг о друга поверхности. Трение уменьшается при смазывании трущихся поверхностей смазкой, так как смазка заполняет все неровности на трущихся поверхностях. Так, если коэффициент трения гладких металлических поверхностей составляет 0,15—0,25, т. е. для преодоления этого трения надо затратить силу в 15—25 % от веса передвигающегося тела, то при смазке таких поверхностей маслом коэффициент трения падает до 0,06—0,08, т. е. уменьшается примерно в 2,5 раза.

Трение является вредным сопротивлением, но во многих случаях оно полезно и необходимо. Если бы не было трения, то колёса электровоза вращались бы на одном месте, не приводя его в движение, так как не было бы сцепления колёс с рельсами.

## 7. Давление

Силу, действующую под прямым углом на поверхность, называют давлением.

За единицу давления в технике принимается давление силой в 1 кг на поверхность в 1 см<sup>2</sup>, т. е. 1 кг/см<sup>2</sup>. Эта величина приблизительно равна давлению атмосферного воздуха на предметы и поэтому называется атмосферой (сокращённо—*ат*).

Давление, измеряемое сверх атмосферного, т. е. сверх давления окружающего нас воздуха, называется избыточным, или манометрическим.

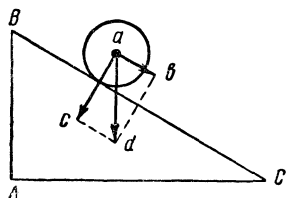
Абсолютным давлением называется истинное давление, испытываемое данной поверхностью. Величина его складывается из величины атмосферного и избыточного давлений. Если манометр показывает давление воздуха в резервуаре, равное 8 *ат*, то абсолютное давление в резервуаре равно 9 *ат*. В дальнейшем речь будет идти о манометрическом, т. е. избыточном, давлении.

Принято также выражать давление высотой столба жидкости. Так, 1 *ат*, т. е. 1 кг/см<sup>2</sup>, соответствует давлению водяного столба

высотой 10 м, или 10 000 мм; 0,1 ат — давлению водяного столба высотой 1 000 мм; 0,02 ат — давлению водяного столба высотой 200 мм и т. д. Высотой столба жидкости измеряется также и разрежение (вакуум).

## 8. Наклонная плоскость

Плоскость, находящаяся под каким-либо углом к горизонту, называется наклонной плоскостью (фиг. 5). Линия  $AB$  называется высотой, линия  $AC$  — основанием, а линия  $BC$  — длиной наклонной плоскости. Если втаскивать по наклонной плоскости (линии  $CB$ )



Фиг. 5. Наклонная плоскость

какой-либо груз, например, шар, то для этого придётся приложить меньшую силу по сравнению с той, которую необходимо приложить, чтобы поднять груз сразу на высоту наклонной плоскости  $AB$ . Сила потребуется во столько раз меньшая, во сколько высота подъёма  $AB$  меньше длины наклонной плоскости  $BC$ .

На фиг. 5 сила веса шара изображена линией  $ad$ . Эту силу по закону параллелограмма можно разложить на две силы: силу  $ab$ , параллельную плоскости  $BC$ , и перпендикулярную ей силу  $ac$ . Сила  $ac$  уничтожается сопротивлением плоскости и остаётся одна сила  $ab$ , которая будет во столько раз меньше веса шара, т. е. силы  $ad$ , во сколько раз высота подъёма плоскости  $AB$  меньше длины её  $BC$ .

## 9. Механическая работа

Сила производит работу в случае, если тело, к которому приложена эта сила, проходит известный путь под действием этой силы и в направлении её действия.

Величина совершённой работы  $A$  равна произведению силы  $F$  на длину пути  $S$ :

$$A = FS.$$

За единицу измерения величины механической работы принято считать работу, которую нужно совершить, чтобы поднять тело весом 1 кг на высоту 1 м от его начального положения. Эта единица измерения носит название килограмметра (сокращённо — кгм).

## 10. Мощность

Работоспособность, или мощность, машины определяется количеством работы  $A$ , совершаемой в единицу времени  $t$ :

$$N = \frac{A}{t}.$$



За единицу мощности в технике принято считать работу в 75 кгм, совершённую в 1 сек. Эта единица мощности называется лошадиной силой (сокращённо — л. с.).

Мощность электрических машин обычно выражается не в лошадиных силах, а в электрических единицах мощности — киловаттах (сокращённо—*квт*).  $1 \text{ квт} = 102 \text{ кгм/сек}$ , или  $1,36 \text{ л. с.}$ , а  $1 \text{ л. с.} = 0,736 \text{ квт}$ .

## 11. Понятие о вращающем моменте

У машин с вращающимися частями точка приложения силы движется по окружности. За каждый оборот вала точка приложения силы проходит путь, равный длине окружности, причём направление силы всё время совпадает с направлением движения точки приложения этой силы (фиг. 6). Сила может быть приложена к валу или к другим частям, сидящим на валу. Так, у двигателей (моторов) действующая сила приложена около поверхности якоря. При отвёртывании или завёртывании гайки действующая сила приложена на конце гаечного ключа.

При определении работы двигателей и вообще вращающегося тела вводится понятие «вращающий момент».

Вращающий момент  $M$  равен произведению силы  $F$ , приложенной в данной точке, на радиус окружности  $R$ , описываемой этой точкой:

$$M = FR.$$

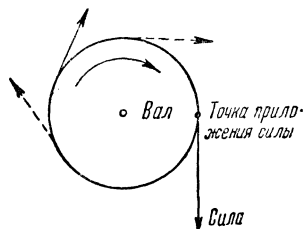
Вращающий момент  $M$ , как и работа, выражается в килограмметрах.

Работа за некоторое число оборотов может быть выражена через вращающий момент  $M$  следующим образом:

$$A = 2 \cdot 3,14 Mn.$$

Мощность  $N$  через число оборотов в минуту  $n$  и вращающий момент  $M$  выражаются формулой

$$N = \frac{2 \cdot 3,14 Mn}{75 \cdot 60} \text{ л. с.} = \frac{Mn}{716} \text{ л. с.}, \text{ или } \frac{Mn}{974} \text{ квт.}$$



Фиг. 6. Направление силы, вращающей вал.

## 12. Энергия

Тело, которое способно совершать работу, обладает энергией. Работа может быть совершена за счёт энергии, заключённой в теле, а также за счёт энергии, подведённой к нему от постороннего источника. Если притока энергии извне нет или приток меньше

расхода, то количество её уменьшается. Если к телу подводится больше энергии, чем оно расходует, то тело будет накапливать в себе энергию.

Существуют следующие виды энергии: механическая, тепловая, электрическая, химическая, лучистая (световая) и т. д. Механическая энергия может быть в виде энергии положения (потенциальной) или энергии движения (кинетической). Поднятый камень обладает потенциальной энергией и может произвести в любой момент некоторую работу. Падающий камень, движущийся поезд обладают кинетической энергией, т. е. энергией движения. Кинетическая и потенциальная энергия могут превращаться одна в другую.

Кинетическая энергия прямо пропорциональна массе (весу) движущегося тела и квадрату скорости. Поэтому если скорость движения увеличивается в 2 раза, то запас кинетической энергии возрастает в 4 раза.

Потенциальная и кинетическая энергия, как и работа, выражается в килограммометрах.

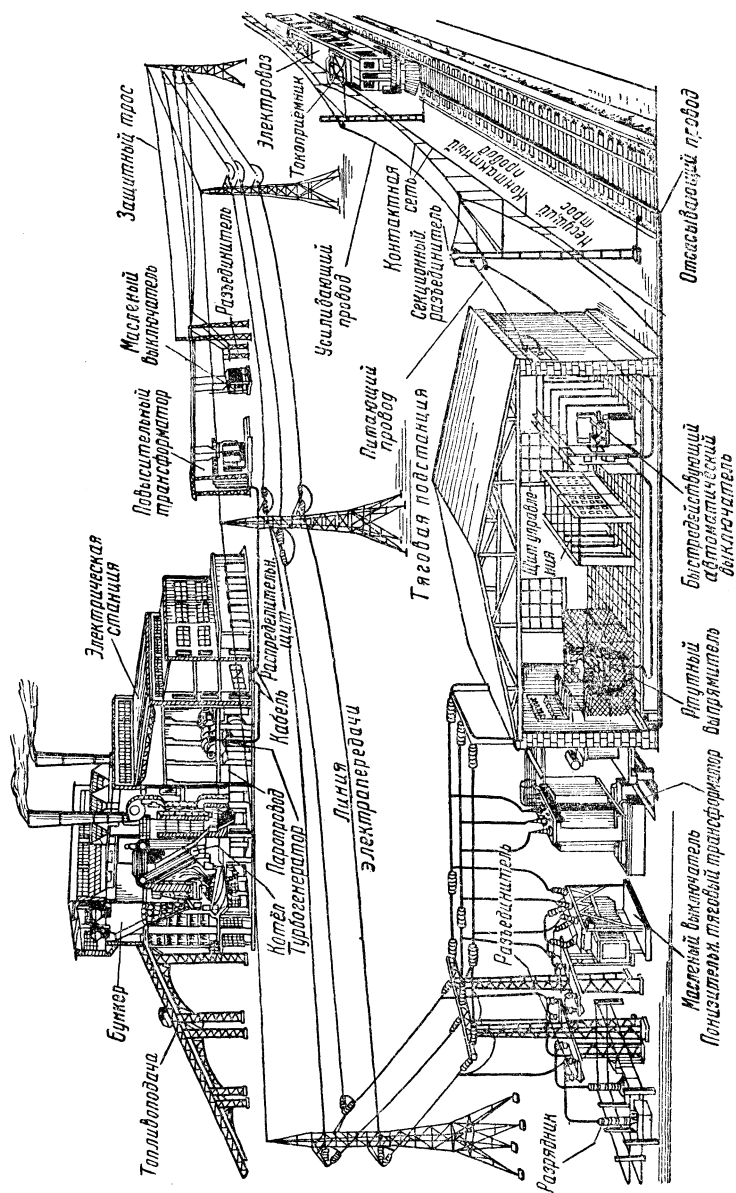
Теплота, тепло, тепловая энергия означают один и тот же вид энергии. Нагретое тело содержит запас тепловой энергии, которую можно превратить в механическую работу.

Тепловая энергия измеряется калориями. Большой калорией (сокращённо—*ккал*) называется количество тепла, которое необходимо затратить, чтобы нагреть 1 000  $\text{см}^3$  (1 л) воды на 1°. Малая калория (сокращённо—*кал*) составляет 0,001 большой калории.

При превращении тепла в механическую работу одна большая калория даёт 427  $\text{кгм}$  механической работы; при превращении механической работы в тепло 1  $\text{кгм}$  работы даёт  $\frac{1}{427}$  *ккал*.

### 13. Закон сохранения энергии

Закон сохранения энергии может быть сформулирован так: энергия никогда не исчезает и не создаётся, а только переходит из одного вида в другой. Рассмотрим пример преобразования энергии (фиг. 7). При сжигании угля, обладающего химической энергией, последняя превращается в тепловую. Тепловая энергия нагревает воду в котле и превращает её в пар. Из котла пар поступает в паровую турбину, где его потенциальная тепловая энергия превращается в механическую энергию вращения колёс турбины. Паровая турбина вращает генератор электрической энергии, который вырабатывает переменный электрический ток. В генераторе механическая энергия превращается в электрическую. От генератора электрическая энергия, преобразованная в трансформаторах и на тяговой подстанции, в виде постоянного тока через контактную сеть и рельсы поступает в электрические двигатели электровоза. Вращая двигатели электровоза, электрическая энергия преобразовывается в механическую.



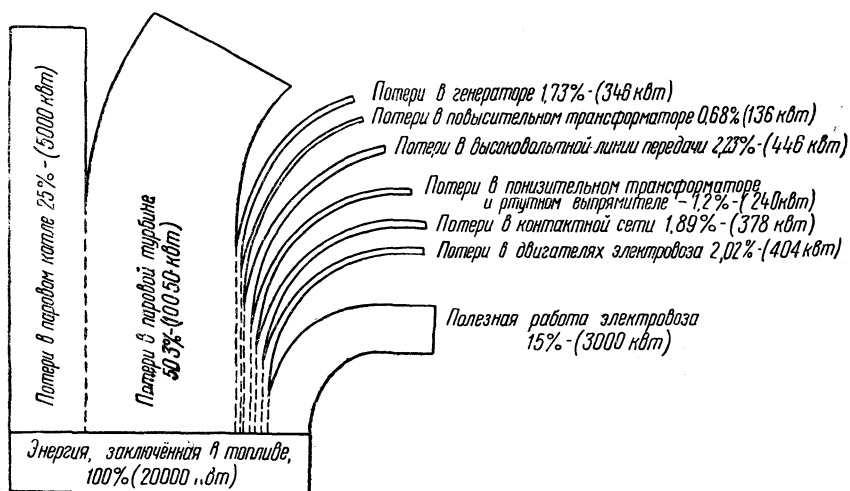
Фиг. 7. Схема преобразования энергии

## 14. Коэффициент полезного действия

При работе машин и преобразовании энергии из одного вида в другой часть энергии тратится бесполезно.

Отношение полученной от машины или установки энергии к подведённой энергии носит название отдачи, или коэффициента полезного действия. Коэффициент полезного действия может быть также выражен как отношение получаемой от машины мощности к мощности, сообщаемой ей.

Большая часть полученной при сжигании топлива энергии тратится непроизводительно и только часть переходит в полезную работу.



Фиг. 8. Энергетический баланс электровоза и сети

Для рассмотренного выше примера преобразования энергии это происходит по следующим причинам:

1) при сжигании угля не вся заключённая в нём энергия превращается в тепловую, так как некоторые частицы угля проваливаются в зольник, а также вылетают в несгоревшем виде;

2) часть тепла не передаётся котлу, а уносится вместе с отходящими из топки газами;

3) вода в котле получает не всю энергию, подведённую к котлу, так как часть её теряется через поверхность, нагревая воздух;

4) турбина неполностью использует тепловую энергию, подведённую к ней в паре, так как отработавший пар уносит с собой большое количество тепла и часть тепла турбина теряет через наружные стенки;

5) полученная в турбине механическая энергия неполностью доходит до генератора, так как часть её теряется в подшипниках и в непроизводительном трении вращающихся частей о пар;

6) генератор электрической энергии теряет часть механической и электрической энергии на трение и нагревание своих частей, а поэтому количество отдаваемой им электрической энергии меньше количества подводимой к нему механической энергии;

7) в трансформаторах, линии передачи, контактной сети и тяговой подстанции часть электрической энергии теряется в виде тепла;

8) в двигателях электровоза не вся электрическая энергия, потребляемая ими из контактной сети, превращается в полезную механическую работу, так как часть энергии тратится на нагревание частей двигателя и трение в подшипниках, щётках и о воздух.

На фиг. 8 дан баланс энергии, затрачиваемой на приведение в движение электровоза.

Отношение количества энергии, получаемой от данной установки в виде полезной работы, к количеству энергии затраченного топлива называется экономическим коэффициентом полезного действия. В рассмотренном примере с электровозом (фиг. 7 и 8) экономический коэффициент полезного действия (к. п. д.) равен

$$\eta = \frac{3\,000}{20\,000} = 0,15, \text{ или } 15\%.$$

Экономический к. п. д. равен также произведению к. п. д. отдельных машин и установок, входящих в общую систему.

Экономический к. п. д. электровоза может быть выражен так:

$$\eta = \eta_{\kappa} \eta_m \eta_g \eta_{пт} \eta_{лэ} \eta_{тн} \eta_{кс} \eta_э,$$

где  $\eta_{\kappa}$  — к. п. д. котла, равный 0,75;

$\eta_m$  — к. п. д. турбины, равный 0,33;

$\eta_g$  — к. п. д. генератора, равный 0,93;

$\eta_{пт}$  — к. п. д. повысительного трансформатора, равный 0,97;

$\eta_{лэ}$  — к. п. д. линии электропередачи, равный 0,90;

$\eta_{тн}$  — к. п. д. тяговой подстанции, равный 0,94;

$\eta_{кс}$  — к. п. д. контактной сети, равный 0,90;

$\eta_э$  — к. п. д. электровоза, равный 0,88,

т. е.

$$\eta = 0,75 \cdot 0,33 \cdot 0,93 \cdot 0,97 \cdot 0,90 \cdot 0,94 \cdot 0,90 \cdot 0,88 = 0,15.$$

Таким образом, несмотря на то, что к. п. д. самого электровоза равен 0,88, экономический к. п. д. его при работе от тепловых станций будет 0,15.

## ГЛАВА II

# ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

### 1. Электрический ток

По современной теории все тела, существующие в природе, состоят из мельчайших частиц, которые называются молекулами. Эти молекулы, в свою очередь, состоят из атомов. Каждый атом представляет собой тяжёлое ядро, обладающее положительным электрическим зарядом, вокруг которого движутся по определённым орбитам (путям) отрицательно заряженные электроны. Величина электрона настолько мала, что человеческому воображению трудно представить его размеры. Если атом имеет размер приблизительно в  $0,0000000053$  см, т. е. в миллиард раз менее 5 см, то электрон менее атома в 2 000 раз. Нормально в атоме, а следовательно, и в теле заряды электронов и ядер взаимно уравновешиваются и тело не проявляет электрических свойств. В том случае, если в теле появляется избыток или недостаток электронов, оно проявляет электрические свойства и называется тогда электрически заряженным. Избыток электронов называется отрицательным зарядом, недостаток электронов — положительным зарядом.

Тела стремятся сохранить нормальное для них количество электронов, и поэтому если соединить металлической проволокой два тела, из которых одно имеет отрицательный, а другое положительный заряд, то избыток электронов потечёт по проволоке ко второму телу и уравнивает заряды обоих тел. После уравнивания зарядов течение электронов прекратится. Движение электронов по проводнику называется электрическим током.

Если тела с различным зарядом соединить не металлической проволокой, а, например, стеклянной палочкой, то никакого тока в ней не будет, так как стекло не допускает свободного продвижения электронов. Те вещества, по которым электроны могут свободно двигаться, называются проводниками (металлы, уголь, растворы солей, кислот и т. д.); тела, не допускающие перемещения электронов, называются изоляторами (фарфор, слюда, шёлк, стекло, асбест и т. д.).

Чтобы получить непрерывное течение электронов по проводнику, необходимо постоянно поддерживать на одном конце проводника

избыток, а на другом недостаток электронов. Другими словами, необходима какая-то сила, которая постоянно поддерживала бы разность электрических состояний (иначе, разность потенциалов, или напряжение) на концах проводника. Эта сила называется э л е к т р о д в и ж у щ е й с и л о й (сокращённо—э. д. с.). Генераторы, элементы, батареи, обладающие такой э. д. с., называются источниками электрической энергии.

Э. д. с. батареи постоянно создаёт на одном зажиме избыток электронов (этот зажим называется отрицательным полюсом батареи), а на другом недостаток их (положительный полюс батареи) и таким образом поддерживает постоянно разницу электрических состояний, или, как говорят, разность потенциалов на этих зажимах.

Если соединить оба зажима проволокой, то электроны будут перемещаться по ней от отрицательного зажима к положительному, стремясь уравнять заряды на обоих зажимах, но э. д. с. внутри батареи перенесёт пришедшие к положительному полюсу электроны обратно к отрицательному и поэтому ток в проводнике будет существовать непрерывно, имея направление от отрицательного полюса (минуса) к положительному (плюсу), а внутри элемента, наоборот, от положительного полюса к отрицательному.

Условно считают, что направление электрического тока противоположно направлению движения электронов, т. е. что в проводнике, замыкающем зажимы батареи, ток имеет направление от положительного полюса (+) к отрицательному (—). На схемах направление тока указывают стрелками, направленными от плюса (+) к минусу (—).

Иногда по проводнику проходит большое количество электронов, а иногда малое. Другими словами, ток может быть сильнее или слабее. Под величиной тока понимается количество электронов, которое протекает за 1 сек. через сечение проводника. Если электронов за каждую секунду протекает много, то говорят, что ток в проводнике имеет большую величину, или, короче, что ток большой; в противном случае говорят, что ток малый.

В настоящее время величину тока принято называть сокращённо «ток». Ток измеряется в амперах (сокращённо — *a*).

За 1 *a* принимается такой ток, который, проходя через водный раствор азотнокислого серебра, в течение 1 сек. выделяет из него 0,001118 г серебра.

Тысячная доля ампера называется миллиампером (сокращённо—*ма*).

В зависимости от сечения, длины и материала проводника одна и та же э. д. с. может создать в этом проводнике ток разной величины. Объясняется это тем, что в разных проводниках ток встречает на своём пути различное сопротивление.

Сопротивление проводников измеряется в о м а х. Сопротивлением в 1 ом обладает столб ртути высотой 106,3 см, сечением 1 мм<sup>2</sup> при температуре 0°.

Сопротивление в один миллион омов называется мегомом (сокращённо — *мгом*).

Напряжение, вызывающее в проводнике сопротивлением 1 ом ток в 1 а, принято за единицу и называется вольт-ом (сокращённо — *в*).

Для измерения количества электричества служит единица количества электричества — кулон (сокращённо — *к*). Кулоном называется то количество электричества, которое доставляется током в 1 а в течение 1 сек. Для практических целей эта единица слишком мала и обычно количество электричества выражается в ампер-часах (сокращённо — *а-ч*). Ампер-час есть количество электричества, доставленное током в 1 а в течение 1 часа (1 а-ч равен 3 600 к).

Электрический ток возникает только в замкнутой цепи. В цепь входят источник электрической энергии и проводники. Для замыкания и размыкания цепи тока служат выключатели в виде рубильников, контакторов и т. д. Для перемены направления тока служат переключатели.

Если электрический ток имеет место в жидком проводнике, например в растворе кислоты, то он разлагает его химически. Разлагаемое вещество называется электролитом, а самое явление химического разложения — электролизом. Чтобы пропустить ток через электролит, в него опускаются две токопроводящие пластины — электроды, присоединяемые к зажимам источника тока; по одной из них, называемой анодом, ток входит в жидкость, по другой, называемой катодом, ток выходит из неё.

## 2. Закон Ома

Закон Ома выражает зависимость между напряжением, или э. д. с., сопротивлением проводника и током. Этот закон читается так: величина тока прямо пропорциональна напряжению, или электродвижущей силе, и обратно пропорциональна сопротивлению. Другими словами, величина тока в проводнике (выраженная в амперах) равна напряжению, приложенному к концам этого проводника (в вольтах), делённому на сопротивление проводника (в омах).

Для удобства и сокращения письма условились обозначать: ток — буквой *I*; напряжение, или э. д. с., — буквой *U* или *E*; сопротивление — буквой *R*.

При помощи этих обозначений закон Ома выражается математически формулой

$$I = \frac{U}{R},$$

где *I* — в а, *U* в в и *R* — в ом.



Как следствие из закона Ома, получается, что напряжение равно произведению тока на сопротивление проводника, т. е.

$$U = IR \text{ в.}$$

По этой формуле подсчитывается падение напряжения для любого участка электрической цепи, т. е. разность напряжений между конечными точками этого участка.

Из закона Ома получается ещё выражение для определения сопротивления проводников при заданных  $U$  и  $I$ :

$$R = \frac{U}{I} \text{ ом.}$$

Несмотря на свою простоту, закон Ома позволяет разрешить многие вопросы.

**Пример 1.** Определить ток катушки, если к её зажимам приложено напряжение 50 в, а её сопротивление равно 20 ом.

*Решение.*

$$I = \frac{U}{R} = \frac{50}{20} = 2,5 \text{ а.}$$

**Пример 2.** Каково сопротивление реостатов, если известно, что при напряжении в 3000 в ток в них равен 100 а?

*Решение.*

$$R = \frac{U}{I} = \frac{3000}{100} = 30 \text{ ом.}$$

**Пример 3.** Каково падение напряжения в контактной сети, если ток электровоза равен 750 а, а сопротивление сети от тяговой подстанции до электровоза равно 0,2 ом?

*Решение.*

$$U = IR = 750 \cdot 0,2 = 150 \text{ в.}$$

### 3. Сопротивление проводников

Свойство материала проводить ток характеризуется его удельным сопротивлением. Удельное сопротивление проводника есть сопротивление проводника из данного материала длиной 1 м и сечением 1 мм<sup>2</sup>, выраженное в омах. Удельное сопротивление обозначается буквой  $\rho$  (ро) и имеет размерность

$$\frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}.$$

Сопротивление проводника зависит от:

- 1) материала, из которого сделан проводник, — удельного сопротивления;
- 2) длины проводника;
- 3) поперечного сечения проводника.

Сопротивление прямо пропорционально удельному сопротивлению проводника  $\left( \rho \frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \right)$ , прямо пропорционально его

длине  $l$ ,  $m$  и обратно пропорционально поперечному сечению проводника  $q$ ,  $мм^2$ , т. е.

$$R = \rho \frac{l}{q} \text{ ом.}$$

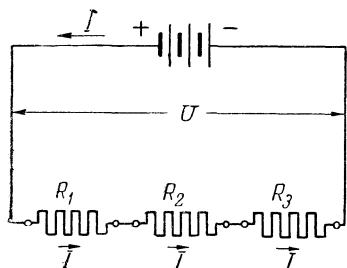
Значения  $\rho$  для различных материалов даны на стр. 33—34.

При увеличении температуры сопротивление всех металлических проводников растёт. Сопротивление угля, растворов кислот и солей при нагревании уменьшается.

#### 4. Способы соединения сопротивлений

Несколько отдельных сопротивлений могут быть включены в цепь источника электрической энергии тремя способами — последовательно, параллельно и смешанно.

При последовательном включении сопротивления соединяются одно за другим так, что конец первого соединяется с началом второго, конец второго — с началом третьего и т. д. (фиг. 9).



Фиг. 9. Последовательное включение сопротивлений

Общее сопротивление  $R$  последовательной цепи равно сумме отдельных сопротивлений  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , входящих в неё:

$$R = R_1 + R_2 + R_3.$$

Ток во всех элементах последовательной цепи будет один и тот же.

Напряжения на зажимах отдельных сопротивлений при их последовательном соединении будут равны:

$$U_1 = IR_1; U_2 = IR_2; U_3 = IR_3,$$

а сумма этих напряжений всегда равна напряжению, приложенному ко всем последовательно включённым сопротивлениям, т. е.:

$$U = U_1 + U_2 + U_3.$$

При параллельном включении ток разветвляется по нескольким путям (фиг. 10). Согласно закону Кирхгофа (1-й закон), сумма токов, направленных к точке разветвления, равна сумме токов, направленных от неё, и, наоборот, сумма токов, направленных от разветвления, равна сумме токов, направленных к ней, т. е.

$$I = I_1 + I_2 + I_3.$$

Ток между параллельно включёнными сопротивлениями распределяется обратно пропорционально величинам сопротивлений, т. е.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}, \quad \frac{I_1}{I_3} = \frac{R_3}{R_1}, \quad \frac{I_2}{I_3} = \frac{R_3}{R_2}.$$

Общее сопротивление цепи, составленной из параллельно включённых сопротивлений, находится из формулы

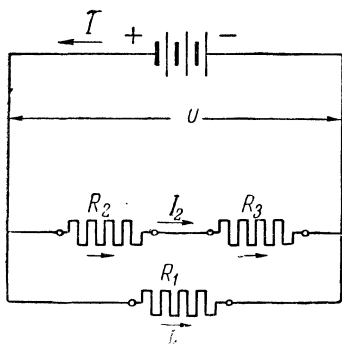
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

Величина  $\frac{1}{R}$  [называется проводимостью.

Напряжения на зажимах сопротивлений при их параллельном соединении всегда одинаковы между собой и равны напряжению, приложенному к этим сопротивлениям, т. е.

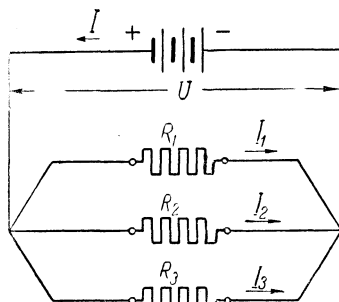
$$U_1 = U_2 = U_3 = U.$$

При смешанном включении отдельные сопротивления включаются как параллельно, так и последовательно между собой (фиг. 11).



Фиг. 11. Смешанное включение сопротивлений

и двигатели (моторы), причём для двигателей последовательное включение обычно называется серийным. Эти же соединения применяются и для источников электрической энергии (генераторов, батарей), причём параллельно можно включать только источники с одинаковым напряжением, иначе между самими источниками



Фиг. 10. Параллельное включение сопротивлений

Общий ток  $I$  при смешанном соединении равен сумме токов отдельных параллельных цепей ( $I_1, I_2$ ).

Общее сопротивление цепи, изображённой на фиг. 11, может быть найдено из формулы

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + R_3}.$$

Последовательно, параллельно и смешанно могут между собой соединяться не только отдельные сопротивления, но и разные приборы

за счёт разности напряжений возникнут уравнивающие токи, которые не будут использованы для нагрузки, и, следовательно, часть энергии будет расходоваться бесполезно.

## 5. Мощность и работа тока

При наличии в проводнике электрического тока проводник нагревается. Русский учёный, член Петербургской академии наук Э. К. Ленц установил, что количество тепла, выделяемого током в проводнике, прямо пропорционально квадрату тока, сопротивлению и времени.

Количество тепла, выделяющегося в проводнике с сопротивлением  $1\text{ ом}$  при токе  $1\text{ а}$  в течение  $1\text{ сек.}$ , равно  $0,24\text{ кал.}$  Поэтому количество тепла  $Q$ , выделяемого током  $I\text{ а}$  в проводнике с сопротивлением  $R\text{ ом}$  в течение  $t\text{ сек.}$ , выражается формулой

$$Q = 0,24 I^2 R t \text{ кал.}$$

Это положение носит название закона Джоуля-Ленца.

Согласно закону Ома  $IR = U$ , а поэтому можно также написать:

$$Q = 0,24 U I t.$$

Свойство тока выделять в проводнике тепло используется для устройства различных тепловых приборов— отопительных печей, ламп накаливания и т. д.

При наличии в приборе или машине тока последний совершает определённую работу  $A$ . За единицу электрической работы принят джоуль (сокращённо— $\text{дж}$ ), представляющий работу тока в  $1\text{ а}$  при напряжении  $1\text{ в}$  в  $1\text{ сек.}$ :

$$A = U I t \text{ дж, или } A = I^2 R t \text{ дж.}$$

Работа тока в единицу времени называется мощностью  $P$ . За единицу мощности принимают работу тока в  $1\text{ дж}$  в течение  $1\text{ сек.}$  Эта единица называется ваттом (сокращённо— $\text{вт}$ ):

$$P = U I \text{ вт, или } P = I^2 R \text{ вт.}$$

Для измерения мощности и работы больших установок обычно используются более крупные единицы, которые носят названия киловатт и киловатт-час (сокращённо— $\text{квт}$  и  $\text{квт-ч}$ );  $1\text{ квт}$  равен  $1\,000\text{ вт}$ ;  $1\text{ квт-ч}$  равен  $1\,000\text{ вт-ч}$ , или  $3\,600 \cdot 1\,000\text{ дж}$ .

## 6. Магнетизм

Кусок стали, обладающий свойством притягивать стальные частицы, находящиеся от него на небольшом расстоянии, называется магнитом. Магнит, выполненный в виде прямоугольного бруска (фиг. 12), обладает наибольшей силой притяжения у концов. В средней его части притяжение равно нулю.

Места магнита, обладающие наибольшей силой притяжения, называются полюсами.

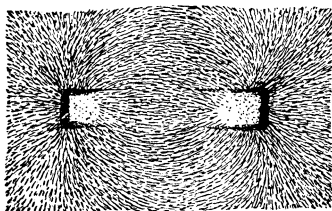
Прямоугольный магнит, подвешенный на нитке в горизонтальном направлении, устанавливается всегда так, что один его конец обращён на север, а другой на юг. Такое явление получается потому, что земля сама является магнитом, а магниты обладают свойством притяжения разноимённых и отталкивания одноимённых полюсов. Конец магнита, обращённый к северу, называется северным полюсом и обозначается буквой *N*; конец, обращённый к югу, — южным полюсом и обозначается буквой *S*.



Фиг. 12. Полосовой магнит

Пространство, в котором проявляется действие магнита, называется магнитным полем. Те линии, в направлении которых действуют силы магнита, называются магнитными силовыми линиями. Расположение магнитных силовых линий ясно проявляется, если на магнит положить лист бумаги и насыпать на него мелкие стальные опилки (фиг. 13).

Направление магнитных силовых линий может быть обнаружено при помощи лёгкой магнитной стрелки, которая располагается вдоль силовых линий. Условно считают, что магнитные силовые линии имеют направление от северного полюса к южному. Магнитная силовая линия может иметь большую или меньшую длину, разнообразную геометрическую форму, но обязательно является замкнутой линией. Внутри магнита силовые линии имеют направление от южного полюса к северному.



Фиг. 13. Магнитное поле полосового магнита

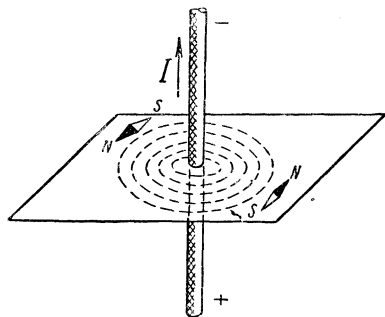
Один и тот же кусок стали можно намагнитить сильнее или слабее. Силу магнита условились определять числом магнитных силовых линий. Чем сильнее намагничен магнит, тем гуще расположены магнитные силовые линии. Общее число силовых линий полюса называется магнитным потоком и обозначается буквой  $\Phi$ .

Число силовых магнитных линий, приходящихся на  $1 \text{ см}^2$  плоскости, проходящей перпендикулярно силовым линиям, называется магнитной индукцией и обозначается буквой  $B$ .

## 7. Электромагнетизм

При наличии в проводнике тока вокруг него возникает магнитное поле. Если проволоку с током пропустить через лист бумаги с насыпанными на него стальными опилками, то опилки расположатся вокруг проводника по окружностям (фиг. 14).

Магнитное поле существует только в то время, когда в проводнике имеется ток. Если переключить провода и изменить направление тока, то направление круговых магнитных силовых линий изме-



Фиг. 14. Силовые магнитные линии вокруг проводника с током

нится на обратное, что можно установить при помощи магнитной стрелки (фиг. 14).

Если токонесущий проводник имеет форму окружности (витка), то магнитные силовые линии расположатся так, как это показано на фиг. 15. Как видно на фигуре, все силовые линии внутри проводника направлены стрелками от чертежа к читателю и образуют северный полюс. Виток с током во всём подобен короткому магниту. При наличии тока в спи-

рально согнутой проволоке (соленоиде) по концам этой спирали образуются полюсы и спираль будет иметь все свойства постоянного магнита—притягивать стальные частички, устанавливаться при её подвешивании, как магнитная стрелка, и т. д. Расположение магнитных силовых линий соленоида показано на фиг. 16. На практике соленоиды выполняются в виде катушек.

Для определения положения полюсов соленоида может служить следующее правило. Если взять катушку в правую руку так, чтобы пальцы совпали с направлением тока, то отставленный большой палец покажет направление магнитного поля внутри катушки, т. е. на северный полюс (фиг. 17).

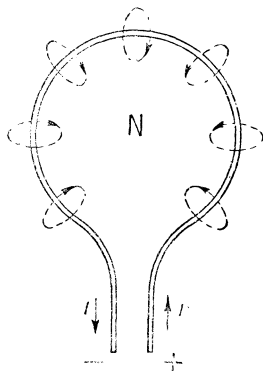
Число силовых магнитных линий катушки тем больше, чем больше ток катушки и чем большее число витков имеет катушка.

Произведение тока (в амперах) на число витков называется а м п е р - в и т к а м и и обозначается  $AW$ . Магнитный поток соленоида пропорционален числу ампер-витков, т. е.

$$\Phi = \kappa AW,$$

где  $\kappa$  — постоянный коэффициент.

Если в соленоид вложить стержень (сердечник) из магнитного материала, например из стали, то получится электромагнит. Магнитные свойства электромагнита значительно сильнее, чем того



Фиг. 15. Магнитное поле витка с током

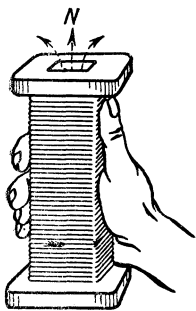
же соленоида без сердечника. Это указывает на то, что магнитный поток в стали образуется значительно легче, чем в воздухе, поэтому в электрических машинах и аппаратах участки их, несущие магнитные потоки, выполняются из стали или чугуна.

Для определения полюсов электромагнита в зависимости от направления тока в катушке применимо то же правило, что и для соленоида (фиг. 17).

Степень намагничиваемости сердечника электромагнита не находится в прямой зависимости от ампер-витков катушки, как это имеет место в соленоиде. У электромагнита при увеличении тока (числа ампер-витков) катушки наступает такой момент, когда дальнейшее увеличение тока не меняет магнитных свойств сердечника, и тогда говорят, что материал сердечника достиг магнитного насыщения.

Различные сорта стали и чугуна достигают магнитного насыщения при различном числе ампер-витков. На фиг. 18 показаны кривые намагничивания стали и чугуна, представляющие собой опытные данные зависимости между магнитной индукцией  $B$  и числом ампер-витков  $AW$ , приходящихся на 1 см длины магнитопровода.

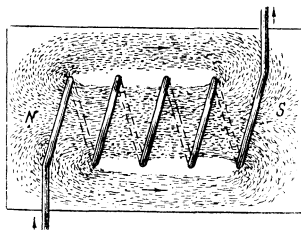
После размыкания цепи и исчезновения тока в обмотке катушки электромагнита магнитные свойства сердечника не исчезают совершенно, а в нём остаётся некоторый магнетизм, называемый остаточным.



Фиг. 17. Определение направления магнитного поля катушки

Сталь с большим содержанием углерода (твёрдая) обладает свойством сильно задерживать магнетизм; малоуглеродистые стали (мягкие) задерживают магнетизм слабо.

Поскольку магнитные тела обладают свойством задерживать магнетизм, кривые индукции при увеличении и уменьшении ампер-витков не совпадают между собой и располагаются так, как это показано на фиг. 19. Вначале процесс намагничивания идёт по кривой  $OA$ , затем, при уменьшении ампер-витков  $AW$ , индукция  $B$  уменьшается по закону кривой  $AD$ , т. е. при выключенном токе ( $AW = 0$ ) остаточный магнетизм изобразится отрезком  $OD$ . Чтобы размагнитить сердечник, необходимо изменить направление тока в катушке на обратное, т. е. создать отрицательные ампер-витки. При дальнейшем увеличении отрицательных ампер-витков сердечник будет намагничиваться и достигнет наибольшего значения магнитной индукции  $B$  в точке  $C$ . Расположение точки  $C$  под линией



Фиг. 16. Расположение силовых линий соленоида

$AW - AW$  указывает на то, что магнитный поток изменил своё направление на обратное (с  $+B$  на  $-B$ ).

При уменьшении отрицательных ампер-витков, отключении тока и включении его в первоначальном направлении процесс намагничивания и намагничивания пойдёт по кривой  $CEA$ , причём отрезком  $OE$  изобразится остаточный магнетизм.

Свойство магнитных тел отставать по магнетизму от намагничивающей или размагничивающей силы (ампер-витков) называется гистерезисом, а кривые  $ADCEA$  — петлёй гистерезиса. Гистерезис проявляется нагреванием и гудением железа, на что затрачивается энергия. Чем больше пло-

щадь, заключённая между кривыми  $ADC$  и  $CEA$ , тем больше величина потерь на гистерезис. Мягкая сталь обладает наименьшей площадью петли гистерезиса и поэтому потребляется во всех частях машин и аппаратов, где происходит частое перемагничивание.

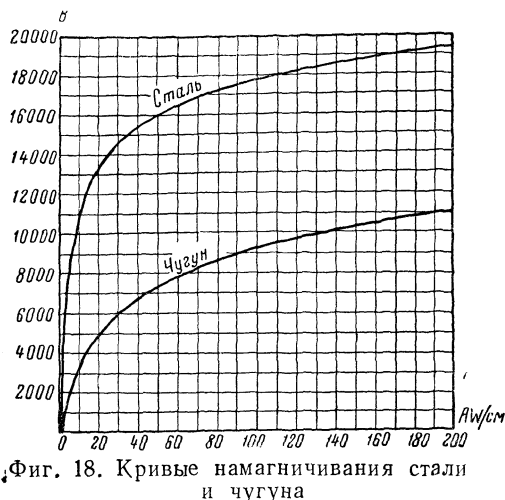
## 8. Магнитная цепь

Так как магнитные силовые линии всегда замкнуты, то тела, через которые они проходят, образуют непрерывную магнитную цепь (фиг. 20).

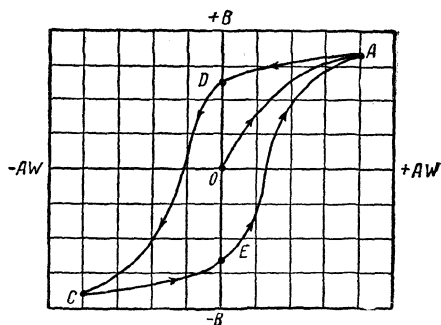
Участок длины силовых магнитных линий между магнитными телами в воздухе носит название междужелезного пространства.

Силовые линии, уклоняющиеся от пути, который им предоставлен, например через кусок стали, помещённый около полюсов подковообразного магнита (фиг. 20), представляют собой магнитную утечку, или магнитное рассеяние.

Для магнитной цепи применим закон Ома, который читается в данном случае так: магнитный поток  $\Phi$  прямо пропор-



Фиг. 18. Кривые намагничивания стали и чугуна



Фиг. 19. Кривые намагничивания и размагничивания стали



ционален магнитодвижущей силе (м. д. с.) и обратно пропорционален магнитному сопротивлению ( $R_m$ ), т. е.

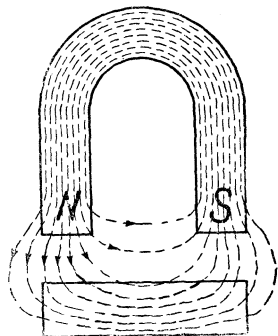
$$\Phi = \frac{\text{м. д. с.}}{R_m}.$$

Магнитодвижущая сила тем больше, чем больше число ампер-витков  $AW$ :

$$\text{м. д. с.} = \kappa AW = 0,4 \pi AW.$$

Магнитное сопротивление аналогично электрическому и выражается формулой

$$R_m = \frac{l}{\mu q},$$



Фиг. 20. Магнитная цепь

где  $l$  — длина магнитопровода в  $см$ ;

$\mu$  — магнитная проницаемость;

$q$  — площадь поперечного сечения магнитопровода в  $см^2$ .

Магнитная проницаемость для воздуха равна единице. Число, показывающее, во сколько раз увеличивается индукция от внесения в катушку (соленоид) стали, называется относительной магнитной проницаемостью. Для стали величина магнитной проницаемости колеблется в широких пределах в зависимости от величины индукции  $B$ , достигая значений 200—250.

Число силовых линий для электромагнита, состоящего из нескольких частей, определяется формулой

$$\Phi = 0,4 \pi IW : \left( \frac{l_1}{\mu_1 q_1} + \frac{l_2}{\mu_2 q_2} + \frac{l_3}{\mu_3 q_3} \right),$$

где  $l_1, l_2, l_3$  — длины отдельных частей, составляющих магнитную цепь, в  $см$ ;

$\mu_1, \mu_2, \mu_3$  — магнитные проницаемости этих частей;

$q_1, q_2, q_3$  — площади поперечного сечения их в  $см^2$ ;

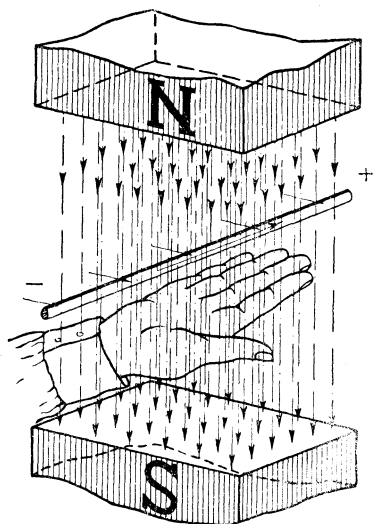
$I$  — ток в катушке в  $а$ ;

$W$  — число витков катушки.

## 9. Электромагнитная индукция

При перемещении замкнутого проводника в магнитном поле с пересечением силовых линий в этом проводнике возникает электрический ток, который носит название индуцированного, а самое явление называется электромагнитной индукцией. Это свойство использовано при получении электрической энергии в генераторах.

Индуктированный ток получается также, если замкнутый проводник приближать или удалять от другого проводника, по которому течёт ток. При этом первый проводник пересекает силовые линии, окружающие второй проводник. Если положить рядом два проводника и в одном из них замыкать и размыкать ток, то в другом проводнике будет индуцироваться ток вследствие пересечения его силовыми линиями, возникающими в момент замыкания или увеличения тока и исчезающими при размыкании или уменьшении тока. По закону Ленца направление индуцированного тока всегда таково, что он стремится препятствовать причине, вызвавшей его. Так, например, если проводник перемещается в магнитном поле, то индуцированный ток имеет такое направление, что силовые магнитные линии, им созданные, взаимодействуя с основным магнитным полем, препятствуют происходящему перемещению проводника. При изменении направления движения проводника меняется на обратное и направление индуцированного тока.



Фиг. 21. Направление тока при движении проводника в магнитном поле

и отставить большой палец в сторону движения проводника, остальные вытянутые пальцы укажут направление индуцированного тока.

Для определения направления тока существует правило правой руки: если расположить правую руку ладонью к северному полюсу магнита (фиг. 21)

## 10. Индуцированная электродвижущая сила

Электрический ток в проводнике, пересекающем магнитные силовые линии, возникает вследствие наведения в нём э. д. с. Электродвижущая сила  $E$  наводится во всяком проводнике при пересечении им силовых линий независимо от того, замкнут или разомкнут этот проводник. При замкнутом проводнике с сопротивлением  $R$  в нём устанавливается ток  $I = \frac{E}{R}$ , при разомкнутом проводнике  $R$  равно бесконечности и ток равен нулю.

Величина э. д. с.  $E$  тем больше, чем большее число силовых линий пересекает проводник в единицу времени. Количество

пересекаемых проводником силовых линий зависит от густоты магнитного потока, т. е. магнитной индукции  $B$ , длины проводника  $l$  и скорости перемещения проводника  $v$  в направлении, перпендикулярном силовым магнитным линиям.

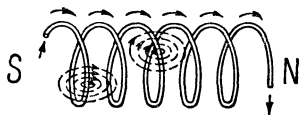
При пересечении проводником одной силовой магнитной линии в 1 сек. в нём наводится э. д. с. в  $\frac{1}{10^8}$  в, т. е. можно написать, что

$$E = \frac{Blv}{10^8} (\text{в}),$$

где  $l$  дана в см,  $v$  — в см/сек.

## 11. Самоиндукция

Так как при замыкании и размыкании тока в прямолинейном проводнике или спирали (фиг. 22) возникающие или исчезающие магнитные линии пересекают этот же проводник и соседние проводники спирали, то в них возникает э. д. с. самоиндукции. Эта э. д. с. всегда препятствует изменению величины тока. Таким образом, в момент замыкания электрической цепи ток в ней устанавливается не сразу. В момент размыкания цепи э. д. с. самоиндукции стремится поддерживать исчезающий ток.



Фиг. 22. Силовые линии вокруг проводника спирали

Э. д. с. самоиндукции при увеличении тока в цепи всегда направлена против э. д. с., вызывающей увеличение этого тока. Поэтому самоиндукция как бы повышает сопротивление проводника при увеличении тока. Это сопротивление, возникающее вследствие самоиндукции проводника, носит название **индуктивного сопротивления**; сопротивление же проводника, зависящее от величины удельного сопротивления, длины и сечения проводника, называется **омическим сопротивлением**.

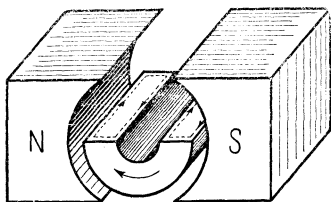
Ток самоиндукции, появляющийся в момент размыкания цепи, носит название **экстраточка**. Явление самоиндукции приводит к тому, что при размыкании контактов с большим током между ними возникает повышенное напряжение, поддерживающее электрическую дугу.

Э. д. с. самоиндукции пропорциональна коэффициенту самоиндукции. Коэффициентом самоиндукции называют число силовых линий, образующихся вокруг проводника при изменении в нём тока на 1 а. За единицу коэффициента самоиндукции принят **генри** (сокращённо—**гн**). 1 гн—это коэффициент самоиндукции проводника, в котором при изменении тока на 1 а/сек возникает э. д. с. самоиндукции в 1 в.

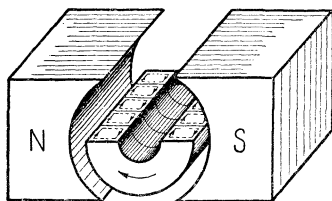
## 12. Вихревые токи

При перемещении массивных проводников в неравномерном магнитном поле или в равномерном поле, но с неодинаковой скоростью отдельных частей в них на общих основаниях индуктируются токи, направленные от мест с большей Э. д. с. к местам с меньшей Э. д. с. Эти токи называются вихревыми, или токами Фуко.

При вращении массивного цилиндра (фиг. 23) в равномерном магнитном потоке его наружные части будут иметь большую окружную скорость, чем внутренние, и в нём появятся токи с направлением от окружности к центру.



Фиг. 23. Вихревые токи в массивном цилиндре



Фиг. 24. Вихревые токи в разрезном цилиндре

Вихревые токи, замыкаясь в самом проводнике, нагревают его и создают собственное магнитное поле, взаимодействующее с основным магнитным полем так, что на перемещение проводника требуется дополнительная затрата механической энергии, теряемой бесполезно. Для уменьшения вихревых токов не делают массивных цилиндров, а составляют их из отдельных кругов, изолированных друг от друга (фиг. 24).

В некоторых случаях вихревыми токами пользуются для получения тормозящих усилий.

## 13. Взаимодействие между током и магнитным потоком

Силовые линии, окружающие проводник с током, взаимодействуют с силовыми линиями магнитного поля, в которое помещён проводник, так, что последний получает стремление к перемещению перпендикулярно силовым линиям поля.

На этом основано превращение электрической энергии в механическую, т. е. устройство электрических двигателей.

Сила взаимодействия  $F$  между проводником и магнитным потоком тем больше, чем гуще магнитное поле, т. е. чем больше индукция  $B$ , чем больше ток проводника  $I$  и чем больше длина проводника  $l$ , т. е.

$$F = \kappa BIl,$$

где  $\kappa$  — постоянный коэффициент.

Для определения направления движения проводника (точнее, направления силы, действующей на проводник) пользуются п р а в и л о м л е в о й р у к и. Это правило читается так: если поместить левую руку в магнитном поле (фиг. 25) так, чтобы ладонь её была обращена к северному полюсу, а направление вытянутых четырёх пальцев совпадало с направлением тока в проводнике, то отставленный большой палец укажет направление движения проводника.

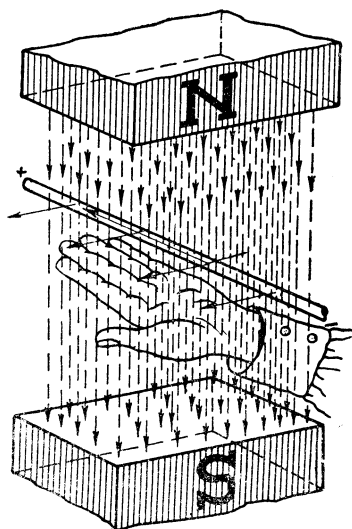
При перемещении проводника с током в магнитном поле появляется индуцированная э. д. с.  $E$ , направление которой, определённое по правилу правой руки, противоположно направлению тока. Эта э. д. с. носит название обратной э. д. с., или противоэлектродвижущей силы.

Если проводник имеет сопротивление  $R$  и к нему приложено напряжение  $U$ , то ток в нём по закону Ома должен быть равен

$$I = \frac{U}{R}.$$

Но так как в самом проводнике возникает противоэлектродвижущая сила  $E$ , то ток в проводнике будет меньше, т. е.

$$I = \frac{U - E}{R}.$$



Фиг. 25. Направление движения проводника с током в магнитном поле

#### 14. Электротехнические материалы

Для изготовления электрических машин и аппаратов применяются проводники, магнитные и изолирующие материалы.

**Проводники.** В качестве материала для проводников тока наиболее распространение получила медь; она имеет удельный вес 8,92—8,95 г/см<sup>3</sup>. В сухом воздухе медь окисляется и покрывается по поверхности тёмной коркой; в сыром воздухе, содержащем углекислоту, медь покрывается зелёным налётом. Удельное сопротивление меди составляет 0,0175 ом·мм<sup>2</sup>/м при 15°.

Из меди изготавливаются круглая проволока и круглая, квадратная и прямоугольная обмоточная медь, покрытая различной изоляцией.

Сплав меди с оловом называется б р о н з о й, сплав меди с цинком — л а т у н ью. Бронза и латунь применяются для изготовления деталей различных аппаратов и машин.

На электровозах в качестве проводников тока используются также стальные конструкции кузова и ходовых частей.

Для участков электрических цепей с высоким сопротивлением употребляются различные сплавы. В электровозах находят применение чугун, константан, никром и фехраль.

**Ч у г у н**, содержащий 3,25—3,6% углерода, 2,75—3,0% кремния, 0,5—0,7% марганца, 0,4—0,6% фосфора, 0—0,1% серы, обладает удельным сопротивлением около 0,7 — 1,2 *ом·мм<sup>2</sup>/м* при 20°; употребляется для реостатов.

**К о н с т а н т а н** содержит 39 — 41% никеля, 59—60% меди, 0,4—0,6% марганца и имеет удельное сопротивление 0,5 *ом·мм<sup>2</sup>/м*.

Допустимая рабочая температура сопротивлений из чугуна и константана 500°.

**Н и х р о м** (хромоникель) содержит 69% никеля, 0,5—1,2% марганца, 13—16% железа, 13—16% хрома и имеет удельное сопротивление 1,0—1,2 *ом·мм<sup>2</sup>/м*.

**Ф е х р а л ь** представляет собой сплав алюминия (3,5—5,5%), железа (83—87%), хрома (12 — 15%), марганца (0,3—1,0%), меди (0,2—1,1%) и углерода (0,3%); удельное сопротивление фехраля 1,2—1,4 *ом·мм<sup>2</sup>/м* при 20°.

Рабочая температура нихрома и фехраля допускается 950°.

**Магнитные материалы.** Для электрических машин употребляются два основных вида магнитных материалов—литая сталь и листовая электротехническая сталь, или, как её называют, динамная сталь.

**Л и т а я с т а л ь** идёт для остовов машин и обладает большой механической прочностью и хорошей магнитопроводностью. Литая сталь содержит 0,15—0,25% углерода, до 0,35% кремния, до 0,5% марганца и не более 0,1% фосфора и серы.

**Л и с т о в а я с т а л ь** изготавливается из сплава железа и кремния, по возможности без других примесей. Толщина листов 0,35, 0,42, 0,5 и 1 *мм*. Листовая сталь идёт для изготовления якорей и полюсов машин, а также для электромагнитов некоторых аппаратов.

**Изоляционные материалы.** Для изоляции проводников и токонесущих частей применяются следующие изолирующие материалы.

**Лаки и компаунды.** Изоляционные лаки представляют собой растворы различных естественных и искусственных смол с добавлением специально обработанных масел.

Лаки делятся на пропиточные, покровные, склеивающие и связующие. Пропиточные и покровные лаки применяются для пропитки и покрытия обмоток, катушек и других деталей с целью улучшения их изоляционных свойств, защиты от влаги и пыли и повышения теплоотдачи. Склеивающие лаки служат для склейки различных слюдяных изделий, тканей, лент и т. д.

Связующие лаки применяются для изготовления прессованных изоляционных изделий.

В качестве пропиточных лаков обычно применяют ч ё р н ы й а с ф а л ь т о в ы й л а к различных составов.

Основными пропиточными лаками являются асфальто-масляный лак № 460 (2101), № 458 (2102) и № 447 (2103).

Лак № 460 применяется при печной сушке изделий и состоит из битума (31%), высыхающего масла (27%), смолы (0,9%), скипидара (5%), ксилола (36%) и сиккатива (0,1%). Битум получается из нефти; в качестве высыхающих масел применяют льняное или конопляное масло; сиккативы служат для ускорения сушки лака и состоят из солей марганца или свинца.

В качестве растворителей и разбавителей лака применяют скипидар, уайт-спирит, бензин, бензол и т. д.

Лак № 458 применяется при ускоренной печной сушке и состоит из битума (34%), высыхающего масла (18%), смолы (3%), уайт-спирита (8,9%), ксилола (36%) и сиккатива (0,1%).

Лак № 447 представляет собой смесь лаков № 460 и 458, взятых в равных объёмных частях.

При температуре 105—110° лак № 460 после покрытия им детали высыхает в течение 10 часов; лак № 447 — в течение 6 часов и лак № 458 в течение 3 часов.

Для покрытия поверхностей, требующих высокой изоляции, применяются красный глипталевый лак и электроэмаль.

**Красный глипталевый лак** — маслостоек, эластичен. При покрытии даёт зеркально-гладкую поверхность. Время сушки 2 — 3 часа, но окончательное затвердевание наступает через 10—12 часов.

**Электроэмаль** — лак серого цвета, применяется для покрытия деталей, непосредственно не связанных с токонесущими частями (перегородки, рейки, поверхность изоляции и т. д.).

В качестве склеивающих и связующих лаков обычно применяются шеллачный и бакелитовый лаки.

**Шеллак** представляет собой смолу, выделяемую особыми насекомыми на тропических растениях. Шеллак имеет вид небольших полупрозрачных чешуек коричневого цвета, хорошо растворяется в спирте, давая высококачественный изолирующий и склеивающий лак.

**Бакелит** — искусственная смола, получаемая варкой в закрытом котле фенола с формалином. При растворении бакелита в спирте получается бакелитовый лак.

**Компаунды** состоят из асфальтов и битумов с примесью различных смол и масел. Компаунды делятся на пропиточные и заливные. Пропиточные компаунды служат для пропитки катушек с целью предохранения их от влаги и механических повреждений и повышения теплоотдачи, заливные — для заливки пустых мест в изоляторах, клеммовых коробках, кабельных вводах и т. п. для предохранения от влаги.

Компаунды отличаются от лаков отсутствием в их составе растворителя. Перевод их в жидкое состояние достигается нагревом, затвердевание происходит при охлаждении расплавленного компаунда.

**Волокнистые материалы.** **Текстолит** слоистый, пластический материал, состоящий из прессованной хлопчатобумажной ткани, пропитанной искусственной смолой. Текстолит изготавливается в виде хорошо обрабатываемых досок, имеющих цвет от светложёлтого до тёмнокоричневого.

**Фибра** — картон, изготовляемый из бумажного тряпья, обработанный хлористым цинком и сильно спрессованный; обладает значительной механической прочностью. Фибра бывает чёрного, красного и коричневого цвета; легко впитывает влагу, если не подвергалась дополнительной пропитке масляным лаком.

**Гетинакс** — слоистый материал, состоящий из прессованной бумаги, пропитанной бакелитовым лаком. Гетинакс изготавливается в виде хорошо обрабатываемых досок.

**Летероид** — сильно спрессованный картон типа фибры. При небольшой толщине имеет вид плотной бумаги серого цвета; обладает большой плотностью и жёсткостью.

**Прессшпан** представляет собой сильно спрессованный неклеёный картон светложёлтого цвета с коричневым оттенком; толщина от 0,1 до 3 мм.

**Микалентная бумага** — длиноволокнистая бумага, изготовляемая из сульфатной целлюлозы; обладает резко выраженной направленностью волокон и прочностью на разрыв вдоль этого направления.

**Бакелитовая бумага** — специальная бумага, пропитанная бакелитовым лаком.

**Ткани и ленты.** **Кембрик** и **кембриковая лента** — гладкая эластичная ткань, пропитанная масляным лаком. Кембрик обладает хорошими изоляционными качествами.

**Лента прорезиненная** изготавливается из сурового миткаля и покрывается с обеих сторон клейким резиновым составом.

**Киперная лента** — прочная хлопчатобумажная лента с плетением нитей под углом к кромке.

**Эксцельсиор** — ткань из натурального шёлка.

**Стекланная ткань** — изготавливается из стеклянных нитей, которые в свою очередь свиваются из стеклянных волокон толщиной 0,005—0,006 мм. Стекловолоконная изоляция обладает высокой нагревостойкостью и механической прочностью и применяется для изоляции обмоток электрических машин.

*Слюда и миканиты.* Большое применение в качестве изоляционных материалов находят слюда и приготовленные из неё миканиты.

*С л ю д а* представляет собой силикат алюминия, калия или натрия и состоит из листообразных кристаллов, расщепляющихся на очень тонкие пластинки. Наибольшее применение имеет слюда мусковит (калийная) и флогопит (калийно-магниева).

*М и к а н и т* изготавливается из листочков слюды путём их склеивания шеллаком или чёрным асфальто-масляным лаком № 441 (2301), причём в зависимости от места применения миканит изготавливается в виде тонких листов (гибкий), пластин (прокладок) и других форм. Миканит обладает высокими изолирующими свойствами и большой теплостойкостью.

*М и к а ф о л и й* состоит из одного или нескольких слоёв щипаной слюды, наклеенных на бумагу с помощью масляно-глипталевого, глипталевого или шеллачного лака; при нагревании микафоллий становится гибким.

*Ж а р о у п о р н ы й* миканит изготавливается из слюды флогопит, склеиваемой неорганической связкой.

*М и к а н и т о в а я л е н т а* состоит из одного ряда широкой щипаной белой слюды, положенной между двумя рядами микалентной бумаги и склеенной лаком.

*Асбестовые изделия.* Асбест — минерал волокнистого строения; обладает хорошей стойкостью против высокой температуры (до 200—250°). Изоляционные качества асбеста невысоки. Из асбеста изготавливаются асбестовая лента, асбестовое полотно и асбестовая бумага.

*Асбестовая лента* состоит из асбеста с небольшим процентом хлопка.

*Асбестовое полотно* — прочная ткань из асбестовой пряжи с небольшим содержанием хлопчатобумажного волокна.

*Асбестовая бумага*, пропитанная лаком, применяется для межфазковой изоляции катушек, а также для изготовления пластинок.

*О г н е у п о р н ы й асбест-цемент* изготавливается посредством прессовки смеси из асбеста, цемента, талька и воды; обладает высокой теплостойкостью; применяется для перегородок дугогасительных камер, так как хорошо выдерживает действие электрической дуги.

*Э т е р н и т* — прессованные листы асбест-цемента.

*Керамическая изоляция и мрамор.* Образцом керамической изоляции является фарфор, изготавливаемый из каолина, полевого шпата и кварца. Каолин представляет собой глину, содержащую окись алюминия. Фарфор обладает хорошей изоляционной прочностью и выдерживает большие механические усилия. Снаружи фарфоровая изоляция покрывается глазурью — стекловидной массой. К керамической изоляции относится также *стеатитовая изоляция*, которая отличается от фарфора тем, что здесь вместо каолина применён стеатит, изготовленный на основе талька.

*М р а м о р* представляет собой кристаллический известняк или известняк с примесью углекислого магния; применяется для изготовления щитков низкого напряжения.

*Д е р е в о и п л а с т м а с с а.* В качестве изоляционного материала применяется также дерево — бук, берёза, дуб, ольха и клён. Для уменьшения действия влаги дерево пропитывается льняным маслом, бакелитовым лаком, парафином или канифолью.

Наиболее распространённой пластмассой, применяемой в аппаратах, является карболит, состоящий из древесной муки и бакелитового лака. Сырая пластмасса прессуется под высоким давлением в металлических прессформах, где ей придаётся нужная форма. Прессованные детали отличаются точностью изготовления и хорошо обрабатываются. Изоляционные свойства карболита невысоки.

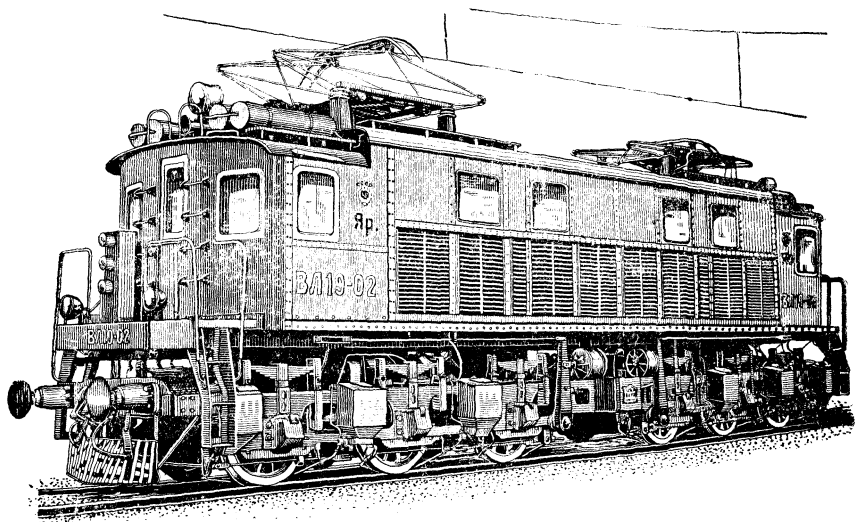


## ГЛАВА III

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

#### 1. Общие сведения об электровозах

**Общее описание.** Электровозом называется локомотив, который приводится в движение электрическими двигателями, получающими энергию от центральных электрических станций, где эта электроэнергия вырабатывается или тепловыми установками — за счёт энергии топлива или гидросиловыми — за счёт работы падающей воды.



Фиг. 26. Электровоз серии ВЛ19

На паровозе и тепловозе весь процесс преобразования энергии топлива в механическую работу происходит непосредственно на самом локомотиве.

Обычно электровозы получают электрическую энергию от электрических станций через линию передачи, тяговую подстанцию и контактные провода, подвешенные над путями электрифицированной железной дороги (см. фиг. 7).

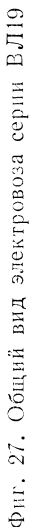
От контактного провода электрическую энергию электровоз получает через токоприёмник (пантограф), который устанавливает-

цепь тока проходит через ряд электрических аппаратов, установленных внутри кузова электровоза, обмотки якорей и полюсов тяговых двигателей, колёса электроваза, рельсы и к тяговой подстанции.

Когда электрическая энергия подводится к тяговым двигателям, якоря последних приходят во вращение и посредством передачи (чаще всего зубчатой) приводят в движение колёсные пары электровоза.

Колёсные пары электроваза, которые не вращаются от двигателей, называются бегунковыми, или поддерживающими.

38

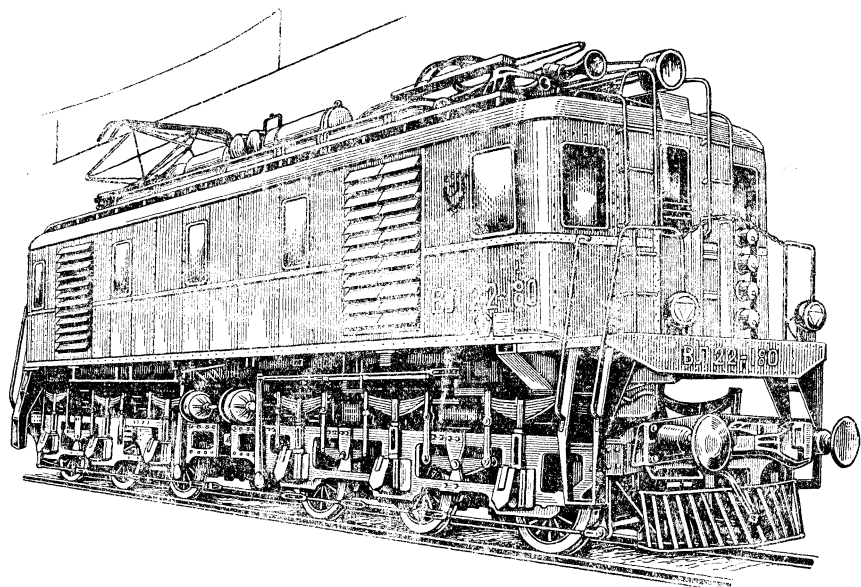


Фиг. 27. Общий вид электровазосерии ВЛ19

тяжёлых движущих колёсных пар (чем уменьшают вредное воздействие на путь) и воспринимают на себя часть веса, который не может быть размещён на движущих осях.

Поддерживающие колёсные пары обычно имеют меньший диаметр колёс и меньшее давление, чем движущие колёсные пары.

Общий вес электровоза, называемый полным весом, распределяется между движущими и бегунковыми колёсными парами. Часть веса, приходящаяся на движущие колёсные пары, называется сцеп-



Фиг. 28. Электровоз серии ВЛ22

ным весом электровоза. От величины сцепного веса электровоза зависит сила тяги, которую может развивать электровоз. Чем больше сцепной вес, а следовательно, нагрузка на движущие колёсные пары и их число, тем больше сила тяги электровоза.

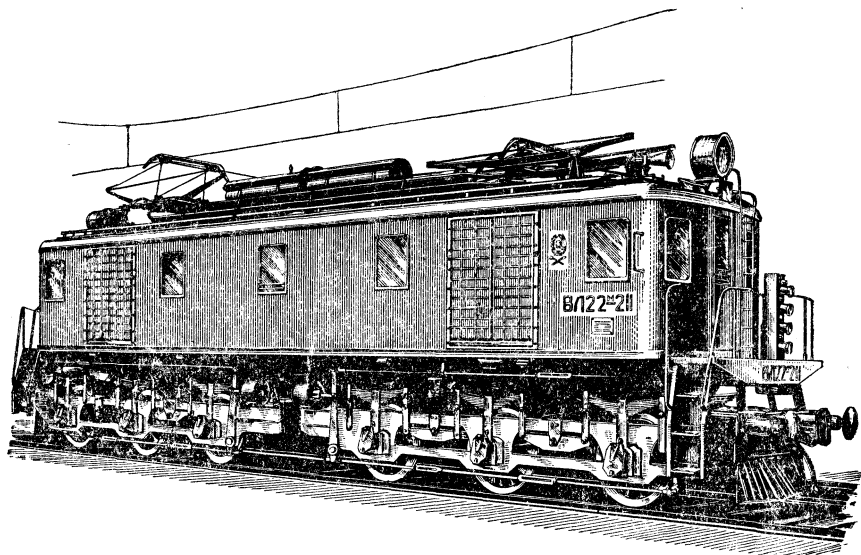
Грузовые электровозы чаще всего имеют только движущие колёсные пары. В этом случае сцепной вес равен полному весу электровоза. Мощные быстроходные грузовые электровозы, кроме движущих колёсных пар, имеют иногда также бегунковые колёсные пары. Быстроходные пассажирские электровозы почти всегда имеют две, три или четыре бегунковые колёсные пары.

Давление на каждую движущую колёсную пару электровозов железных дорог Советского Союза составляет 19—23 т; на бегунковые же оси приходится 70—80% величины давления на движущую колёсную пару.

Чтобы увеличить сцепной вес электровоза в тех случаях, когда конструктивный вес является недостаточным, применяется балластировка.

По типу привода или способу расположения тяговых двигателей электровозы разделяются на две основные группы — электровозы с индивидуальным приводом и электровозы с групповым приводом.

Под индивидуальным приводом следует понимать такую передачу, когда на каждую колёсную пару передаётся вращающий мо-



Фиг. 29. Электровоз серии ВЛ22<sup>М</sup>

мент от отдельного тягового двигателя (одиночного или сдвоенного). В этом случае число движущих колёсных пар равно числу двигателей и колёсные пары не спариваются между собой.

Под групповым приводом понимают такую передачу, когда вращающий момент от одного или двух тяговых двигателей передаётся нескольким движущим колёсным парам, спаренным между собой дышлами (спарниками).

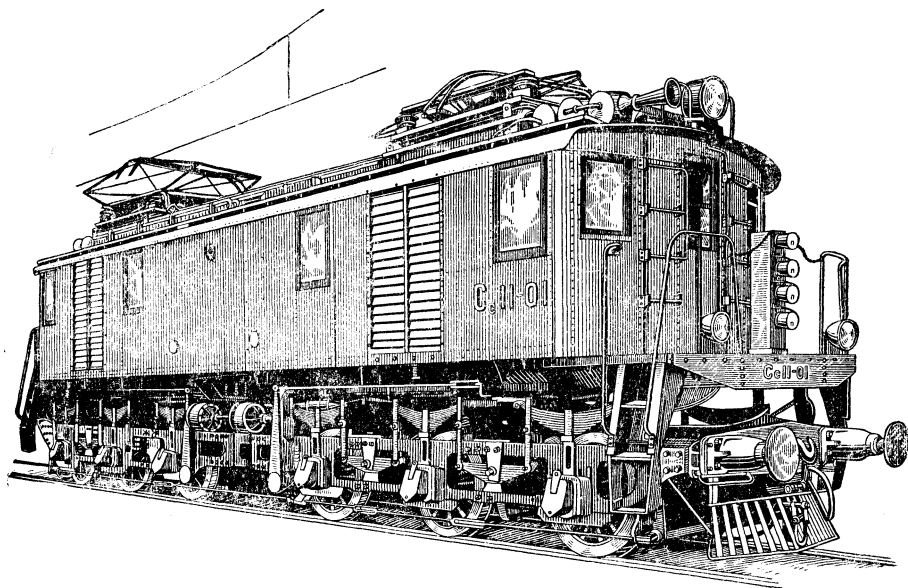
Современные электровозы строятся только с индивидуальным приводом, который удобнее для эксплуатации, позволяет применить более совершенные электрические схемы и лучше разместить электрическое оборудование.

Электровозы, работающие в настоящее время на железных дорогах Советского Союза, имеют исключительно индивидуальный привод с зубчатыми передачами, причём у всех грузовых электровозов тяговые двигатели подвешены на осях и междурамных креплениях тележек (применена так называемая «трамвайная подвеска»).

Колёсные пары электровозов располагаются в двух или более тележках или в жёсткой раме.

Чтобы показать число и расположение колёсных пар электровоза — тип электровоза, существует так называемая колёсная характеристика.

Колёсная характеристика обозначается числом передних поддерживающих колёсных пар, числом движущих колёсных пар и числом задних поддерживающих колёсных пар. Эти числа соединяются между собой чёрточкой. Так, электровоз, имеющий две передние



Фиг. 30. Электровоз серии Сс

поддерживающие колёсные пары, три движущие и две задние поддерживающие колёсные пары, обозначается как  $2-3_0-2$ . Значок «о» у цифры 3 указывает на то, что каждая колёсная пара имеет свой индивидуальный привод.

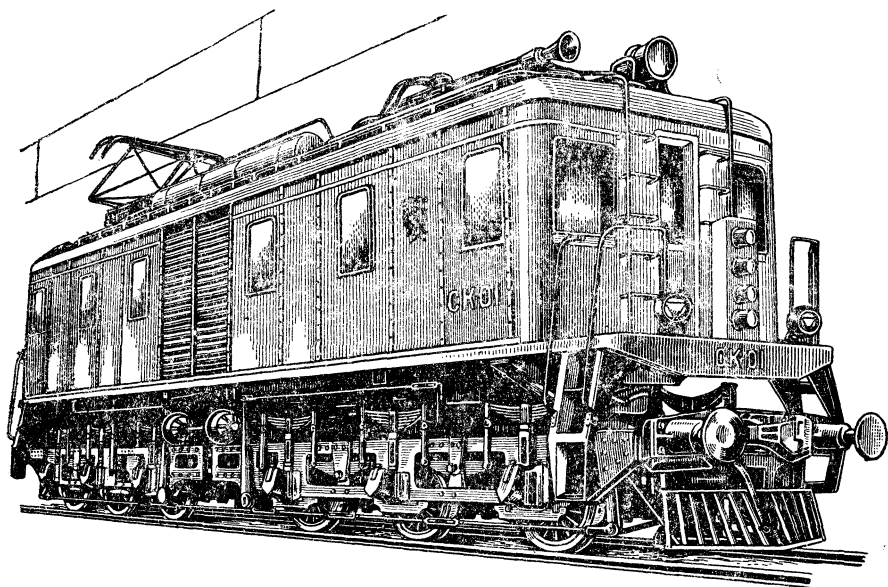
Электровозы, у которых движущие колёсные пары расположены в двух или более тележках, связанных между собой при помощи шарнирного соединения, обозначаются таким же способом, только число колёсных пар в каждой тележке пишется отдельно и соединяется знаком плюс (+). Электровозы, имеющие шесть движущих колёсных пар, расположенных в двух трёхосных тележках, и не имеющие поддерживающих колёсных пар, обозначаются  $0-3_0-0+0-3_0-0$ , или, для сокращения написания,  $0-3_0+3_0-0$ .

**Электровозы железных дорог Советского Союза.** В настоящее время на магистральных железных дорогах Советского Союза колеи 1524 мм эксплуатируются грузовые электровозы типа

0-3<sub>0</sub>+3<sub>0</sub>-0, серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, ВЛ19, ВЛ19<sup>м</sup>, СК, СК<sup>у</sup>, Сс, С и С<sup>и</sup> и опытный пассажирский электровоз типа 2-3<sub>0</sub>-2 серии ПБ.

Эти электровозы работают на постоянном токе при среднем напряжении между контактным проводом и рельсами 3 000 в. Часть электровозов серии ВЛ19 имеет электрооборудование, позволяющее им обращаться на участках с напряжением 1 500 в и на участках с двумя напряжениями — 3 000 и 1 500 в.

Первый опытный электровоз ВЛ19-01 с рекуперативным торможением был построен Коломенским машиностроительным заводом имени В. В. Куйбышева (механическая часть) и заводом «Динамо»



Фиг. 31. Электровоз серии СК

имени С. М. Кирова (электрическое оборудование) в 1932 г. В 1934—1938 гг. электровозы серии ВЛ19 (фиг. 26 и 27) выпускались с реостатным торможением, за исключением нескольких машин, выполненных для работы на двух напряжениях. В процессе эксплуатации многие электровозы серии ВЛ19 были переоборудованы по новой схеме со снятием реостатного торможения; некоторые электровозы серии ВЛ19 были приспособлены для работы на двух напряжениях; с электровоза ВЛ19-01 было демонтировано оборудование, необходимое для рекуперативного торможения.

С конца 1938 г. выпуск электровозов серии ВЛ19 с нагрузкой на ось 19,5 т был прекращён. Началось строительство электровозов серии ВЛ22 с нагрузкой на ось 22 т (фиг. 28). В 1941 г. на электровозе ВЛ22-178 в виде опыта был установлен новый тип тяговых

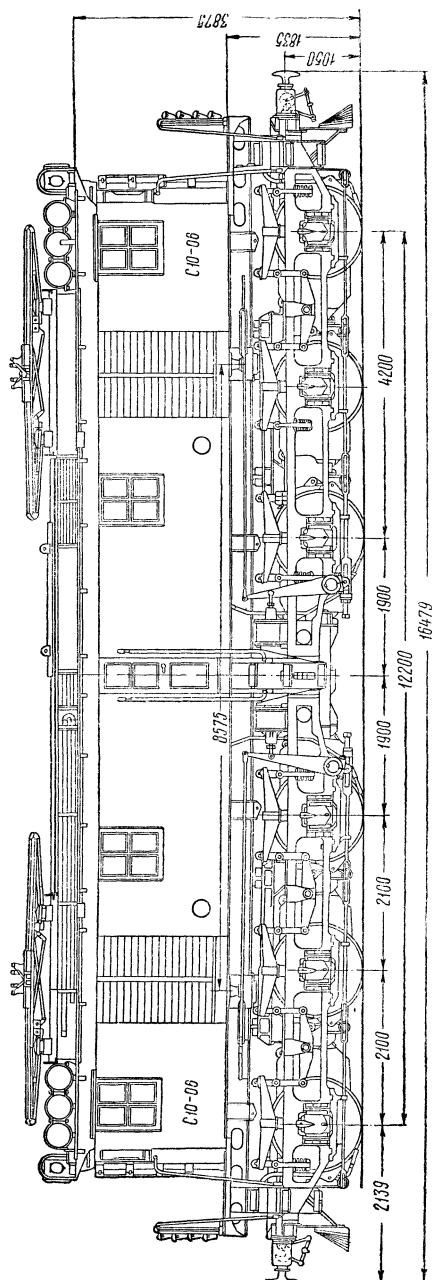
двигателей, которые позволили повысить мощность электровоза на 16%. С этими тяговыми двигателями, начиная с 1946 г., строятся электровозы серии ВЛ22<sup>м</sup> (фиг. 29). Электровозы серии ВЛ22 и часть электровозов серии ВЛ22<sup>м</sup> имеют электрооборудование для рекуперативного торможения. Такое же оборудование имеют построенные в 1931 — 1938 гг. для Сурамского перевала и Пермской железной дороги электровозы серии Сс (фиг. 30), опытные электровозы серии СК (фиг. 31), СК<sup>у</sup>, электровозы серии С (фиг. 32) и серии С<sup>и</sup> (фиг. 33).

Электровозы серии СК отличаются от электровозов серии Сс расположением вспомогательных машин и аппаратуры внутри кузова.

В 1934 г. был построен опытный пассажирский электровоз ПБ21-01 (фиг. 34), который имел первоначально реостатное торможение, а затем был переоборудован по схеме без электрического торможения.

Основные данные электровозов железных дорог Советского Союза приведены в приложении 1.

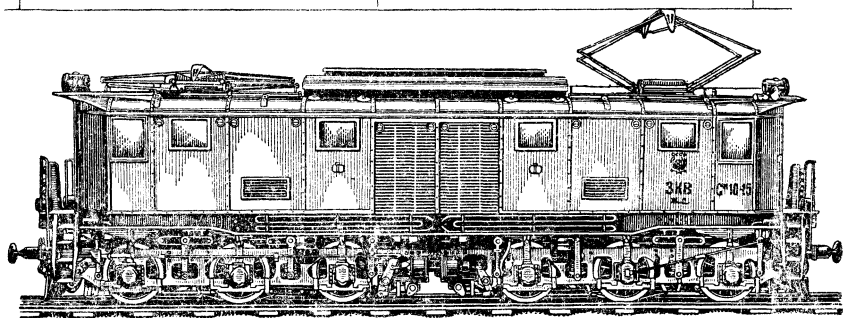
**Обозначения электровозов.** Все электровозы, как и остальные локомотивы железных дорог Советского Союза, разделяются по сериям, обозначаемым буквами, имеют



Фиг. 32. Электровоз серии С

свои индивидуальные порядковые номера. Электровозы серий ВЛ и ПБ носят имя Владимира Ленина и Политбюро ЦК ВКП(б).

Полная надпись на электровозах серии ВЛ имеет вид: ВЛ19-01, ВЛ19-02..., ВЛ19-145 и ВЛ22-146, ВЛ22-147 и т. д. Цифры 19 и 22 после букв ВЛ означают нагрузку от движущих колёсных пар на рельсы в тоннах, а цифры после чёрточки — порядковый номер данной серии. Электровозы с нагрузкой на ось 19,5 *t* и тяговыми двигателями типа ДПЭ-340А обозначаются серией ВЛ19, с нагрузкой на ось 22 *t* и тяговыми двигателями типа ДПЭ-340 — серией ВЛ22; электровозы серий ВЛ19 и ВЛ22, имеющие тяговые двигатели типа ДПЭ-400, обозначены сериями ВЛ19<sup>м</sup> и ВЛ22<sup>м</sup>, где индекс «м» означает «модернизированные». Электровозы серии ВЛ22 с двигателями типа ДПЭ-400 без рекуперативного торможения намечено обозначать серией ВЛ22<sup>н</sup>.



Фиг. 33. Электровоз серии С<sup>и</sup>

Электровоз серии СК («Сергей Киров») с двигателями повышенной мощности, в отличие от основной серии СК, обозначается как СК<sup>у</sup> (усиленный).

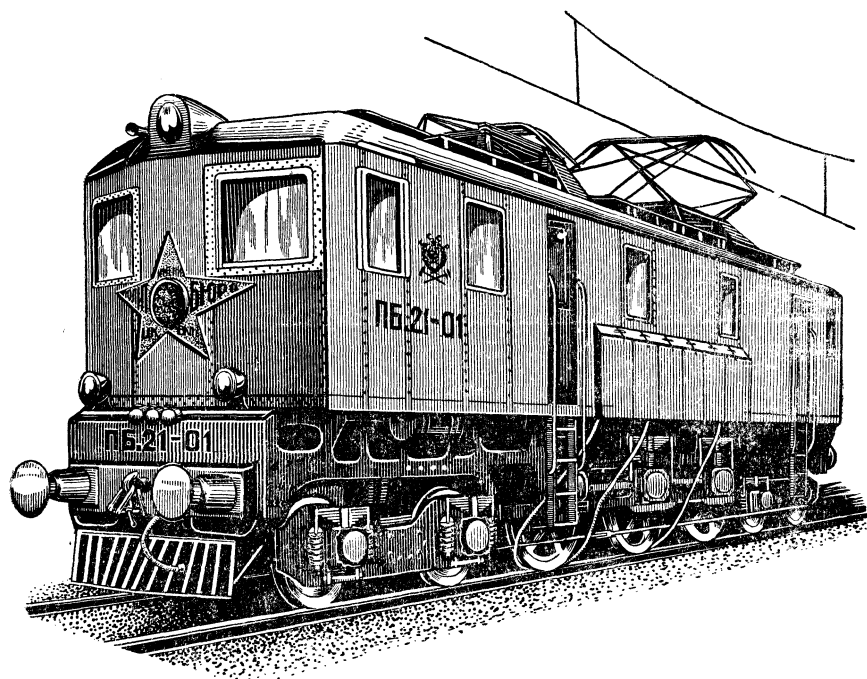
Электровозы, построенные для Сурамского перевала, получили наименования серий Сс, С и С<sup>и</sup>. Нижний индекс «с» на электровозах серии Сс означает, что серия выпущена советскими заводами. Верхний индекс «и» на электровозах серии С<sup>и</sup> указывает не только на то, что электровозы построены в Италии, но и на то, что они имеют иное конструктивное выполнение по сравнению с электровозами серий Сс и С.

Электровозы серий С и С<sup>и</sup> после букв имеют цифру 10, а электровозы серии Сс — цифру 11. Эти цифры не означают нагрузки от движущей оси, а являются цифровой частью обозначения серии.

Кроме железнодорожного обозначения, каждый электровоз имеет табличку с указанием завода, года постройки, заводского номера, рода тока и напряжения, конструктивной скорости, системы электрического торможения, веса электровоза, числа и типа двигателей



**Основные части электровоза.** Электровоз состоит из механической части, электрического оборудования, состоящего из тяговых двигателей, вспомогательных машин и электрической аппаратуры, пневматической и тормозной систем, представляющих собой ряд воздухопроводов, резервуаров, кранов, клапанов и т. д., обеспечивающих работу электропневматических аппаратов и тормозов электровоза.



Фиг. 34. Электровоз серии ПБ21-01

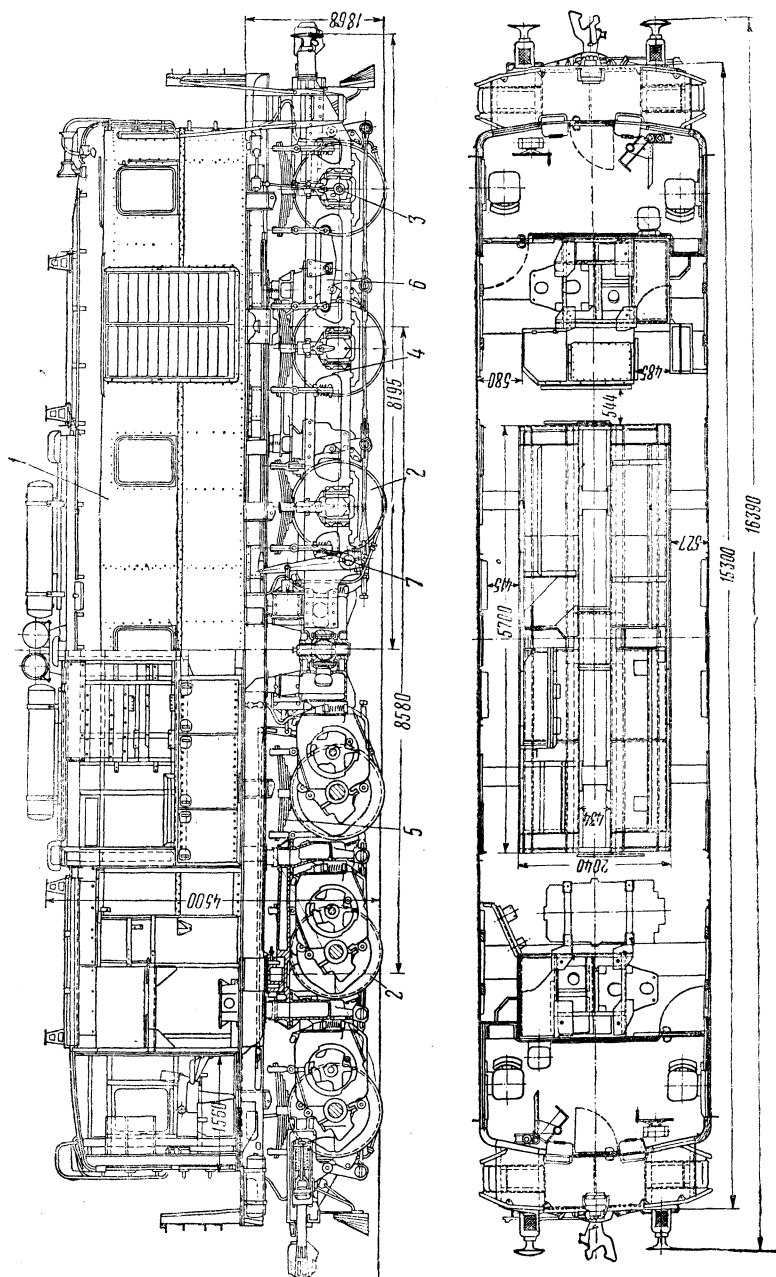
Механическая часть электровоза включает в себя кузов 1 (фиг. 35), ходовые части, рессорное подвешивание, зубчатые передачи и ударно-тяговые приборы.

Конструкция механических частей электровоза зависит от его мощности, максимальной скорости и устройства железнодорожного пути.

Ходовые части электровоза состоят из колёсных пар 2 с буксами 3. Буксы помещены в общей жёсткой раме или же в отдельных тележках.

Каждая колёсная пара представляет собой два колеса, напрессованных на ось.

На обод колеса в нагретом состоянии надевается стальной бандаж. Рядом с колёсами движущих колёсных пар насаживаются зубчатые колёса.



Фиг. 35. Механическая часть электровоза серии ВЛ22

При движении электровоза колёсные пары вращаются в подшипниках, находящихся внутри букс. Букс представляет собой металлическую коробку, помещённую в специальные вырезы в раме 4, где она может свободно перемещаться в вертикальном направлении. На буксы через рессорные стойки опираются средней частью листовые рессоры 5, края которых закрепляются на раме; таким образом, посредством рессор и букс на колёсные пары передаётся вес электровоза.

Рессоры отдельных колёсных пар обычно связываются между собой продольными балансирами 6.

Иногда рессоры связываются поперечными балансирами. Балансир представляет собой рычаг, средняя точка которого шарнирно крепится к раме электровоза, а края соединены подвесками 7 с рессорами соседних колёсных пар. Балансиры служат для равномерного распределения общего веса электровоза по отдельным осям и вместе с рессорами составляют систему рессорного подвешивания электровоза.

## 2. Кузов электровоза

Кузова грузовых электровозов служат для расположения в них электрической аппаратуры, вспомогательных машин и кабин управления. В кузове пассажирского электровоза ПБ21-01 расположены также верхние части тяговых двигателей.

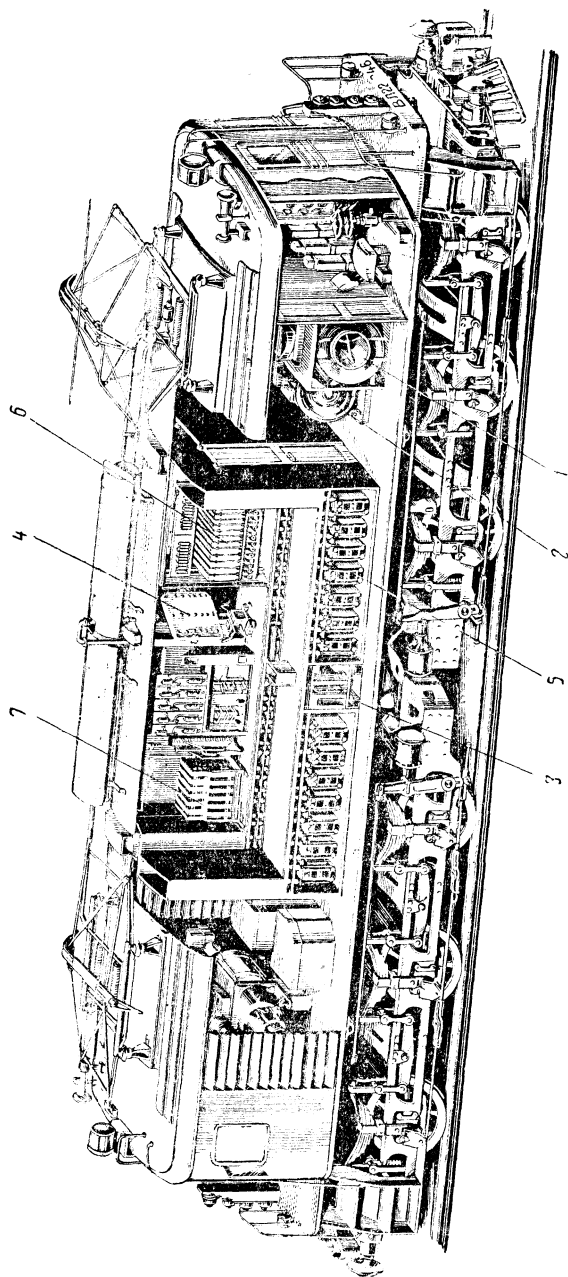
У электровозов с движущими колёсными парами, расположенными в жёсткой раме, кузов опирается на эту раму, а собственной рамы не имеет. У электровозов с движущими колёсными парами, расположенными в отдельных тележках, кузова имеют нижнюю кузовную раму, которая воспринимает на себя вес аппаратуры и вспомогательных машин. Через нижнюю раму вес кузова с установленным в нём оборудованием передаётся посредством опор на тележки. Тяговое усилие через раму кузова не передаётся.

Боковые стенки и крыша кузова представляют собой каркас, обшитый листовой сталью.

Внешний вид кузова показан на фиг. 26—35. Кузов электровоза серии ВЛ22<sup>м</sup> со снятой боковой стенкой и расположенным в нём оборудованием показан на фиг. 36.

**Рама кузова.** Нижние рамы кузова выполнены из швеллерных балок, угольников и листов, сваренных или склёпанных между собой.

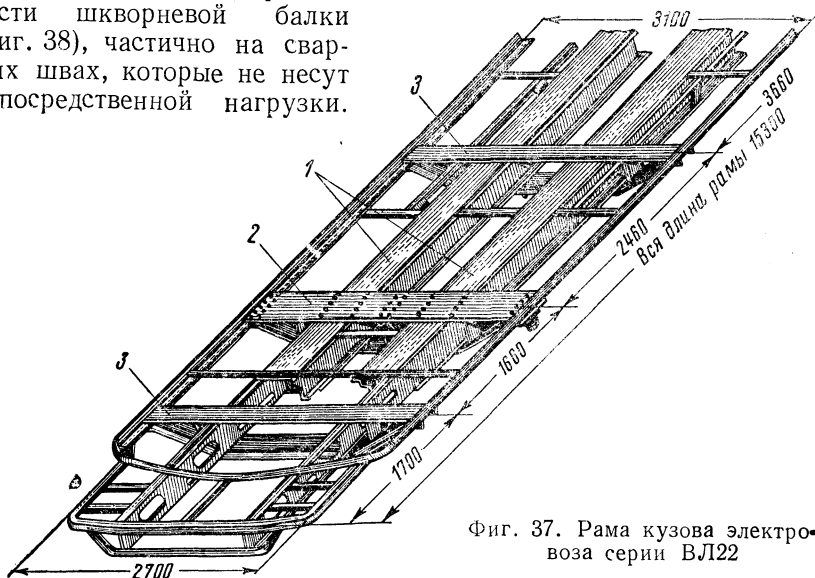
Рама кузова электровоза серии ВЛ22 (фиг. 37) имеет две хребтовые балки 1. Каждая хребтовая балка состоит из двух швеллеров № 30. Сверху и снизу на швеллеры приварены накладки из листовой стали толщиной 12 мм. Наружные швеллеры идут во всю длину рамы, внутренние — только до кабины машиниста. Для установки пятников кузова сделаны шкворневые балки 2. Кроме того, имеются ещё четыре дополнительные шпренгельные балки 3 для связи наружных обвязочных угольников кузова и хребтовых балок рамы. Шпренгельные балки выполнены из швеллера № 24 и полосовой стали толщиной 20 мм. Канал, образованный швеллерами, служит для подачи



Фиг. 36. Электровоз серии ВЛ22М со снятой боковой стенкой:

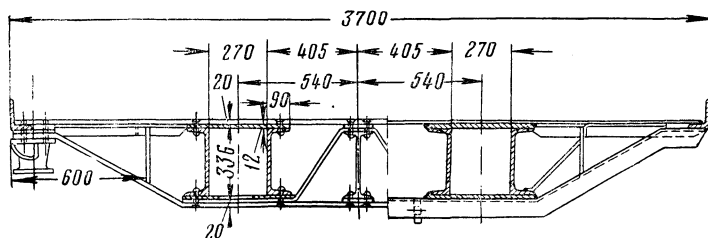
1 — мотор-вентилятор; 2 — мотор-генератор; 3 — индуктивный шунт; 4 — быстродействующий выключатель; 5 — пусковые сопротивления;  
6 — электропневматические контакторы; 7 — электромагнитные контакторы

воздуха от вентилятора к тяговым двигателям и реостатам. Конструкция рамы кузова электровоза серии ВЛ22 выполнена частично на заклёпках — соединения верхнего и нижнего поясов шкворневых балок, соединения поясов с горизонтальными полками швеллеров хребтовых балок и соединения с усиливающим двутавром и диагоналями в средней части шкворневой балки (фиг. 38), частично на сварных швах, которые не несут непосредственной нагрузки.



Фиг. 37. Рама кузова электровоза серии ВЛ22

Подобную же конструкцию имеют рамы кузовов электровозов серий ВЛ19 (фиг. 39), Сс и С. Первоначально рамы кузовов электровозов серии ВЛ19 имели только сварные швы; в дальнейшем для предотвращения появления трещин около шкворневых балок



Фиг. 38. Разрез рамы кузова электровоза серии ВЛ22

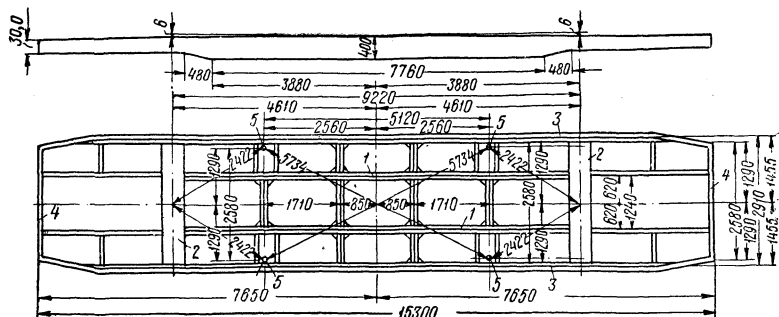
поставлены на заклёпках дополнительные швеллеры или двутавровые балки, раскосы и листы (см. разрез по ВВ на фиг. 39).

Рамы кузовов электровозов серий Сс и С также имеют по четыре продольные швеллерные балки, которые попарно покрыты сверху и снизу для жёсткости стальными листами толщиной 10 мм. По краям кузовной рамы проложены неравнобокие уголки размером

Фиг. 39. Рама кузова электровоза серии ВЛ19

130 × 90 × 12 мм, к которым крепится боковая обшивка кузова. Все соединения элементов кузовной рамы выполнены на заклёпках.

Рама кузова электровоза серии С<sup>и</sup> (фиг. 40) состоит из двух пар продольных клёпанных балок и шести поперечных связей. Две внут-



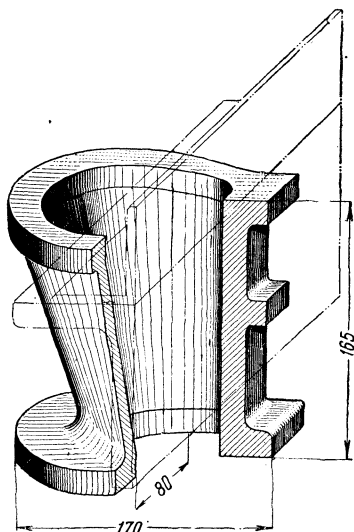
Фиг. 40. Рама кузова электровоза серии С<sup>и</sup>

ренние продольные балки 1 примыкают концами к двум поперечным связям 2, соответствующим по расположению центральным (главным) опорам тележек. Внешние продольные балки 3 проложены до лобовых поперечин 4, которыми они соединены. Сверху рама кузова покрыта листовой сталью.

Пространство между двумя внутренними продольными балками закрыто снизу листовой сталью и, так же, как и у электровозов серий ВЛ22, ВЛ19, Сс и С, служит каналом, подводящим воздух от вентиляторов к тяговым двигателям.

На внешних продольных балках в местах прикрепления поперечин, несущих центральные опоры, установлены четыре подвески, служащие для укрепления на них специальных приспособлений, необходимых для подъёмки кузова как при помощи тросов подъёмного крана, так и при помощи домкратов. В точках 5 расположены боковые опоры кузова.

К рамам кузовов электровозов серий ВЛ19, Сс и С снизу прикреплены стальные домкратные опоры для снятия кузова с тележек (фиг. 41). У электровоза серии ВЛ22 домкратные опоры кузова имеют специальную полочку для обхвата их тросом (см. фиг. 38).

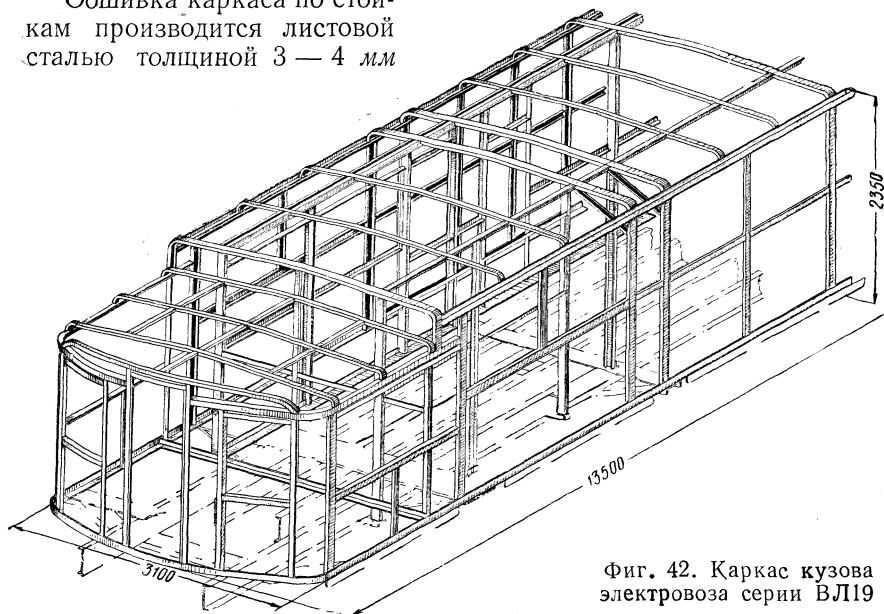


Фиг. 41. Домкратная опора электровоза серии ВЛ19

На электровозе серии ВЛ19 домкратные опоры укреплены на раме кузова сваркой, а на электровозах серий ВЛ22, Сс и С — на заклёпках.

**Каркас и обшивка кузова.** Каркас кузова состоит из стоек, часть из которых переходит вверх в крышесые дуги (фиг. 42). В продольном направлении стойки вверх связываются горизонтальным поясом. Для поддерживания крышесых дуг используются также стойки коридорных стенок. Расстояние между стойками берётся равным 1 000—1 300 мм. Для стоек применяется фасонная сталь в виде швеллера. Стойки привариваются к кузовной раме. На электровозе серии С<sup>и</sup> стойки приболчены к кузовной раме.

Обшивка каркаса по стойкам производится листовой сталью толщиной 3 — 4 мм



Фиг. 42. Каркас кузова электровоза серии ВЛ19

или в виде сплошного покрова из склёпанных или сваренных между собой листов, или в виде отдельных панелей ширина которых соответствует расстоянию между стойками.

Для крышесых дуг употребляется сталь швеллерного или углового сечения; дуги располагаются на расстоянии 600—800 мм друг от друга, сообразно с шириной листовой стали, идущей на покрытие крыши. Стальные листы своей длинной стороной укладываются по крышесым дугам.

Крыша кузова электровоза серии ВЛ19 над высоковольтной камерой для удобства монтажа электрического оборудования имеет люки: два люка над реостатным помещением и два люка над камерой с аппаратами для возможности опускания краном в кузов смонтированных агрегатов аппаратуры. На крышках люков, распо-

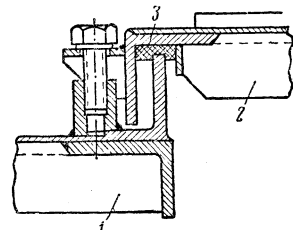


ложенных над реостатами, монтируются пантографы; эти крышки имеют отверстия для выхода воздуха, охлаждающего реостаты.

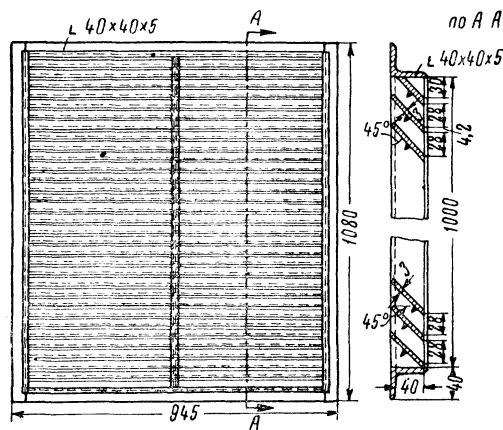
На крыше электровоза серии ВЛ22 имеются два люка над помещением вспомогательных машин; крышки 2 этих люков (фиг. 43) укреплены к крыше 1 болтами; для предотвращения попадания влаги в местах соприкосновения крышек с крышей проложены войлочные уплотнения 3.

Крыша электровозов серий Сс и С состоит из трёх частей: средняя часть—над высоковольтной камерой, съёмная для удобства монтажа и демонтажа аппаратуры; остальные части служат основанием для двух пантографов. При необходимости они снимаются вместе с пантографами и через образовавшиеся люки могут быть вынуты мотор-компрессоры. По бокам фонаря крыши расположены жалюзи для вентиляции пусковых реостатов. Толщина листов крыши равна 4 мм.

Для засасывания наружного воздуха вентиляторами и компрессорами в наружных стенках грузовых электровозов сделаны специальные жалюзи, представляющие собой наклонные к наружной



Фиг. 43. Уплотнение крышки люка над машинным помещением электровоза серии ВЛ22



Фиг. 44. Жалюзи кузова электровоза серии ВЛ19

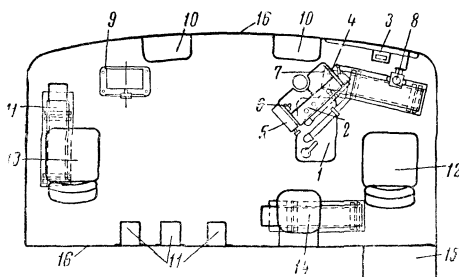
стороне стенки под углом 45—60° неподвижные железные полосы. Такое устройство жалюзи делается для того, чтобы вода не попадала внутрь кузова. У электровоза серии ВЛ19 жалюзи (фиг. 44) расположены в наружной стенке со стороны коридора (см. фиг. 26 и 27). Эксплуатация электровозов серии ВЛ19 показала, что жалюзи недостаточно защищают электрическое оборудование электровоза от снега, и на этих электро-

возах стали делать специальные патрубки, направляющие воздух из жалюзи только в вентиляторы.

У электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, СК, Сс, С и С<sup>и</sup> жалюзи расположены против помещения вспомогательных машин и идут от крыши до самого пола. Они представляют собой наклонные к наружной стороне стенки подвижные полосы, связанные шарнирами с вертикальными тягами. Закреплением в том или ином поло-

жении этих тяг можно регулировать наклон полос—величину открытия жалюзей. При плохой погоде жалюзи закрывают полностью.

**Планировка кузова и расположение оборудования.** Кузова электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, Сс и С симметричны как снару-



Фиг. 45. Расположение оборудования в кабине машиниста электровоза серии ВЛ22:

1 — контроллер машиниста; 2 — панель с измерительными приборами; 3 — выключатель управления; 4 — кнопочный выключатель управления; 5 — кнопочный выключатель освещения; 6 — сопротивление освещения кабины; 7 — сопротивление прожектора; 8 — тормозной кран машиниста; 9 — ручной тормоз; 10 — песочницы; 11 — электропечи; 12 — сиденье машиниста; 13 — сиденье помощника; 14 — сиденье машиниста-инструктора; 15 — шкаф; 16 — двери

жи, так и во внутренней своей планировке. Кузова электровозов серий ВЛ19, СК и С<sup>и</sup> симметричны только снаружи. Внутри кузова по концам расположены кабины машиниста, где сосредоточены приборы управления электровозом; в средней части расположены высоковольтная камера и помещения для вспомогательных машин. По бокам расположены коридоры, сообщающие между собой кабины машиниста.

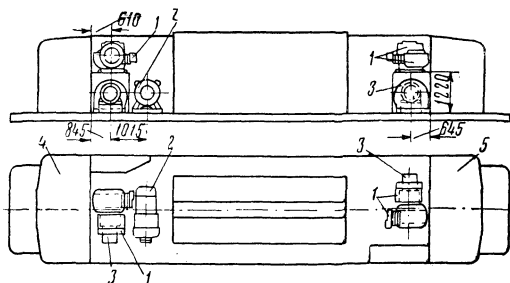
У электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, Сс и С имеются два коридора и два

помещения для вспомогательных машин, расположенные между кабинами машиниста и высоковольтной камерой. Кроме этого, у электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup> и ВЛ22 имеется узкий проход через высоковольтную камеру.

На электровозах серий ВЛ19 и С<sup>и</sup> имеется только один боковой коридор; вспомогательные машины на электровозах серии ВЛ19 помещены в общей высоковольтной камере; на электровозах серии С<sup>и</sup> имеется специальное помещение в центральной части кузова для мотор-вентиляторов.

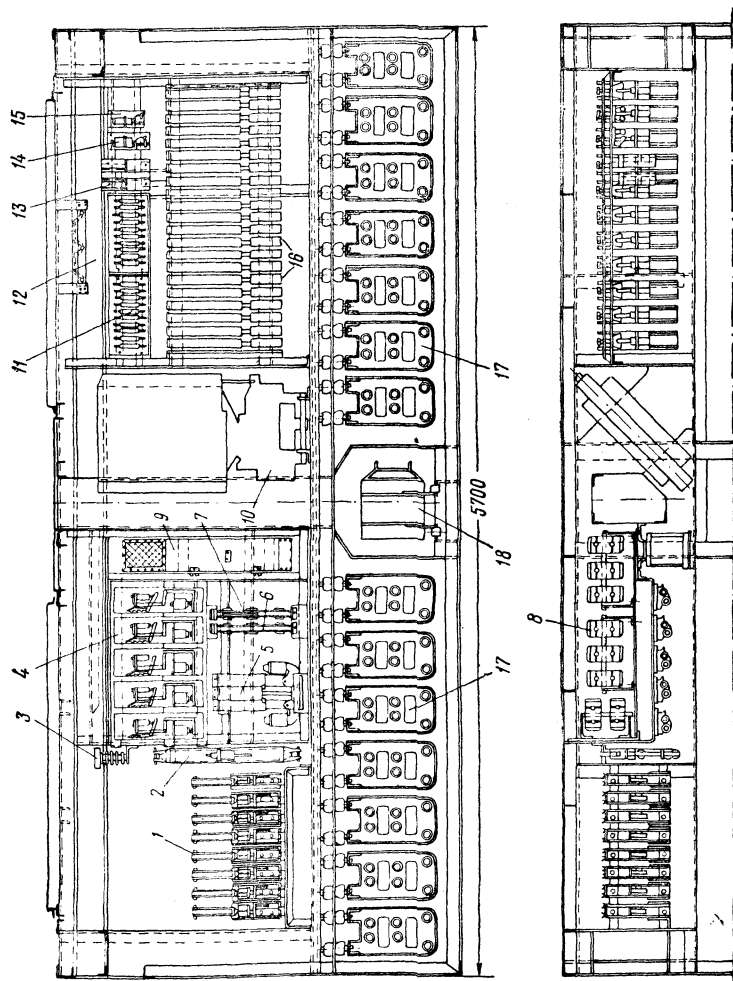
На электровозах серий СК и ПБ для прохода из кабины в кабину служат помещения вспомогательных машин и два небольших коридора между высоковольтными камерами и наружными стенками кузова.

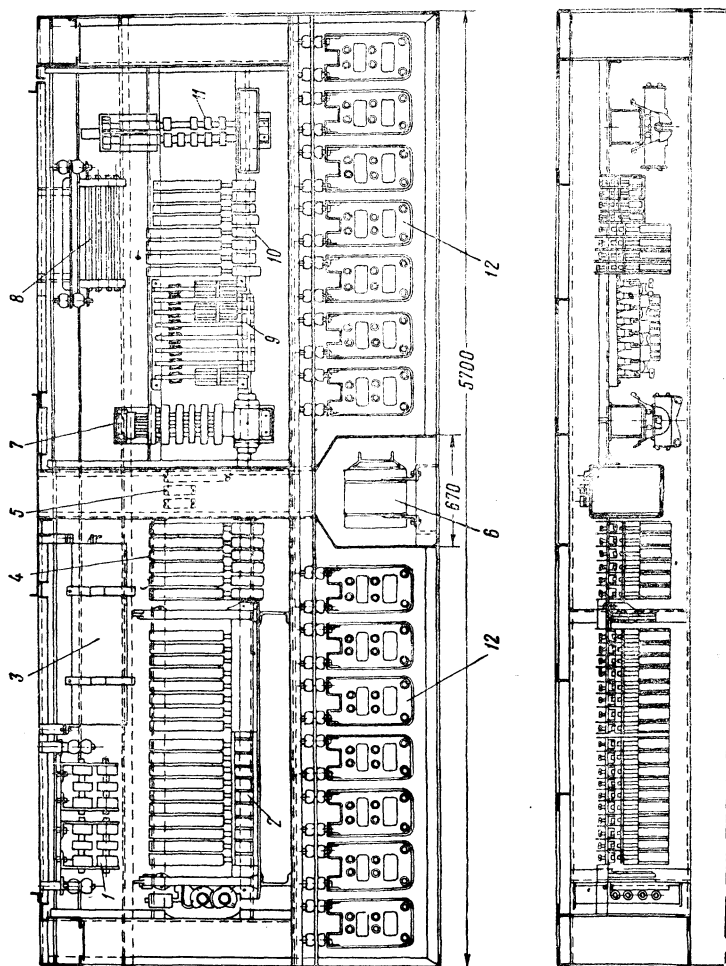
Расположение оборудования в кузовах электровозов серий ВЛ22, ВЛ19, Сс и С<sup>и</sup> показано на фиг. 45—51.



Фиг. 46. Расположение вспомогательных машин электровоза серии ВЛ22:

1 — мотор-компрессоры; 2 — мотор-генератор; 3 — мотор-вентиляторы; 4 и 5 — кабины машиниста

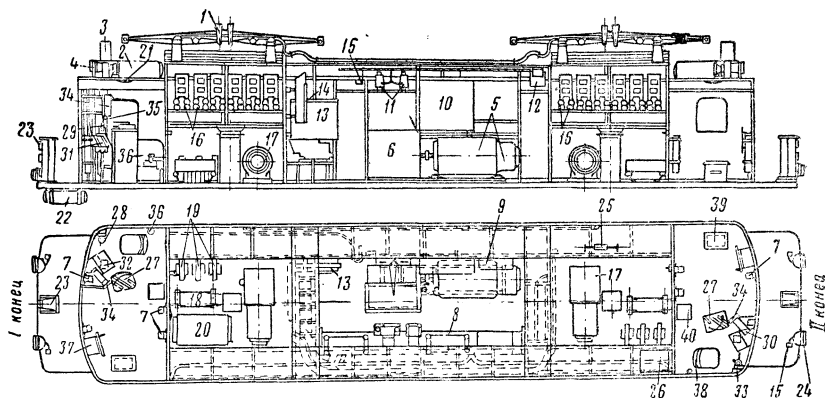




Фиг. 48. Расположение оборудования в высоковольтной камере электровазона серии ВЛ22 со стороны группового переключателя: 1 — переходные сопротивления; 2 — групповой переключатель; 3 — алюминиевый разрядник; 4 — электропневматические контакторы; 5 — шунт амперметра; 6 — индуктивные шунты; 7 — реверсор; 8 — сопротивление в цепи обмотки возбуждения генератора (возбудителя); 9 — отключатель двигателей; 10 — электропневматические контакторы ослабления поля; 11 — тормозной переключатель; 12 — пусковые сопротивления

Высоковольтная камера у электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, Сс и С имеет два этажа: в первом этаже расположены ящики реостатов и индуктивные шунты, во втором — аппаратура силовой цепи.

У электровозов серии ВЛ19 реостаты расположены по краям высоковольтной камеры под крышей. Под реостатами помещаются мотор-компрессоры, индуктивные шунты и аккумуляторная батарея. На электровозах серии ВЛ19 с двумя мотор-вентиляторами и электровозах серии ВЛ19<sup>м</sup> расположение электрического оборудования и вспомогательных машин несколько изменено.



Фиг. 49. Расположение оборудования в кузове электровоза серии ВЛ19:

1—пантограф; 2—главные резервуары; 3—прожектор; 4—тайфун; 5—динамотор с генератором ДУ-3; 6—вентилятор; 7—электропечи; 8—главный агрегат; 9—низковольтный агрегат; 10—пневматический агрегат; 11—клапан пантографа; 12—алюминиевый разрядник; 13—быстродействующий выключатель; 14—предохранитель; 15—штепсельные розетки; 16—агрегат пусковых сопротивлений (24 ящика); 17—мотор-компрессор; 18—пусковое сопротивление мотор-компрессора; 19—индуктивные шунты; 20—аккумуляторная батарея; 21—лампы освещения; 22—резервуар цепи управления; 23—колонка междуэлектровозных соединений; 24—буферные фонари; 25—ручной воздушный насос; 26—шкаф; 27—контроллер; 28—кран машиниста; 29—прямодействующий кран; 30—панель с измерительными приборами; 31—панели с манометрами; 32—выключатель управления; 33—кнопки управления; 34—кнопки освещения; 35—выключатель песочницы; 36—клапан песочницы; 37—ручной тормоз; 38—сиденье машиниста; 39—сиденье помощника машиниста; 40—сиденье машиниста-инструктора

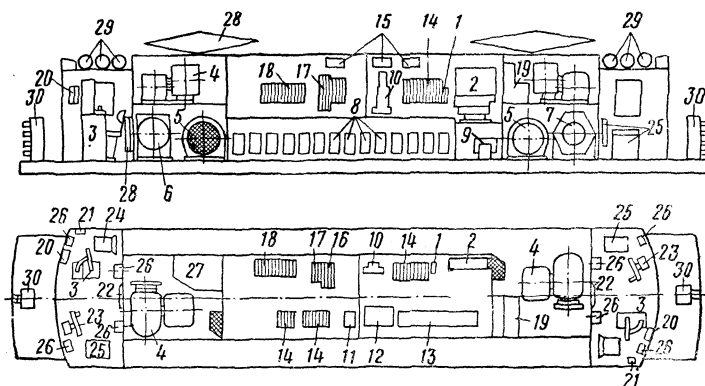
Пусковые сопротивления (реостаты) у электровоза серии С<sup>и</sup> расположены под специальным фонарём крыши.

Расположение высоковольтных аппаратов отдельно от мотор-вентиляторов значительно уменьшает попадание на аппаратуру влаги и пыли, проникающих в кузов электровоза через жалюзи.

Кузова грузовых электровозов оканчиваются торцевыми площадками, через которые возможен вход в кабины машиниста и кузова электровозов. Кузов электровоза ПБ21-01 площадок не имеет, и вход в него осуществляется через двери, расположенные сбоку кузова. В середине кузова электровозов серии С имеются боковые двери, ведущие в коридоры.

Для освещения внутренней части кузова в дневное время в боковых стенках имеются окна. В кузове электровоза серии ВЛ19

имеются четыре неоткрывающихся окна в высоковольтной камере, защищённых сеткой, и четыре окна в коридоре. Боковые стенки кузовов электропоездов серий ВЛ22, Сс и С имеют по два открывающихся окна.

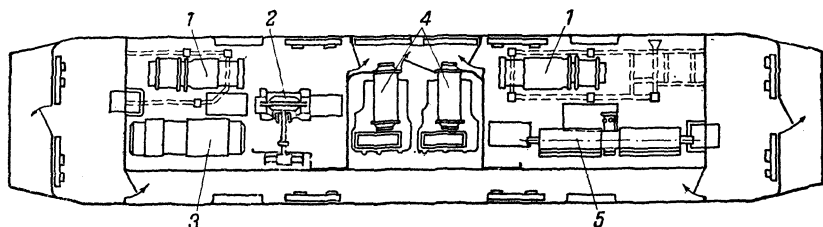


Фиг. 50. Расположение оборудования в кузове электропоезда серии Сс:

1—главный разъединитель; 2—быстродействующий выключатель; 3—контроллер машиниста; 4—мотор-компрессор; 5—мотор-вентилятор; 6—динамотор; 7—мотор-генератор; 8—пусковые сопротивления; 9—индуктивные шунты; 10—тормозной переключатель; 11—реверсор; 12—отключатель двигателей; 13— групповой переключатель; 14—электропневматические контакторы; 15—сопротивление в цепи обмотки возбуждения генератора (возбудителя); 16—индивидуальные контакторы; 17—пусковые панели; 18—электромагнитные контакторы; 19—тормозной агрегат; 20—щиток с измерительными приборами; 21—кран машиниста; 22—клеммовые рейки; 23—ручной тормоз; 24—сиденье машиниста; 25—сиденье помощника машиниста; 26—печи; 27—аккумуляторная батарея; 28—пантограф; 29—главные резервуары; 30—колонка междуэлектропоездногo соединения

Окна в боковых стенах электропоездов серии С<sup>и</sup> не открываются, как и у электропоездов серии ВЛ19.

Высоковольтные камеры электропоездов всех серий отделены от коридоров перегородками. Эти перегородки на электропоездах



Фиг. 51. Расположение оборудования в кузове электропоезда серии С<sup>и</sup>:

1—мотор-компрессоры; 2—быстродействующий выключатель; 3—рекуперативный агрегат; 4—мотор-вентиляторы; 5—групповой переключатель

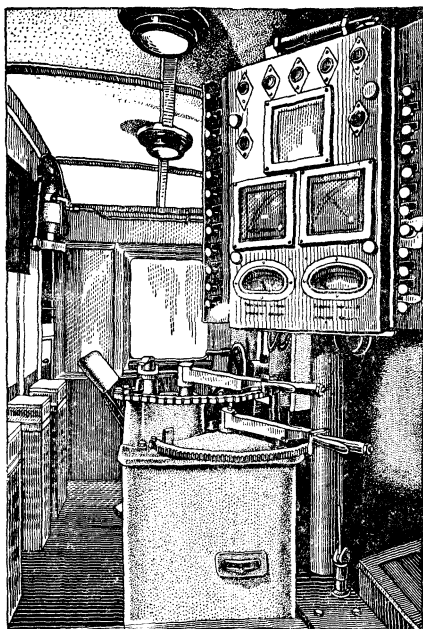
серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, Сс и С сделаны из съёмных сплошных железных щитов, а поэтому высоковольтные камеры электропоездов этих серий не освещены. На электропоездах серии С<sup>и</sup> стенки сделаны из решётчатого железа для лучшей вентиляции аппаратуры и машин.

На электровозах серии ВЛ19 щиты, отделяющие коридор от высоковольтной камеры, закреплены болтами. На некоторых электровозах для уменьшения запыляемости камер нижние щиты сделаны сплошными, в то время как верхние щиты для пропускания воздуха в вентиляторы выполнены решётчатыми. Благодаря решётчатым щитам улучшается освещение и облегчается наблюдение за работой аппаратуры.

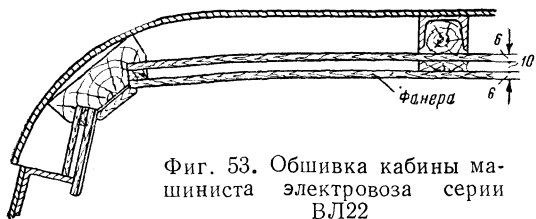
Для удобства монтажа и демонтажа вспомогательных машин кузов электровозов серии ВЛ19 имеет сбоку две двустворчатые двери, выходящие непосредственно в высоковольтную камеру. Средняя стенка имеет съёмные щиты.

У электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, СК, Сс и С для монтажа и демонтажа вспомогательных машин снимают жалюзи.

**Кабины машиниста.** Кабины машиниста обоих концов электровозов совершенно одинаковы, за исключением расположения дверей у электровозов серий ВЛ19 и С<sup>и</sup>, ведущих в коридор. В кабинах машиниста установлена аппаратура низкого напряжения для управления электровозом. Впереди сиденья машиниста расположены краны воздушного тормоза. Слева от сиденья установлены контроллер машиниста и щит с кнопками управления и приборами. Расположение контроллера машиниста и кранов



Фиг. 52. Кабина машиниста электровоза серии ВЛ22<sup>м</sup> (вид через боковое окно)



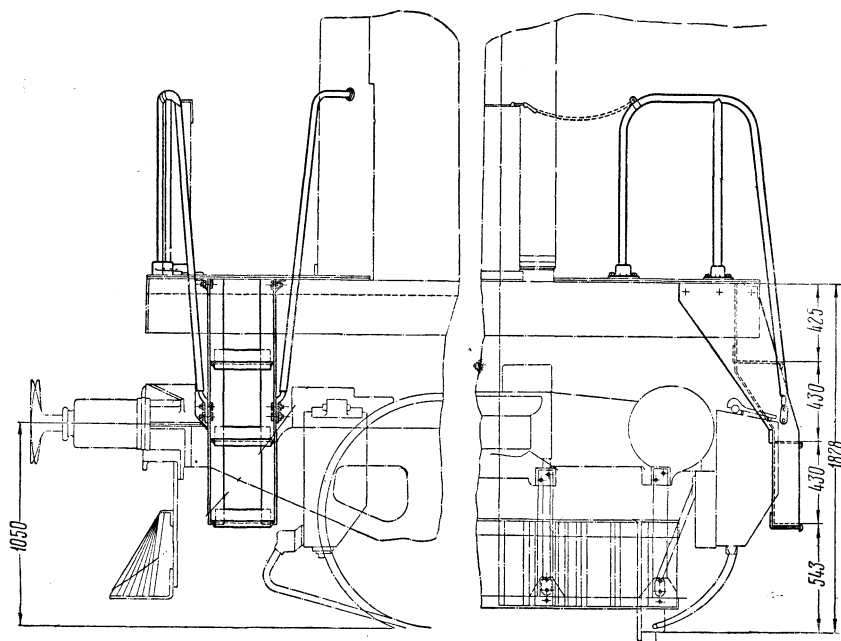
Фиг. 53. Обшивка кабины машиниста электровоза серии ВЛ22

воздушного тормоза одинаково у электровозов всех серий (фиг. 45, 49, 50, 52). В кабинах машиниста установлены также колонки ручных тормозов и отопительные электрические печи.

В боковых стенках каждой кабины имеются два отдвижных окна, которые у всех электровозов, кроме серии С<sup>и</sup>, отодвигаются вдоль стенки по направлению к высоковольтной камере, а у электровозов серии С<sup>и</sup> — вниз.

Передняя стенка кабины имеет по краям два лобовых окна напротив мест машиниста и помощника машиниста. Для протирания окон установлены стеклопротиратели, приводимые в действие вручную из кабины машиниста или пневматическим механизмом.

Кабина машиниста утеплена с трёх наружных сторон (фиг. 53), пола и потолка деревянной обшивкой и теплоизоляционной прокладкой. От коридора кабины машиниста электровоза отделены застеклёнными дверями, открывающимися в коридор. Кроме дверей, ведущих в коридор, у грузовых электровозов имеются наружные двери, расположенные по середине лобовой стенки.



Фиг. 54. Устройство перил и лестниц электровоза

Во время подготовки электровоза к зиме следует заделать и закрасить все имеющиеся неплотности в полу, стенках и потолке кабины машиниста, плотно пригнать двери и оконные рамы по месту; края дверей обиваются войлоком и брезентом, стёкла окон и дверей промазываются замазкой.

**Поручни и лестницы.** Площадки перед кузовом электровоза ограждаются перилами высотой 1 000—1 100 мм, причём посредине эти перила прерываются для сообщения между двумя сцепленными электровозами. В этом месте перила соединяются с колонкой междуэлектровозных соединений цепями. Перила и их стойки (фиг. 54) для уменьшения веса выполнены полыми—из труб диаметром 35/40 мм.





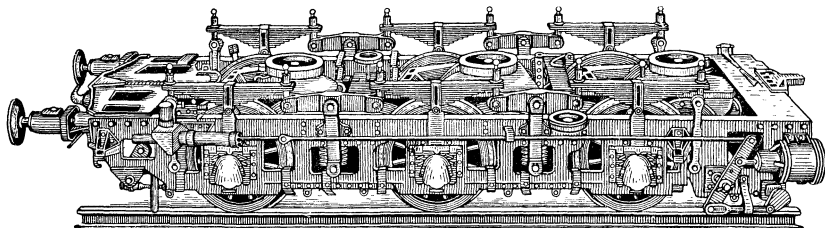
Ступеньки лестницы и настил площадки выполняются из рифлёного железа. Лестницы, ведущие на площадки перед лобовой стенкой кузова, у электровозов всех серий, кроме части электровозов серии ВЛ19, в случае необходимости можно снять.

На наружных лобовых стенках кабин машиниста электровозов серий ВЛ19, ВЛ22, Сс и С имеются поручни, чтобы влезать на крышу. На электровозах серий ВЛ22<sup>м</sup>, С<sup>и</sup> и части электровозов серии ВЛ22 имеются складные лестницы, связанные с пневматической системой пантографов.

На крыше электровозов сделаны деревянные мостки для более удобного подхода к пантографам.

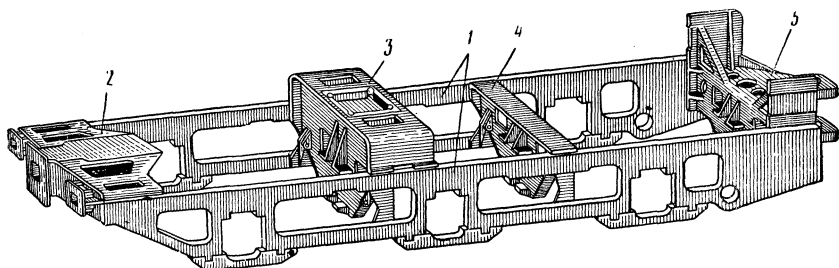
### 3. Рамы тележек грузовых электровозов

Грузовые шестиосные электровозы имеют по две трёхосные тележки, на которые опирается кузов через специальные опоры. Тележки соединены между собой при помощи сочленения. Тележки



Фиг. 56. Тележка электровоза серии С<sup>и</sup>

служат местом установки тяговых двигателей и для передачи силы тяги поезду посредством боковых рамных листов и упряжных приборов. Общее устройство тележки электровоза серии ВЛ22 дано

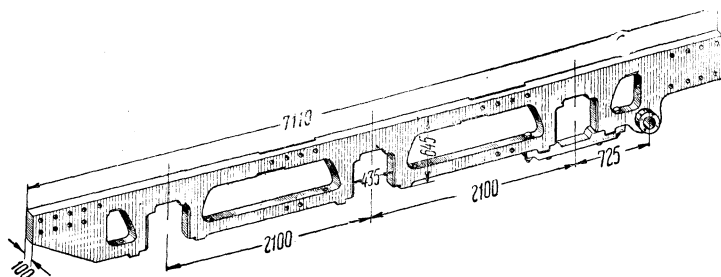


Фиг. 57. Рама тележки электровоза серии ВЛ19

на фиг. 35; тележки электровозов серии ВЛ19 и С<sup>и</sup> показаны на фиг. 55 и 56.

Рама тележки электровоза (фиг. 57) состоит из двух массивных продольных боковых листов 1 брускового типа и четырёх поперечных литых балок, скрепляющих продольные листы (боковины).

Первая балка 2 предназначена также для установки буферов, сцепных приборов, путеочистителя и тормозных подвесок; называется она буферным брусом. Вторая 3 и третья 4 балки служат для подвешивания тяговых двигателей и тормозных тяг. Четвёртая (задняя) балка 5 используется для междутележного сочленения и под-



Фиг. 58. Продольный боковой лист рамы тележки электровоза серии ВЛ22<sup>м</sup>

вески тягового двигателя. Вторая балка на электровозах серий ВЛ19 и С<sup>и</sup> является опорой для кузова и называется шкворневой.

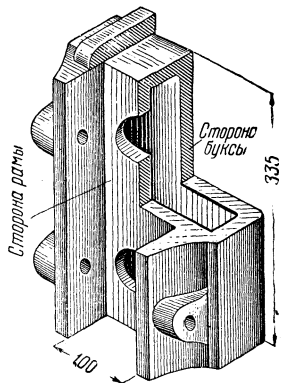
На электровозах серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, СК, Сс и С шкворневой балкой служит специальная литая балка (мост), опирающаяся на вторую и третью балки.

**Рамный лист.** Продольные листы тележек электровоза изготовлены из листовой прокатанной стали марки Ст. 5 повышенного качества или выполнены литыми с последующей обработкой. Толщина листа после обработки равна 100 мм. Рамный лист имеет ряд вырезов для боек, рессор, балансиров, а также частично для облегчения конструкции (фиг. 58).

Для крепления поперечных соединений в боковых листах рамы имеется ряд отверстий для призонных болтов. Каждый боковой лист рамы со стороны балок сочленения имеет отверстие, в которое вставляется втулка, служащая подшипником для колесчатого тормозного вала.

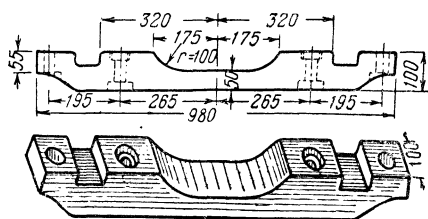
Во избежание появления местных напряжений в материале рамных листов все переходы с одного сечения на другое и все углы сопрягают кривыми достаточно большого радиуса.

**Буксовые направляющие.** На буксовые вырезы ставятся буксовые направляющие (фиг. 59), или, как их ещё называют, буксовые лица, по которым скользят буксы. Два лица одного и того же буксового выреза образуют буксовую челюсть. Для обеспечения возможности снятия буксы без выкатки колёсной пары из-под электро-



Фиг. 59. Буксовая направляющая электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, ВЛ19, СК и Сс

воза буксовые направляющие устраиваются опускающимися вниз. Буксовые направляющие отливают из стали марки 35-5015 или Ст. 2 и затем обрабатывают их плоскости, соприкасающиеся с рамными листами и буксой. В приливах, обхватывающих рамный лист, буксовая направляющая имеет по два отверстия с резьбой под болты диаметром 24 мм или  $7/8''$ .



Фиг. 60. Струнка рамы тележки

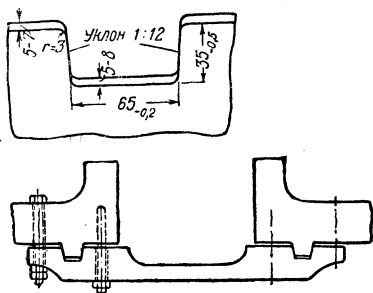
Болты заворачиваются до упора в рамный лист и таким образом крепят буксовую направляющую. Для предотвращения самовывёртывания болтов служит гайка, которая туго подтягивается к буксовой направляющей. Для предохранения буксовой направляющей от быстрого износа и для облегчения ремонта к её рабочим поверхностям обычно приваривают накладки из листовой стали повышенной твёрдости, которые по мере надобности заменяют новыми. На электровозах серии С буксовые направляющие выполнены сварными.

Так как буксовые вырезы в рамных листах имеют выступы, в которые упираются буксовые направляющие, то после установки последних верхняя часть буксового выреза остаётся открытой. Это позволяет легко проверять, не появились ли трещины в верхней части выреза, являющейся наиболее напряжённой частью рамных листов.

**Струнки.** Рамные листы снизу в местах буксовых вырезов стягиваются подбуксовыми струнками размерами 50 × 100 мм (фиг. 60). Струнка изготавливается из того же материала, что и боковые листы рамы, и предназначена для усиления рамы, ослабленной буксовым вырезом.

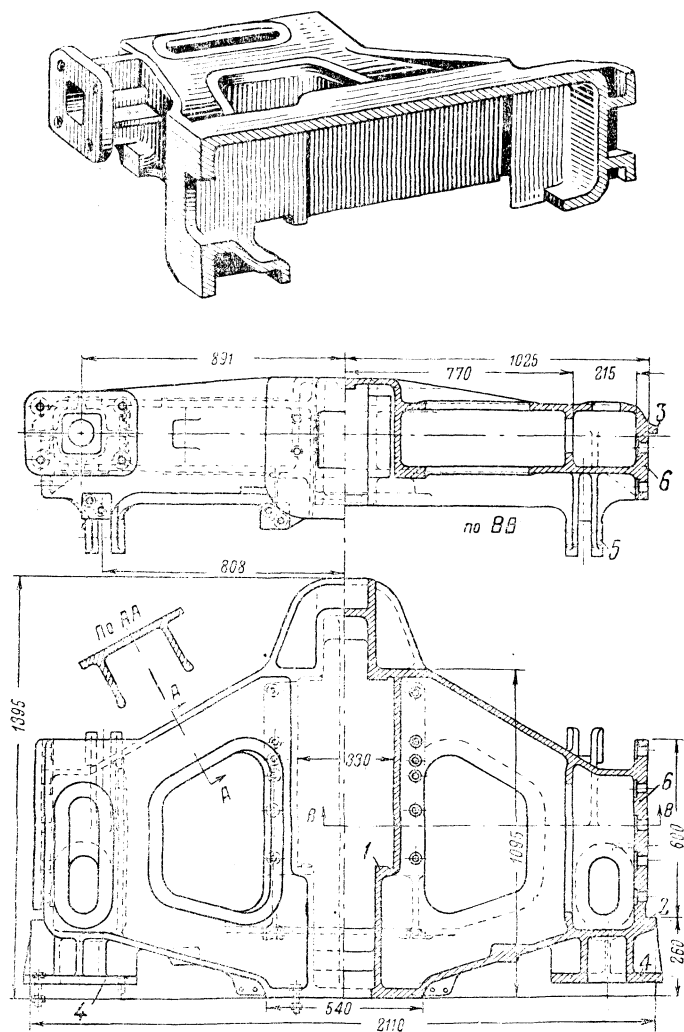
Струнка крепится к раме двумя болтами и двумя шпильками диаметром  $1\frac{1}{2}''$ . Для затяжки струнки на раме имеются выступы («каблочки»), а в струнке — пазы, обработанные с уклоном 1 : 12 (фиг. 61). Эти места в случае замены струнок должны быть обработаны с большой точностью и хорошо пригнаны по краске, так как только в этом случае струнка работает как одно целое с рамой. Площадь прилегания конусных поверхностей должна быть не менее 80%.

**Буферный брус и междурамные крепления.** Буферный брус (фиг. 62) представляет собой литую конструкцию, внутри которой расположена коробка 1, открытая снизу для установки фрикционного аппарата сцепки.



Фиг. 61. Крепление струнки к рамному листу

Привалочная плоскость 6, которая прилегает к рамным листам, имеет достаточные размеры для размещения девяти призонных болтов. Для разгрузки этих болтов от ударной нагрузки имеется

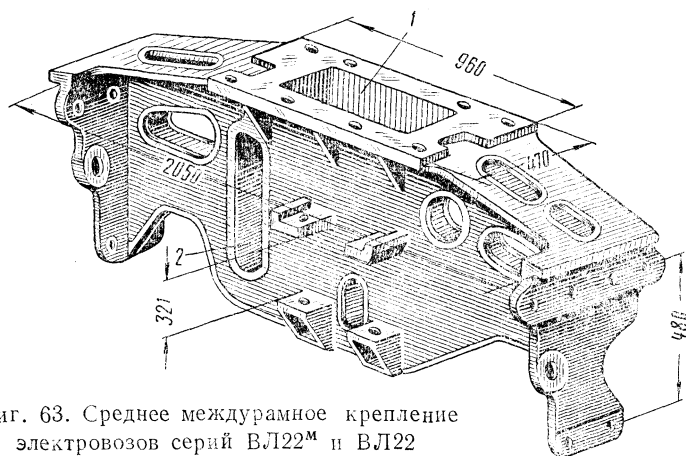


Фиг. 62. Буферный брус электровоза серии ВЛ19

вертикальный борт 2, передающий непосредственно ударное усилие на торец рамного листа, а для разгрузки болтов от веса самого буферного бруса имеются горизонтальные борты 3, которыми буферный брус лежит на рамном листе. В нижней части буферного бруса расположены уши 5 для прикрепления тормозных подвесок.

К буферному брусу крепятся буфера, для чего в нём имеются специальные приливы 4 с углублениями, а также трубы воздушной и тормозной систем и путеочиститель. Последний служит для того, чтобы удалять с пути посторонние предметы и тем самым защитить от повреждения о них наиболее низко расположенные части электровоза.

Путеочиститель сварен из угольников и полос стали (см. фиг. 35 и 55). При износе бандажей путеочиститель может быть поднят, для чего в его подвесках предусмотрены дополнительные отверстия. Нормально высота путеочистителя над головкой рельса должна быть в пределах 120—140 мм; в эксплуатации этот размер должен быть не более 145 и не менее 100 мм.



Фиг. 63. Среднее междурамное крепление электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup> и ВЛ22

По обеим сторонам коробки 7 (см. фиг. 62) в буферном брусе помещаются обычно ящики для тяжёлого инструмента и приспособлений.

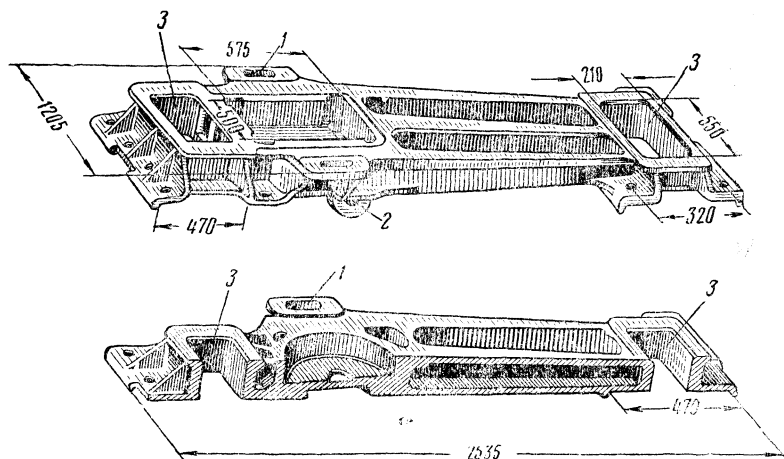
**Средние междурамные крепления** электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22 (фиг. 63), СК, Сс и С имеют канал, который служит частью воздухопровода от вентиляторов к тяговым двигателям (см. стр. 131). Воздух входит в балку через окно 1, проходит по каналу и выходит через отверстие 2.

Чтобы разгрузить болты, крепящие междурамные крепления к рамным листам, от работы на срез, от веса междурамных креплений, а также от передающейся вертикальной нагрузки — веса кузова, междурамные крепления снабжаются буртами, которыми они опираются на верхние кромки рамных листов.

На средних поперечных креплениях (балках) у электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, СК, Сс и С лежит продольная шкворневая балка («мост»), предназначенная для передачи усилий от кузова на тележку. На этой балке устанавливается центральная опора. Шкворневая балка (фиг. 64) представляет собой литую конструкцию;

крепится она на поперечных балках 16 болтами диаметром 30 мм или  $1\frac{1}{4}$ ", по 8 болтов на каждой стороне.

Одна из балок имеет цилиндрическое гнездо диаметром 470 мм и глубиной 114 мм; другая балка — прямоугольное гнездо размером 575 × 500 мм и глубиной 124 мм.

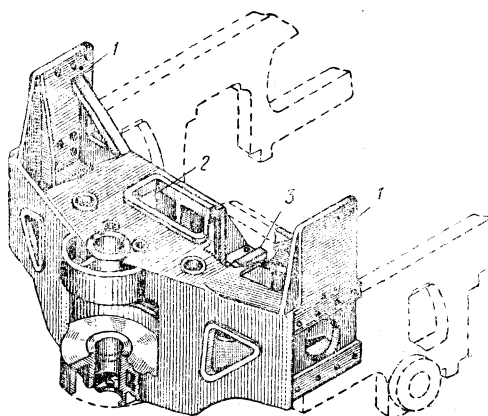


Фиг. 64. Шкворневые балки электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup> и ВЛ22

В шкворневых балках имеются отверстия 3 для прохода воздуха, охлаждающего тяговые двигатели, овальные отверстия 1 для предохранительных болтов и отверстия 2 в нижних приливах для подвески тяговых двигателей при выкатке колёсных пар. При снятии кузова гнезда подпятников в балке должны быть очищены от грязи, промыты и до постановки кузова закрыты, чтобы туда не попала грязь, которая может вызвать быстрый износ трущихся частей.

На фиг. 65 показана одна из задних балок тележки электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup> и ВЛ22. Эта балка имеет два прилива 1, на которых укрепляются тормозные цилиндры, канал 2 для подачи воздуха к тяговым двигателям и приливы 3 для подвески тягового двигателя.

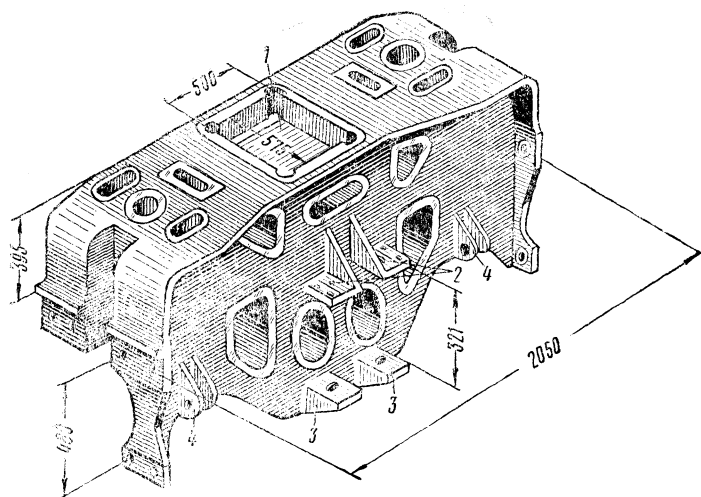
Как уже было сказано, у электровоза серии ВЛ19 кузов опирается непосредственно на среднюю поперечную балку, которая носит-



Фиг. 65. Задняя балка тележки электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup> и ВЛ22

название шкворневой. В шкворневой балке (фиг. 66) имеется прямоугольное гнездо 1 размером  $500 \times 575$  мм. В это гнездо помещается подпятник опоры. Шкворневая балка расположена между рамами тележки так, что ось гнезда опоры кузова смещается от центра оси колёсной пары на 450 мм в сторону от буферного бруса (фиг. 55). Такое смещение сделано с целью получения более равномерного распределения нагрузки по движущим колёсным парам.

По высоте балка выступает над кромками боковых листов на 395 мм. Помимо гнезда опорной плиты, наверху балки имеются две предохранительные опоры, которые ограничивают боковой наклон кузова при его колебаниях.



Фиг. 66. Шкворневая балка электровоза серии ВЛ19

Два верхних 2 и нижних 3 прилива (фиг. 66), расположенных со стороны буферного бруса, служат для подвешивания пружинной рамки (траверсы), через которую тяговый двигатель опирается на балку. Внизу балки имеется с каждой стороны по два уха 4, к которым подвешиваются тормозные подвески.

Средняя балка тележки электровоза серии ВЛ19 имеет приливы 1 и 2 для пружинной рамки и тормозных подвесок (фиг. 67). Первоначально балки не имели достаточно развитой привалочной поверхности 3, и поэтому наблюдались случаи ослабления болтов, крепящих эту балку к рамным листам. Усиление балок старой конструкции выполнено приваркой к ним 40-мм привалочных брусьев и раскосных косынок.

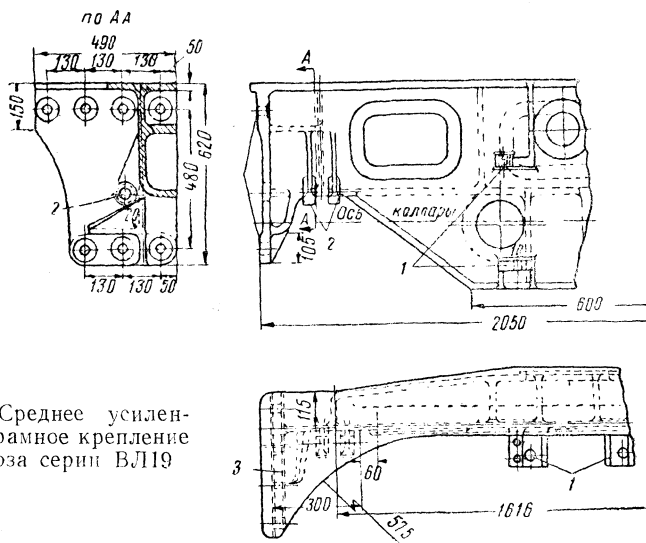
Для поперечных междурамных креплений применяется литая сталь (марки 25-4522) для ответственного литья с пределом прочности при растяжении не менее  $50 \text{ кг/мм}^2$ .

Отливки изготавливаются так, чтобы после обработки привалочных мест на них не было черновин, и обязательно отжигаются.



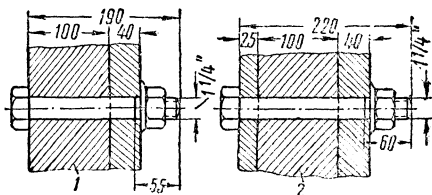
В необработанных частях поверхность междумрамных креплений должна быть чистой, без трещин и раковин.

На фиг. 68 показано крепление боковых рамных листов 1 и 2 к привалочной поверхности буферного бруса и к привалочной поверх-



Фиг. 67. Среднее усиленное междумрамное крепление электровоза серии ВЛ19

ности поперечных балок при помощи конусных (призонных) болтов, которые обеспечивают большую плотность крепления и натяг по всей поверхности болта. Отверстия в привалочных поверхностях поперечных балок предварительно сверлятся до диаметра 30 мм, а затем совместно с отверстием в боковине развёртываются конусной развёрткой до диаметра 32—37,5 мм с наружной плоскости боковины. Диаметр 32 мм относится к вновь изготавливаемым рамам электровоза серии ВЛ22<sup>м</sup>; большие диаметры болтов применяются при ремонте электровозов.



Фиг. 68. Болтовое крепление боковых листов к фланцу буферного бруса электровоза серии ВЛ19 и к фланцу поперечной балки электровоза серии Сс

Развёртка и болты имеют конусность 1 : 200. Развёртка отверстия производится с наружной плоскости боковых рамных листов, т. е. со стороны головки болта. При сборке конусная часть болта не должна входить в отверстие на 20—30 мм, болт запрессовывается или загоняется вплотную ударами молотка, что обеспечивает большую плотность соединения.

Чтобы гайки болтов не отвёртывались, под них подкладывают пружинящие разрезные шайбы или закрепляют постановкой контргаек или шплинтов.

Если между привалочными поверхностями междурамных креплений и боковинами проходит щуп толщиной 0,1—0,2 мм или появляются признаки коррозии, то это означает, что имеет место ослабление болтов. Для того чтобы предотвратить дальнейшее ослабление болтов, их необходимо подтянуть или заменить новыми.

При смене ослабших болтов междурамных креплений первоначально производят развёртку отверстий до несколько большего диаметра.

Поперечные балки тележек расположены на таком расстоянии, что предоставляется возможность вынимать тяговые двигатели вверх или вниз без разборки каких-либо деталей тележки, кроме пружинной рамки. На электровозах серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, СК, Сс и С второй и пятый тяговые двигатели могут быть вынуты только вниз.

При подъёме тележки, сошедшей с рельсов, домкраты устанавливаются под буферный брус и под балку сочленения. В этом случае опасное сечение будет проходить по вырезу средней оси, у которой необходимо особенно тщательно проверить затяжку болтов струнки.

В правильно собранной раме тележек электровоза должны быть соблюдены следующие условия:

- 1) продольные боковые листы рам должны быть строго вертикальными, а их верхние кромки, служащие для проверки рамы, должны быть строго горизонтальными;

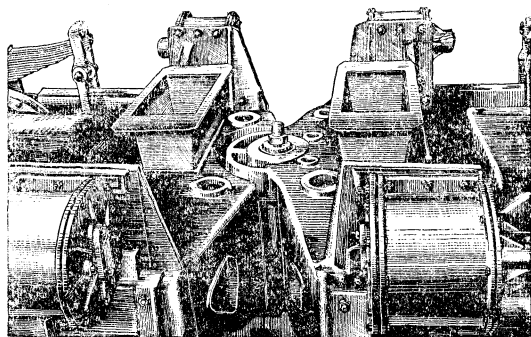
- 2) продольные рамные листы должны быть строго параллельными между собой;

- 3) соответствующие вырезы для букс каждой оси в обеих боковых листах рам должны точно соответствовать друг другу, а боковые грани буксовых направляющих каждой стороны должны быть строго отвесными; наружные и внутренние кромки всех направляющих одной стороны тележки должны лежать на одной прямой.

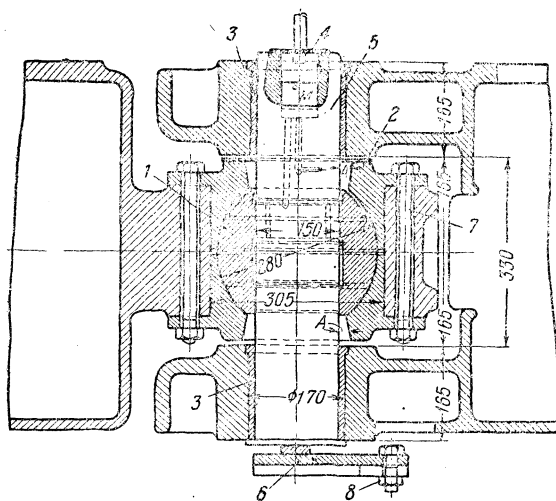
#### **4. Междутележные сочленения и возвращающие устройства грузовых электровозов**

Тележки грузовых электровозов соединены между собой при помощи сочленения. Через эти сочленения передаётся тяговое усилие от одной тележки к другой. Междутележное сочленение располагается на задних поперечных балках тележек, причём у электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, ВЛ19, СК, Сс и С литьё этих балок имеет такие формы, что они сами представляют части междутележного сочленения. Как видно из фиг. 69 и 70, концы задних балок тележек имеют различную форму, входят один в другой и соединяются между собой при помощи шкворня 5 диаметром 150 мм

и длиной 685 мм. На верхнем конце шкворня имеется конус, который облегчает ввод шкворня в отверстия сочленения при соединении тележек. Чтобы тележки могли поворачиваться одна относительно другой в горизонтальной и вертикальной плоскостях, в середине прилива задней балки второй тележки сделано отверстие диаметром 305 мм, в которое вставлено гнездо 2 шара из литой стали. Гнездо шара состоит из двух половинок, между которыми помещается шар 1, сидящий на шкворне. Половинки гнезда шара стягиваются шестью точёными болтами 7 размером 1" × 300 мм. Шкворень 5 устанавливается снизу и укрепляется плитой 6 с накладкой.



Фиг. 69. Сочленение тележек электровозов серий ВЛ22м и ВЛ22



Фиг. 70. Устройство сочленения тележек электровозов серий ВЛ22м и ВЛ22

Плита укреплена к телу балки при помощи болта 8 и гайки со шплинтом. Между шкворнем и телом балки первой тележки находятся втулки 3. В верхней части шкворня имеется отверстие М, в которое помещается набивка из шерсти и наливается смазка. Смазка через отверстие попадает на трущуюся поверхность шара. Отверстие М закрыто крышкой 4; через неё подведена трубка для подачи масла.

Это шкворневое сочленение даёт возможность тележкам поворачиваться одна относительно другой, но не даёт возможности перемещаться в горизонтальной плоскости. В вертикальной плоскости вследствие зазоров между приливами балки тележки и гнездом шара возможно небольшое перемещение (14—18 мм) одной тележки относительно другой. Это облегчает сцепление

тележек и, кроме того, препятствует передаче небольших колебаний с одной тележки на другую. Поворот тележки в вертикальной плоскости ограничивается зазорами *А* между гнездом шара и шкворнем.

На фиг. 71 показано заклиненное междутележечное сочленение электровоза серии ВЛ19, которое имело раньше пружинное возвращающее устройство. Вследствие увеличения влияния тележек электровоза, наблюдаемого

в эксплуатации, особенно на прямых участках пути, это пружинное возвращающее устройство было снято.

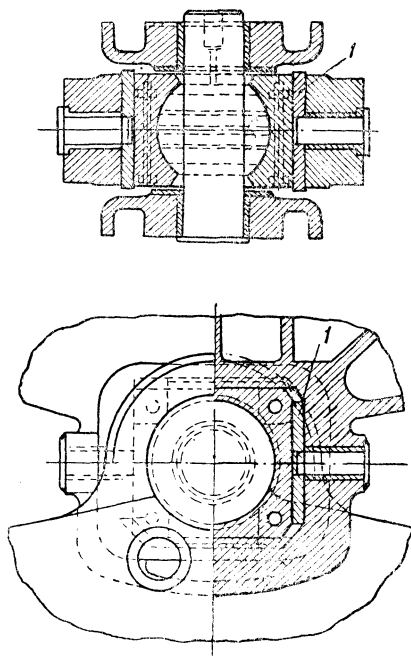
Шкворень сочленения имеет диаметр 140 мм. Он проходит через втулки, запрессованные в приливах балки, и шар, помещенный в шаровом гнезде (камне) другой балки. Между камнем и внутренними поверхностями квадратного выреза прилива балки помещаются прокладки 1, препятствующие перемещению камня. После снятия пружин, шпинтонов и заклинивания камня износ последнего резко уменьшится.

Во время сборки сочленений необходимо следить за тем, чтобы не затянуть слишком сильно шар между половинками гнезда. Обычно между половинками гнезда ставят прокладки из листовой стали, которые по мере износа шара и его гнезда вынимаются.

Общий зазор между шаром и его гнездом не должен превышать 1 мм, между шкворнем и шаром — 2 мм. Минимальный диаметр шкворня у электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, СК, Сс и С—145 мм, у электровозов серии ВЛ19—135 мм.

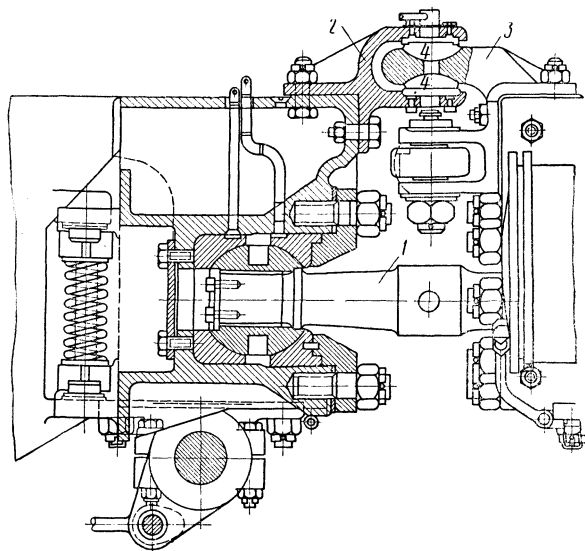
Максимальный зазор между приливами тележек по вертикали на обе стороны не должен превышать для электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, СК, Сс и С 30 мм; для электровозов серии ВЛ19—15 мм.

Чтобы исключить возможность выпадения шкворня, следует особенно тщательно проверять, не ослабли ли болты, крепящие плиту 6 (фиг. 70). При разъединении тележек первоначально снимается предохранительная плита 6, а затем опускается вниз шкворень.



Фиг. 71. Заклиненное сочленение тележек электровоза серии ВЛ19

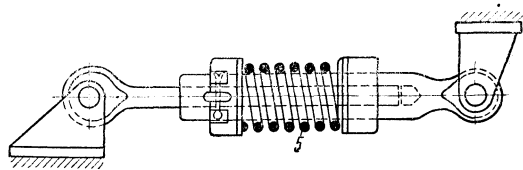
У электровоза серии С<sup>и</sup> для передачи тягового усилия между двумя тележками служит короткая сцепка 1 (фиг. 72), состоящая из стержня, имеющего на концах два шара, которые работают в гнездах, находящихся



Фиг. 72. Междутележное сочленение электровоза серии С<sup>и</sup>

на соответствующих задних поперечных креплениях тележек. Такая конструкция допускает относительно свободное перемещение тележек.

На задних брусках тележек укреплен возвращающий механизм (фиг. 73), который служит для лучшего распределения боковых усилий, возникающих при прохождении электровозом кривых. Возвращающий механизм состоит из двух стержней с шарнирами в местах крепления к задним поперечным брускам тележек. Стержни соединены между собой винтовой пружиной 5.



Фиг. 73. Возвращающее устройство электровоза серии С<sup>и</sup>

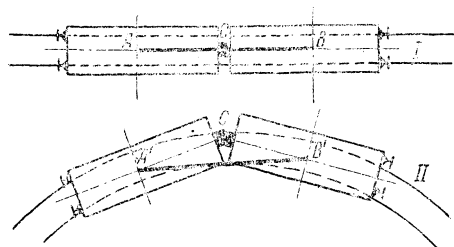
Над возвращающим устройством для передачи вертикальных усилий расположено сочленение (см. фиг. 72), состоящее из двух кронштейнов 2 и 3, укрепленных на задних поперечных брусках тележек и соединенных между собой сферическими скользунгами 4. Это сочленение допускает относительно свободное перемещение тележек только в горизонтальной плоскости и на 1 мм в вертикальной плоскости.

## 5. Опоры кузова

У грузовых электровозов, имеющих отдельные тележки, кузова опираются на тележки через опоры. Опоры бывают плоские и шаровые. Последние не могут при поперечном качении кузова образовать момент силы, восстанавливающий первоначальное положение кузова по отношению к рамам тележек. Поэтому при шаровых

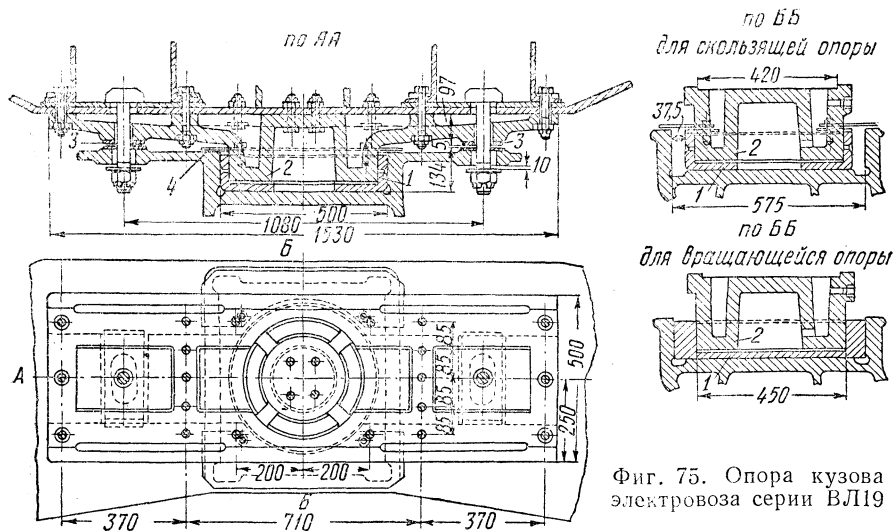
опорах ставятся боковые опоры в виде скользунов, катков или пружин. Шаровые опоры установлены на электровозах серии Сч, а на электровозах остальных серий применены плоские опоры.

Центральная опора одной или обеих тележек должна давать возможность продольного перемещения тележки относительно кузова, что необходимо при движении электровоза по кривой.



Фиг. 74. Положение тележек электровоза на прямых I и кривых II участках пути

Если при движении электровоза по прямому участку пути расстояние между двумя точками, находящимися на шкворневых балках тележек и расположенными на центральной продольной оси электровоза, равно  $AB$  (фиг. 74, I), то на кривых участках пути, когда тележки располагаются под углом, расстояние между точками  $A$  и  $B$  уменьшается (фиг. 74, II) и будет равно  $A'B'$ . Следует это из того, что во всяком треугольнике сумма двух сторон больше третьей, а в треугольнике  $A'SB'$



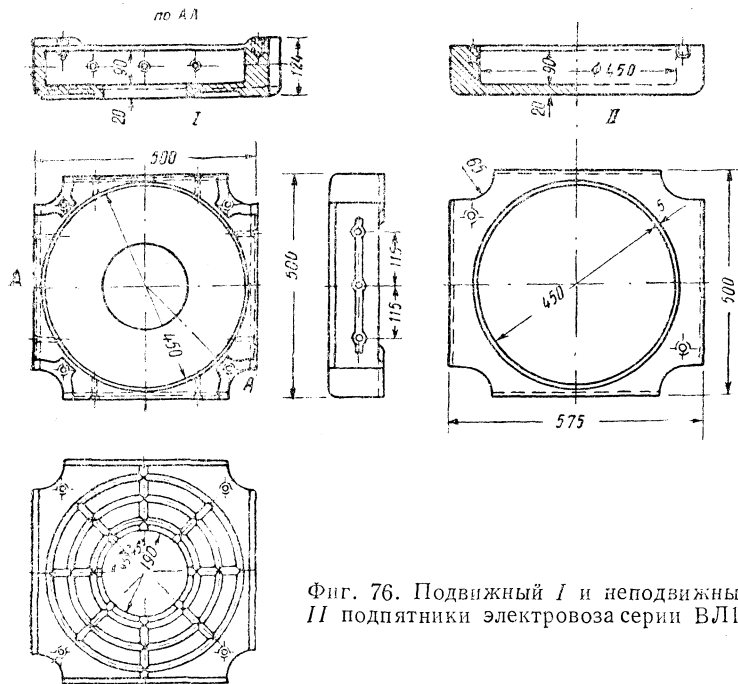
Фиг. 75. Опора кузова электровоза серии ВЛ19

(фиг. 74, II) сумма сторон  $A'S$  и  $SB'$  больше  $A'B'$ . Сумма же сторон  $A'S$  и  $SB'$  равна по длине прямой  $AB$  (фиг. 74, I), т. е.  $A'B'$  меньше  $AB$ .

Это уменьшение расстояния между двумя точками шкворневых балок возможно только тогда, когда расстояние между двумя пятнами кузова изменяется на такую же величину. Так как такую конструкцию в кузове выполнить было бы трудно, то предусматри-

вается возможность перемещения подпятника одной или обеих тележек относительно шкворневой балки.

Опоры электровозов серий ВЛ19 (фиг. 75), ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, СК, Сс и С состоят из подпятника 1, в который входит пята 2. Плоская цилиндрическая пята крепится непосредственно к хребтовой балке кузова при помощи призонных болтов или заклёпок, пропущенных через заплечики пяты. Пяты отливаются из стали марки 25-4522. Отливка чисто обрабатывается в месте соприкосновения пяты с подпятником. Между пятой и подпятником шкворневой балки должен быть зазор 0,4—1,1 мм.



Фиг. 76. Подвижный I и неподвижный II подпятники электровоза серии ВЛ19

Пята кузова вместе с подпятником свободно лежит на шкворневой балке тележек и по отношению к подпятнику может вращаться только вокруг своей оси. На одной из тележек подпятник сделан на 75 мм короче, чем гнездо в балке, и может в ней перемещаться вдоль оси электровоза на  $\pm 37,5$  мм (фиг. 75). Боковые скользуны 3 ограничивают перекос кузова при износе деталей пяты и других причинах, вызывающих перемещение кузова относительно тележек. Через скользуны пропущены болты диаметром 42 мм, которые при продольном перемещении опоры двигаются по прорезям шкворневой балки (фиг. 64 и 75). Зазор между скользунами, ограничивающими поперечные колебания кузова при неподвижном электровозе и новых деталях, равен 4—6 мм и в эксплуатации не должен быть менее 2 мм. Для того чтобы в зазор между подвижным подпятником и бо-

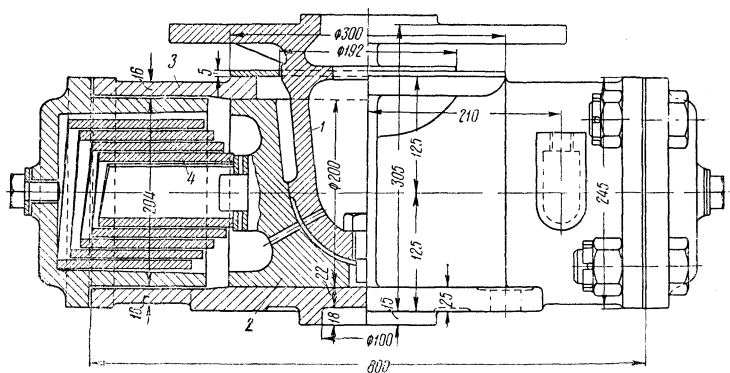
ковыми стенками гнезда не попадали посторонние предметы, на подпятнике укрепляются листовые щиты 4. Посторонние предметы в указанном зазоре при проходе электровозом кривой могут вызвать поломку или сход тележек с рельсов. У электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, СК, Сс и С один из подпятников выполнен цилиндрической, а другой прямоугольной формы, что соответствует углублениям в шкворневых балках (см. фиг. 64).

Подпятники электровозов серии ВЛ19 имеют прямоугольную форму (фиг. 76). Они выполняются литыми и изготавливаются из более мягкого материала, чтобы уменьшить износ пяты кузова и шкворневой балки междурамного крепления у электровозов серии ВЛ19 или продольной шкворневой балки электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, СК, Сс и С. Подпятник имеет внутренний диаметр 450 мм. Суммарный зазор между пятой и подпятником в продольном направлении допускается не более 2,5 мм для подвижного и неподвижного подпятников.

При износе подпятника на 5 мм по его глубине он заменяется новым с подгонкой его размеров к гнезду балки и пяты. Износ пяты по высоте допускается не более 15 мм.

Смазка в гнездо пятника подаётся через маслёрку, откуда по системе отверстий распределяется между трущимися поверхностями.

Кузов электровоза серии С<sup>и</sup> опирается на каждую тележку через главную шаровую опору, находящуюся на средней продольной оси электровоза, и две боковые пружинные опоры. Шаровая опора 1 опирается на подвижный подпятник 2 (фиг. 77). Главные опоры укреплены на вторых поперечных



Фиг. 77. Шаровая опора кузова электровоза серии С<sup>и</sup>

креплениях тележек, считая от буферного бруса. Боковые опоры состоят из скользунов, опирающихся на кронштейны. Последние укреплены на боковых листах тележек.

Главные опоры помещены в коробке 3, в которую с обеих сторон от подпятника вставлены спиральные пружины 4. Эти пружины имеют назначение смягчать возникающие при изменениях силы тяги и толчка усилия, передаваемые кузову. Кроме того, пружины могут компенсировать возможную неточность расстояния между главными опорами.



Допустимое перемещение главной опоры по продольной оси электроваза 25 мм. Коробка, в которой помещены главная опора и пружины, для уменьшения износа заливается маслом.

Чашки боковых опор электроваза серии Сн выполнены из литой стали и в них скользят боковые опоры кузова, укрепленные на раме, причём усилия передаются через пружины, натяг которых может регулироваться.

## 6. Главная рама и бегунковые тележки электроваза ПБ21-01

Главная рама пассажирского электроваза ПБ21-01 (фиг. 78) состоит из двух листов 1 брускового типа, расположенных, как и у грузовых электровазов, снаружи движущих колёс на расстоянии 2 050 мм друг от друга. Толщина листов 125 мм, длина 14 960 мм и наибольшая высота 1 230 мм. Междурамные крепления — поперечные балки — выполнены из стального литья. На четырёх средних креплениях 4 установлены тяговые двигатели и укреплены тормозные подвески для тормозных колодок движущих колёс. Следующие две балки 3 служат для укрепления шкворней бегунковых тележек. Крайние балки 2 служат одновременно буферными брусками, т. е. несут на себе ударно-тяговые приборы.

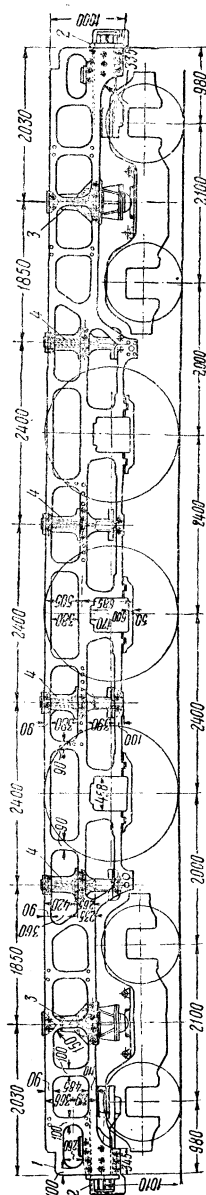
Уменьшение жёсткой колёсной базы, т. е. расстояния между крайними осями, находящимися в одной жёсткой раме, достигнуто у электроваза серии ПБ помещением бегунковых колёсных пар в отдельные двухосные тележки. Эти тележки могут вращаться вокруг центрального шкворня, а также перемещаться в поперечном направлении на 140 мм в каждую сторону. Жёсткая база электроваза ПБ21-01 равна 4 800 мм, а полная база, т. е. расстояние между крайними осями, — 13 000 мм. База бегунковых тележек электроваза равна 2 100 мм (фиг. 78).

Рамы бегунковых тележек выполнены из листов 5 (фиг. 79 и 80) толщиной 32 мм. В средней части боковые листы рамы соединены литой балкой 6. Поперечные концевые балки 7 тележек выполнены из швеллеров.

Подвеска тележек осуществлена при помощи опирающихся на буксы 8 листовых рессор 9, подвешенных к раме тележки через цилиндрические рессоры 10. Подтяжкой этих рессор можно перераспределять нагрузку между движущими и поддерживающими осями.

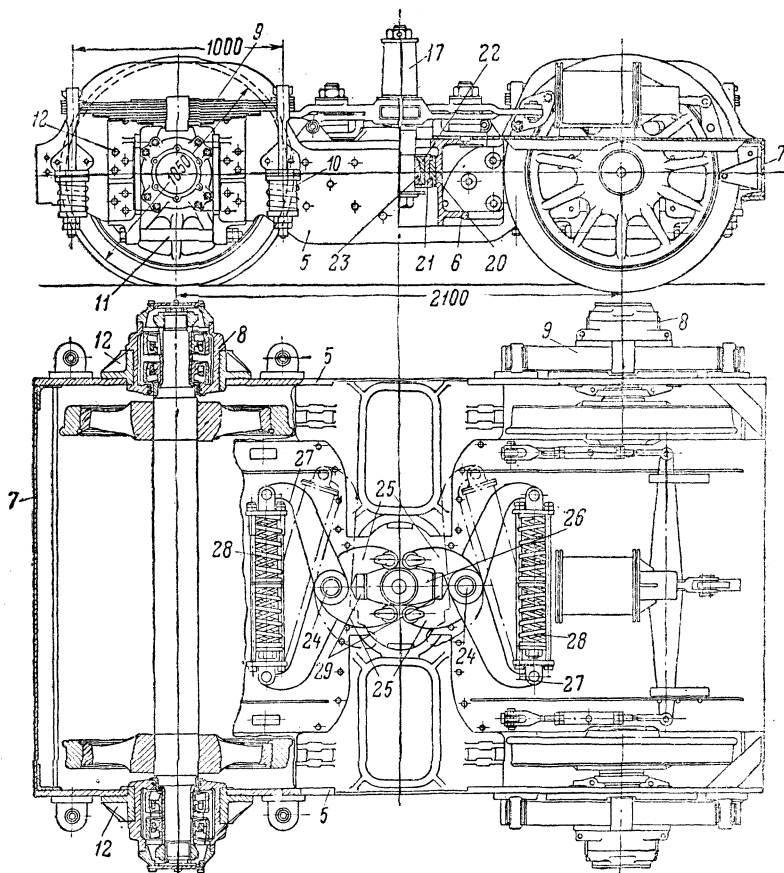
В нижней части буксовые вырезы тележки стянуты струнками 11. Последние представляют собой болты, пропущенные через буксовые направляющие 12. На болты надеты распорные трубки, помещённые между буксовыми направляющими

Нагрузка от кузова на бегунковую тележку передаётся через две скользящие шаровые опоры 13, укрепленные жёстко на поперечных балках 3



Фиг. 78. Продольный боковой лист главной рамы электроваза ПБ21-01 и расположение междурамных креплений

главной рамы. На среднем креплении 6 тележки имеется два углубления, в которых помещаются простроганные плиты 14. По этим плитам могут передвигаться скользуны 15, являющиеся пятнами шаровых опор 13. Скользуны 15 могут передвигаться по плите 14 в продольном и поперечном направлении, т. е. не препятствуют повороту и поперечному перемещению тележки относительно кузова электровоза. Для уменьшения износа сколь-



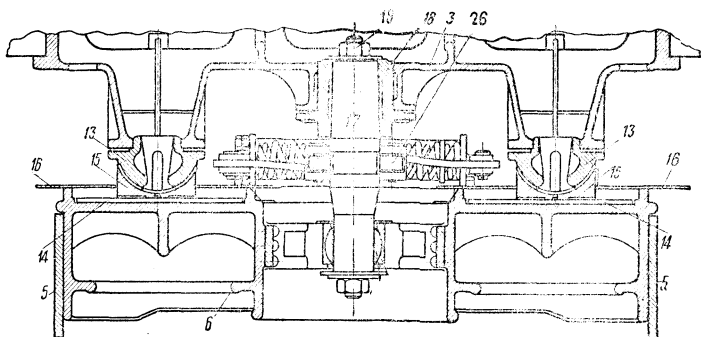
Фиг. 79. Тележка электровоза ПБ21-01

зунов углубления в креплении 6 тележки заливаются маслом. Для предотвращения попадания в эти углубления грязи и посторонних предметов они сверху закрываются листами 16, величина которых обеспечивает постоянное закрытие углубления независимо от положения скользунов. Листы 16 укрепляются на скользунах 15 и перемещаются вместе с ними.

Шкворень 17, соединяющий тележку с кузовом электровоза, укрепляется своей конической поверхностью в гнезде 18 и удерживается в нём при помощи гайки 19. Гнездо 18 вставлено в крепление 3 главной рамы. Посредине шкворень имеет два трапециевидных кулачка. Снизу шкворень заканчивается цилиндрической поверхностью и хвостовиком для гайки.

Посредине бегунковой тележки помещены механизм, который позволяет тележке отклоняться от продольной оси электровоза при движении

его по кривой, и возвращающее устройство, стремящееся поставить бегунковую тележку в такое положение, при котором её продольная ось совпадала бы с продольной осью электровоза. В средней части литого крепления 6 тележки имеется отверстие, к вертикальным стенкам которого в поперечном направлении прикреплены параллели 26. В параллелях перемещается рамка 21, имеющая по сторонам скользящей поверхности два борта. Эти борта обхватывают с обеих сторон параллели, вследствие чего рамка не может перемещаться в вертикальном направлении. С внутренней стороны рамка имеет снизу борта, по которым вдоль обработанных внутренних стенок могут скользить два гнезда 22. Последние обхватывают шар 23, сидящий на нижней цилиндрической части шкворня 17. Для возможных вертикальных перемещений кузова электровоза относительно бегунковой тележки цилиндрическая часть шкворня делается по длине больше, чем высота шара. На конце цилиндрической части шкворня под гайкой надеты две шайбы, одна из которых имеет диаметр больший, чем расстояние между рамками 21. Это делает невозможным вылет тележки из-под кузова электровоза.



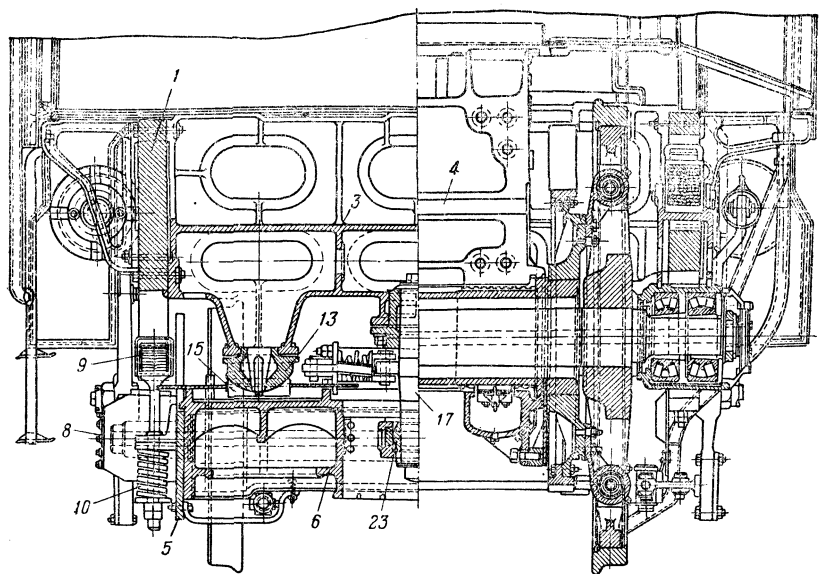
Фиг. 80. Шкворень и шаровые опоры электровоза ПБ21-01

Таким образом, тележка имеет возможность перемещаться относительно кузова в поперечном и вертикальном направлениях, поворачиваться вокруг шкворня и в вертикальных плоскостях.

Возвращающее устройство тележки показано на фиг. 79. Это устройство состоит из двух клещеобразных механизмов, оси 24 которых укреплены на балке 6 тележки. Короткие концы 25 клещей обхватывают с обеих сторон трапециевидные кулачки 26, сидящие на шкворне 17. Длинные концы 27 клещей связаны между собой пружинами 28, которые находятся в сжатом состоянии. Между шарнирами клещей и местом обхвата трапециевидных кулачков имеются упоры 29, неподвижные по отношению к балке тележки.

При входе электровоза на кривую под действием внешнего рельса тележка начинает отклоняться от средней продольной оси электровоза. Так как шкворень вместе с кулачками 26 также начинает перемещаться относительно осей 24 клещей, то выступ шкворня нажмёт на короткие концы клещей со стороны внешнего рельса и начнёт сжимать пружины 28. При этом короткие концы клещей со стороны внутреннего рельса будут упираться в упоры 29. Сжатие пружин будет происходить до тех пор, пока ролики, сидящие на коротких концах клещей, будут скользить по прямоугольной части трапециевидных выступов шкворня. Последние соответствуют перемещению шкворня относительно тележки на 40 мм. После этого в случае дальнейшего перемещения тележки ролики начнут скользить по скосам трапециевидных выступов. Скосы запроектированы так, что дальнейшее сжатие пружин происходит более медленно и величина бокового давления будет оставаться почти постоянной.

Начальное возвращающее усилие механизма вследствие предварительного сжатия пружин составляет около 3,5 т. Величина возвращающего усилия при отклонении тележки от 40 до 140 мм меняется в пределах 5—7 т.



Фиг. 81. Поперечный разрез нижней части электровоза ПБ21-01  
(Обозначения деталей те же, что и на фиг. 78—80)

На фиг. 81 дан поперечный разрез нижней части пассажирского электровоза ПБ21-01.

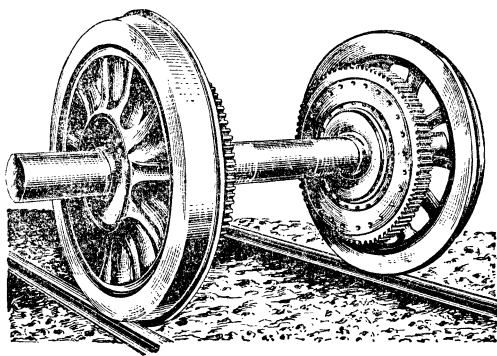
## 7. Колёсные пары

Колёсная пара (фиг. 82) является ответственной частью электровоза. При движении по рельсам колёсная пара жёстко воспринимает все удары на стыках, крестовинах и других неровностях пути. Поэтому на изготовление и содержание колёсных пар обращают особое внимание.

Колёсная пара электровозов (фиг. 83—85) состоит из следующих элементов: оси 1, двух спицевых колёсных центров 2, двух эластичных зубчатых колёс 5 и двух бандажей 3 с укрепляющими кольцами 4. Вместе с бандажом колёсный центр составляет колесо. Колесо напрессовывается на ось. Размеры и вид колёсных пар зависят от типа и конструкции электровоза.

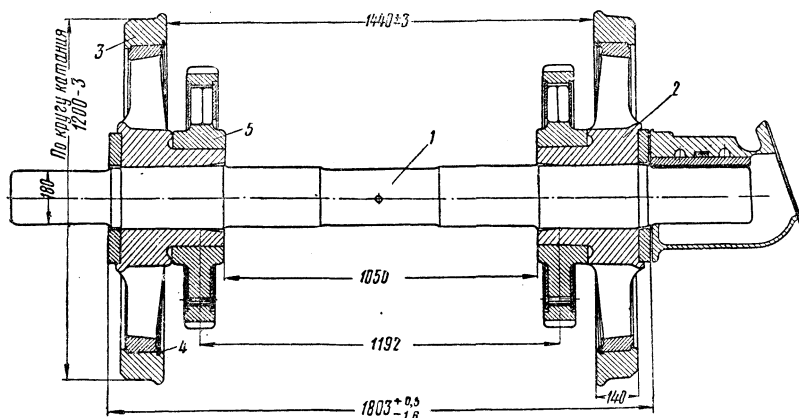
У электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup> (фиг. 83), СК<sup>у</sup>, С<sup>и</sup> и части электровозов серии ВЛ22 зубчатые колёса насажены на подступичную часть колёсного центра. Сделано это с целью уменьшения напряжения в оси при передаче вращающего усилия от зубчатого к движущему колесу, а также для уменьшения концентрации напряжений, возникающих в оси от запрессовочных давлений ступиц центров колеса и зубчатого колеса в месте их соприкосновения. Диаметры

колёс современных электровозов зависят в основном от принятой конструкции передачи и мощности, а следовательно, и размеров тягового двигателя. У грузовых электровозов, имеющих трамвайную подвеску тягового двигателя, диаметр движущих колёс обычно равен 1 000—1 400 мм. Колёса электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, Сс, С и Си имеют диаметр движущих колёс по кругу катания при новых бандажах 1 200 мм; колёса электровозов серий СК и ВЛ19—1 220 мм и движущие колёса пассажирского электровоза ПБ21-01 — 1 850 мм.



Фиг. 82. Общий вид колёсной пары электровоза серии ВЛ22<sup>м</sup>

Все движущие колёса электровоза должны вращаться с одинаковой скоростью и поэтому делаются одинакового диаметра. Поддерживающие колёса могут иметь диаметр, отличный от диаметра движущих колёс, но оба колеса одной оси должны иметь одинаковые

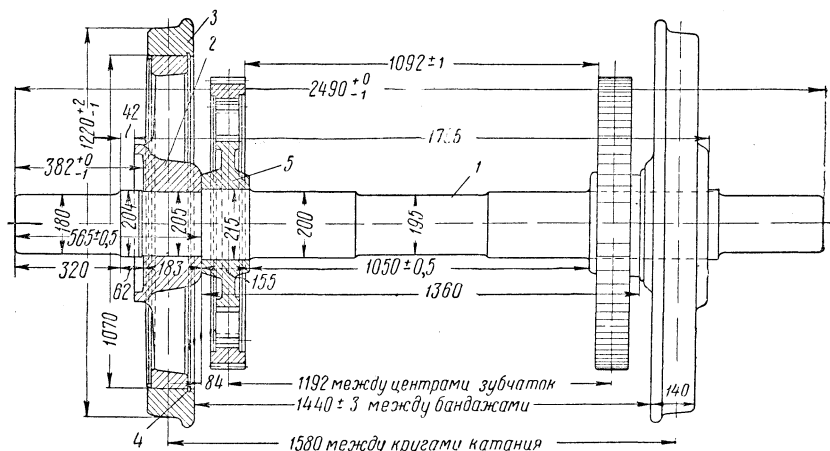


Фиг. 83. Основные размеры колёсной пары электровоза серии ВЛ22<sup>м</sup>

размеры. Допустимая разница в диаметрах колёс одной новой колёсной пары — 0,5 мм, для колёсной пары в эксплуатации — 2 мм. Допустимая разница диаметров бандажей новых колёсных пар электровоза — 2 мм, а в эксплуатации — 15 мм. Когда колёсная пара имеет колёса разного диаметра, при качении её по рельсам проис-

Запрещается выпускать под поезда локомотивы с ослаблением оси в ступице колеса.

**Оси колёсных пар.** Оси колёсных пар испытывают на себе не только давление, передаваемое на них от веса электровоза, но также подвергаются значительному скручивающему усилию, происходящему как от передачи усилия от тягового двигателя через зубчатые колёса, так и от скольжения одного колеса относительно другого. При этом усилия, испытываемые осями от трения колеса о рельсы и



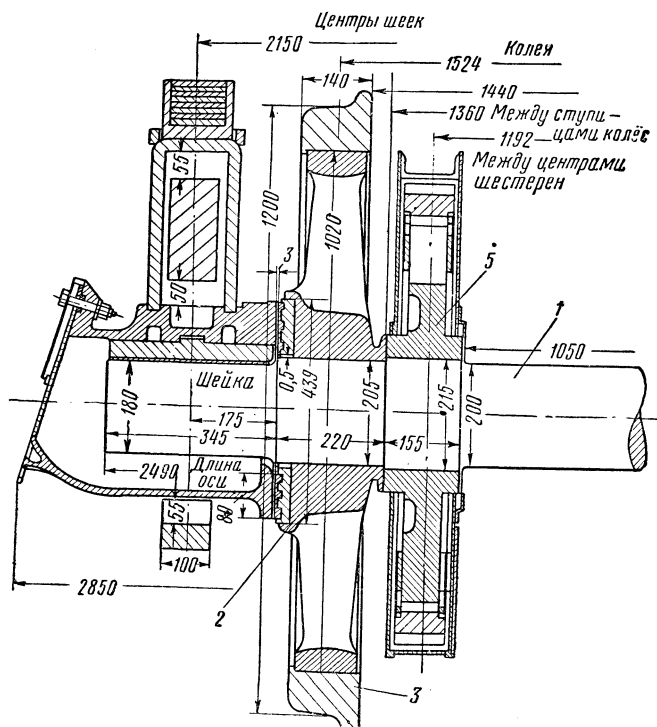
Фиг. 84. Колёсная пара электровоза серии ВЛ19

от всех толчков, воспринимаемых колёсами, т. е. усилия, скручивающие ось, тем больше, чем больше диаметр насаженных на ось колёс. Поэтому диаметр оси зависит от нагрузки на каждую ось и диаметра колёс.

Оси по своей длине делаются обычно разной толщины. Часть 1 оси (фиг. 86, I), на которую запрессовывается колесо, называется подступичной частью, а часть 2, на которую опирается подшипник, — шейкой. Шейки осей большинства грузовых электровозов в отличие от шеек вагонных осей не имеют буртиков. У электровозов, имеющих роликовые подшипники, на концах оси имеется резьба для постановки удерживающей гайки (см. фиг. 81). Переход 3 (фиг. 86) от подступичной части оси к шейке носит название предподступичной части. В местах насадки зубчатых колёс на осях делаются соответствующие утолщения 4, называемые подступичной частью под центр зубчатого колеса. У электровозов с зубчатыми колёсами, насаженными на подступичную часть колёсного центра, таких утолщений ось не имеет (см. фиг. 83 и 86, II). Части 5 оси (фиг. 86, I) со стороны подступичных частей 4 являются шейками

под моторно-осевые подшипники (см. стр. 188). Переходы от одного диаметра оси к другому, называемые переходными галтелями, выполнены радиусом 20 мм для уменьшения напряжения в этих местах.

С целью повышения прочности осей электровозов серий ВЛ19, ВЛ22 и Сс, начиная с 1940 г., оси колёсных пар этих электровозов выпускаются с большими диаметрами осей в подступичных частях под центры зубчатых и движущих колёс (226 и 225 мм против 215 и 205 мм).



Фиг. 85. Разрез буксы и части колёсной пары электровоза серии С

Электровозные оси изготавливаются из поковок, полученных отковкой или прессовкой болванок мартеновской стали или электростали с обязательным последующим отжигом.

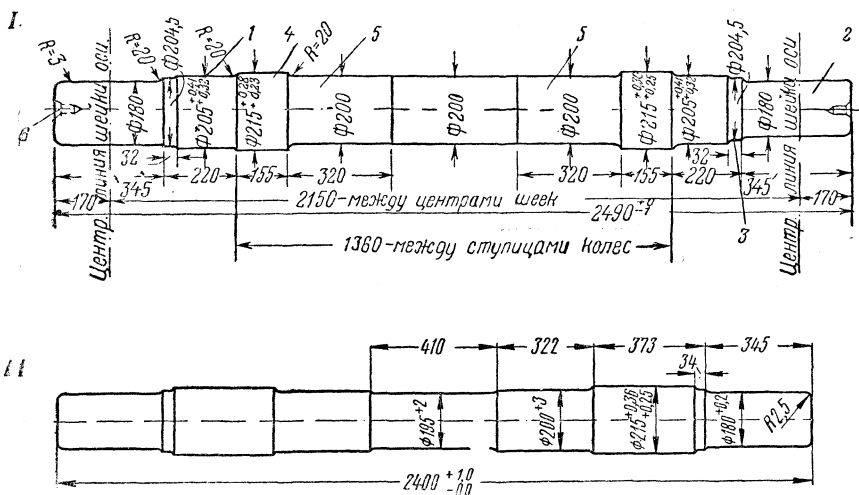
Металл для осей электровозов должен обладать следующими механическими свойствами: предел прочности при растяжении 55—61 кг/мм<sup>2</sup> при относительном удлинении 21—23% образца длиной 75 мм и диаметром 15 мм. Осевая сталь должна содержать: углерода 0,35—0,45%, марганца 0,5—0,8%, кремния 0,15—0,35%, хрома не более 0,3%, никеля не более 0,5%; содержание фосфора и серы не должно превышать 0,05% для каждого из этих элементов в отдельности.

Шейки оси должны быть отполированы или накатаны, а подступичные части гладко обточены. На торцах осей засверливаются центры 6.

Движущие оси электровоза ПБ21-01 изготовлены из хромоникелевой стали.

У электровозов серий ПБ и СК<sup>у</sup> оси высверлены по длине с целью облегчения веса и обнаружения дефектов, возможных во внутренней части осей.

Диаметры шеек осей под моторно-осевыми подшипниками электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, СК, Сс и С не должны быть в эксплуатации меньше 193 мм, а диаметр шеек под буксовыми подшипниками — меньше 174 мм.



Фиг. 86. Оси колёсных пар электровозов:

I — серии Сс и II — серии ВЛ22<sup>м</sup>

Овальность, конусность или волнистость шеек осей под моторно-осевыми подшипниками не должна быть выше 0,7 мм, под буксовыми — не выше 0,8 мм.

Запрещается эксплуатация колёсных пар с осями, имеющими следующие дефекты:

- 1) поперечные или косые трещины в любой части оси;
- 2) продольную трещину или плёну на средней части оси длиной более 25 мм, а также две или более трещины (или плёны) какой бы то ни было длины; на шейках моторно-осевых подшипников, подступичных и предподступичных частях допускаются продольные волосины длиной не более 25 мм в количестве не более трёх; на шейках под буксовые подшипники допускаются продольные волосины, трещины и плёны на расстоянии от торца оси не более 110 мм, в количестве не более двух, длиной не более 10 мм каждая;



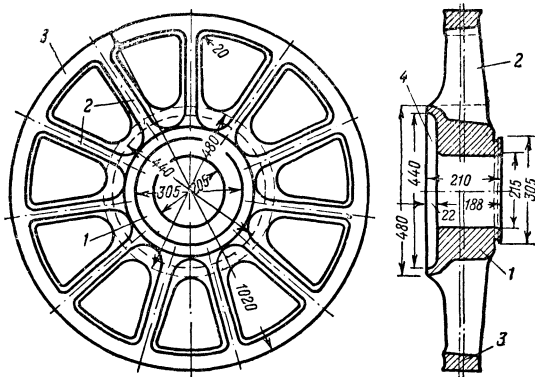
3) риски на предподступичной части глубиной более 0,5 мм, образованные неправильной работой антифрикционных дисков; допускается оставление тупых рисок глубиной менее 0,5 мм;

4) протёртое место в средней части оси глубиной более 4 мм.

На колёсных парах, находящихся под электровозами, разрешается оставлять на шейках оси под буксовые подшипники до первой выкатки колёсной пары из-под электровоза не более трёх поперечных тупых рисок глубиной не более 0,2 мм и на расстоянии не ближе 175 мм от начала предподступичной части со стороны шейки; на шейках под моторно-осевые подшипники до первой выкатки колёсной пары из-под электровоза разрешается оставлять не более трёх поперечных тупых рисок глубиной не более 0,3 мм.

### Колёсный центр.

Колёсный центр состоит из ступицы 1 (фиг. 87), т. е. той части, которой колесо надевается на ось, нескольких спиц 2 и обода 3.



Фиг. 87. Колёсный центр электровоза серии Сс

У современных мощных электровозов на окружности колеса

развиваются значительные силы, почему колёсные центры изготовляются исключительно из литой стали с пределом прочности при растяжении в 45—55 кг/мм<sup>2</sup> (например из стали марки 25-4522). После отливки колёсные центры отжигаются. Наружный диаметр ступицы равен приблизительно удвоенному диаметру подступичной части сси. Центры колёс грузовых электровозов имеют гнезда 4 для антифрикционных дисков. Спицы колёс возле ступицы делаются несколько толще, а к ободу — тоньше. Число спиц колёсного центра зависит от диаметра колеса. Как правило, с увеличением диаметра увеличивается количество спиц. У электровозов серий ВЛ22м, ВЛ22, ВЛ19, СК, Сс и С с трамвайной подвеской тяговых двигателей колёсные центры имеют 11 спиц. Вообще число спиц каждого колеса должно быть нечётным.

Для электровозов, у которых передача выполнена при помощи ползого вала, число, расположение и форма спиц определяются возможностью передачи через них тягового усилия от двигателя на колесо.

Ободы колёс со стороны спиц имеют закруглённые очертания. Отдельные части колёсных центров имеют плавные и закруглённые очертания, так как в частях с четырёхугольным сечением

и в частях, имеющих резкие очертания, после отливки легко появляются трещины.

Для насадки бандажей ободы колёсных центров цилиндрически обтачиваются по наружному диаметру, а на боках обода делаются ксые кромки.

Торцевое биение боковых граней обода центра не должно превышать 0,5 мм. При торцевом биении более 0,5 мм боковые грани обода центра должны быть обточены со снятием минимально необходимой стружки.

Во время ремонта разрешается электронаплавка ободов колёсных центров, отверстий ступиц и выточек под антифрикционные диски с последующей обработкой.

Согласно § 238 Правил технической эксплуатации запрещается выпускать под поезда электровозы с трещинами в ступицах колёсных центров, с наличием двух трещин в одном секторе обода колеса, с трещиной в спице колеса и одновременным наличием трещин в двух смежных со спицей секторах.

На колёсных парах, находящихся под электровозами, разрешается оставлять на колёсном центре не более одной спицы с трещиной у обода или между ободом и серединой спицы до первой выкатки колёсной пары из-под электровоза. Разрешается электросварка трещины или излома у обода или между ободом и серединой спицы на одной или на двух несмежных спицах.

Заварка должна производиться обязательно при снятых бандажах, с тщательной предварительной разделкой под заварку и с последующей обточкой или опиловкой заваренных мест.

При наличии хотя бы одной трещины у основания спицы, т. е. у ступицы, а также при наличии трещин или излома у обода или между ободом и серединой спицы в трёх и более спицах или в двух смежных спицах колёсный центр должен быть забракован.

**Бандажи.** Бандажи изготавливаются из болванок основной или кислой марганцевой стали ковкой на молотах или прессах с последующей прокаткой. Сталь для бандажей грузовых электровозов должна содержать углерода 0,65—0,80 %, марганца 0,5—0,8 %, кремния 0,15—0,35 %, фосфора не более 0,05 % и серы не более 0,05 %.

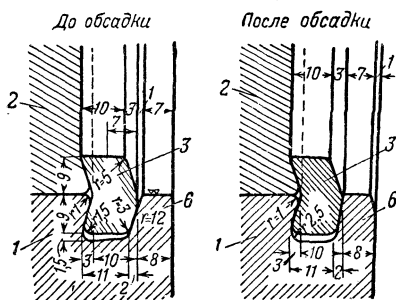
После прокатки бандажи подвергают термической обработке путём закалки с отдельного нагрева с последующим отпуском. Материал бандажа должен иметь предел прочности при растяжении не менее 90 кг/мм<sup>2</sup>.

Внутренняя посадочная поверхность бандажа 1 (фиг. 88) протачивается в соответствии с диаметром обода колёсного центра 2 с таким расчётом, чтобы внутренний диаметр бандажа был меньше диаметра обода на 1,0—1,4 мм на каждый метр диаметра обода. Для изношенных бандажей натяг не должен превышать 1,2 мм. После обточки внутренней поверхности бандаж равномерно нагревается примерно до температуры 320° и в горячем виде надевается на обод колёсного центра так, чтобы упорный буртик 7 бандажа

упирался в сбод колёсного центра. Насадка бандажа требует большого опыта. Слишком тугая насадка бандажа вызывает его лопание, особенно зимой, при низких температурах воздуха; при слабой же насадке бандаж быстро ослабеваает и начинает вращаться на ободе.

При перетяжке бандажа для получения необходимого натяга разрешается применять прокладку между бандажом и ободом колёсного центра. Прокладка изготавливается из листовой стали и должна иметь ширину, равную ширине обода, по длине же должна быть равной развёрнутой длине обода; толщина накладки должна быть не более 1,5 мм. Прокладка должна состоять из одного слоя и не более четырёх частей, расположенных по длине окружности; зазор между прокладками должен быть не более 10 мм.

Несмотря на насадку бандажа на обод в горячем состоянии, всё же бандажи ослабевают, особенно при продолжительном торможении, почему прибегают ещё к дополнительному укреплению бандажей на ободе колеса при помощи укрепляющего кольца. В бандаже делается выточка или канавка, в которую загоняется укрепляющее кольцо 3.



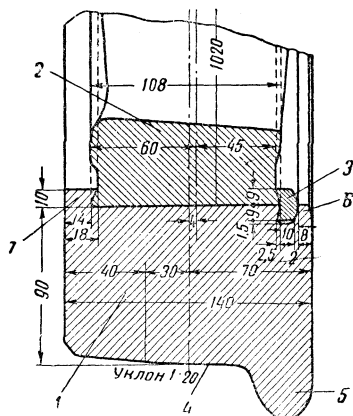
Фиг. 89. Положение буртика до обсадки и после обсадки кольца

Кольцо загоняется в паз пока бандаж ещё не успел остыть после насадки ниже температуры 150°, и обжимается буртиком 6 бандажа (фиг. 89).

Концы укрепляющего кольца должны плотно подходить один к другому, а самое кольцо должно быть изготовлено из цельного или сваренного не более чем из двух кусков специального фасонного железа.

В эксплуатации не допускается ослабления укрепляющего кольца более 20% длины обода, причём место ослабления не должно быть ближе 100 мм от замка.

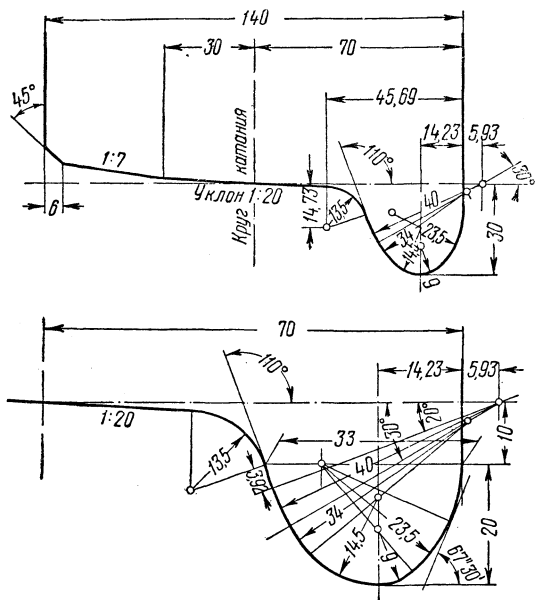
После охлаждения бандажа проверяется по звуку плотность его насадки на колёсный центр и зубилом с закруглённой кромкой наносятся контрольные риски глубиной не более 1 мм на бандаже и ободе.



Фиг. 88. Крепление бандажа при помощи укрепляющего кольца (бандаж колёсной пары электровоза серии Сс)

При обточке новых биндажей на их внешней торцевой грани наносится резцом риска минимальной толщины биндажа, указывающая, при какой толщине биндаж должен быть сменён.

гребень, или реборду, 5, которая препятствует сходу колёс с рельсов и в то же время направляет колёса при проходе по стрелкам и закруглениям. На фиг. 90 показан нормальный профиль бандажа колёс локомотивов железных дорог Советского Союза.



Фиг. 90. Профиль локомотивных бандажей  
железных дорог Советского Союза

Коническая обточка бандажей делается для более спокойного прохождения электровоза по кривым. Так как во время движения электровоза по кривой колесо, идущее по наружному рельсу, должно совершать несколько больший путь, чем колесо, идущее по внутреннему рельсу, то при плотной посадке обоих колёс на ось в случае

применения цилиндрических бандажей происходило бы скольжение последних по рельсам. Чтобы колесо, идущее по наружному рельсу кривой, не отставало от другого и не скользило по рельсам, его надо заставить катиться по кругу большего диаметра. Когда электровоз двигается по кривой, вследствие развивающейся центробежной силы гребни бандажей прижимаются к наружному рельсу; при этом колёса, обточенные на конус, идущие по наружному рельсу, начинают катиться по кругу большего диаметра и пробегают больший путь; колёса, идущие по внутреннему рельсу кривой и опирающиеся на него краями бандажей, имеющими меньший диаметр, совершают меньший путь. Таким образом, влияние кривой как бы уничтожается.

Ширина бандажей на электровозах равна 140 мм (с отклонением  $\pm 10$ ,  $-4$  мм). Толщина новых бандажей, считая по кругу катания,

т. е. приблизительно по середине бандажа, у электровозов серий ВЛ19 и СК равна 75 мм (допускается 72—75 мм), у электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, Сс и С—90 мм (допускается 85—90 мм). Наименьшая толщина бандажей после обточек допускается: для электровозов с нагрузкой на ось до 20 т — 56 мм и для электровозов с нагрузкой на ось 22 т — 60 мм; предельная минимальная толщина бандажей в эксплуатации — 46 и 48 мм соответственно. Согласно Правилам технической эксплуатации (§ 238) прокат бандажей, измеряемый по кругу катания, должен быть не более 7 мм.

Запрещается выпускать под поезда локомотивы, имеющие продольные и поперечные трещины в бандажах колёс, толщину гребней бандажей менее 25 мм или более 33 мм при измерении на расстоянии 20 мм от вершины гребня, местные выбоины на поверхности катания колёс более 1 мм и прокат более 7 мм. Овальность бандажа по кругу катания допускается в 1 мм.

Не допускается эксплуатация колёсной пары с ослабшими бандажами, раковинами или плёнами на поверхности катания, с зазорами между ободом и бандажом по наружному торцу обода более 0,5 мм (суммарно на длине более 30% обода). Не допускаются в эксплуатацию колёсные пары, имеющие вертикальный подрез гребня высотой более 18 мм или остроконечный накат независимо от толщины гребня и высоты подреза. При наличии ступенчатого наката с наибольшей высотой ступени в 3 мм высота вертикального подреза гребня допускается не более 12 мм.

Для снятия бандажа с центра из выточки бандажа удаляется укрепляющее кольцо, после чего бандаж нагревается и в горячем состоянии снимается с центра.

Во время нагрева бандажей колёсных пар электровозов необходимо предохранять от нагревания ступицу колеса и ось, а зубчатые колёса должны быть защищены от нагрева асбестовыми прокладками.

Снятый бандаж и ось с оставшимися элементами должны быть медленно охлаждены до температуры окружающего воздуха (без применения искусственного охлаждения (поливка водой, обдувание воздухом, охлаждение снегом и т. п.)).

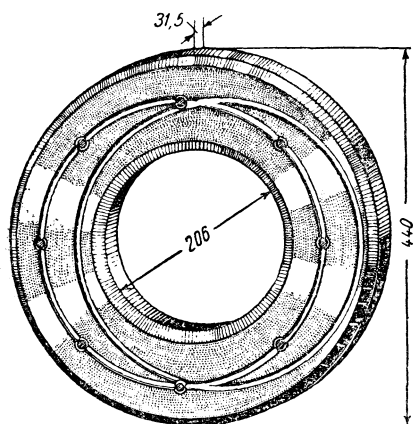
Центры и бандажи колёсных пар, у которых посадочная поверхность имеет овальность более 0,5 мм, должны быть обточены на станке.

**Формирование колёсных пар.** Колёсные центры насаживаются на оси при помощи гидравлического пресса. Напрессовка на ось колёсных центров с удлинённой ступицей и напрессованным на неё центром зубчатого колеса производится под давлением 70—120 т при посадке без бандажа и 90—140 т при посадке с надетым бандажом (натяг в пределах 0,14—0,26 мм); если на удлинённую ступицу центр зубчатого колеса не напрессован, то давления при посадке колёсного центра на ось снижаются соответственно до 60—100 и 80—120 т.

Посадка на ось колёсных центров, не имеющих удлинённой ступицы, производится под давлением 85—125 *т* при посадке без бандажа и 100—140 *т* при посадке с надетым бандажом с натягом от 0,23 до 0,41 *мм*.

В процессе запрессовки давление должно непрерывно и плавно возрастать (без скачков) до тех пор, пока колёсный центр не установится на своё место. В конце запрессовки допускается падение давления не более чем на 5% от наивысшего давления запрессовки и на длине не более 10%.

При насадке колёс на оси оба колеса устанавливаются на строго определённом расстоянии друг от друга. При ширине колеи 1524 *мм* и расстоянии между кругами катания 1580 *мм* нор-



Фиг. 91. Антифрикционный диск из свинцовистой бронзы

мальное расстояние между внутренними плоскостями бандажей у неподкаченной под электровоз колёсной пары должно быть равным 1440 *мм* с допущением отступления от этого размера не свыше 3 *мм* в ту или другую сторону. Наименьшее расстояние между внутренними плоскостями бандажей у колёсной пары под электровозом в нижней точке колёсной пары составляет 1435 *мм*.

Центр зубчатого колеса насаживается на удлинённую ступицу колёсного центра или на ось в нагретом до 200—250° состоянии или в холодном состоянии

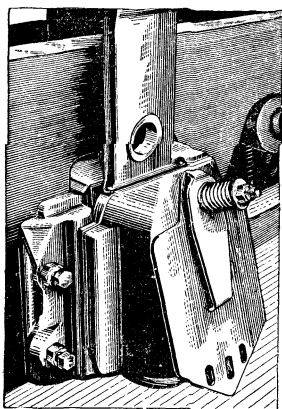
гидравлическим прессом под давлением 50—80 *т* с натягом 0,20—0,26 *мм*. При насадке зубчатых колёс должно быть обеспечено точное совпадение зубьев обоих колёс, так как небольшое отклонение может привести к большому износу зубьев вследствие неодновременного их вступления в зацепление. Максимально допустимый сдвиг профиля зуба одного зубчатого колеса по отношению к другому у новой колёсной пары равен 0,5 *мм*.

Между торцами ступиц колёсного центра и центра зубчатого колеса для предупреждения коррозии оси ставится уплотняющая прокладка из клингерита, пресшпана или свинца, а торцы ступиц окрашиваются суриком.

Наружные грани бандажей колёсных пар электровозов окрашиваются в белый цвет. Контрольные риски на бандаже и ободе колёсной пары, центр которой окрашен в чёрный цвет, закрашиваются красной полосой. Контрольные риски на бандаже и ободе центра колёсной пары, центр которой окрашен в красный цвет, закрашиваются чёрной полосой.



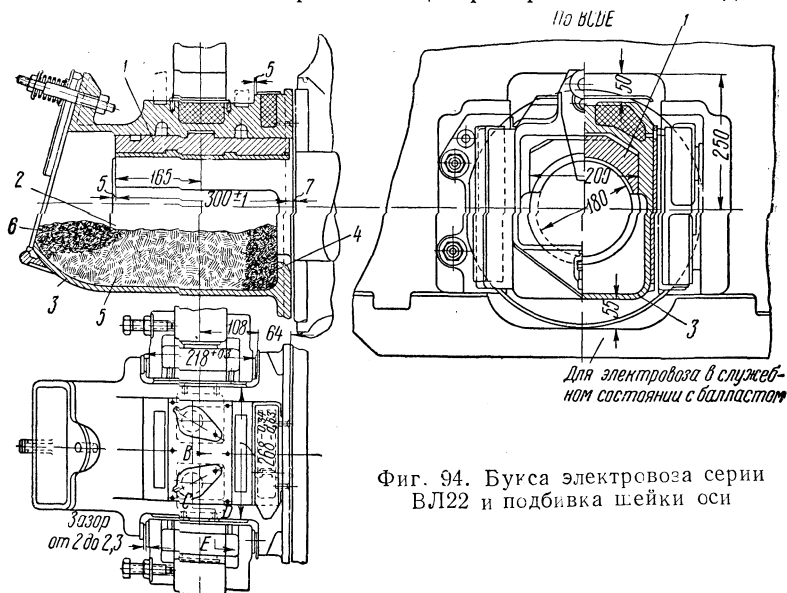
У букс скользящего трения (фиг. 85 и 93 — 95) внутри буксовой коробки 3 помещается бронзовый подшипник (вкладыш) 1 (фиг. 94 и 96), залитый баббитом. Этот вкладыш непосредственно опирается на шейку 2 оси, которая и трётся о него при движении электроваза.



Фиг. 93. Внешний вид буксы электроваза серии ВЛ22М

Подшипник делается радиусом на 1—3 мм больше радиуса шейки оси с тем, чтобы между подшипником и шейкой у краёв получался зазор в виде серповидного клина (фиг. 97). Смазка, прилипшая к шейке оси, как бы нагнетается в серповидный зазор и создаёт между шейкой и подшипником гидродинамическое давление. Это давление достигает максимального значения в точке А, где слой смазки наиболее тонкий. Гидродинамическое давление смазки вызывает смещение в горизонтальном направлении центра шейки относительно центра подшипника.

Для вытаскивания вкладыша из буксы в верхней части его имеется впадина, в которую можно ставить стягивающие крючья. Центры расточки вкладыша и



Фиг. 94. Букса электроваза серии ВЛ22 и подбивка шейки оси

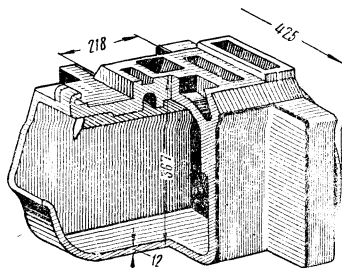
баббита смещены на 5 мм, в результате чего в верхней, рабочей части подшипника получается слой баббита на 3 мм толще, чем у краёв. Эта толщина заливки должна выдерживаться при пере-



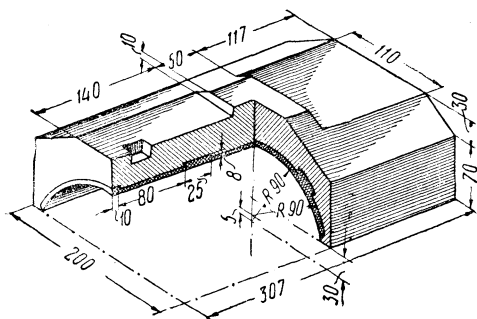
заливке вкладыша. Для заливки вкладышей букс применяют баббит марок Б16 и БК.

Оловянистый баббит марки Б16 представляет собой сплав свинца (66,5%), олова (16%), сурьмы (16%) и меди (1,75%).

Перед заливкой подшипники чисто обрабатываются с тем, чтобы в случае выплавления баббита не произошло задира шейки оси или вала, а затем тщательно очищаются от грязи. В случае сильного окисления поверхности подшипники протравливаются соляной кислотой и затем промываются. Чистая поверхность, подлежащая заливке баббитом, смазывается травлёной кислотой (соляной кислотой с растворённой в ней до насыщения цинковой стружкой) или водным



Фиг. 95. Буксовая коробка электровоза серии ВЛ19



Фиг. 96. Подшипник буксы электровоза серии ВЛ19

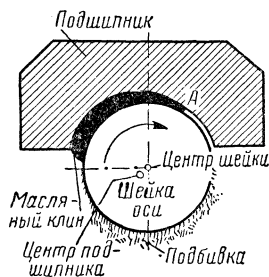
раствором хлористого цинка, после чего подшипник нагревается до температуры  $250^{\circ}$  и покрывается полудой. В качестве полуды при заливке баббитом марки Б16 применяется третник, состоящий из двух частей свинца и одной части олова.

Для заливки подшипники и антифрикционные диски помещаются в формы и нагреваются вместе с ними до температуры  $200 - 250^{\circ}$ . Формы имеют такие размеры, что после заливки получается припуск на обработку залитого баббита в  $2 - 2,5$  мм.

Баббит расплавляется в стальном тигле и в жидком состоянии разливается по формам. Нормальная температура баббита в тигле непосредственно перед заливкой для оловянистого баббита марки Б16 должна быть  $460 - 500^{\circ}$ .

Когда подшипники после заливки остынут, их вынимают из формы, зачищают заусеницы и удаляют приливы. Залитые подшипники растачиваются до необходимого размера, после чего пришабриваются по краске к шейкам осей. На поверхности баббитовой заливки после расточки не должно быть усадочных раковин, плён и недоливов. Допускается лишь незначительное количество газовых раковин, расположенных на поверхности заливки, — не более 6 — 8, размером каждая  $1,5 - 2$  мм по диаметру.

С наружной торцевой стороны букса закрывается крышкой из листовой стали толщиной 4 мм, которая под действием пружины должна плотно прилегать к буксовой коробке; эта крышка предохраняет буксу от попадания в неё пыли, грязи и влаги.



Фиг. 97. Масляный клин между подшипником и шейкой оси

Боковые грани букс, соприкасающиеся с буксовыми направляющими, имеют закраины, или борта, которыми они обхватывают буксовые направляющие рамы и направляются ими. Для предохранения букс от изнашивания к боковым стенкам их привариваются буксовые наливники, выполненные из целого листа (фиг. 98) или из отдельных листов стали марки Ст. 5.

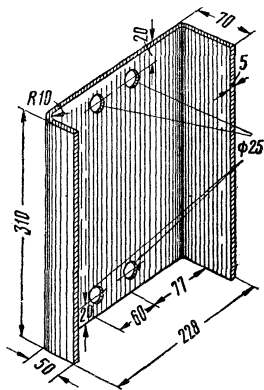
Чтобы компенсировать износ буксовой направляющей, буксовые наливники привариваются к буксе из более толстого листа, чем при новых буксовых направляющих. Зазор между буксовым наливником и буксовой направляющей в продольном и поперечном направлениях на обе стороны не должен превышать 6 мм.

Для уменьшения износа торцевой поверхности корпуса буксы, о которую при боковых усилиях трётся антифрикционный диск, поверхность её подвергается тщательной обработке.

Смазка буксы производится при помощи подбивки под шейку оси (фиг. 94). Для подбивки применяют шерстяные пряди или войлок. У задней стороны буксы снизу плотно набивают старую подбивку 4, затем в буксу укладывается небольшими частями с достаточным уплотнением отдельных слоёв подбивка 5 с тем, чтобы во время движения электровоза эта подбивка не опустилась.

Слишком тугую подбивку делать не следует. С наружной стороны буксы подбивку 6 укладывают более плотным слоем. После подбивки буксы смазку заливают вдоль боков буксы и поверх подбивки 6.

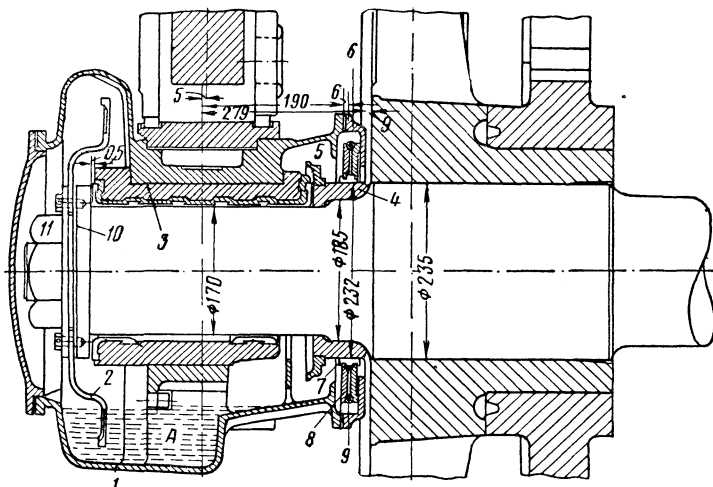
Для смазки поверхности соприкасания буксы с антифрикционным диском на задней стороне буксы имеется углубление — так называемый колодец, откуда смазка через два отверстия попадает на поверхность трения. Это углубление закладывается фитилями и заливается смазкой. Для смазки буксовых направляющих сверху буксы имеется также ещё два углубления — колодца, откуда смазка попадает через отверстия на буксовые наливники.



Фиг. 98. Наличник буксы электровоза серий ВЛ19 и Сс

Конструкция буксы с безбуртовой шейкой и антифрикционным диском для восприятия боковых давлений достаточно проста и позволяет снимать буксу без выкатки колёсной пары.

Для этого достаточно снять подбуксовую струнку, опустить опирающиеся на неё буксовые направляющие и вынуть буксу. Недостатком этой конструкции являются плохие условия смазки антифрикционного диска, с которого под действием центробежной силы сбрасывается масло, а попадание на диск пыли и песка ускоряет износ диска и вызывает быстрое увеличение поперечных разбегов осей и вилание электровоза.

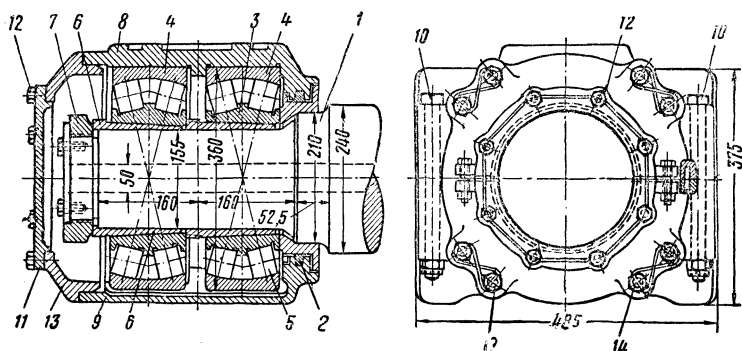


Фиг. 99. Букса электровоза серии ВЛ22<sup>м</sup> с центробежной смазкой подшипника

На некоторых электровозах серии ВЛ19 на два напряжения в буксовых коробках со стороны крышек укреплены бронзовые вкладыши, заменяющие собой антифрикционные диски. В эти вкладыши упираются при осевом перемещении торцевые части шеек осей, чем и ограничиваются поперечные разбеги колёсных пар.

На одном из электровозов серии ВЛ22<sup>м</sup> установлены буксы с центробежной смазкой (фиг. 99). В передней части корпуса буксы 1 имеется резервуар А для смазки, куда заливается около 5 л масла. Из этого резервуара маслом двумя лопатками 2 забрасывается в верхнюю часть буксы и через щели верхнего вкладыша 3 попадает на шейку оси. Перемещение вкладыша 3 по шейке оси ограничивается с одной стороны кольцом 10, установленным на хвостовике шейки оси и удерживаемом гайкой 11, а с другой стороны—упорным кольцом 4, напрессованным на ось. Для предотвращения утечки масла из буксы на кольцо 4 укреплен маслоотражатель 5. Между маслоотражателем 5 и задней крышкой 6 буксы установлена уплотнительная шайба, не допускающая попадания пыли в буксу. Эта шайба состоит из пластмассового кольца 7, обхватывающего упорное кольцо 4, двух алюминиевых полуколец 8 и пружины 9.

Букса электровоза ПБ21-01 (фиг. 100) имеет два роликовых подшипника, расположенных рядом. Каждый подшипник состоит из двух стальных закалённых колец—внутреннего 3 и наружного 4. Между кольцами помещены бочкообразной формы ролики 5. Геометрические оси роликов расположены наклонно. Бочкообразная форма и наклонное расположение приданы для того, чтобы смягчить жёсткие боковые толчки от ударов гребней колёс о рельсы и тем избежать жёстких ударов роликов о кольца и таким образом предохранить их от поломки. Для того чтобы ролики располагались на одинаковом расстоянии друг от друга, между кольцами вставлены сепараторы, обхватывающие ролики с обеих сторон.



Фиг. 100. Роликовая букса электровоза серии ПБ21-01

Внутренние кольца подшипников расточены на конус и ставятся на конические разрезные втулки 6, плотно приточенные к шейке оси 1. После установки подшипников эти втулки закрепляются корончатой гайкой 7.

Корпус роликовой буксы состоит из двух частей—верхней 8 и нижней 9, соединяющихся четырьмя болтами 10. С наружной стороны букса закрыта крышкой 11, укрепленной на болтах 12 к передней стенке 13. Последняя болтами 14 связана с корпусом буксы. С внутренней стороны буксы имеет уплотнение 2.

В буксы с роликовыми подшипниками закладывается густая смазка. Осмотр этих букс (промывку керосином и заправку свежей смазкой) достаточно производить всего 2 раза в год. Большим преимуществом роликовых подшипников являются уменьшение расхода смазки, простота ухода, значительное уменьшение трения, особенно при трогании с места, и возможность сохранения в процессе эксплуатации минимального поперечного разбега осей.

## 9. Рессорное подвешивание

При движении по рельсам колёса электровоза получают значительные удары и толчки как при проходе по стыкам рельсов, так и вследствие неровностей пути. Если раму электровоза непосред-

венно соединить с осевыми буксами, то все удары, получаемые колесом, передавались бы жёстко раме электровоза, а от неё частям тяговых двигателей и кузова, которые быстро разбалтывались бы и приходили в негодность; эти жёсткие удары разрушали бы также путь. Поэтому соединение рамы с буксами выполняется не непосредственно, а при помощи системы рессор, пружин, балансиров и связывающих их деталей, на которых рама подвешивается.

Назначение рессорного подвешивания состоит в том, чтобы передать вес электровоза на шейки колёсных осей, распределить этот вес равномерно между осями и смягчить удары, получаемые колёсами от неровностей пути или при неправильной форме колёсного бандажа, и уменьшить воздействие электровоза на путь.

Рессоры и пружины, с одной стороны, должны быть достаточно прочными, чтобы выдержать вес электровоза, а с другой, — должны обладать достаточной упругостью, т. е. способностью под давлением какого-либо груза прогибаться на некоторую величину и затем по прекращении давления вновь принимать свою прежнюю форму.

На электровозах применяются листовые рессоры и цилиндрические пружины.

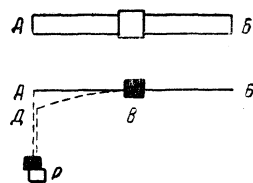
**Листовые рессоры.** Листовая рессора в самом простом виде представляет собой гибкую стальную пластину  $AB$  (фиг. 101), неподвижно укреплённую в своей середине  $B$ .

Если к какому-нибудь концу этой пластины, например  $A$ , подвесить какой-либо груз  $P$ , то этот конец рессоры под действием груза прогнётся вниз и переместится в точку  $D$ ; величина прогиба рессоры, т. е.  $AD$ , называется стрелой прогиба рессоры.

Стрела прогиба рессоры под действием груза на каждый её конец в 500 кг, т. е. 1 000 кг (1 *m*) на всю рессору, выраженная в миллиметрах, называется гибкостью рессоры, а нагрузка в килограммах, под которой рессора прогибается на 1 мм, носит название жёсткости рессоры.

Гибкость листовой рессоры зависит от её размеров, т. е. от длины, ширины и толщины, а также от качества материала, из которого сделаны её пластины. Гибкость рессоры увеличивается с увеличением её длины и уменьшается с увеличением толщины и ширины листов. При увеличении длины пластины рессоры в 2 раза гибкость увеличивается в 8 раз; при увеличении толщины пластины в 2 раза гибкость уменьшается в 8 раз; при увеличении ширины пластины в 2 раза гибкость уменьшается в 2 раза. Если же сложить две одинаковые пластины, то гибкость такой рессоры уменьшится не в 8 раз, а только в 2 раза.

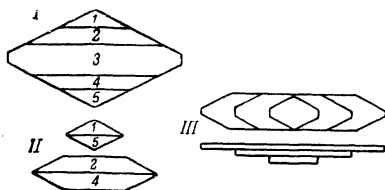
Для того чтобы изображённая на фиг. 101 пластина прогибалась равномерно по всей своей длине (т. е. по дуге круга), её следовало



Фиг. 101. Схема работы рессоры

бы сделать равной по толщине, но придать ей площадь не прямоугольную, а вида, изображённого на фиг. 102, I.

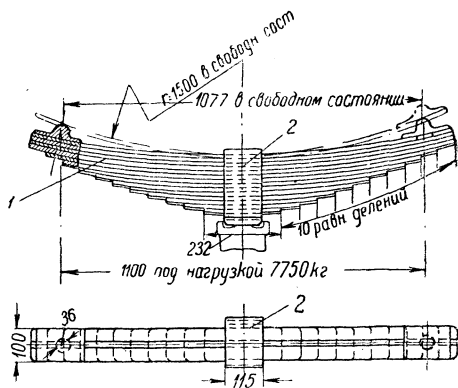
Стальные пластины или листы такого вида вполне удовлетворяли бы требованиям, предъявляемым к рессорам электровоза, если бы ширина их не представляла неудобства к их постановке. Это неудобство, однако, легко устранить, разрезав такой лист по ширине на несколько частей. В самом деле, если разрезать рессорный лист, изображённый на фиг. 102, I, продольными разре-



Фиг. 102. Листовая рессора, состоящая из целого и разрезного листов

пластины 2 и 4 и далее 1 и 5, то получится рессора (фиг. 102, III), гибкость которой будет такая же, как и у неразрезанного листа. Та же гибкость у рессоры остаётся и в том случае, если листы, составленные из двух половинок 2 и 4 и 1 и 5, заменить целыми листами такого же вида и такой же длины, ширины и толщины.

Рессоры электровозов собраны из нескольких постепенно укорачивающихся и наложенных друг на друга стальных пластин или листов 1 (фиг. 103 и 104), связанных в одно целое хомутом 2, который надевается на них в горячем состоянии. Верхние листы, идущие вдоль всей рессоры, называются коренными. На концах коренных листов укрепляются цементированные накладки 3. Хомуты изготавливаются из полосовой стали. Низ хомута делается обычно цилиндрическим с тем чтобы рессора могла качаться в продольной плоскости.



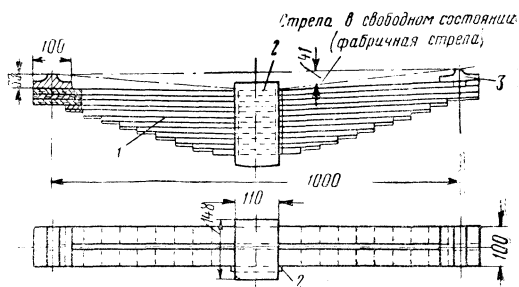
Фиг. 103. Листовая рессора электровоза серии ВЛ22

Чтобы листы рессоры не имели продольного сдвига, в каждом листе протрагивается паз глубиной 2—3 мм; в этот паз в горячем состоянии входит, а при холодной посадке загоняется хомут одной стороной до упора; со стороны, противоположной пазу, между листами рессоры и хомутом загоняется клин (фиг. 105).

Рессорные листы делают обычно загнутыми вверх и при нагрузке распрямляются.

Для листовых рессор применяется желобчатая и гладкая полосовая сталь. Рессоры, собранные из желобчатой стали, лучше сопротивляются боковым сдвигам отдельных листов. Рессоры из гладкой полосовой стали установлены только на электровозах серии С.

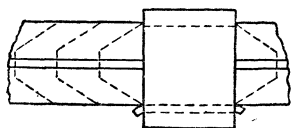
Для того чтобы листовые рессоры были чувствительны к изменениям нагрузки, верхние торцевые кромки листов закругляются и поверхности листов смазываются невысыхающей смазкой. В качестве смазки может быть применена смесь сала с графитом или графита с цилиндрическим маслом.



Фиг. 104. Листовая рессора электровоза серии ВЛ19

Листовые рессоры перед постановкой подвергаются испытаниям на изгиб.

Рессоры с заранее измеренной стрелой прогиба нагружаются грузом, равным максимальной статической нагрузке; после снятия этой нагрузки рессора не должна давать остающегося прогиба. Отклонение действительной величины прогиба каждой рессоры под максимальной статической нагрузкой от расчётной допускается не более  $\pm 8\%$ .



Фиг. 105. Укрепление листов рессоры в хомуте

Листовые рессоры, устанавливаемые на электровозах, не должны иметь сдвига листов в поперечном направлении. Несимметричность осей опорных поверхностей коренных листов (центров отверстий накладок), а также несимметричность концов листов ступенчатой части

рессоры по отношению к оси хомута не должна превышать 3 мм. В эксплуатации эта величина не должна быть более 5 мм.

Хомут должен сидеть на рессоре плотно и шуп толщиной 0,1 мм не должен проходить между хомутом и верхним листом рессоры как в свободном, так и в нагруженном её состоянии на глубину более 15 мм; зазор между хомутом и нижним листом допускается не более 0,3 мм, глубиной до 15 мм. Зазоры между хомутом и боковыми гранями листов не допускаются.

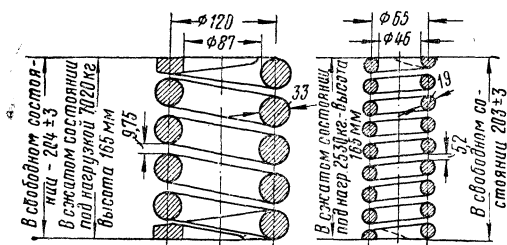
Прилегание отдельных листов друг к другу как в свободном, так и в нагруженном состоянии должно быть плотным; местные зазоры между отдельными листами допускаются не более 1,2 мм, без ограничения длины и глубины. Листовые рессоры окрашиваются чёрной масляной краской или асфальтовым лаком.

Для того чтобы подобрать на электровозе более равномерные по эластичности рессоры, стрелы прогиба отдельных рессор не должны разниться между собой более чем на 15 мм.

Рессоры с лопнувшими листами или трещинами заменяются новыми.

Основные данные листовых рессор электровозов приведены в приложении 2.

**Цилиндрические пружины.** Вследствие значительного внутреннего трения между отдельными листами листовых рессор последние недостаточно сглаживают мелкие удары, что вредно отражается на электрическом оборудовании электровоза. Поэтому, помимо листовых рессор, на электровозах ставятся цилиндрические винтовые пружины, не имеющие трения между своими частями. Цилиндрические пружины изготавливаются из стального прута навиванием его на цилиндр диаметром, равным внутреннему размеру пружины. Прут имеет круглый или квадратный профиль. Для придания пружине



Фиг. 106. Цилиндрические пружины электровоза серии ВЛ22

необходимой упругости она, как и листовая рессора, подвергается закалке. Концы цилиндрической пружины стачиваются по плоскости, перпендикулярной геометрической оси рессоры. После закалки пружина подвергается испытанию, при котором она сжимается под прессом до полного сопри-

касания всех витков без какого-либо просвета между ними. После отжата пружина не должна иметь остаточных деформаций, т. е. высота её в свободном состоянии должна полностью восстанавливаться и конечные её поверхности должны быть перпендикулярны геометрической её оси.

Зазор между витками пружины в свободном состоянии должен быть равномерным; неравномерность зазоров между отдельными витками допускается не более 10% величины наибольшего зазора.

Цилиндрические винтовые пружины электровозов представляют собой комплект двух пружин: внешней и внутренней (фиг. 106), причём направление внешних и внутренних витков делается противоположным. Гибкость цилиндрической пружины тем больше, чем больше число витков пружины, и тем меньше, чем больше сечение прута, из которого она намотана.

Основные данные цилиндрических пружин электровозов приведены в приложении 2.

**Балансиры.** Вследствие неровностей пути электровоз при своём движении всё время колеблется и покачивается, а поэтому при устройстве отдельных рессор над каждой буксой одни из них во



время хода электровоза перегружаются, а другие, наоборот, разгружаются. Кроме того, упругость отдельных рессор с течением времени уменьшается, что ведёт к уменьшению нагрузки на их буксы. За счёт этого перегружаются соседние рессоры и их буксы. Перегрузка рессор и букс может вызвать вредные последствия в виде излома рессоры и нагревания буксовых подшипников; разгрузка букс—преждевременную боксовку разгруженных колёсных пар.

Чтобы избежать вредных последствий перегрузки отдельных рессор и в то же время ставить на электровоз более гибкие рессоры, электровозные рессоры подвешиваются не отдельно, а соединяются между собой при помощи балансиров; такие рессоры называются сопряжёнными.

Балансиры, соединяющие две рессоры рядом расположенных букс, называются продольными. Балансиры, соединяющие обе рессоры одной и той же оси, расположенные на разных сторонах рамы, называются поперечными.

Сопряжение рессор 2 тележек электровоза при помощи балансира 1 показано на фиг. 107 и 108.

Балансиры представляют собой или брусок, откованный из стали, как это сделано у электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, СК, Сс, С и С<sup>и</sup>, или обычную листовую рессору, как это сделано у электровозов серии ВЛ19. Листовая рессора в качестве балансира применяется с целью увеличения общей гибкости рессорного подвешивания.

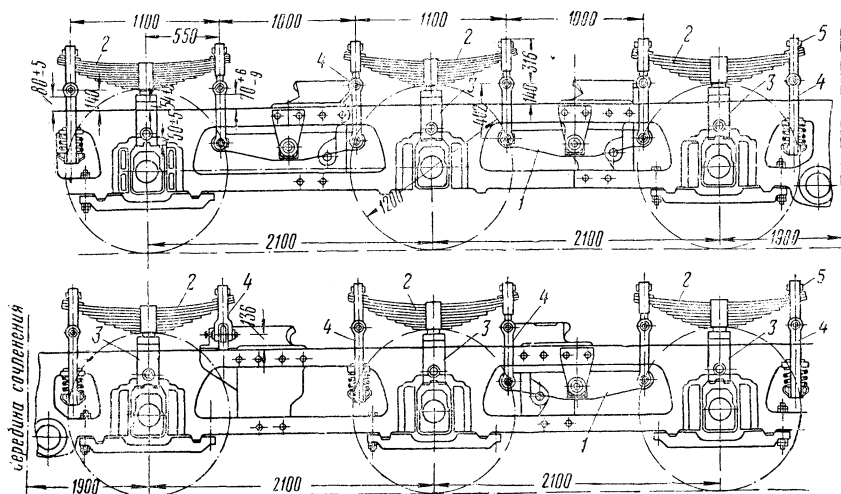
Если при движении электровоза одна из сопряжённых рессор перегрузится, то эта перегрузка передаётся балансиру, а последний передаёт часть излишнего груза другой, соседней рессоре и нагрузка между ними выравнивается. Так как при этом каждой рессоре приходится воспринимать только часть ударов от толчков колеса, то они могут делаться более тонкими и потому более гибкими.

**Рессорные стойки и подвески.** Листовые рессоры грузовых электровозов опираются на буксы через стойки 3 (фиг. 107 и 109), обхватывающие рамы тележки и входящие в гнезда на теле букс. Рессорные стойки выполняются из стального литья или коваными. У бегунковых тележек электровоза серии ПБ листовые рессоры опираются непосредственно на буксовую коробку.

Концы листовых рессор соединены с рамой тележек при помощи пружин или балансиров и рессорных подвесок 4 (фиг. 107, 108, 110), состоящих обычно из нескольких частей, соединённых между собой валиком. Концы листовых рессор обрабатываются в зависимости от способа их подвешивания. Для того чтобы не ослаблять рессоры отверстием, подвески устраиваются часто в виде хомута. Такие подвески применены на электровозах всех серий, кроме серии С; у последних листовые рессоры имеют по концам отверстия, через которые пропущены рессорные подвески (фиг. 108).

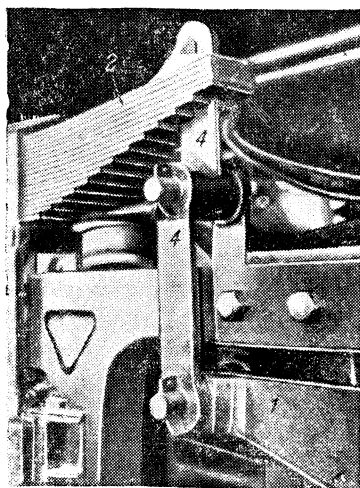
Между хомутом и коренным листом рессоры, в который входит накладка, помещена фасонная прокладка 5 (фиг. 107 и 110). По-

верхности накладки и фасонной прокладки для уменьшения износа цементируются.



Фиг. 107. Рессорное подвешивание тележек электровоза серий ВЛ22<sup>м</sup> и ВЛ22

Для уменьшения трения в местах вращения балансиров и их соединений с рессорными подвесками соединения эти обычно выполняются при помощи роликов или призм.



Фиг. 108. Рессорная подвеска и продольный балансир электровоза серии С

Шарнирные соединения рессорного подвешивания большинства электровозов для предохранения подвесок от износа имеют сменяемые впрессованные втулки, в которых свободно вращаются ролики. Втулки и ролики изготавливаются из стали Ст. 2 с последующей цементацией и закалкой или из стали Ст. 5 с последующей закалкой. Рабочие поверхности роликов и втулок шлифуются. Зазор между роликом и втулкой рессорного подвешивания для роликов, имеющих диаметр 40 мм, допускается до 2,5 мм; имеющих диаметр 45 мм — до 4 мм и диаметр 65 мм — до 5 мм. От выпадения ролики закрепляются при помощи чеки.

Несколько электровозов серии ВЛ22<sup>м</sup> были в виде опыта построены с рессорным подвешиванием на призмах.

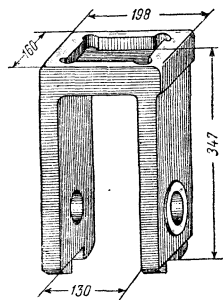
Гнёзда для установки цилиндрических пружин на всех электро-  
возах выполнены из стального литья (фиг. 111).

При сбалансировании отдельных рессор необходимо, чтобы вся  
система рессор и балансиров могла качаться в продольном направ-  
лении с наименьшим трением. Для этой цели  
следует обеспечить хорошую смазку балан-  
сирных и рессорных валиков, а хомуты ли-  
стовых рессор должны иметь цилиндрическую  
опору, позволяющую рессорам легко пово-  
рачиваться.

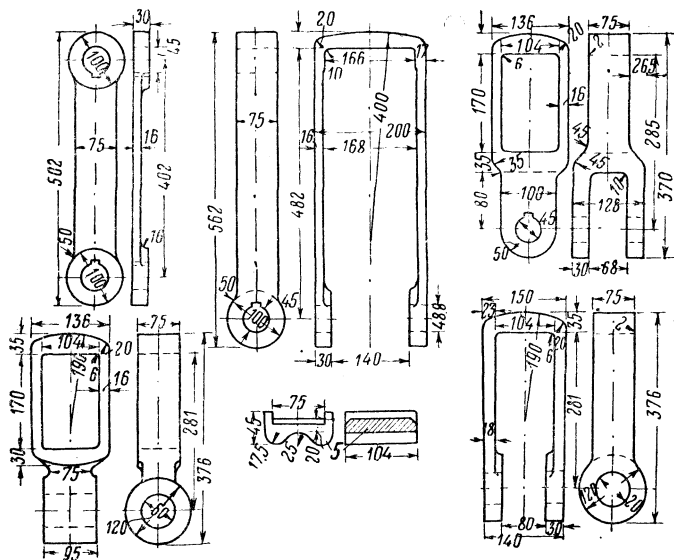
При правильно собранном рессорном под-  
вешивании верхний зазор между буксой и  
рамой для электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22,  
ВЛ19, СК, Сс и С должны быть в пределах  
45—55 мм. В эксплуатации этот зазор должен  
быть не менее 25 мм; при меньшем зазоре воз-  
можны удары буксы о раму тележки.

При установке рессорного подвешивания  
необходимо следить, чтобы были выдержаны  
зазоры между рамой тележки и подвесками во избежание износа  
последних.

**Схемы рессорного подвешивания.** Взаимное расположение ба-  
лансиров и рессор бывает вообще очень разнообразным и зависит



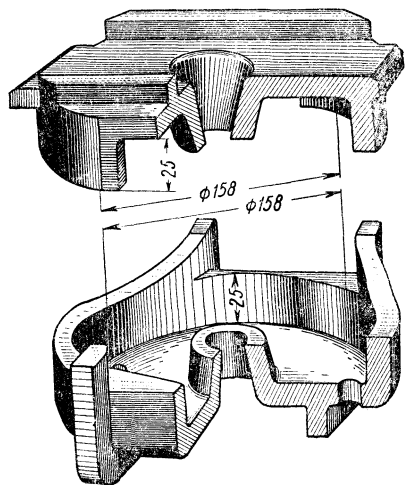
Фиг. 109. Рессорная  
стойка электровоза  
серии ВЛ22



Фиг. 110. Рессорные подвески электровоза серии ВЛ22

от тех требований, которые предъявляются размерами и конструк-  
цией электровоза. Электровозы серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, СК, Сс и С  
имеют следующую систему рессорного подвешивания. В тележке

первого конца (фиг. 112) все три рессоры каждой стороны соединены продольными балансирами. Эта тележка несёт вилкообразную часть междутележного сочленения. В тележке второго конца (задней тележке) рессоры каждой стороны пятой и шестой колёсных пар соединены продольными балансирами, а концы рессор четвёртой колёсной пары со стороны пятой колёсной пары соединены между собой поперечным балансиром. Эта тележка несёт среднюю часть междутележного сочленения. В точках закрепления системы рессорной подвески к рамам имеются цилиндрические пружины. Таким образом, электровоз имеет пять точек подвешивания: первая тележка — две точки, а вторая — три точки.

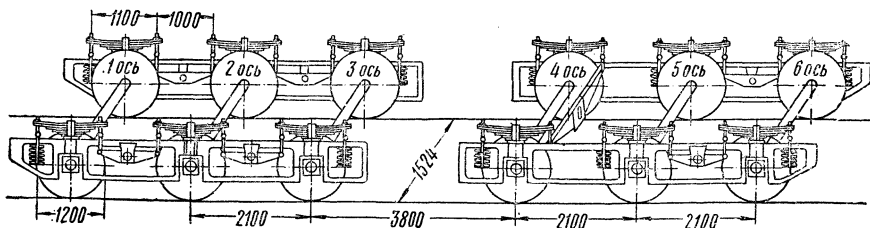


Фиг. 111. Гнёзда цилиндрических пружин электровоза серии ВЛ22

Под точками рессорного подвешивания подразумевают число независимых рессор. Если рессоры одной и той же оси сопрягаются поперечным балансиром, то такое сопряжение даёт одну точку подвешивания. Каждая группа рессор, связанная балансирами, даёт также одну точку подвешивания. Наконец, каждая независимая рессора даёт также одну точку подвешивания. При применении балансиров обычно берут наименьшее число точек подвешивания, необходимое

лишь для восстановления горизонтального положения электровоза.

У электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, СК, Сс и С для устойчивости тележки первого конца (передней тележки), имеющей две точ-

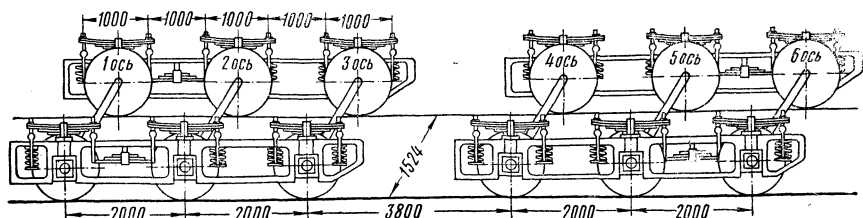


Фиг. 112. Схема рессорного подвешивания электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, СК, Сс и С

ки подвешивания, используется междутележное сочленение, которое для этой тележки является третьей точкой опоры.

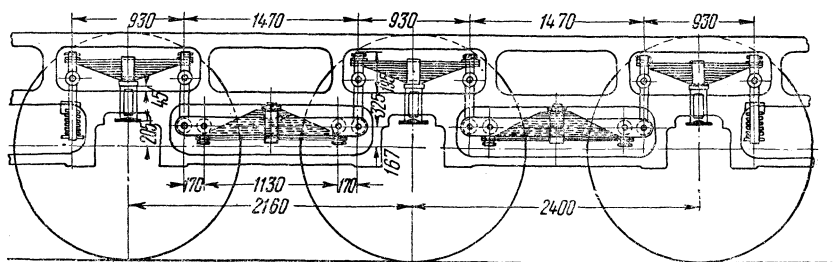
При езде вперёд передней тележкой получается меньшая разгрузка отдельных осей, и электровоз может развивать большую силу тяги по сцеплению, нежели при езде вперёд задней тележкой.

Обе тележки электровоза серии ВЛ19 имеют одинаковое рессорное подвешивание (фиг. 113). У каждой тележки рессоры двух крайних осей — первой и второй, пятой и шестой — сбалансированы между собой продольными балансирами-рессорами; рессоры третьей и четвёртой осей не связаны балансирами. Таким образом, у электровоза серии ВЛ19 обе тележки имеют по четыре точки подвешивания.



Фиг. 113. Схема рессорного подвешивания электровоза серии ВЛ19

Такая система рессорного подвешивания приводит к тому, что тележки не имеют постоянного вертикального усилия, передаваемого с одной тележки на другую, и при движении чаще соударяются между собой.



Фиг. 114. Рессорное подвешивание главной рамы электровоза ПБ21-01

На фиг. 114 показано рессорное подвешивание главной рамы электровоза ПБ21-01.

Из-за большого расстояния между осями на электровозе ПБ21-01 применена комбинация из обратных рессор и балансиров, так как иначе получилась бы слишком длинная обратная рессора.

## 10. Ударно-тяговые приборы

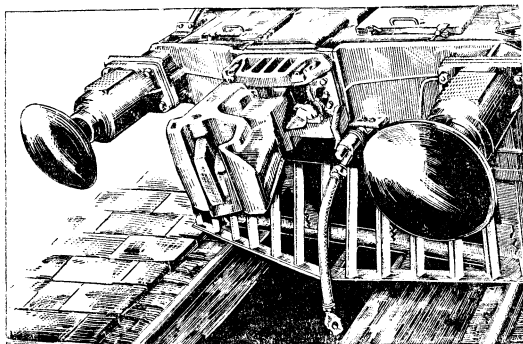
На буферных брусках электровозов до полного перехода на автосцепку укрепляются буфера и автосцепка (фиг. 115), которая иногда заменяется крюком с винтовой стяжкой.

Буфера служат для уменьшения толчков (поглощения ударов), происходящих между электровозом и составом; крюк и винтовая стяжка — для передачи тягового усилия; автосцепка заменяет собой буфера и винтовую упряжь. При автосцепке сцепление единиц подвижного состава происходит автоматически при их

нажатии или соударении, а расцепление производится в результате воздействия человека на расцепной привод.

Автосцепка позволяет ускорить производство манёвров и составление поезда; прочность автосцепки в несколько раз выше прочности винтовой стяжки; при сцеплении локомотивов и вагонов автосцепкой не требуется участия человека, что исключает возможность несчастных случаев со сцепщиками.

**Автосцепка.** В настоящее время на подвижном составе железных дорог Советского Союза устанавливается автоматическая сцепка СА-3 (фиг. 116).



Фиг. 115. Буфера и автосцепка на буферном брусе электровоза серии ВЛ22<sup>м</sup>

Автосцепка СА-3 представляет собой стальной литой корпус 1, имеющий головку, в которой помещён механизм сцепления, и хвостовик с вертикальным отверстием в нём. Через это отверстие пропускается чека (клин), которая соединяет корпус автосцепки с фрикционным аппаратом, установленным в буферном брусе электровоза. Головка автосцепки имеет большой зуб (на фиг. 116 большой зуб изображён отрезанным) и малый зуб, между которыми находится зев автосцепки. Со стороны малого зуба имеется прилив (ухо), служащий для набрасывания на него скобы винтовой стяжки во время маневровых работ.

Механизм сцепления автосцепки состоит из замка 2, замкодержателя 3, собачки (предохранителя замка) 4, подъёмника 5 замка, валика 6 подъёмника и болта 7 с двумя предохранительными шайбами.

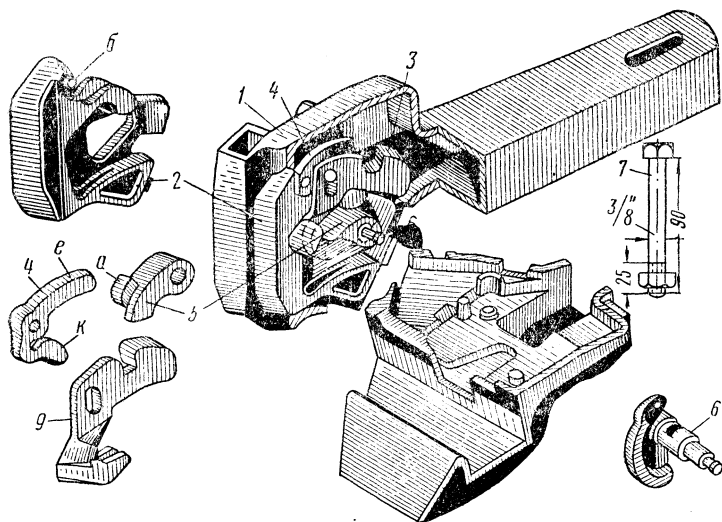
Корпус автосцепки и её детали выполнены из стального литья без механической обработки. Для корпуса автосцепки применяют мартеновскую сталь или электросталь, содержащую 0,17—0,27% углерода, не более 1% марганца, 0,25—0,35% кремния, не более 0,055% серы и не более 0,05% фосфора; предел прочности при растяжении литья должен быть не менее 42 кг/мм<sup>2</sup>.

Корпус автосцепки рассчитан на тяговое усилие 90 — 100 т; среднее разрывное усилие его равно около 300 т.

Замок, замкодержатель, собачка, подъёмник замка и валик подъёмника изготавливаются из мартеновской стали, электростали или бессемеровской стали.

Механизм сцепления автосцепки СА-3 собирается следующим образом. Подъёмник замка 5 вводится внутрь корпуса головки автосцепки и свободно кладётся на имеющуюся внизу опору так, чтобы

палец подъёмника *а* был расположен вверху. После этого замкодержатель *3* овальным отверстием навешивается на шип, расположенный внутри в верхней части головы со стороны большого зуба. Затем собачка *4* своим отверстием навешивается на прилив (шип) *б* замка *2*, после чего замок *2* вместе с навешенной на него собачкой *4* вводится в карман и устанавливается на свою опору. При постановке замка необходимо нажать на нижнее плечо *к* собачки *4* из-под лапы замкодержателя *3*, тогда верхнее плечо *е* собачки поднимется и станет выше полочки, служащей опорой этому плечу; в противном случае оно упрётся в полочку и замок невозможно будет поставить на место.



Фиг. 116. Разрез со стороны большого зуба автосцепки СА-3

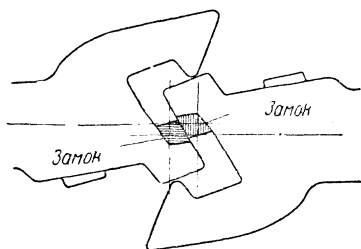
Далее ставится на своё место валик *б* подъёмника через отверстие в корпусе головы автосцепки со стороны малого зуба; при этом валик проходит через овальный вырез в замке *2* и через квадратное отверстие в подъёмнике *5* замка. Затем ставится в вертикальное отверстие прилива со стороны малого зуба болт *7*; этот болт проходит через выемку в валике *б* подъёмника и предотвращает выпадение последнего.

Все детали автосцепки окрашиваются чёрной краской или лаком, за исключением деталей механизма внутри головки автосцепки, которые перед сборкой должны быть смазаны и хорошо вытерты.

Разборка механизма производится в обратном порядке.

Во время сцепки электровоза с вагоном или другим локомотивом малый зуб одной автосцепки скользит по скошенной поверхности большого или малого зуба другой, и под действием нажатия или удара малые зубья входят в зевы автосцепок; при этом замки

автосцепок первоначально вжимаются внутрь корпусов головок (фиг. 117), а затем, по захождении малых зубьев на свои места, замки, ничем более не удерживаемые, под действием собственного веса опускаются в нижнее положение, запирая этим автосцепки.



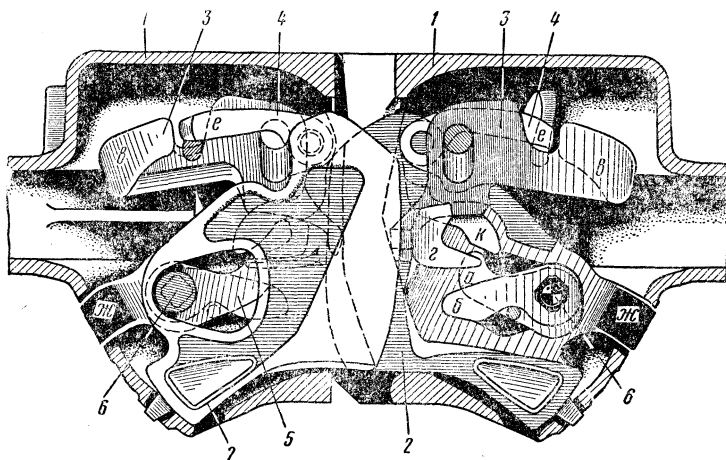
Фиг. 117. Сцепление автосцепок

Если автосцепки при встрече смещены в стороны, они направляются взаимно скошенными поверхностями зубьев, которые при нажимании головок скользят друг по другу.

При сцепленных автосцепках плечо *e* собачки 4 приходится против противовеса *в* замкодержателя 3 (фиг. 118), вследствие чего исключена возможность саморасцепки автосцепок в пути; сигналь-

ные отростки *ж* замков 2 не видны; по этому признаку можно определить, что автосцепки сцеплены.

Расстояние по высоте между продольными осями автосцепок в поезде допускается не более 100 мм (§ 419 ПТЭ).



Фиг. 118. Положение механизмов при сцепленных автосцепках

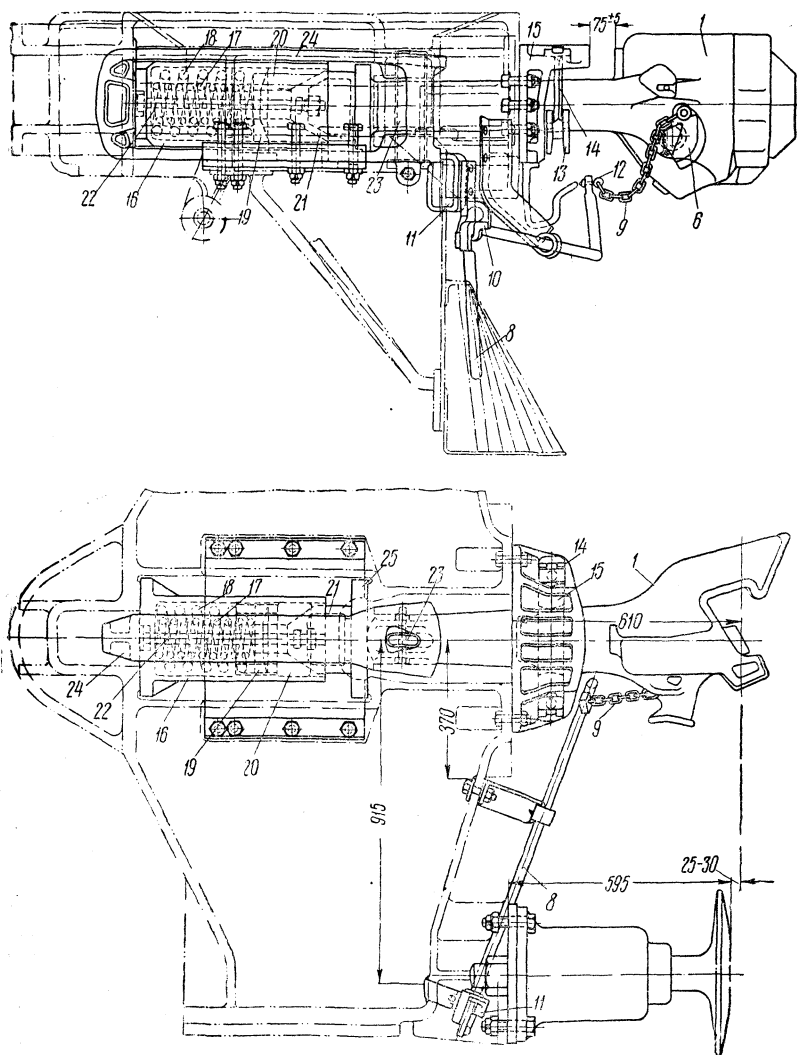
Чтобы расцепить автосцепки, нужно повернуть доотказа рукоятку расцепного рычага 8 в сторону от буферного бруса и тотчас опустить в прежнее вертикальное положение (фиг. 119).

При поворачивании расцепного рычага от натяжения цепочки 9 (фиг. 119) вращается валик 6 подъемника, а вместе с ним и подъемник 5 (фиг. 116 и 118), который верхним пальцем *a* нажимает на нижнее плечо *к* собачки, отчего верхнее плечо *e* становится выше противовеса *в* замкодержателя 3; в результате этого замок 2 сможет переместиться внутрь корпуса головки автосцепки.



При дальнейшем вращении тот же палец *а* подъёмника *5* нажимает на выступ замка и отводит его в положение расцепа.

Одновременно нижний палец *б* подъёмника *5* нажимает снизу на угол замкодержателя *3* и поднимает его, заходит за угол замко-

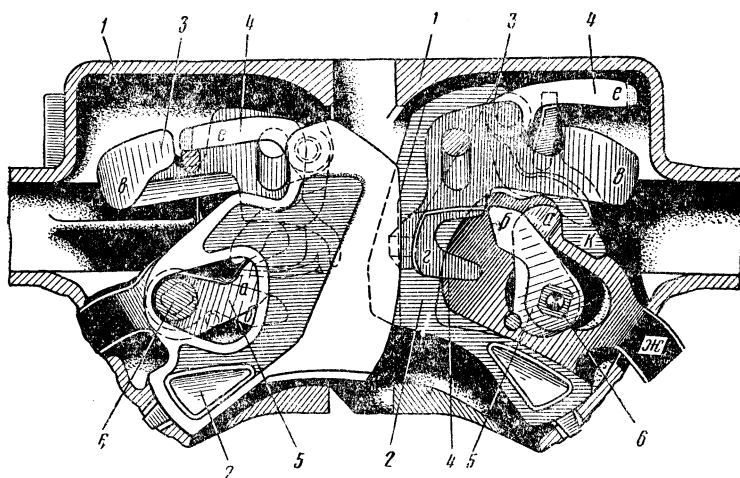


Фиг. 119. Установка автосцепки, фрикционного аппарата и расцепного привода на буферном брус

держателя и занимает положение, изображённое на фиг. 120, после чего замкодержатель под действием своего веса опускается обратно. Автосцепки окажутся расцепленными, и замок *2* останется

в положении расцепа, так как замок опирается на палец *а* подъёмника *б*, подъёмник пальцем *б* опирается на замкодержатель *з* и лапа *г* замкодержателя *з* прижата малым зубом соседней автосцепки, вследствие чего замкодержатель остаётся неподвижным. Сигнальный отросток *ж* поднятого в положение расцепа замка *2* выступает снизу корпуса *1* автосцепки и виден сбоку, что служит показателем расцеплённости автосцепок.

Если необходимо восстановить сцепление автосцепок, нужно нажать на сигнальный отросток *ж* (фиг. 120). От этого поднимется замкодержатель, палец *б* подъёмника *б* лишится своей опоры, подъёмник повернётся книзу, а за ним опустится в положение сцепки и замок.



Фиг. 120. Положение механизмов при расцепленных автосцепках

В тех случаях, когда требуется, чтобы не произошло сцепления автосцепок при нажатии вагонов, нужно повернуть рукоятку расцепного рычага (как при расцеплении), но не опускать её, а положить рычаг *8* плоской частью на горизонтальную полочку *10* кронштейна *11* (фиг. 119).

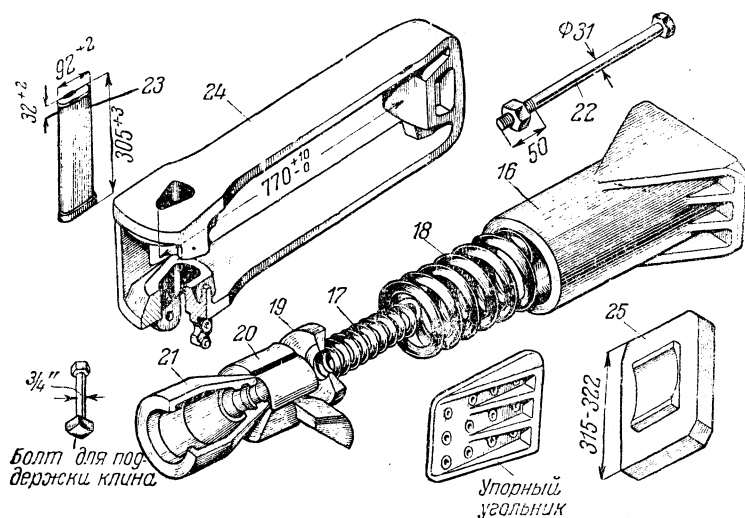
По миновании надобности в работе автосцепки на буфер (т. е. без сцепления при толкании) расцепной рычаг надо сбросить с полочки кронштейна и повернуть рукоятку *8* в вертикальное положение.

Постановкой на буфер проверяется правильность действия расцепного привода. Для проверки нужно положить плоскую часть расцепного рычага на горизонтальную полочку кронштейна и после этого подойти к автосцепке и посмотреть на замок: если его нижняя часть выступает из-за вертикальной стенки зева автосцепки, то это означает, что цепочка *9* расцепного привода длинна и её надо укоротить подвёртыванием гайки регулировочного болта *12* или умень-

шением числа звеньев цепи так, чтобы нижняя часть замка была расположена заподлицо с зевом.

Если плоскую часть распянного привода не удаётся положить на горизонтальную полочку кронштейна, то это показывает, что цепочка распянного привода коротка. В этом случае нужно изменить положение регулировочного болта 12 или же заменить цепочку.

Чтобы после отклонения головки автосцепки она могла быть легко возвращена в центральное положение, хвостовик автосцепки 1 (фиг. 119) лежит на центрирующей балочке 13, подвешенной на маятниковых подвесках 14 у верхней части буферной розетки 15. Розетка укрепляется к буферному брусу болтами. Она восприни-



Фиг. 121. Детали фрикционного аппарата

мают удары от автосцепки при её вертикальных и горизонтальных перемещениях и этим предохраняет буферный брус от вмятин.

Для поглощения кинетической энергии ударов при сцеплении и во время движения поезда автосцепка соединена с буферным брусом не непосредственно, а через фрикционный аппарат. Этот аппарат (фиг. 119 и 121) состоит из корпуса 16 в виде пустотелого стакана, оканчивающегося четырёхугольной плитой, двух пружин 17 и 18, конусной шайбы 19, фрикционных клиньев 20 (которые состоят из шести разрезных долей), нажимного конуса 21 и стяжного центрального болта 22 с гайкой и шплинтом.

Фрикционный аппарат собирается следующим образом. На дно корпуса аппарата ставятся пружины, помещённые одна в другую; на них кладутся конусная шайба, фрикционные клинья и нажимной конус. Все части аппарата стягиваются заранее поставленным болтом, головка которого входит в гнездо, имеющееся

в плите корпуса аппарата; с противоположной стороны торцевым ключом навёртывается гайка, которая затем зашплинтовывается.

При сборке аппарата пружины его сжимаются усилием около 1 т (первоначальная затяжка аппарата).

Помимо постоянной первоначальной затяжки, аппарату сообщается ещё дополнительная временная затяжка для удобства постановки его на электровоз. Для этой цели под гайку стяжного болта 22 ставится железная подкладка в виде полушайбы толщиной 10—15 мм, вследствие чего длина аппарата сокращается. При первом нажатии эта прокладка выпадает и остаётся внутри нажимного конуса, а аппарат восстанавливает свою нормальную длину (остаётся только с постоянной первоначальной затяжкой).

Автосцепка соединяется с фрикционным аппаратом посредством клина 23, проходящего сквозь вертикальное отверстие тягового хомута 24 аппарата и отверстие хвостовика автосцепки. Хвостовик автосцепки упирается в переднюю упорную плиту 25, имеющую посредине гнездо, по очертанию соответствующее хвостовику автосцепки.

Под действием кинетической энергии удара передняя упорная плита нажимает на нажимной конус 21, который входит в разрезные фрикционные клинья 20, раздаёт их в стороны и прижимает к стенкам стакана 16. Вследствие этого между подвижной частью пружинно-фрикционного аппарата и его неподвижно закреплённым корпусом создаётся большая сила трения. Эта сила трения будет тем больше, чем больше будут сжаты пружины 17 и 18. За счёт трения, препятствующего перемещению подвижной части аппарата, поглощается значительная часть кинетической энергии удара (от 75 до 85 %); остальная часть поглощается пружиной. Обратная отдача пружины опять-таки раздвигает клинья, преодолевая их трение, отчего не получается вредных толчков в поезде. Усилия от фрикционного аппарата при его сжатии передаются буферному брусу через стакан 16, который своей четырёхугольной плитой упирается в стенку буферного бруса.

Смазка частей фрикционного аппарата не допускается, так как при ней понижается мощность фрикционного аппарата.

Расстояние от оси автосцепки СА-3 до уровня головок рельсов у электровозов должно быть в пределах 980—1 070 мм (§ 282 ПТЭ).

Автосцепки СА-3 относятся к нежёсткому типу. Головки этих автосцепок в сцепленном положении могут свободно перемещаться одна относительно другой в вертикальном направлении; поэтому для восприятия колебаний вагонов во время движения в хвостовике нежёсткой автосцепки устраивается только один шарнир, позволяющий ей отклоняться вместе с вагоном в горизонтальном направлении, т. е. вправо или влево.

Жёсткие автосцепки не допускают взаимного перемещения по вертикали одной головки относительно другой.

**Буфер.** Буфер состоит из стального литого стакана 1 (фиг. 122), прикрепляемого болтами к буферному брусу. Внутри стакана поме-

щены цилиндрические пружины 2, через которые пропускается стержень 3, оканчивающийся с одного конца буферной тарелкой 4, а с другого резьбой для гайки 5. Буферный стержень с тарелкой изготавливается отковкой или штамповкой из стали.

Для передачи давления от буферного стержня пружине на стержень надевается шайба 6.

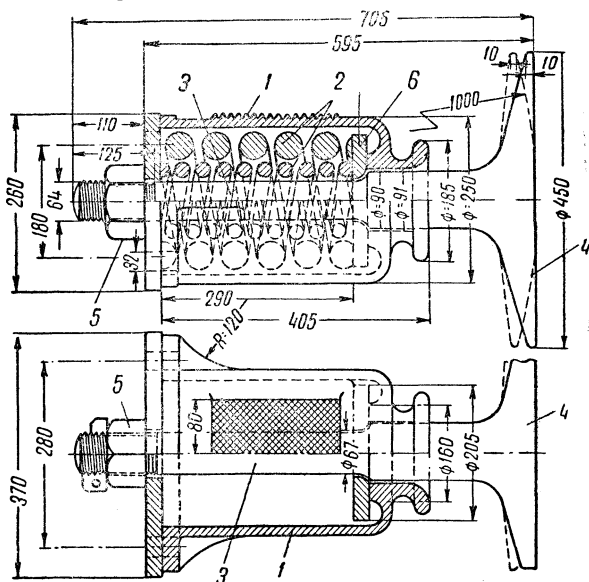
При больших давлениях на буфер ход стержня ограничивается величиной междувитковых зазоров пружин 2, т. е. стержень входит в стакан до полного сжатия пружин.

Тарелка правого по ходу поезда буфера электровоза, как и у всех других локомотивов и вагонов железных дорог Советского Союза, делается выпуклой, а левого буфера — плоской. Это обеспечивает более спокойное и безопасное прохождение электровозов и вагонов по кривым. Если бы все тарелки были только выпуклыми или только плоскими, то на закруглениях пути буфера вагонов нажимали бы один на другой не центром тарелок, а краями их, сила их давления передавалась бы не по оси буферов и стремилась бы выбросить вагон из колеи пути. Когда же одна тарелка делается плоской, то выпуклая тарелка перекатывается по ней и давление от одного буфера к другому передаётся близко от центра тарелки.

Для уменьшения износа буферного стакана и стержня, трущихся один о другой при движении электровоза с составом, стержни буферов следует смазывать. Износ буферного стержня допускается не более 10 мм по диаметру. Игра стержня в буферном стакане допускается не более 8 мм. Если игра больше, то необходимо ставить втулку или производить наплавку металла.

Расстояние между центрами буферов должно быть 1 782 мм; высота оси буфера от головки рельса — 1 050 мм; в эксплуатации же в зависимости от стрелы прогиба рессор и толщины бандажей колёс высота оси буфера колеблется от 960 до 1 080 мм.

Исправное действие буфера определяется положением нажимной шайбы 6, которая при затянутой гайке хвостовика буферного



Фиг. 122. Электровозный буфер



Фрикционный аппарат вставляется в люк буферного бруса снизу, после чего люк закрывается стальной плитой, на которой лежит фрикционный аппарат. Плита крепится при помощи болтов.

При замене винтовой упряжи фрикционный аппарат соединяется с корпусом автосцепки.

На фиг. 124 изображена стяжка объединённого типа, состоящая из кривого валика 1 с гайками и шплинтами, двух серёг 2, большой гайки 3 винта с наконечниками и шплинтами, скобы 4, малой гайки 5 винта и винта 6 с рукояткой 7.

Крюк и стяжка являются ответственными механическими частями и испытываются на растяжение усилием 30 т.

Крюк и винтовая стяжка для уменьшения износа должны смазываться.

## 11. Зубчатая передача

Зубчатый привод, предназначенный для передачи вращающего момента от тягсовых двигателей к колёсным парам, является одним из ответственных элементов электровоза. На мощных электровозах обычно применяются двусторонние зубчатые передачи, т. е. такие передачи, при которых вращающий момент от тягового двигателя передаётся через две пары зубчатых колёс. Зубчатые колёса, насаженные на концах вала тягового двигателя, называются шестернями. Шестерни сцепляются с зубчатыми колёсами, сидящими на осях движущих колёсных пар. При работе тяговых двигателей шестерни вращают зубчатые колёса и таким образом осуществляют передачу движения на движущую колёсную пару.

Шестерни, сидящие на валу тягового двигателя, имеют меньший диаметр и меньшее число зубьев, чем зубчатые колёса, насаженные на оси колёсных пар. Отношение между числом зубьев большого колеса и шестерни называется передаточным числом. У электровозов серий ВЛ22, ВЛ22<sup>м</sup>, Сс, С и С<sup>м</sup> это число равно 4,45 (89 и 20 зубьев), у электровозов серий ВЛ19, СК и части электровозов ВЛ22<sup>м</sup> и ВЛ22—3,74 (86 и 23 зуба) и у электровоза ПБ21-01—3,025 (121 и 40 зубьев).

Изменением передаточного числа у электровозов с одними и теми же тягсовыми двигателями можно достигнуть увеличения или уменьшения скоростей движения за счёт соответственного уменьшения или увеличения усилия тяги.

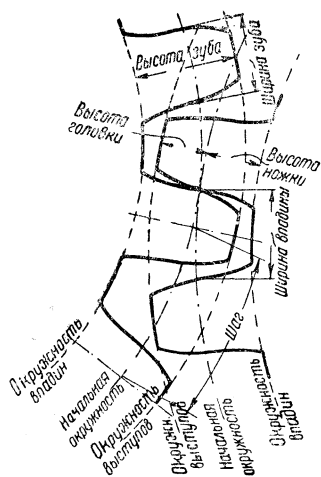
Передаточное число зубчатой передачи равно также отношению диаметров начальных окружностей зубчатого колеса и шестерни (фиг. 125). Начальные окружности двух сцепленных зубчатых колёс катятся одна по другой, и скорости точек на этих окружностях равны между собой. Расстояние между двумя зубьями или серединами их, взятое по начальной окружности, называется шагом зацепления. Часть зуба выше начальной окружности называется головкой, а ниже — ножкой зуба.

Отношение между диаметром начальной окружности зубчатого колеса, выраженным в миллиметрах, и числом зубьев его называется-

ся модулем. Модуль зубчатых передач электровозов всех серий, кроме серии С<sup>и</sup>, равен 10; модуль передачи электровозов серии С<sup>и</sup> равен 10,275.

Зубчатые передачи по своей конструкции разделяются на две группы: жёсткие и упругие. На всех электровозах применены упругие зубчатые передачи, так как жёсткая передача вызывает быстрый износ зубчатых колёс, моторно-якорных и моторно-осевых подшипников.

На электровозах, где применяется двусторонняя передача, для правильной её работы необходимо, чтобы зубья, подлежащие одновременно зацеплению, находились в полном соприкосновении один



Фиг. 125. Зубчатое зацепление

с другим. При самом незначительном смещении зубьев по окружности одной пары колёс по отношению к другой весь вращающий момент передаётся лишь на одну сторону передачи, перегружая её вдвое и создавая этим опасность поломки зубьев. Однако, как показала практика, даже самый тщательный монтаж зубчатых колёс не обеспечивает требуемой точности. Небольшая неточность посадки зубчатых колёс при упругой передаче компенсируется сдвигом венцов зубчатого колеса относительно своего центра за счёт отклонения помещённых в зубчатых колёсах пружин.

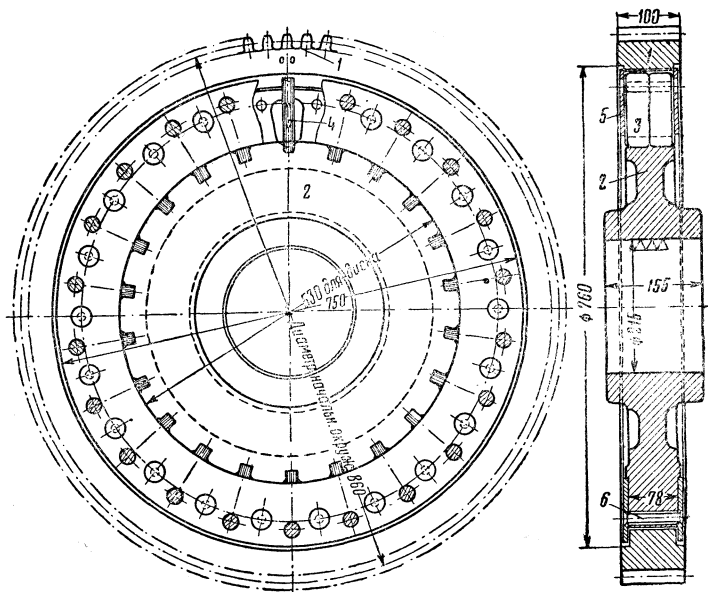
На всех грузовых электровозах пружинящим сделано зубчатое колесо. Пружинящие колёса устраиваются с отъёмным венцом, причём последний может быть разрезным и неразрезным. Разрезные венцы более сложны в изготовлении, но допускают лёгкую смену в случае износа, в то время как для смены неразрезного венца необходимо снимать с оси и движущее колесо.

Разъёмные венцы на зубчатых колёсах имеются на электровозах серии С<sup>и</sup>.

**Зубчатые колёса с пластинчатыми пружинами.** Зубчатое колесо электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, ВЛ19, СК, Сс и С состоит из центра 2 (фиг. 126), зубчатого венца 1, пружин 3, прокладок 4, шайб 5 и заклёпок 6. Центр 2 зубчатого колеса имеет на внешней стороне 25 или 22 гнезда, в которые закладываются пакеты пружинных пластин. Зубчатый венец 1 имеет 89 или 86 зубьев; с внутренней стороны венец имеет также 25 или 22 паза для пружин глубиной 17 мм и шириной 20 мм (ранее венцы изготовлялись с пазами глубиной 19 мм). Пакет пружин (фиг. 127 и 128) состоит из восьми пластинок 3 и прокладок 4. Пружинные пластинки 3 помещены в два



ряда с каждой стороны прокладки. Толщина пакета — 21 мм. Так как ширина выреза в центре равна 20,8 мм с внешней стороны и 20 мм с внутренней, то каждый пакет имеет предварительный натяг на



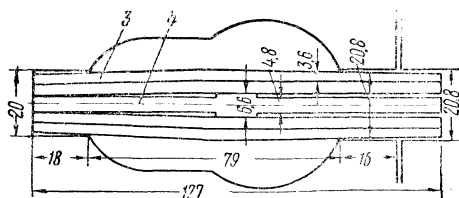
Фиг. 126. Зубчатое колесо электровоза серии ВЛ19

внешней стороне выреза центра размером 0,2 мм и на внутренней стороне 1 мм.

С обеих сторон на венец и центр накладываются боковые шайбы 5, имеющие два ряда отверстий. Внутренний ряд отверстий служит для скрепления шайб заклёпками 6 (фиг. 126). Через остальные отверстия можно проверять состояние пружин.

При усилии тяги на ободе колёс электровоза в 20 000—24 000 кг, при равномерном распределении этого усилия между всеми колёсными парами и при работе обеих сторон зубчатой передачи венец отклоняется относительно центра примерно на 0,5—0,6 мм. Если же в передаче участвует одна сторона зубчатой передачи, то при этом же усилии отклонение венца на зубчатке будет в 2 раза большим. Максимальное отклонение венца допускается в 1,6 мм.

Зубчатые венцы (фиг. 129) изготавливаются из углеродистой стали марки 50, содержащей 0,45—0,55% углерода, или стали



Фиг. 127. Пакет листовых пружин зубчатого колеса

марки 37ХН3А. Откованные или катаные заготовки венцов подвергаются отжигу для устранения внутренних напряжений, обдирке на станке, а затем закалке с высоким отпуском с тем, чтобы предел прочности при растяжении был не ниже  $95 \text{ кг/мм}^2$ .

После этого производится нарезка зубьев и закалка их рабочих поверхностей на глубину около  $2,5 \text{ мм}$ . Твёрдость закалённой поверхности зуба после отпуска должна быть  $H_{RC} = 43 \div 52$ .

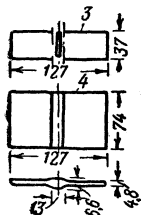
Центр зубчатого колеса 2 (фиг. 126) отливается из стали марки 25-4522, содержащей  $0,2\text{—}0,3\%$  углерода.

Пластины 3 пружин изготавливаются прокаткой из хромованадиевой электростали и подвергаются термической обработке.

Прокладки 4 изготавливаются штамповкой или прокаткой из стали с последующей цементацией и закалкой.

При монтаже зубчатого колеса венец устанавливается на центр и в пазы закладываются пакеты пружин.

Установка пружин производится в следующем порядке: вначале закладываются прокладка и четыре пружины с одной стороны, а затем ручником загоняются четыре пружины с другой стороны.



Фиг. 128. Размеры листовых пружин

Не допускается установка пружин и прокладок, имеющих трещины, изгибы или вмятины.

Износ опорных поверхностей пружин, прокладок, венца и центра разрешается компенсировать наваркой опорных поверхностей прокладок с последующей их обработкой.

После закладки пружин устанавливаются боковые шайбы, которые временно стягиваются четырьмя-пятью болтами, равномерно распределёнными по окружности зубчатого колеса. Затем производится горячая клёпка боковых шайб и замена (в конце клёпки) временно вставленных болтов на заклёпки.

Головки заклёпок должны плотно входить в отверстия боковых шайб и не должны выступать более чем на  $0,5 \text{ мм}$ .

После окончания заклёпки боковых шайб производится окончательная проверка максимального отклонения осей зубьев двух венцов, установленных на колёсной паре. Это отклонение не должно превышать  $0,4 \text{ мм}$  при измерении в четырёх точках, лежащих на двух взаимно перпендикулярных диаметрах.

Зазор между венцом и центром должен быть в пределах  $0,08\text{—}0,23 \text{ мм}$ ; нормальность зазора проверяется щупом перед постановкой боковых шайб. Разница в величине зазора не должна превышать  $0,1 \text{ мм}$ . Зазор между венцом и боковыми шайбами должен быть в пределах от  $0,8$  до  $1 \text{ мм}$  на обе стороны.

Не допускаются к эксплуатации колёсные пары со следующими дефектами зубчатых колёс:

1) с лучевыми трещинами у основания зуба в венце зубчатого колеса или с трещинами в центре колеса;

2) с вмятинами и с поверхностными раковинами на рабочей поверхности зуба зубчатого колеса, захватывающими более 20 % рабочей поверхности, на трёх смежных зубьях по одной стороне, участвующей в зацеплении, или более 30 % рабочей поверхности на одном зубе; если площадь раковин и вмятин меньше указанных норм, то необходимо, чтобы все выступающие заусеницы и острые края были тщательно опилены без нарушения рабочей поверхности и профиля зуба;

3) с трещинами или поломкой пружин и прокладок пружинных пакетов;

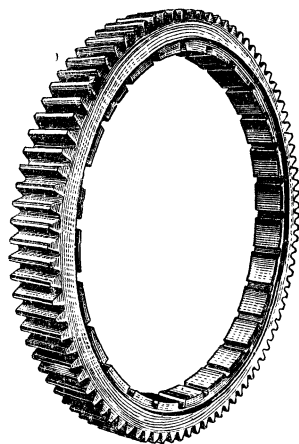
4) с износом зубьев по начальной окружности более чем на 3,5 мм;

5) с отклонением осей зубьев венца одного зубчатого колеса по отношению к зубьям венца другого зубчатого колеса одной и той же колёсной пары более чем на 1 мм.

**Шестерни электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, ВЛ19, СК и Сс.** Шестерни (фиг. 130) изготавливаются из хромоникелевой стали марки 12ХН3А, содержащей 0,11—0,17 % углерода, 0,6—0,9 % хрома и 2,75—3,25 % никеля. Болванки для шестерён хорошо проковываются, подвергаются отжигу для устранения кованых напряжений и закалке с высоким отпуском до достижения материалом предела прочности при растяжении не менее 80 кг/мм<sup>2</sup> и удлинения не менее 11 %. Затем производится нарезка зубьев и обработка шестерни. После механической обработки шестерни рабочая поверхность зубьев подвергается закалке. Наибольшая глубина поверхностной закалки принимается от 2 до 3 мм. Твёрдость закалённой поверхности зубьев  $H_{RC} = 55 \div 63$ . После термической обработки конусное отверстие шестерни тщательно шлифуется.

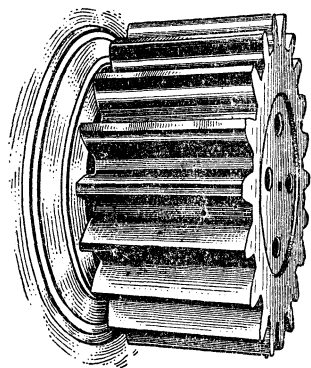
Шестерня насаживается на конец обточенного на конус вала тягового двигателя в нагретом состоянии с натягом; поэтому в холодном состоянии шестерня не доходит до своего окончательного положения на 1,5—2 мм. После нагревания шестерни диаметр отверстия её увеличивается, что даёт возможность шестерне продвинуться до своего нормального положения (фиг. 131). При охлаждении шестерня плотно обхватывает вал двигателя, и передача вращающего момента осуществляется трением, возникающим между конусной поверхностью вала и поверхностью отверстия шестерни.

Коническая посадка шестерни делается для облегчения сборки и разборки: при сборке незначительная подача шестерни обеспечивает прилегание по всей площади, что недостижимо при цилиндрической посадке, а при разборке при некотором осевом сдвиге ше-



Фиг. 129. Венец зубчатого колеса электровоза серии ВЛ22<sup>м</sup>

стерня сразу освобождается и во время её стаскивания поверхность конуса не повреждается. В случае повреждения конуса незначительное дальнейшее продвижение шестерни опять обеспечивает хорошее прилегание, в то время как при цилиндрической посадке повреждение поверхности привело бы к замене шестерни или вала.



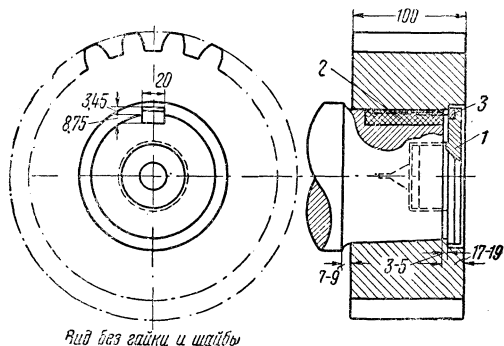
Фиг. 130. Шестерня, сидящая на валу тягового двигателя

Монтаж шестерён на валы тяговых двигателей производится следующим образом. Конусное отверстие шестерни и конус вала тщательно промывают керосином и насухо вытирают. Затем осматривают резьбу вала и навёртыванием гайки 1 (фиг. 131) проверяют её плотность; гайка должна навёртываться от руки не более трёх ниток, а дальше — от ключа. Для создания возможно большей поверхности прилегания шестерни к конусу вала она должна быть тщательно притёрта к последнему. Поверхность прилегания шестерни к конусу вала должна составлять не менее 85 % общей площади конуса.

После притирки отверстия шестерни и конус вала тщательно очищаются, промываются керосином и насухо вытираются тряпкой. Затем шестерня в холодном состоянии лёгкими ударами молотка плотно насаживается на конце вала при установленной шпонке 2. При этом измеряется расстояние от наружного края шестерни до торца вала. Это расстояние до горячей посадки должно быть 19—21 мм; после горячей посадки оно уменьшается до 17—19 мм.

Нагревание шестерни производится в бачке с водой, к которой добавляется сода в пропорции 10 г на 1 л воды, чтобы обеспечить чистоту конусного отверстия шестерни и предохранить её от ржавления.

В кипящей воде шестерня находится до полного её прогревания до 100°, на что требуется около 45 мин. После этого шестерню вынимают из бачка, быстро вытирают насухо и вручную плотно насаживают на вал тягового двигателя при предварительно установленной шпонке. Наложив на шестерню металлическую болванку



Фиг. 131. Положение шестерни на валу тягового двигателя

с рукояткой, наносят по ней два удара кувалдой весом 4—6 кг. После этого измеряют расстояние от наружного края шестерни до торца вала двигателя. Уменьшение этого расстояния (величина посадки) должно составить 1,5—2 мм. Если это расстояние уменьшилось меньше чем на 1,5 мм, то наносят ещё удар кувалдой. Затем, вставив в отверстие шестерни пружинную шайбу 3, заворачивают натяжную гайку 1 специальным ключом.

Завёрнутая гайка должна быть утоплена в выточке шестерни. Операция посадки должна протекать быстро, иначе горячая шестерня может нагреть вал двигателя и тогда шестерня не сядет на своё место.

Торцевое биение посаженной шестерни на радиусе 105 мм не должно превышать 0,08 мм и на радиусе 90 мм — 0,07 мм; радиальное биение, измеряемое по окружности выступов, не должно превышать 0,18 мм. У обеих шестерён, насаженных на вал тягового двигателя, разница в толщине зубьев по начальной окружности не должна быть более 0,3 мм.

Шпонки у шестерён необходимы для того, чтобы направить их при горячей посадке так, чтобы они сидели в соответствии с положением зубчатых колёс на оси колёсной пары.

Шпонка изготавливается из стали марки Ст. 6 или Ст. 2. В последнем случае шпонку после подгонки к валу двигателя и шестерни цементируют для придания ей твёрдости.

Посадка шпонки в паз конусной части вала должна быть плотной как с боков по всей длине шпонки, так и под шпонкой. Общий боковой зазор между плоскостями шпоночного паза шестерни и шпонки должен быть не более 0,1 мм; верхний зазор между плоскостями шпонки и паза по всей длине шпонки должен быть равномерным и колебаться в пределах 0,2—0,1 мм.

Обычно одна шпонка выполняется симметричной по отношению к шпоночной канавке, а другая шпонка может быть ступенчатой, с учётом необходимого сдвига одной шестерни по отношению к другой (для компенсации сдвига зубьев венцов зубчатых колёс).

Снятие шестерни производится при помощи специального гидравлического приспособления.

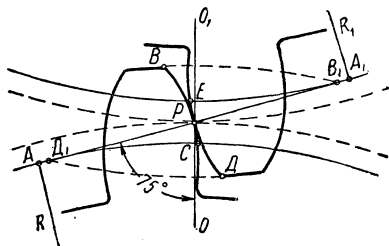
Максимальный износ зубьев шестерни по начальной окружности не должен превышать 3,5 мм.

**Профиль зацепления зубчатых передач электровозов.** Зубчатые передачи электровозов имеют эвольвентное зацепление, при котором очертание профиля зубьев выполнено по кривой, называемой эвольвентой. Это очертание зуба находится следующим образом. Через точку касания начальных окружностей проводят прямую  $AA_1$ , составляющую с линией центров  $OO_1$  угол  $70—75^\circ$  (фиг. 132), что соответствует углам зацепления в  $20—15^\circ$ . Из центра зубчаток проводят перпендикуляры  $R$  и  $R_1$  на линию  $AA_1$  и ими, как радиусами, очерчивают окружности. Эти окружности называются основными. Катанием по окружности радиусом  $R$  прямой  $AA_1$

точкой  $P$  очерчивается профиль зуба  $BPC$  одного зубчатого колеса; катанием по окружности радиусом  $R_1$  прямой  $AA_1$  точкой  $P$  очерчивается профиль зуба  $DPE$  другого зубчатого колеса.

При эвольвентном зацеплении усилие от зуба к зубу передаётся по направлению к линии  $AA_1$ . Два зуба находятся в зацеплении от момента пересечения точки  $B$  или  $D$  с линией  $AA_1$  до момента выхода точки  $D$  или  $B$  за линию  $AA_1$ , т. е. на участке  $D_1PB_1$  прямой  $AA_1$ . Дуга зацепления, соответствующая линии зацепления, обычно больше шага зацепления и поэтому в зацеплении участвует больше чем один зуб, что уменьшает нагрузку, приходящуюся на один зуб. Во время вращения двух сцепленных зубчатых колёс с эвольвентным зацеплением поверхность одного зуба катится с некоторым

скольжением по поверхности другого зуба.



Фиг. 132. Построение эвольвентного зацепления

На фиг. 133 изображён профиль зацепления зубчатой передачи электровоза серии ВЛ22<sup>м</sup> с передаточным числом 4,45 и углом зацепления 20°. Для увеличения прочности зубьев у электровозных передач ножка зуба на зубчатом колесе делается увеличенной, а головка укороченной; на шестерне увеличена головка и укорочена ножка зуба. Так как наибольшие

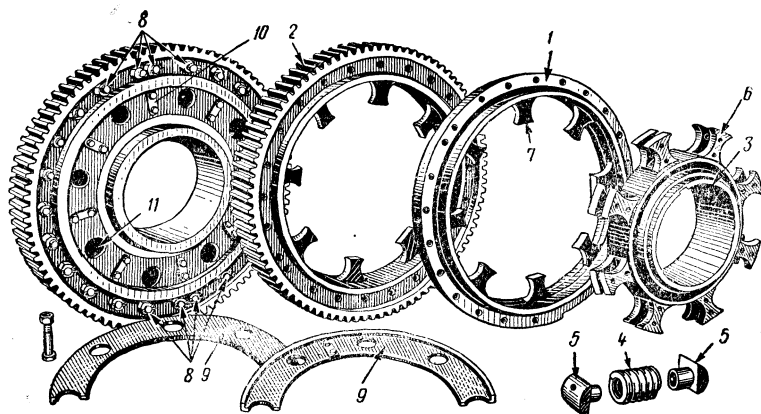
напряжения при работе передачи образуются у основания зуба, то в этом месте сделаны плавные переходы (выкружки) радиусом 4,8 мм. На головках зуба делается закругление радиусом 1—1,2 мм, которое обеспечивает безударность входа в зацепление и предотвращает снятие смазки головкой зуба.

Электровозы серий ВЛ22, ВЛ19, СК и Сс выпускались с зубчатыми передачами, имеющими угол зацепления 15°. Основные размеры в миллиметрах зубчатых колёс и шестерён электровозов серий ВЛ22 и ВЛ19 приведены в приложении 3.

**Зубчатые передачи с цилиндрическими пружинами.** Электровозы серии С<sup>и</sup> и несколько электровозов серии ВЛ19 имеют зубчатые передачи с цилиндрическими пружинами. У зубчатых колёс электровоза серии С<sup>и</sup>, насаженных на продолжение ступицы колеса, между ободом 1 венца 2 и центром 3 помещено по восьми цилиндрических пружин 4 (фиг. 134). Эти пружины через опоры 5 опираются с одной стороны на выступы 6 центра, а с другой стороны на выступы 7 обода. При передаче усилия с венца на центр пружины 4 несколько сжимаются.

Венец 2 зубчатого колеса состоит из двух половин и укрепляется на ободе 1 болтами 8. Пружины, помещённые между центром и ободом, закрываются полушайбами 9, которые крепятся болтами 10 к выступам 6 центра 3. В полушайбах 9 против пружин имеются отверстия 11 для осмотра последних.

лены на дисках, посаженных на полый вал, и расположены между спицами колеса (фиг. 135). К диску 1, укрепленному на полом валу 2, приболчивается также венец большого зубчатого колеса 3. Кулаки-водители представляют собой два стакана 4, имеющих буртики, в которых заключена пружина 5.



Фиг. 134. Зубчатое колесо электровоза серии С<sup>н</sup> и детали этого колеса

лены на дисках, посаженных на полый вал, и расположены между спицами колеса (фиг. 135). К диску 1, укрепленному на полом валу 2, приболчивается также венец большого зубчатого колеса 3. Кулаки-водители представляют собой два стакана 4, имеющих буртики, в которых заключена пружина 5.





Стаканы схватываются снаружи обоймой 6, состоящей из двух частей и прикреплённой к диску полый оси при помощи трёх болтов 7. Оба стакана могут скользить в обойме так, что при вращении диска вместе с полый осью обойма будет увлекать за заплечико один из стаканов; пружина, помещённая в нём, будет сжиматься и давить на дно другого стакана. Последний будет передавать это усилие на спицу колеса. Для уменьшения износа спиц к ним привариваются пластинки из высококачественной стали. Передача совершенно симметрична и поэтому работает одинаково при вращении в любую сторону.

При резких колебаниях вращающего момента во время разгона или боксования электровоза эта упругая передача амортизирует усилия, и они не передаются жёстко на зубчатые колёса.

## 12. Подвеска тяговых двигателей

У всех грузовых электровозов тяговые двигатели опираются с одной стороны на оси колёсных пар (фиг. 136), а с другой стороны подвешиваются при помощи пружин на средние балки и балки сочленения тележек (см. фиг. 35). Эта система подвески позволяет расположить тяговые двигатели в непосредственной близости около движущей оси, использовать помещение кузова для другого электрооборудования, не требует сложных конструкций зубчатых колёс и даёт возможность выполнять электровоз с несколькими поворачивающимися одна относительно другой тележками. Очень удобна эта подвеска также и для производства ремонта, так как позволяет относительно легко снимать и ставить двигатель на электровоз.

Недостатками трамвайной подвески тяговых двигателей являются низкое расположение центра тяжести электровоза вследствие низкого расположения самих двигателей, относительно большее воздействие на путь из-за того, что значительная часть веса двигателя передаётся на путь помимо рессор, ограничение размеров двигателя расстоянием между колёсами и их диаметром.

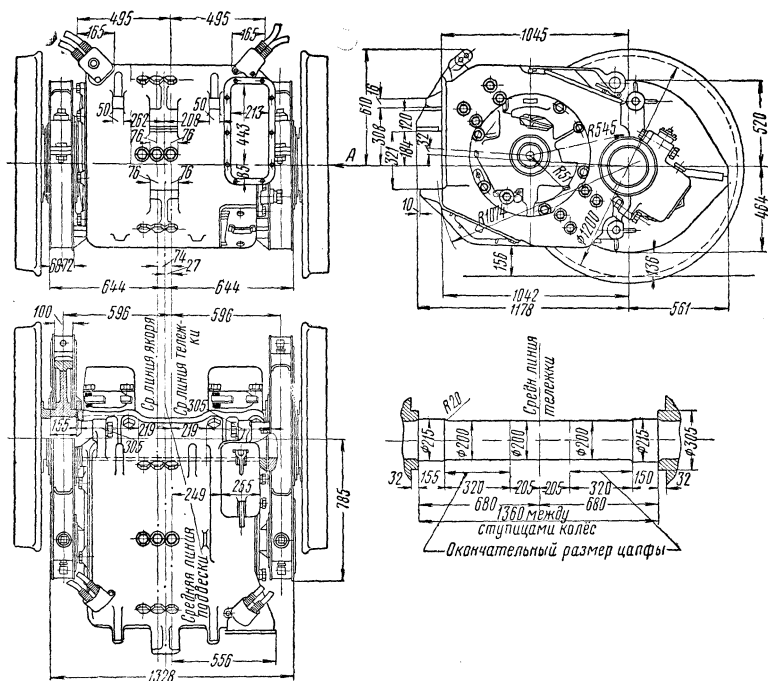
На фиг. 137 показано подвешивание тягового двигателя. Кронштейны 1 у поперечной поддерживающей балки тележки образуют вместе с приливами 2 двигателей (носики) пространство, в которое закладываются балочки 3. Между балочками вложены четыре цилиндрические пружины 4. Средние пружины обхватывают выступы 7, укреплённые на балках 3. Через крайние пружины и кронштейны 1 пропущены стержни 5, предупреждающие выпадение всего упругого механизма. Крайними болтами 6 стягивают обе балочки во время монтажа подвески, чем облегчается её постановка на место.

Для выемки тягового двигателя достаточно снять стержни 5 и вынуть вбок целиком всю подвесную систему, т. е. балочки 3 и пружины 4. Предварительно следует стянуть пружины 4 болтами 6, чтобы уменьшить распор между балочками 3.

При прохождении колёсной парой односторонних неровностей пути происходит перекашивание её относительно рамы тележки, а вместе с тем и перекашивание тягового двигателя. Поэтому накладка на верхнем носике 2 имеет цилиндрическую форму.

Опора тягового двигателя на ось осуществляется при помощи двух моторно-осевых подшипников (фиг. 136), которые обеспечивают параллельное расположение оси колёсной пары и оси двигателя; последнее необходимо для правильной работы зубчатой передачи и предотвращения поломки зубьев и неравномерного их износа.

У двигателей типов ДПЭ-400 и ДПЭ-340 расстояние между осями вала двигателя и колёсными парами (центрами) равно  $545 \pm 0,2$  мм. Перекос в вертикальной плоскости этих осей не должен быть более 0,3 мм.



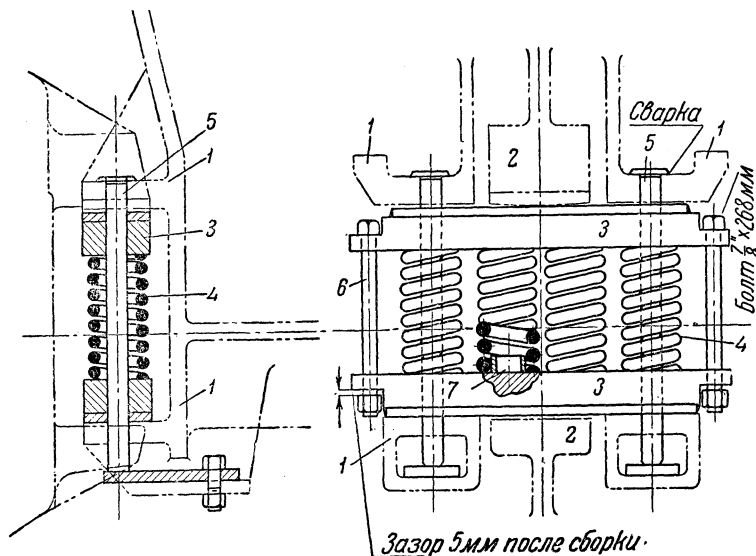
Фиг. 136. Колёсная пара электровоза серии ВЛ22 с тяговым двигателем типа ДПЭ-340

У электровоза ПБ21-01 в подшипниках, неподвижно укреплённых относительно двигателей, вращается полый вал (фиг. 138). Смазка этих подшипников производится при помощи подвешенных снизу фитилей. Пополнение подшипников смазкой производится по трубкам из маслёнок, расположенных в верхней части двигателей.

Как видно из фиг. 136, моторно-осевые подшипники занимают не всю длину оси колёсной пары. Средняя, свободная часть оси закрывается железным кожухом для уменьшения попадания грязи и пыли в моторно-осевые подшипники.

Перед постановкой вкладышей моторно-осевых подшипников они очищаются от грязи и масла, обтираются насухо, тщательно осматриваются и пригоняются по краске к гнезду в осто́ве тягового двигателя. Зазор между вкладышем и гнездом не должен быть более 0,2 мм, площадь прилегания не должна быть менее 65%. Далее производится пришабровка вкладышей к шейкам колёсной пары; площадь прилегания должна быть не менее 75% и количество пятен краски должно быть не менее двух на 1 см<sup>2</sup>.

После установки тягового двигателя на его место проверяется зазор между вкладышами подшипника и осью. У электровозов се-



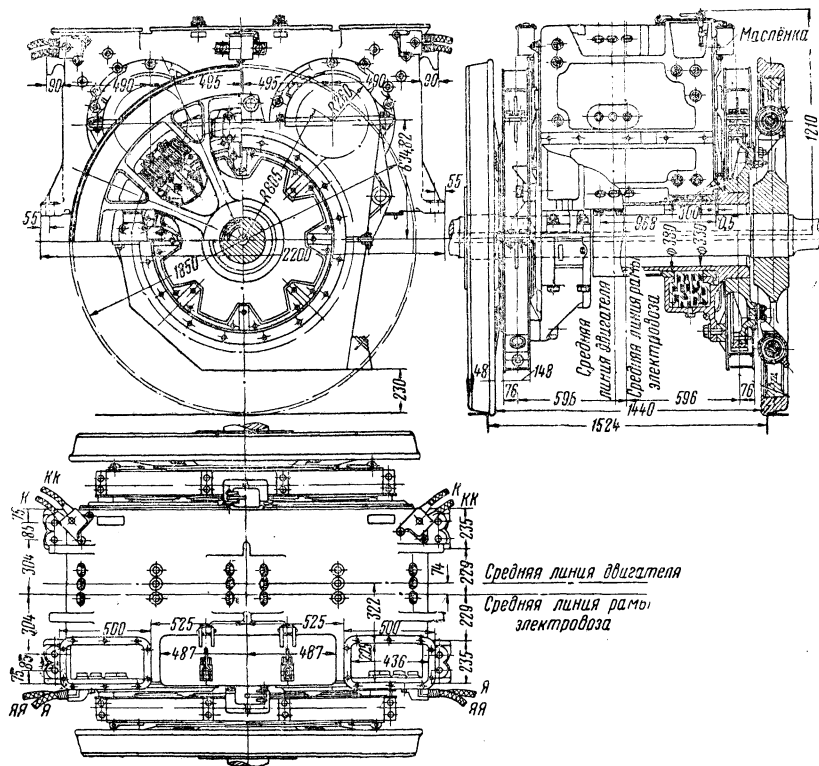
Фиг. 137. Пружинная подвеска тяговых двигателей типов ДПЭ-400 и ДПЭ-340

рий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, ВЛ19, Сс и С этот зазор должен быть в пределах от 0,3 до 0,5 мм. Далее определяется продольный разбег двигателя по оси путём измерения зазоров между ступицами шестерён и буртиками вкладышей. Суммарный зазор должен быть в пределах от 1 до 3 мм. Если зазор будет слишком велик, то при движении электровоза возможно задевание зубчатого колеса за кожух.

Моторно-осевые вкладыши следует ставить из половинок, заранее подобранных одна к другой. Применение неподбранных вкладышей может привести к нагреву подшипников. Моторно-осевые вкладыши должны быть заменены до того, как износ фланцев их будет настолько велик, что продольная игра тягового двигателя на оси колёсной пары будет превышать 10 мм.

После сборки моторно-осевых подшипников и зубчатой передачи для проверки правильности монтажа, отсутствия заедания и закли-

нивания зубьев и некоторой приработки рабочей поверхности зубьев производится прикатка. Колёсная пара вместе с тяговым двигателем устанавливается на стенд, где она опирается буксами на опоры, а тяговый двигатель — через пружинную подвеску на стойку. Во время прикатки зубья смазываются машинным маслом и посыпаются графитовым порошком.



Фиг. 138. Колёсная пара электроваза ПБ21-01 с тяговым двигателем типа ДСЭ-680/2

По окончании прикатки проверяется прилегание зубьев по рабочей поверхности. Прилегание должно быть не менее 65% длины зуба. Следы приработки должны быть на зубьях обоих венцов и на обеих рабочих поверхностях зубьев.

Правильность зацепления проверяется также путём измерения щупом бокового зазора между зубьями и радиального зазора.

При неправильном зацеплении одновременно в зацеплении участвует только один зуб, поэтому шестерня будет очень быстро срабатываться (фиг. 139).

При правильном зацеплении одновременно в зацеплении участвуют два зуба (фиг. 140).

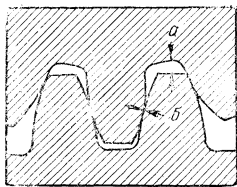
Радиальный зазор зубчатых колёс и шестерен при новых подшипниках должен быть в пределах от 1,8 до 2,5 мм при зацеплении без выкружки и от 3,6 до 5,0 мм при зацеплении с выкружкой. Зазор между зубьями по начальной окружности должен быть в пределах от 0,2 до 0,6 мм.

Не допускается припиловка рабочих поверхностей зубьев для улучшения их прилегания.

Максимально допустимый зазор между зубьями по начальной окружности при износе зубьев не должен превышать 6,5 мм; максимальный зазор между вкладышем моторно-осевого подшипника и шейкой оси на обе стороны не должен превышать 3,0 мм.

Для помещения смазки и предохранения зубчатой передачи от попадания в неё пыли, песка, грязи и воды шестерня и зубчатое колесо заключены в кожух (фиг. 141). Кожух передачи выполнен сварным из листовой стали и состоит из двух половин: верхней и нижней.

Для крепления кожуха к остову тягового двигателя к кожуху приварены и укреплены рёбрами три бобышки—две на нижней половине и одна на верхней половине. Бобышки, расположенные около вертикальной оси большого зубчатого колеса, имеют резьбу для крепящих болтов, пропущенных через специальные приливы в остове двигателя. Обе половины кожуха скрепляются между собой болтами. В верхней половине кожуха, над шестернёй, имеется отверстие для заливки смазки. Это отверстие закрывается металлической пробкой, имеющей резьбу.

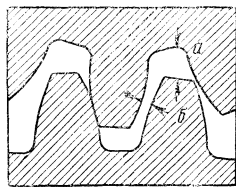


Фиг. 140. Правильное зацепление

Для того чтобы смазка не вытекала из кожуха передачи, имеются войлочные прокладки, которые облегают со стороны двигателя буртик вкладыша моторно-осевого подшипника, а со стороны колеса — ступицу зубчатого колеса. На обеих половинах кожуха около разъемных кромок приварены уплотняющие накладки, заходящие друг за друга внахлестку при наложении одной половины кожуха на другую. Эти накладки предотвращают возможность вытекания масла наружу по линии разъёма кожуха.

У электровоза серии ПБ в дисках, насаженных на полый вал, имеются специальные проточки для уплотнения в месте соприкосновения последних с кожухом передачи (фиг. 138).

При установке кожуха следует обращать особое внимание на то, чтобы он нигде не задевал за шестерню и зубчатое колесо. Минимальный зазор между кожухом и шестернёй составляет 7 мм при

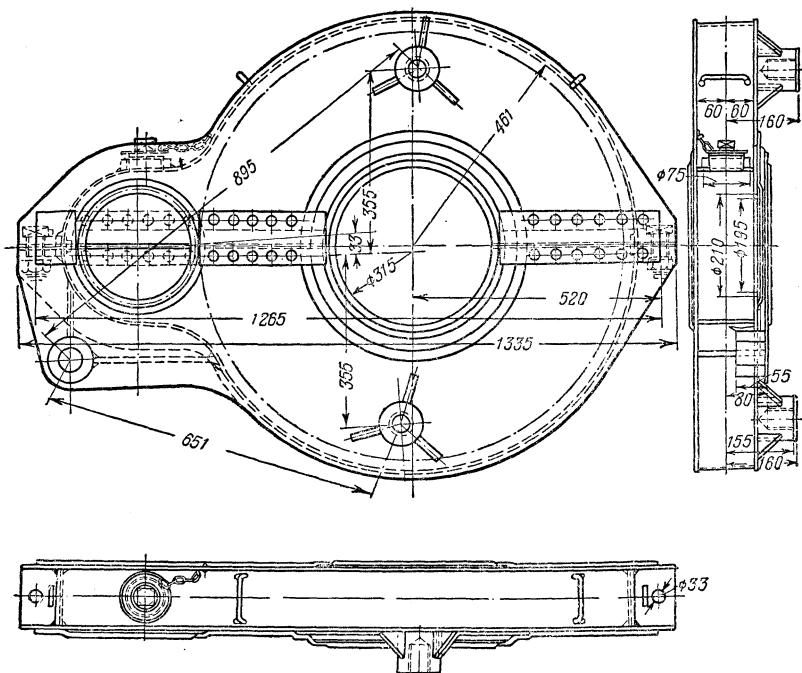


Фиг. 139. Неправильное зацепление:

*a* — радиальный зазор;  
*б* — боковой зазор

среднем положении шестерни. Этот зазор обеспечивается, если кожух зубчатой передачи находится от бандажа колёсной пары при среднем положении тягового двигателя на расстоянии 56—60 мм.

Перед постановкой кожухов они тщательно очищаются от грязи, промываются керосином и проверяются на полную герметичность,



Фиг. 141. Кожух зубчатой передачи электровоза серии ВЛ19

для чего в каждую половинку наливается керосин и оставляется в таком положении на 2 часа; керосин нигде не должен просачиваться.

При осмотре кожухов следует обращать особое внимание на уплотнения; изношенный войлок должен быть сменён, изогнутые предохранительные пластины выправлены. Войлочное уплотнение должно выступать за край паза не менее чем на 5 мм.

### 13. Вентиляционные устройства

Как уже было сказано, пространство между внутренними продольными балками кузова у шестиосных грузовых электровозов используется как канал для подачи воздуха вентиляторами, установленными в кузове, к тяговым двигателям.

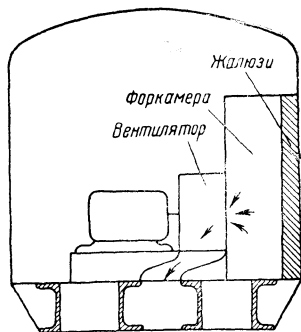
Воздух вентиляторами забирается или непосредственно из кузова, в который он поступает через жалюзи в стенках кузова (электровозы серий ВЛ19, Сс и С), или из специальной камеры, называе-

мой форкамерой, к которой вентилятор примыкает всасывающим отверстием (электровозы серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, СК и С<sup>и</sup>); форкамеры располагаются у наружных стенок кузова, которые в этих местах имеют жалюзи (фиг. 142).

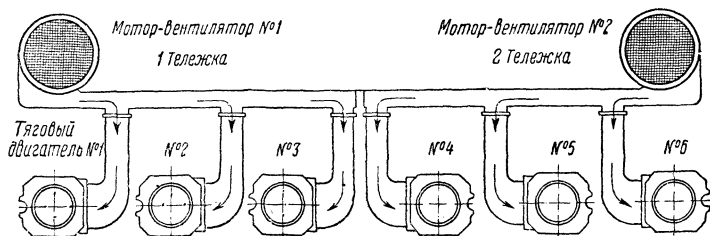
Преимущество системы с форкамерой состоит в том, что вентиляционная система совершенно изолируется от остальных помещений кузова, вследствие чего уменьшается возможность попадания снега и пыли на высоковольтную аппаратуру и машины, расположенные в кузове электровоза.

Для этой же цели на электровозах серии ВЛ19 воздух вентиляторами засасывается не из высоковольтной камеры, а из коридора. На электровозах серии С<sup>и</sup> вентиляторы расположены в отдельном помещении, причём, кроме наружных жалюзи, камеры вентиляторов имеют стенки из перфорированного листового железа, которые лучше защищают от попадания снега и воды во всасывающие отверстия вентиляторов.

Воздух из вентиляторов поступает в канал под полом кузова электровоза, откуда при помощи гибких патрубков или через скользящие металлические патрубки и каналы междурамных креплений проходит в тяговые двигатели. Первая система применена на электровозах серий ВЛ19 и С<sup>и</sup>, вторая — на электровозах серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, СК, Сс и С.



Фиг. 142. Расположение форкамеры и вентилятора в кузове электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup> и ВЛ22

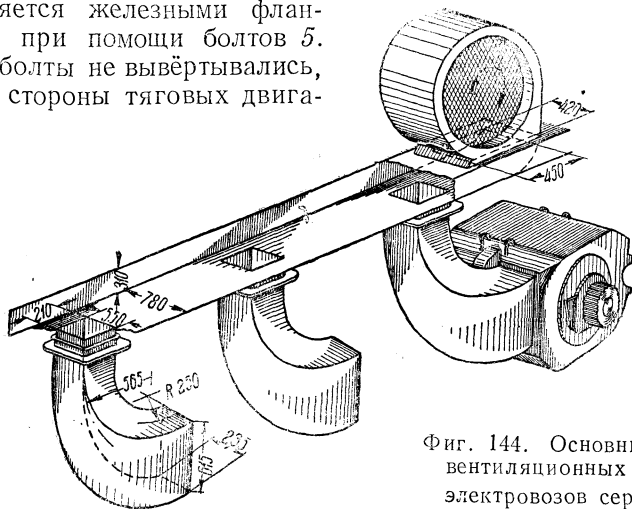


Фиг. 143. Схема подвода охлаждающего воздуха к тяговым двигателям на электровозах серий ВЛ22<sup>м</sup> и ВЛ22

Схема вентиляционных каналов электровозов серий ВЛ22<sup>м</sup> и ВЛ22 показана на фиг. 143 и 144; схема вентиляционных каналов электровоза серии ВЛ19 с одним сдвоенным вентилятором, расположенным в середине электровоза, — на фиг. 145.

Гибкие патрубки электровозов серии ВЛ19 (фиг. 146) выполнены из брезента в виде гармоники. Отдельные элементы гармоники натянуты на распорочные железные кольца 1 (фиг. 147) и состоят

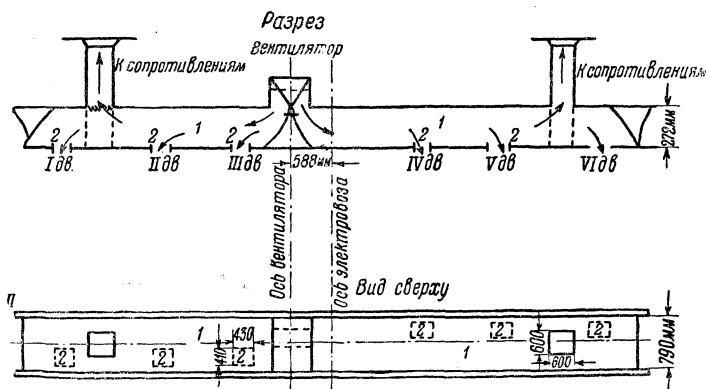
из двух слоёв брезента 2. В месте соединения отдельных элементов брезент обложен кожей 3 и прошит сапожными концами. Крепление гармоник к патрубку тягового двигателя и каналу кузова осуществляется железными фланцами 4 при помощи болтов 5. Чтобы болты не вывёртывались, они со стороны тяговых двига-



Фиг. 144. Основные размеры вентиляционных каналов электровозов серий ВЛ22<sup>М</sup> и ВЛ22

телей закреплены замочной пластинкой 6, а со стороны канала кузова — проволокой, пропущенной через головки болтов.

Брезентовые вентиляционные патрубки у электровозов должны быть в полной исправности; в местах соединения патрубков с



Фиг. 145. Схема вентиляционных каналов электровоза серии ВЛ19

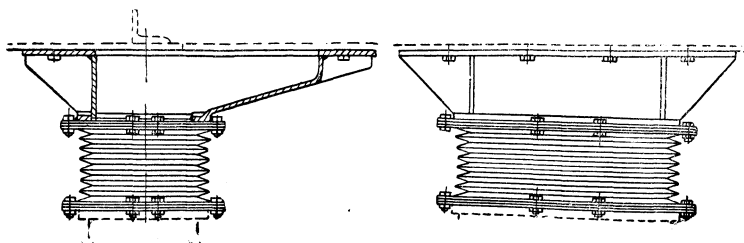
кузовом не должно быть щелей, через которые при работающих вентиляторах возможна утечка охлаждающего воздуха.

Чтобы предохранить тяговые двигатели от снега, который может попасть в них вместе с охлаждающим воздухом, на электровозах серий ВЛ22<sup>М</sup> и ВЛ22 заглушаются жалюзи, ведущие в форкамеры



вентиляторов; при этом двери из форкамеры в коридор закрепляются в открытом положении, а жалюзи со стороны, противоположной форкамере, открываются и защищаются мешковиной.

На электровозах серии ВЛ19 для предохранения тяговых двигателей от снега применяется мешковина, которой покрыва-



Фиг. 146. Гибкий резиновый патрубок электровоза серии ВЛ19

ются жалюзи со стороны коридора, а также сетки или форкамеры вентиляторов.

На фиг. 148 показано расположение каналов и направление воздуха, охлаждающего пусковые реостаты, на электровозе серии ВЛ22.

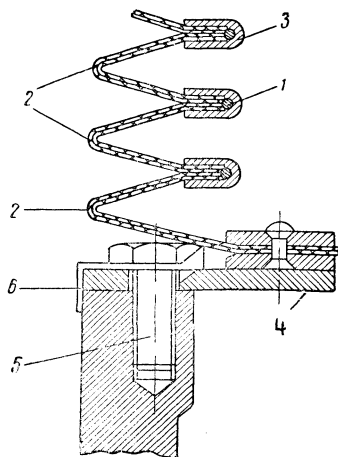
#### 14. Смазка механической части

Все трущиеся части электровоза во избежание нагревания и быстрого износа смазываются соответствующей смазкой. В летнее время применяют смазки более густые; зимой, когда при низких температурах вязкость смазки увеличивается и она хуже подается на поверхности трения, применяют более жидкие смазки.

Подшипники скользящих букс, антифрикционные диски, опоры кузова, междутележные соединения, опоры рессор, шарниры рессор, балансиры и тормозных тяг, буферные стержни смазываются в летнее время осевым маслом Л, а зимой — осевым маслом З или С.

Роликовые буксы смазываются консистентной смазкой № 1—13 (ГОСТ 1631-42).

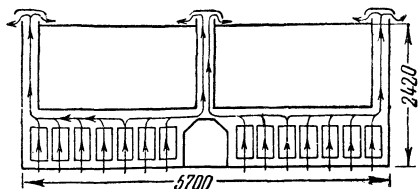
Для смазки зубчатых передач летом применяется нигрол автотракторный летний, зимой — нигрол автотракторный зимний; в качестве заменителей летом можно применять вискозин, а зимой смесь из 60% нигрола автотракторного и 40% масла осевого З или смесь из 70% автола № 6 и 30% солидола Л.



Фиг. 147. Крепление патрубка к тяговому двигателю

Обычно в один кожух заливается 2,5—3 кг смазки; затем после пробега электровоза 3 500—4 000 км добавляют по 1—1,5 кг смазки на кожух.

Смазка должна покрывать тонким слоем шестерню, зубчатое колесо и внутренность кожуха; кроме того, должен иметься слой смазки на дне кожуха. Масло со дна кожуха захватывается зубчатым колесом, которое несёт его вверх, смазывая шестерню и разбрызгивая по стенкам кожуха. Смазка, попадая на зубья, значительно уменьшает их износ, так как при работе передачи зубья не только накатываются друг на друга, но и происходит скольжение зуба по зубу.



Фиг. 148. Вентиляция реостатов электро-воза серии ВЛ22

Количество смазки в кожухе не должно быть очень большим во избежание сильного разбрызгивания её зубчатой передачей по стенкам. Со стенок же смазка стекает на стыки половинок кожуха и в места обхвата войлоком ступицы зубчатого колеса, частично вытекая наружу.

На фиг. 149 показан нормальный уровень смазки в кожухе передачи.

Боковые скользуны опор кузова и опоры тяговых двигателей смазываются солидолом Л, М или Т.

Главное условие, которое должно тщательно соблюдаться в отношении смазки,—это чистота самой смазки, чистота той посуды, из которой смазка подаётся к маслёнкам, и, наконец, чистота самого смазываемого места. Вся посуда, в которую набирается электро-возной бригадой запас смазки на поездку (бидоны), а равно и ручные маслёнки, при помощи которых смазка заливается в назначенные места, должны быть всегда совершенно чистыми и иметь плотные крышки. Резервуары для запаса смазки у отдельных частей электровоза должны также периодически очищаться и наполняться маслом лишь настолько, чтобы его хватило для предстоящей работы. Излишек смазки и обливание ею рабочих поверхностей не улучшают работы частей, а часто, наоборот, являются вредными, способствуя оседанию пыли и вызывая грение.



Фиг. 149. Уровень смазки в кожухе

## ГЛАВА IV

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

## 1. Общие сведения

Электрические машины постоянного тока могут работать в качестве двигателей (моторов) и генераторов. Двигатели предназначены для превращения электрической энергии в механическую, а генераторы, наоборот, — для превращения механической энергии в электрическую.

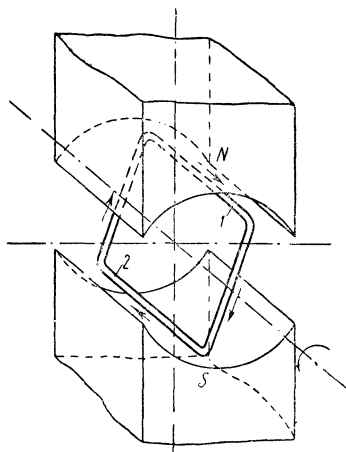
Принцип действия электрических машин основан на использовании ряда явлений, подчиняющихся законам электротехники. Основные из них — закон электромагнитной индукции, закон взаимодействия тока и магнитного потока, законы электрической и магнитной цепи.

Согласно закону электромагнитной индукции, установленному Фарадеем, в проводниках, пересекающих магнитные силовые линии, индуцируются (наводятся) э. д. с., величины которых пропорциональны числу магнитных силовых линий, пересеченных за единицу времени. Максвелл дал более общую формулировку этому закону, сводящуюся к тому, что в замкнутом проводнике (контуре) при изменении магнитного потока, пронизывающего этот контур, будет индуцироваться э. д. с., пропорциональная скорости изменения потока.

Э. д. с., индуцированная в витке, вращающемся в магнитном поле (фиг. 150), пропорциональна числу магнитных силовых линий, пересекаемых проводниками 1 и 2 в единицу времени.

Направление э. д. с. можно определить при помощи правила правой руки.

Если в магнитном поле поместить проводник с током, то на этот проводник будет действовать сила, которая вызовет пере-



Фиг. 150. Направление тока в замкнутом витке, вращающемся в магнитном поле

мещение проводника в направлении, перпендикулярном силовым линиям.

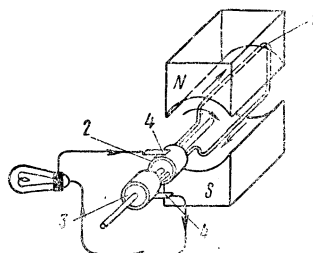
Сила, действующая на проводники с током, помещённые в магнитном поле, пропорциональна магнитной индукции  $B$ , величине тока  $I$ , длине проводника  $l$  и зависит также ещё от угла между направлениями магнитных линий и проводника.

Направление, в котором действует сила и, следовательно, обычно движется проводник, определяется правилом левой руки.

## 2. Общие свойства генераторов постоянного тока

Простейший генератор (фиг. 151) представляет собой один или несколько витков, вращающихся в равномерном магнитном поле, создаваемом одним или несколькими электромагнитами. Часть машины, создающая магнитное поле, называется индуктором; часть машины, в проводниках (обмотке) которой наводится э. д. с., называется якорем.

При равномерном вращении проводника в равномерном магнитном поле он в одинаковые промежутки времени будет пересекать



Фиг. 151. Схема простейшего генератора переменного тока

неодинаковое количество силовых магнитных линий. Так, виток 1, будучи расположен на оси, перпендикулярной силовым линиям, вовсе не пересекает силовых линий, и э. д. с. в витке будет равна нулю. Наибольшее значение э. д. с., индуктирующейся в витке, будет при положении сторон витка непосредственно под серединами полюсов. Между этими крайними положениями витка, дающими нулевое и наибольшее значения э. д. с., последняя всё время изменяется: э. д. с. увеличивается при

движении сторон витка от нейтралей к серединам полюсов и уменьшается при движении от середины полюсов к нейтралям.

Перемещение проводника поочерёдно под северным и южным полюсами будет давать каждый раз изменения направления тока в проводнике. Это нетрудно установить, воспользовавшись правилом правой руки.

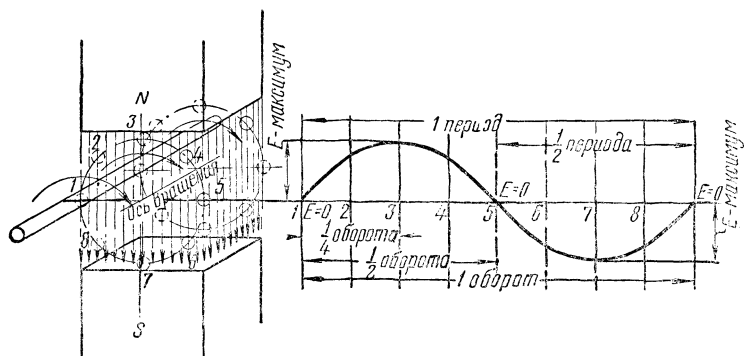
Следовательно, значения э. д. с., индуктированной в проводнике, будут переменными как по величине, так и по направлению, а следовательно, и ток, получаемый при этом, будет изменяться. Такой ток называется переменным.

На фиг. 152 изображена кривая изменения индуктированной э. д. с. за один оборот проводника между двумя полюсами. Вдоль линии 1—1 отложены величины, соответствующие путям, пройденным проводником при перемещении его из положения 1 в положение 2, из положения 2 в положение 3 и т. д. (выраженным в дугах или градусах), а перпендикулярно линии 1—1 отложены со-

ответствующие значения индуктирующихся в проводнике э. д. с. достигающих при положении проводника в точках 1 и 5 величин, равных нулю, а при положении проводника в точках 3 и 7 — максимума.

Изменения направления тока будут происходить каждый раз, как только проводник будет совпадать с положением нейтрали 1—5. Значения э. д. с., вызывающих ток одного направления, отложены при построении кривой вверх от линии 1—1, а значения э. д. с., вызывающие ток обратного направления, отложены вниз от линии 1—1.

Время, в течение которого переменный ток претерпевает полный цикл своих изменений, называется периодом.



Фиг. 152. Кривая изменения индуктированной э. д. с.

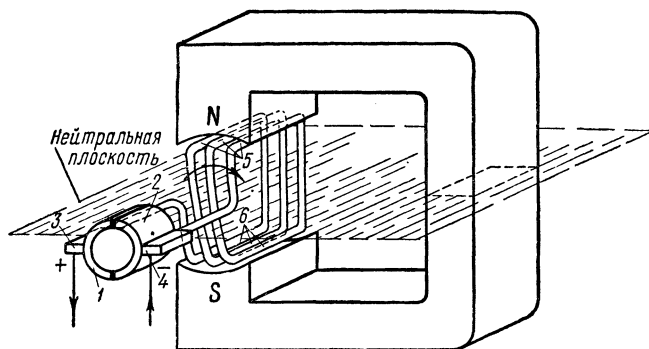
Отвод переменного тока во внешнюю цепь производится посредством двух собирательных колец 2 и 3 (фиг. 151), с которыми соединены концы обмотки якоря. На кольца накладываются металлические или угольные пластины 4, называемые щётками, к которым и присоединяется внешняя цепь.

В Советском Союзе применяется почти во всех промышленных и бытовых установках переменный ток, имеющий 50 периодов в секунду и носящий название переменного тока нормальной частоты.

Получение постоянного тока достигается выпрямлением переменного тока при помощи коллектора, представляющего собой кольцо, разрезанное на несколько частей, изолированных друг от друга. К этим частям присоединяются концы обмотки якоря 5 и 6 (фиг. 153).

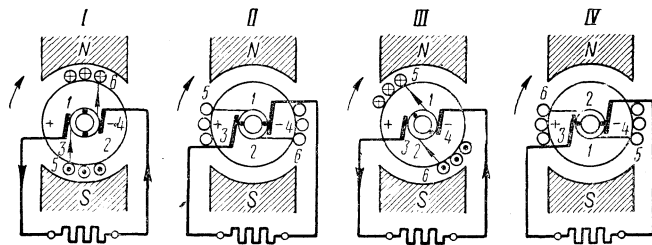
Выпрямление тока происходит следующим образом. При положении обмотки, указанном на фиг. 154, 1, согласно правилу правой руки, при движении якоря в направлении, указанном стрелкой, в части обмотки 6 ток протекает в направлении от нас (+), а в части обмотки 5 — на нас (·). Вследствие этого ток поступает из якоря к щётке 3, от которой идёт во внешнюю цепь в направлении, указанном стрелками. При повороте якоря и вместе с ним полуко-

лец 1 и 2 на угол  $90^\circ$  (фиг. 154, II) обмотка будет в таком положении, что окажется короткозамкнутой щётками, так как последние в данный момент перекрывают полукольца 1 и 2, а слой изоляции между полукольцами недостаточно велик, чтобы исключить это перекрытие. Такое короткое замыкание не вызовет серьёзных



Фиг. 153. Устройство простейшего генератора постоянного тока

последствий, так как в этом положении обмоток э. д. с. в них почти не индуцируется. Дальнейшее вращение обмотки вправо (фиг. 154, III) вызовет ток обратного направления в частях обмоток 5 и 6. В части 6 направление тока будет уже на нас ( $\odot$ ), а в части 5 от нас ( $\otimes$ ). Однако, несмотря на изменение направления тока в витке обмотки якоря, направление тока во внешней цепи не изменится, так как полукольца вместе с якорем повернутся к этому моменту так, что к щётке 3 ток будет притекать из обмотки



Фиг. 154. Положение проводников якоря и коллектора при выпрямлении тока

в том же направлении, что и ранее. При дальнейшем повороте якоря (фиг. 154, IV) витки его обмотки принимают такое же положение, как и на фиг. 154, II, но с обратным расположением, и процесс опять повторяется.

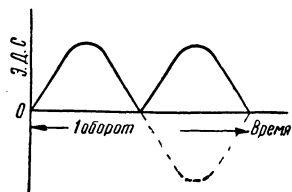
Таким образом, благодаря коллектору ток во внешней цепи будет иметь одно и то же направление, т. е. будет постоянным

по направлению. Величина же его будет пульсирующей (колеблющейся) от нуля до максимума и обратно.

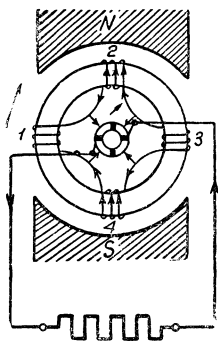
На фиг. 155 приведён график изменения э. д. с. на зажимах генератора, показанного на фиг. 153, за один оборот якоря. Как видно из графика, э. д. с. имеет одно и то же направление, но пульсирующую величину.

Для того чтобы уменьшить пульсацию тока и приблизить его к постоянному не только по направлению, но и по величине, кольцо разрезают на большое число изолированных друг от друга пластин. Пластины соединяются с обмоткой якоря, разбитой также на соответствующее количество секций так, чтобы к каждой пластине присоединялись конец одной секции и начало следующей.

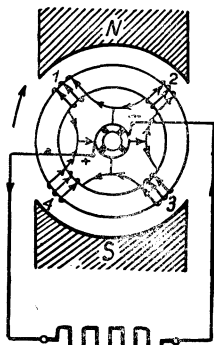
При положении обмотки якоря, имеющего четырёхпластинчатый коллектор, как это изображено на фиг. 156, в секциях 1 и 3 э. д. с. равна нулю, так как проводники секций не пересекают в данный момент силовых линий; в секциях же 2 и 4 э. д. с. имеет максимальное значение. При повороте якоря на угол  $90^\circ$  секции 2 и 4 станут на места секций 1 и 3 и в них не будет наводиться э. д. с.; в секциях же 3 и 1 будет наводиться максимальная э. д. с. При промежуточном положении якоря (фиг. 157) в



Фиг. 155. Изменение э. д. с. за один оборот якоря генератора с коллектором, состоящим из двух полуколец



Фиг. 156. Соединение коллектора, состоящего из четырёх пластин с обмоткой якоря

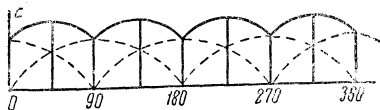


Фиг. 157. Индукция тока при промежуточном положении якоря

обеих парах секций будет индуцироваться э. д. с., причём вследствие того, что секции 1 и 2, а также 3 и 4 оказываются в последовательном соединении, индуцируемые в них э. д. с. будут складываться.

Изменения э. д. с., индуцирующихся в каждой паре секций (1 и 3, 2 и 4), представлены графически на фиг. 158 в виде двух

пунктирных кривых, разнящихся в своих изменениях на угол  $90^\circ$ . Общая э. д. с., получаемая в этом случае от генератора, будет равна сумме э. д. с., получаемых в каждое мгновение от той и другой секций, и выразится сплошной кривой. Колебания этой кривой уже не такие значительные, как при двухпластинчатом



Фиг. 158. График изменения э. д. с., индуцирующейся в двух парах секций

коллекторе (фиг. 155); ток, вызываемый такой э. д. с., будет более приближаться к постоянному и по величине.

Чем больше будет взято пластин у коллектора, а следовательно, и секций в обмотке якоря, тем больше ток будет приближаться к постоянному.

Например, при 20 секциях, приходящихся на пару полюсов, колебание э. д. с. получается всего в 0,6% её среднего значения, тогда как при двух секциях колебания достигают 100%, при четырёх — 17%; увеличение числа секций до 90 даёт колебание э. д. с. всего 0,03%.

Как видно из сказанного, назначением коллектора является выпрямлять получающийся в витках переменный ток в постоянный.

### 3. Обмотка якоря

Обмоткой якоря называется совокупность проводников, уложенных на сердечник якоря, в которых при вращении якоря индуцируется э. д. с.

Обмотка барабанного якоря делается таким образом, чтобы индуцируемые в отдельных частях обмотки э. д. с. не были по направлению противоположны друг другу. Для этого каждый проводник, уложенный под северным полюсом, должен иметь непосредственное продолжение под южным полюсом. На фиг. 159 пунктиром изображены проводники, идущие по заднему торцу тела якоря, и сплошными линиями — по переднему. Обмотку начинают, например, с точки 1, тянут проводник от неё вдоль барабана под северным полюсом, затем по заднему торцу переходят к точке 8, расположенной под южным полюсом, откуда идут по длине тела якоря на передний торец к точке 3 под северный полюс и т. д. до тех пор, пока обмотка не замкнётся. На фиг. 160 изображена в законченном виде такая обмотка.

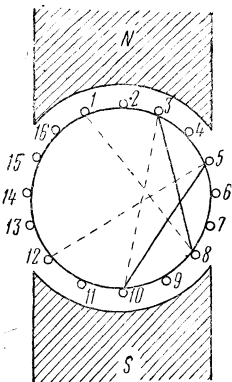
Чтобы получить замкнутые обмотки различных типов и чтобы проводники укладывались на якорь вполне симметрично, а индуцированные в проводниках э. д. с. не были направлены друг против друга и суммировались, проводники укладываются в определённом порядке.

Проводники располагаются друг от друга на определённом расстоянии, называемом шагом обмотки и представляющем собой число промежутков секций, заключённых между двумя провод-

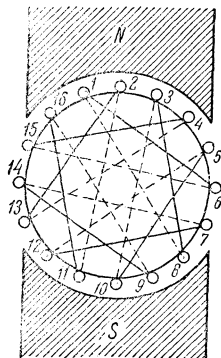


никами, следующими в схеме обмотки друг за другом. По схеме для случая, изображённого на фиг. 160, шаг определяется следующим образом.

Из точки 1 переходим в точку 8, т. е. через семь проводников, вперёд. Отсюда возвращаемся назад через пять проводников в точку 3. Затем из точки 3 идём в точку 10, т. е. снова вперёд через семь проводников, отсюда возвращаемся назад в точку 5, как и ранее, через пять проводников и т. д. Таким образом, получаем



Фиг. 159. Схема укладки проводников обмотки якоря



Фиг. 160. Схема обмотки якоря

шаг вперёд, равный семи, и шаг назад, равный пяти, что подтверждает разность номеров (например:  $8 - 1 = 7$ ;  $10 - 3 = 7$  и т. д. и  $8 - 3 = 5$ ;  $10 - 5 = 5$  и т. д.).

Вся обмотка разбивается на отдельные части (секции), число которых должно соответствовать числу пластин коллектора.

Расположение щёток на коллекторе должно быть произведено так, чтобы одна из них была помещена в месте обмотки, где сходятся индуктированные токи, которые уничтожали бы друг друга, если бы не имелся для них выход через щётку во внешнюю цепь. Эта щётка называется положительной. Другая щётка располагается в том месте, в которое ток возвращается из цепи.

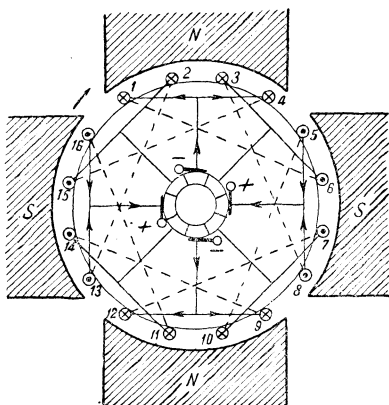
#### 4. Многополюсные генераторы

До сих пор рассматривалось получение постоянного тока от простейшего генератора, магнитное поле которого создавалось двумя полюсами. На практике же обычно применяются генераторы с большим числом полюсов (с 4, 6, 8 и т. д.). Такие генераторы называются многополюсными.

Преимущество многополюсного генератора заключается в том, что он при той же мощности по размерам меньше двухполюсного, а также в том, что в обмотке многополюсного генератора проще получить несколько параллельных ветвей. Вследствие этого при

большой величине тока во внешней цепи можно иметь небольшой ток в каждой отдельной ветви обмотки.

В многополюсных генераторах полярность полюсов чередуется, и при укладке обмоток на якорь необходимо, как и у двухполюсного генератора, последовательно соединить проводники и уклады-



Фиг. 161. Схема обмотки якоря четырёхполюсного генератора

дывать их под два соседних разноимённых полюса так, чтобы э. д. с. в этих проводниках складывались и чтобы обмотка получалась замкнутой.

На фиг. 161 схематически изображён четырёхполюсный генератор с равномерно уложенными на поверхности якоря 16 проводами (8 витков).

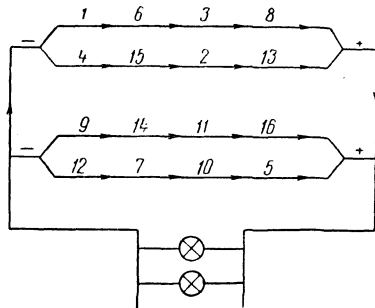
Витки соединены между собой и с коллектором так, что конец каждого витка соединён с началом следующего; соединение витков производится до тех пор, пока конец восьмого витка не соединится с началом первого и не получится замкнутая обмотка. Места соеди-

нения витков между собой присоединяются к коллекторным пластинам, вследствие чего якорь имеет восемь коллекторных пластин. При вращении якоря четырёхполюсного генератора за один его оборот каждый проводник будет 2 раза проходить под северным полюсом и 2 раза под южным. Как видно по стрелкам, указывающим направление э. д. с., и по крестикам и точкам, также отмечающим направление э. д. с., последние в проводниках якоря и соединительных проводниках распределены так, что на коллектор нужно положить не две, а четыре щётки, причём две из них положительные, а две отрицательные.

К щёткам через коллекторные пластины присоединяются поочередно концы витков обмотки якоря, имеющие противоположно направленные э. д. с.

Обмотка, изображённая на фиг. 161, состоит из четырёх параллельных ветвей.

На фиг. 162 дано схематическое изображение распределения тока в обмотке якоря и во внешней цепи. Из схемы видно, что обе положительные и обе отрицательные щётки можно соединить



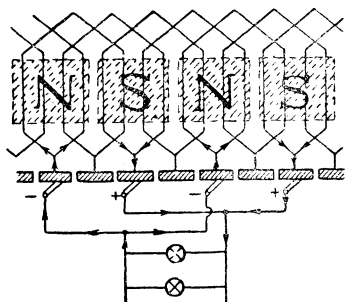
Фиг. 162. Схематическое изображение обмотки якоря четырёхполюсного генератора

попарно, что обычно и делается. Если согласно указанному накладывать проводники на якорь шестиполусной машины, то получится шесть параллельных ветвей и можно установить шесть щёток (три положительные и три отрицательные), т. е. число щёток в этом случае равнялось бы числу полюсов.

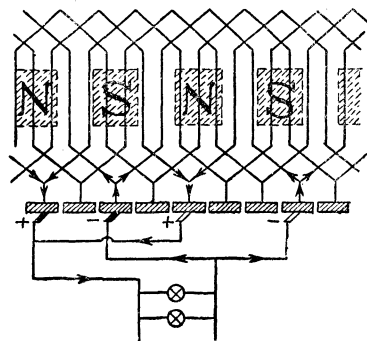
## 5. Типы обмоток якоря

Применяемые обмотки могут быть подразделены на три типа — последовательные, параллельные и сложные. По своему виду обмотки бывают петлевые и волновые, причём петлевые могут быть только параллельными, а волновые — как последовательными, так и сложными.

Петлевой вид (фиг. 163) обмотка принимает тогда, когда она имеет один шаг вперёд, а другой назад, вследствие чего при развёртке её в плоскость получается форма петель.



Фиг. 163. Схема петлевой обмотки



Фиг. 164. Схема волновой обмотки

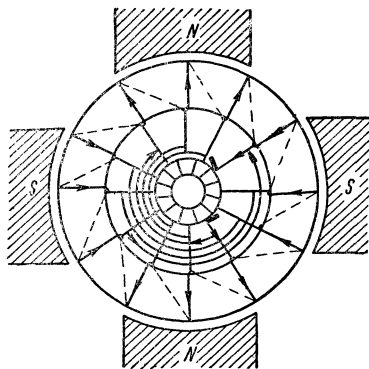
Волновой вид (фиг. 164) обмотка принимает тогда, когда она имеет два шага направленными в одну сторону (или вперёд или назад) и, будучи при этом развёрнута в плоскость, получает форму волн.

**Параллельная петлевая обмотка.** Параллельной обмоткой называют такую обмотку, у которой проводники сгруппированы в параллельные цепи, причём число последних равно числу полюсов.

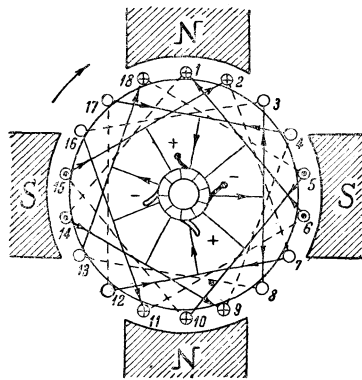
Подразделение обмотки на большее число параллельных цепей позволяет применять для обмотки более тонкие проводники, так как чем больше параллельных цепей, тем меньший ток будет в каждой из них.

Недостаток параллельной петлевой обмотки заключается в том, что в ней каждая параллельная группа проводников расположена под своей парой полюсов, например: 1—6—3—8 (фиг. 161) — под одной парой, 9—14—11—16 — под другой парой. Это ведёт к тому,

что малейшая неодинаковость магнитного поля, которая может появиться вследствие разницы в междужелезных пространствах или неоднородности стали полюсов, вызывает различные э. д. с., индуктированные в каждой из параллельных ветвей обмотки. В результате этого появляются вредные уравнивающие токи, понижающие к. п. д. генератора и вызывающие неодинаковую нагрузку щёток и их искрение. Чтобы этого избежать в параллельной



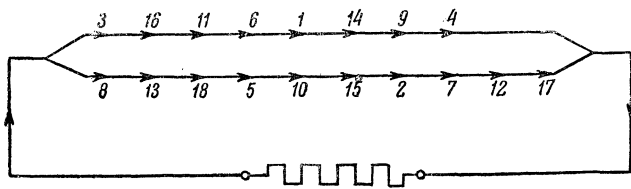
Фиг. 165. Схема параллельной обмотки с уравнивающими соединениями



Фиг. 166. Последовательная обмотка якоря

обмотке, достаточно соединить между собой точки равного потенциала (фиг. 165), что приведёт к выравниванию тока, а следовательно, и нагрузки щёток. Такая обмотка носит название обмотки с уравнивающими соединениями.

**Последовательная обмотка.** Последовательной обмоткой (фиг. 166) называют такую обмотку, у которой имеются лишь две параллельные цепи независимо от числа полюсов машины.



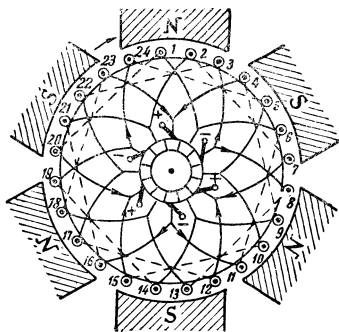
Фиг. 167. Упрощённая схема последовательной обмотки четырёхполюсного генератора

Преимущество этой обмотки состоит в том, что у неё провода каждой параллельной цепи расположены не под одной парой полюсов, как это имеет место у параллельной обмотки, а под всеми.

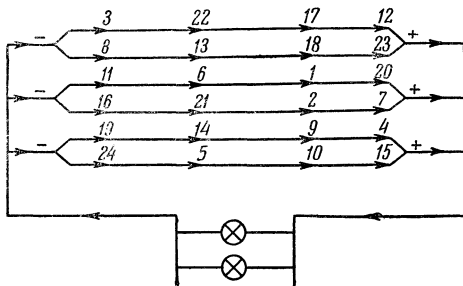
В результате этого неодинаковость магнитного поля любого из полюсов не вызывает различного напряжения в каждой из параллельных цепей обмотки. Применяются последовательные об-

мотки довольно часто, но для машин небольших и средних мощностей; обычно рассчитывают машину так, чтобы в каждой параллельной цепи ток был не более 200—250 а.

На фиг. 167 показана упрощённая схема последовательной обмотки якоря, представленной на фиг. 166.



Фиг. 168. Схема сложной обмотки шестипольного генератора

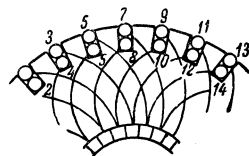


Фиг. 169. Упрощённая схема сложной обмотки шестипольного генератора

**Сложная обмотка.** Сложной называется такая обмотка, которая скомбинирована из последовательной и параллельной обмоток. На фиг. 168 и 169 показаны схемы сложной обмотки для шестипольного генератора.

Такая обмотка вследствие совмещения последовательной и параллельной обмоток и возможности назначения произвольного числа параллельных цепей (независимо от числа полюсов, как и параллельная обмотка) не вызывает опасности неравномерного напряжения отдельных цепей обмоток и щёток и искрения последних.

**Обмотки зубчатых якорей.** Все современные машины имеют так называемые зубчатые якоря, в пазы которых обмотка укладывается в два слоя. Обмотка в этом случае называется двухслойной (фиг. 170).



Фиг. 170. Схема двухслойной обмотки

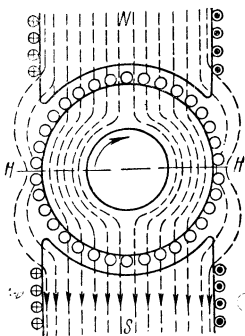
Применение якорей с пазами, во-первых, позволяет более прочно укрепить обмотку и, во-вторых, уменьшить величину между-железного пространства между якорем и полюсами.

## 6. Реакция якоря

При нагрузке генератора, т. е. когда в проводниках обмотки якоря имеется ток, вокруг проводников, как известно, образуется магнитное поле. Силовые линии проходят через междужелезное пространство, а также через сердечники полюсов, определённым образом действуя на магнитный поток главных полюсов. Это воз-

действие магнитного поля якоря на магнитное поле полюсов называется реакцией якоря.

При холостом ходе генератора, т. е. когда он идёт без нагрузки и нет взаимодействия между магнитным полем полюсов и магнитным полем якоря, силовые линии магнитного поля полюсов расположены так, как это показано на фиг. 171.



Фиг. 171. Расположение магнитного потока полюсов при отсутствии магнитного потока якоря

Магнитный поток, выходя из северного полюса, проходит между железное пространство, входит в железо якоря и направляется в южный полюс.

Густота магнитного потока, пересекающего поверхность якоря, не везде одинакова: наибольшая густота — под серединой полюса, наименьшая — ближе к краям его, а в нейтральной плоскости, проходящей через линию  $NN$ , магнитного потока нет.

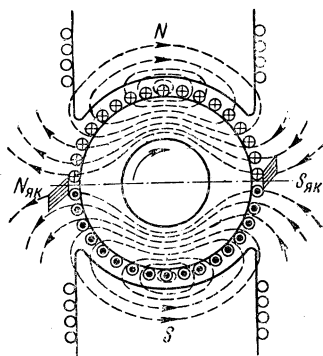
В витках якоря, проходящих через эту плоскость, э. д. с. не индуцируется. Эти витки замыкаются щётками накоротко.

Когда генератор нагружен, то ток якоря создаёт собственное магнитное поле (фиг. 172).

Силовые линии потока замыкаются вокруг проводников якоря и проходят в сердечники полюсов, причём якорь будет представлять как бы магнит с расположением оси полюсов по нейтральной (северный полюс этого магнита находится слева, а южный справа).

При вращении генератора по часовой стрелке и при его нагрузке, т. е. когда имеется ток как в обмотке возбуждения, так и в обмотке якоря, магнитное поле будет иметь вид, изображённый на фиг. 173. Ввиду того, что при нагрузке поток якоря под левой частью северного полюса направлен навстречу силовым линиям поля, он ослабляет поле полюса в левой его части. В правой же части северного полюса силовые линии якоря имеют одинаковое с ним направление, поэтому магнитное поле в этом месте усилится, т. е. увеличится его густота.

Подобное явление будет иметь место и у южного полюса, где магнитное поле будет наиболее густым в левой части полюса и наименее густым в правой части.



Фиг. 172. Распределение магнитного потока якоря при отсутствии магнитного потока главных полюсов

В результате реакции якоря при нагрузке генератора магнитное поле исказится и как бы повернётся в направлении вращения якоря на небольшой угол, а нейтральная плоскость перейдёт из положения  $NN$  в положение  $H'H'$ . Такое перемещение нейтрали делает необходимым и перемещение щёток на такой же угол, так как щётки должны замыкать накоротко те витки, которые находятся на нейтральной и в которых не индуцируется э. д. с.

Из этого следует, что при нагрузке генератора необходимо сдвигать щётки в направлении вращения генератора.

Угол сдвига тем больше, чем больше нагрузка, так как больший ток, соответствующий большей нагрузке, вызывает больший магнитный поток и, следовательно, большее искажение и сдвиг поля.

## 7. Коммутация

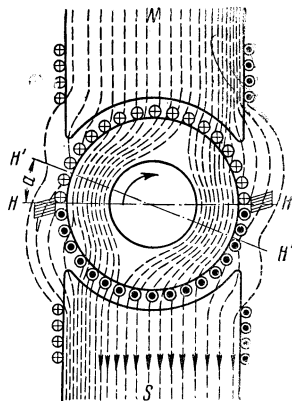
При работе машины в витках её якорной обмотки, проходящих через нейтральную плоскость, ток меняет своё направление на обратное. Изменение происходит в течение того времени, когда виток замыкается щёткой накоротко. Этот процесс с сопутствующими ему явлениями называется коммутацией.

Для рассмотрения явления коммутации на фиг. 174 представлены три различных положения ( $I$ ,  $II$ ,  $III$ ) щётки на коллекторе при вращающемся якоре, причём для простоты ширина щётки взята равной ширине одной коллекторной пластины.

Положение  $I$  представляет момент, когда положительная щётка соприкасается с коллекторной пластиной  $1$ . Очевидно, что токи обеих параллельных ветвей обмотки направлены к щётке. Ток в витке имеет направление от  $b$  к  $a$ .

При дальнейшем вращении якоря в направлении, указанном стрелкой, щётка окажется в соприкосновении с коллекторной пластиной  $2$  (положение  $II$ ). Здесь ток притекает к щётке также из двух параллельных ветвей, причём в витке  $abv$  ток имеет уже другое направление, а именно от  $a$  к  $b$ . Это изменение направления тока в витке происходит не мгновенно, а по мере увеличения площади соприкосновения щётки с пластиной  $2$ .

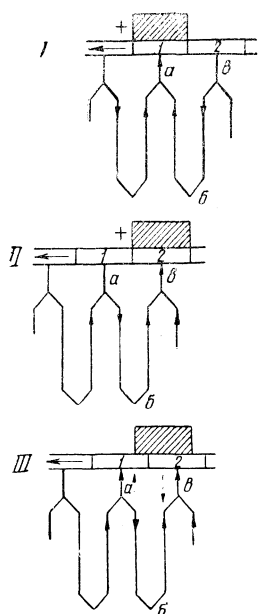
В витке  $abv$  изменение направления тока на обратное происходит в течение времени перехода щётки с одной пластины на другую. В промежуточный момент (положение  $III$ ) щётка находится частью на пластине  $1$ , а частью на пластине  $2$ , и виток  $abv$  замкнут накоротко.



Фиг. 173. Распределение магнитного потока при прохождении тока по обмоткам полюсов и якоря

Распределение тока под щёткой в этот момент зависит не только от сопротивлений контакта щётки с коллекторными пластинами, но и от других причин, основной из которых является э. д. с. самоиндукции, появляющаяся в замкнутом щёткой витке. Так как ток в витке *абз* меняется, то в нём возникает э. д. с. самоиндукции.

Вследствие возникновения э. д. с. самоиндукции в короткозамкнутом витке появится добавочный ток. Направление добавочного тока показано пунктирными стрелками на фиг. 174 (положение *III*).



Фиг. 174. Положение щётки при вращении якоря

В результате под сбегающим (левым) краем щётки токи будут иметь одно направление, а под набегающим (правым)—разные направления. Сбегающий край щётки окажется, таким образом, перегруженным током, а набегающий, наоборот, будет недогружен.

Такая неравномерность плотности тока может быть причиной сильного искрения коллектора под щёткой, если э. д. с. самоиндукции, а следовательно, и ток в витке достигают большой величины. Величина э. д. с. самоиндукции тем больше, чем больше ток в якоре и чем больше скорость изменения направления тока, т. е. чем быстрее вращается генератор.

Для прекращения искрения необходимо устранить влияние э. д. с. самоиндукции. Этого можно достигнуть сдвигом щёток. Если щётки замыкают витки, которые находятся на нейтрали, то в витке, замкнутом щёткой накоротко, не индуктируется полем полюсов э. д. с. При сдвиге щёток с нейтрали в ту или другую сторону в витке будет индуктироваться э. д. с. с направлением, зависящим от направления сдвига щёток. Для того чтобы устранить влияние э. д. с. самоиндукции в замкнутом щёткой витке, щётки сдвигают с нейтрали в таком направлении, чтобы индуктированная вследствие этого сдвига э. д. с. была направлена против э. д. с. самоиндукции и уничтожила её действие. Для генератора такой сдвиг щёток необходимо производить по направлению его вращения.

Так как величина э. д. с. самоиндукции в короткозамкнутых витках меняется в зависимости от нагрузки, то для надлежащей коммутации следовало бы всё время изменять положение щёток, сдвигая их с нейтрали на тот или иной угол. Практически этого не делают и оставляют щётки на нейтрали, применяя в то же время дополнительные полюсы.

Так как величина э. д. с. самоиндукции в короткозамкнутых витках меняется в зависимости от нагрузки, то для надлежащей коммутации следовало бы всё время изменять положение щёток, сдвигая их с нейтрали на тот или иной угол. Практически этого не делают и оставляют щётки на нейтрали, применяя в то же время дополнительные полюсы.

Так как величина э. д. с. самоиндукции в короткозамкнутых витках меняется в зависимости от нагрузки, то для надлежащей коммутации следовало бы всё время изменять положение щёток, сдвигая их с нейтрали на тот или иной угол. Практически этого не делают и оставляют щётки на нейтрали, применяя в то же время дополнительные полюсы.



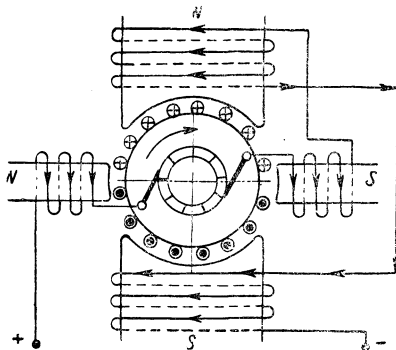
## 8. Дополнительные полюсы

Дополнительные полюсы устанавливаются в нейтральных плоскостях между главными полюсами, где они создают дополнительное магнитное поле, которое индуцирует в коммутирующих витках э. д. с., направленную против э. д. с. самоиндукции. Поток магнитного поля дополнительных полюсов направлен против потока магнитного поля якоря.

Так как с увеличением нагрузки увеличивается действие самоиндукции, то для того чтобы э. д. с., направленная против э. д. с. самоиндукции, увеличивалась пропорционально нагрузке, обмотки дополнительных полюсов всегда включаются последовательно с обмоткой якоря, тогда ток в обмотке дополнительных полюсов и якоря всегда одинаков, вследствие чего компенсация э. д. с. самоиндукции происходит автоматически.

На фиг. 175 представлена схема двухполюсного генератора постоянного тока с дополнительными полюсами. У генератора полярность дополнительных полюсов должна быть такова, чтобы за главным полюсом генератора по направлению вращения якоря шёл разноимённый дополнительный полюс.

Число дополнительных полюсов может и не равняться числу главных полюсов. Встречаются, например, четырёхполюсные машины с двумя дополнительными полюсами.



Фиг. 175. Схема двухполюсного генератора с дополнительными полюсами

## 9. Возбуждение генераторов

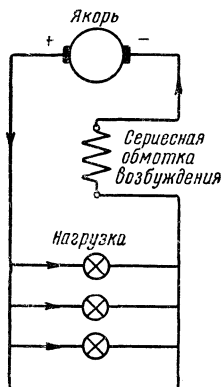
Магнитное поле, создаваемое постоянными магнитами, слишком слабое, и поэтому для получения магнитного поля в генераторах электрического тока применяют электромагниты. Если для возбуждения магнитного поля генератора пользуются электромагнитами, обмотки которых питаются от какого-либо постороннего источника электрической энергии, например аккумуляторной батареи или другого генератора, то такой генератор называется генератором с независимым возбуждением.

Каждый генератор обладает свойством самовозбуждения, т. е. сам может питать обмотку полюсов. Самовозбуждение основано на наличии остаточного магнетизма магнитной цепи генератора. При вращении якоря в поле остаточного магнетизма в обмотке якоря индуцируется небольшая э. д. с. Так как обмотка возбуждения полюсов приключена к щёткам якоря, то в ней появляется

небольшой ток, который усилит магнитное поле полюсов. Это увеличит э. д. с. генератора, что в свою очередь вновь увеличит магнитное поле машины.

Увеличение магнитного поля будет продолжаться до насыщения магнитной цепи машины, и соответственно этому э. д. с. будет увеличиваться до появления нормального напряжения на зажимах генератора.

В генераторе с самовозбуждением обмотки возбуждения могут быть приключены к зажимам якоря различно. Существуют три основных способа включения обмотки возбуждения—последовательное (сериесное), параллельное (шунтовое) и смешанное (компаундное).



Фиг. 176. Схема генератора с сериесным возбуждением

**Генератор с сериесным возбуждением.** У генератора с сериесным возбуждением обмотка возбуждения соединена последовательно с якорем (фиг. 176).

При таком соединении ток в обмотке возбуждения такой же, как и в обмотке якоря. Обмотка возбуждения выполняется из небольшого числа витков толстой проволоки.

В случае разомкнутой внешней цепи в обмотке возбуждения тока нет, и генератор не возбуждается. При увеличении нагрузки, т. е. с уменьшением сопротивления внешней цепи, ток в обмотке возбуждения увеличивается, что в свою очередь увеличивает магнитный поток, а следовательно, и э. д. с. генератора; это увеличение может идти только до предела насыщения магнитной системы генератора. Вначале увеличение э. д. с. идёт довольно быстро, затем вследствие насыщения магнитной системы машины при дальнейшей нагрузке возрастание э. д. с. идёт медленнее увеличения нагрузки и, наконец, прекращается несмотря на увеличение тока нагрузки. Увеличение тока нагрузки значительно выше нормального может вызвать уменьшение величины э. д. с., так как в этом случае происходит увеличение реакции якоря. Если внешнюю цепь генератора замкнуть через очень малое сопротивление, или, как говорят, замкнуть накоротко, то напряжение на его зажимах будет равно нулю, а ток будет иметь максимальную величину.

**Генератор с шунтовым возбуждением.** У генератора с шунтовым возбуждением обмотка возбуждения включена параллельно якорю (фиг. 177). Обмотка возбуждения в этом типе генераторов состоит из большого числа витков тонкой проволоки. Ток в обмотке возбуждения такой машины невелик. Обычно величина ответвляющегося тока составляет 2—4% общего тока машины. Концы обмотки возбуждения необходимо подключать к зажимам генератора так, чтобы появляющийся в обмотке ток создавал маг-

нитный поток такого же направления, как и направление потока остаточного магнетизма машины.

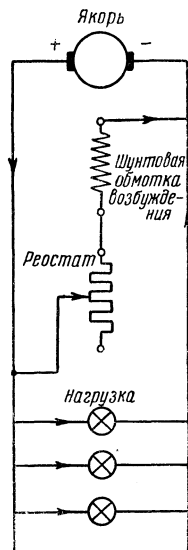
При отсутствии нагрузки во внешней цепи на зажимах обмотки возбуждения будет всегда напряжение, которое при разомкнутой внешней цепи будет наибольшим. По мере увеличения нагрузки напряжение на зажимах будет немного уменьшаться. Это уменьшение происходит вследствие увеличения падения напряжения во внутренней цепи генератора и вследствие размагничивающего действия реакции якоря. Кроме того, уменьшение напряжения на зажимах генератора вызывает и уменьшение тока в обмотке возбуждения, а следовательно, и уменьшение э. д. с. генератора.

Падение напряжения в генераторе в пределах нормальной нагрузки бывает невелико. Его можно устранить соответствующим уменьшением сопротивления регулировочного реостата, включённого последовательно с обмоткой возбуждения. При уменьшении сопротивления регулировочного реостата возрастает ток в обмотке возбуждения и увеличивается магнитный поток машины, в результате чего э. д. с. генератора возрастает.

#### Генератор со смешанным возбуждением.

Выше было указано, что при нагрузке генератора с серийным возбуждением напряжение в цепи повышается, а при нагрузке генератора с шунтовым возбуждением оно несколько понижается. Эти два свойства сочетаются в одном генераторе путём устройства в нём двух обмоток возбуждения (серийной и шунтовой), что даёт возможность при изменении нагрузки поддерживать автоматически почти постоянное напряжение. Генераторы с такого рода возбуждением называются генераторами со смешанным возбуждением, или компаундными (фиг. 178). На каждом полюсе такого генератора имеются две обмотки: одна—серийная, состоящая из нескольких витков толстой проволоки, и другая — шунтовая, состоящая из большого числа витков тонкой проволоки. Число витков каждой обмотки берётся таким, чтобы при изменении нагрузки витки серийной обмотки усилили магнитный поток индуктора для повышения э. д. с. якоря соответственно уменьшению напряжения на зажимах, полученному при работе только с одной шунтовой обмоткой электромагнитов.

При необходимости можно подобрать соотношение между витками обеих обмоток таким, что при нагрузке генератора напряжение не только будет поддерживаться постоянным, но даже будет увеличиваться. Это достигается увеличением числа витков серийной обмотки. Такие генераторы носят название перекомпаундированных.



Фиг. 177. Схема генератора с шунтовым возбуждением

Регулирование э. д. с., а следовательно, и напряжения на зажимах генератора производится при помощи регулировочного реостата.

## 10. Общее свойство двигателей (моторов)

Каждая электрическая машина может работать не только генератором, но и двигателем, если вместо того, чтобы вращать её и получать от неё электрическую энергию, подводить к ней электри-

ческую энергию от постороннего источника. В этом случае якорь машины сам придёт во вращение.

Действие двигателей постоянного тока основано на свойстве всякого проводника, находящегося в магнитном поле, придти в движение под влиянием взаимодействия магнитного поля тока, текущего по проводнику, и магнитного поля полюсов.

Коллекторы двигателей постоянного тока служат не для выпрямления тока, как у генераторов, а для распределения его в обмотках якоря так, чтобы токи в проводниках обмотки, находящихся под каким-либо полюсом, имели всегда одно и то же направление. При этом условии сила взаимодействия токов этих проводников с основным магнитным полем будет иметь всегда одно и то же направление и создаёт соответствующий вращающий момент.

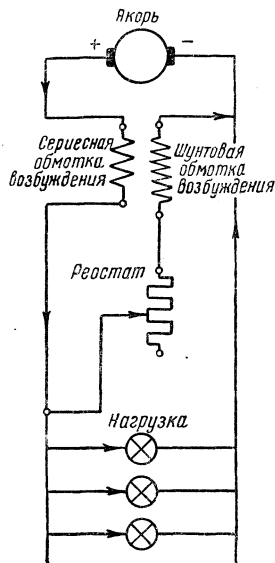
Направление вращения якоря двигателя противоположно тому, как он вращался бы, будучи генератором, при одинаковом направлении тока в ядре и в полюсах.

Направление вращения определяется, как уже было сказано, по правилу левой руки.

Перемена направления вращения якоря двигателя достигается пересоединением его обмоток так, чтобы ток изменил своё направление или в ядре или в электромагнитах. Одновременное изменение направления тока в ядре и в электромагнитах перемены направления вращения не даст, в чём легко убедиться, применив правило левой руки.

Скорость вращения якоря электрического двигателя пропорциональна напряжению на его зажимах и обратно пропорциональна магнитному потоку главных полюсов и выражается формулой

$$n = \kappa \frac{U - IR_{\text{я}}}{\Phi},$$



Фиг. 178. Схема генератора со смешанным возбуждением

где  $n$  — скорость вращения якоря двигателя;  
 $U$  — напряжение на зажимах;  
 $\Phi$  — магнитный поток главных полюсов;  
 $k$  — постоянный коэффициент;  
 $I$  — ток двигателя;  
 $R_{\text{я}}$  — сопротивление цепи якоря.

## 11. Противозлектродвижущая сила

Обмотка якоря двигателя при вращении пересекает силовые линии магнитного поля, поэтому в ней, как и в обмотке якоря генератора, индуцируется э. д. с., но с направлением, обратным напряжению, приложенному к зажимам двигателя. Эта индуцированная обратная э. д. с. называется противозлектродвижущей силой (см. гл. II).

Величина противо-э. д. с. в каждом проводнике тем больше, чем больше силовых линий пересекается проводником в единицу времени. Так как противо-э. д. с.  $E$  направлена против напряжения  $U$ , приложенного к зажимам двигателя, то ток в обмотке якоря будет определяться разностью  $U - E$ .

Величина тока согласно закону Ома выразится

$$I_{\text{я}} = \frac{U - E}{R_{\text{я}}},$$

где  $R_{\text{я}}$  — сопротивление цепи якоря.

Так как величина противо-э. д. с., как уже было сказано, тем больше, чем большее количество магнитных силовых линий пересекает проводник обмотки якоря в единицу времени, то при холостом ходе двигателя, когда якорь двигателя достигает наибольшей скорости вращения, величина противо-э. д. с. будет также наибольшей и почти равной напряжению на зажимах якоря. Поэтому действующее в цепи напряжение  $U - E$  будет близким нулю и ток  $I_{\text{я}}$  в якоре также будет близок нулю.

Ток двигателя будет при этом весьма мал; он называется током холостого хода.

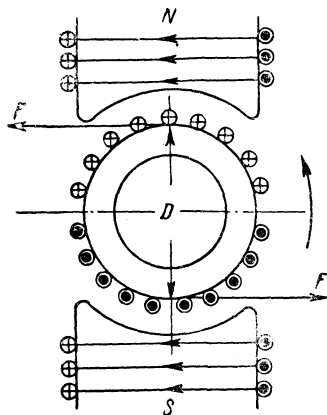
При нагрузке, когда имеет место некоторое уменьшение скорости вращения якоря, а следовательно, и уменьшения количества магнитных силовых линий, пересекаемых проводниками обмотки якоря в единицу времени, противо-э. д. с. имеет также меньшую величину; поэтому разность  $U - E$  увеличивается и увеличивается ток  $I_{\text{я}}$ . Таким образом, ток двигателя устанавливается в зависимости от нагрузки сам собой.

При пуске двигателя в ход, когда он ещё не успел разойтись, противо-э. д. с. почти равна нулю, отчего ток в якоре может достигнуть чрезмерной величины, на которую машина не рассчитана, и обмотка якоря может быть сожжена.

Чтобы избежать этого, величину тока во время пуска понижают включением в цепь якоря специального пускового реостата.

## 12. Вращающий момент якоря

На якорь двигателя при нахождении его проводников в магнитном поле будет действовать пара сил, плечо которой равно диаметру якоря  $D$  (фиг. 179). Произведение любой из равных параллельных сил, но действующих в разные стороны, на кратчайшее



Фиг. 179. Взаимодействие проводника якоря двигателя с магнитным потоком

расстояние между ними называется моментом пары сил относительно их оси вращения.

В электродвигателе произведение силы  $F$ , действующей на каждый из двух диаметрально противоположных проводников, на диаметр якоря является суммой моментов пары сил.

Сумма моментов пары сил, действующих на все проводники якоря, называется вращающим моментом электродвигателя.

Диаметр якоря  $D$  для данного двигателя является величиной постоянной, а потому величина вращающего момента зависит исключительно от силы взаимодействия  $F$  между проводниками якоря и магнитным полем, создаваемым главными полюсами. Сила  $F$  прямо пропорциональна току  $I$  обмотки якоря и магнитному потоку  $\Phi$ , создаваемому главными полюсами двигателя. Поэтому вращающий момент может быть выражен формулой

$$M = \kappa I_{\text{я}} \Phi,$$

где  $I_{\text{я}}$  — ток в якоре;

$\Phi$  — магнитный поток между полюсами;

$\kappa$  — коэффициент, неизменный для данного двигателя.

## 13. Мощность двигателя

Механическая мощность двигателя, развиваемая им на валу, может быть определена по формулам, приведённым в гл. I (стр. 13).

Потребляемая двигателем мощность измеряется в ваттах или киловаттах и является произведением напряжения  $U$  в, приложенного к зажимам двигателя, на величину тока  $I$  а:

$$P = IU \text{ вт, или } P = \frac{IU}{1000} \text{ кет.}$$

Превращение электрической энергии в механическую сопровождается рядом потерь.

Основные из этих потерь следующие:

1) электрические потери, имеющие место при прохождении тока по проводникам обмоток полюсов и якоря, по коллектору и т. д.;  
2) магнитные потери, происходящие вследствие перемагничивания железа якоря и возбуждения в нём вихревых токов;

3) механические потери, происходящие вследствие трения вала якоря в подшипниках, трения щёток о коллектор и сопротивления вращению якоря в воздухе.

Размер потерь в двигателе характеризуется отдачей, или к. п. д.

Полезная мощность, развиваемая на валу двигателя, выражается формулой

$$P_{\text{пол}} = \frac{U I}{1\,000} \eta,$$

где  $U$  и  $I$  — те же величины, что и в предыдущем случае;

$\eta$  — к. п. д. машины.

Если, например, ток двигателя равен 290 а, а напряжение на его зажимах 1 500 в, то потребляемая двигателем мощность будет:

$$P = IU = 290 \cdot 1\,500 = 435\,000 \text{ вт} = 435 \text{ квт}.$$

При к. п. д. двигателя, равном 0,92, полезная мощность, развиваемая им на валу, составит:

$$P_{\text{пол}} = \eta P = 0,92 \cdot 435 = 400 \text{ квт}.$$

Мощность двигателя или генератора ограничивается температурой его отдельных частей, главным образом обмоток. Предельно допускаемая для обмоток температура зависит от класса применяемой изоляции.

Ввиду того, что двигатели и генераторы могут работать с резко меняющимися нагрузками, предельная температура может быть достигнута или большой нагрузкой, действующей кратковременно, или малой нагрузкой, действующей длительно.

Под длительной мощностью понимается та наибольшая мощность, развиваемая на его валу, при которой двигатель может работать длительно (практически не менее 10 часов), причём температура какой-либо его части достигнет предельно допустимой величины, но не будет превосходить её.

Под часовой мощностью понимается та мощность на валу двигателя, работая с которой с холодного состояния машина достигнет предельной температуры (перегрева) в течение одного часа.

Кроме понятий часовой и длительной мощности, существует понятие максимальной мощности двигателя. Под максимальной мощностью двигателя следует понимать такую мощность, которую он может развивать в течение короткого промежутка времени без механических деформаций и появления кругового огня на коллекторе.

Токи, соответствующие длительной, часовой и максимальной мощности, носят название длительного, часового и максимального тока.

Для повышения мощности двигателей и генераторов применяют искусственное охлаждение в виде самовентиляции или независимой (принудительной) вентиляции.

При самовентиляции на вал двигателя во внутренней его полости насаживается вентилятор, который во время вращения якоря засасывает наружный воздух и гонит его через междукатушечное пространство и особые продольные каналы, проштампованные в сердечнике якоря. В результате обтекания холодным воздухом наружная поверхность якоря, полюсов и сердечника якоря охлаждается.

При независимой вентиляции охлаждающий воздух прогоняется через двигатель специальным вентилятором, который работает независимо от охлаждаемого двигателя.

В тяговых двигателях и вспомогательных машинах электровозов применяется изоляция класса А и класса В. Признаки обугливания материалов класса А, к которому принадлежат пропитанная ткань, шелковая бумага, а также эмаль, наблюдаются при достижении ими температуры  $180-200^{\circ}$ . Исходя из нормы двойного запаса прочности, для изоляции класса А допускается превышение температуры  $85^{\circ}$  при температуре окружающего воздуха  $25^{\circ}$ , т. е. температура нагрева  $110^{\circ}$ .

К классу В принадлежат слюда, асбест и т. д. Предельное превышение температуры для изоляции класса В принято в  $105^{\circ}$ . Для тяговых двигателей с изоляцией класса В и независимой вентиляцией при испытании на стенде допускают температуру нагрева обмоток якоря до  $145^{\circ}$  и обмоток полюсов до  $155^{\circ}$ . Расчетной температурой окружающей среды считают обычно  $+25^{\circ}$ , а поэтому номинальная часовая и длительная мощность двигателя устанавливается для перегрева обмоток якоря в  $120^{\circ}$  и для обмоток полюсов в  $130^{\circ}$  по сравнению с окружающей температурой.

#### 14. Реакция якоря и коммутация в двигателе

При работе электрической машины в качестве двигателя также имеет место реакция якоря. Как указывалось ранее, у генератора нейтральная плоскость вследствие реакции якоря сдвигалась по направлению вращения. Так как при направлении тока в якорю, одинаковом с направлением тока в генераторе, двигатель вращается в обратную сторону, то при работе машины в качестве двигателя сдвиг нейтрали происходит против направления вращения якоря.

При работе двигателя в момент перекрытия коллекторных пластин щётками в короткозамкнутых витках происходят такие же явления, как и при работе генератора. Поэтому для работы коллектора без искрения необходимо немного сдвинуть щётки с нейтрали в направлении, обратном вращению двигателя.



Чтобы при меняющейся нагрузке не сдвигать всё время щёток, в двигателе, так же как и в генераторе, применяют дополнительные полюсы, а иногда и компенсационные обмотки. Это особенно важно для двигателей, у которых во время работы необходимо изменять направление вращения, т. е. у так называемых реверсивных двигателей. Если этого не сделать, то при изменении направления вращения пришлось бы всё время менять направление сдвига щёток.

Полярность дополнительных полюсов при работе машины в качестве двигателя должна чередоваться так, чтобы по направлению вращения за главным полюсом был расположен одноимённый дополнительный полюс.

## 15. Способы возбуждения двигателей

По способу соединения обмоток возбуждения и якоря двигателя постоянного тока разделяются на три типа:

- 1) двигатели с шунтовым (параллельным) возбуждением;
- 2) двигатели с серийным (последовательным) возбуждением;
- 3) двигатели со смешанным возбуждением.

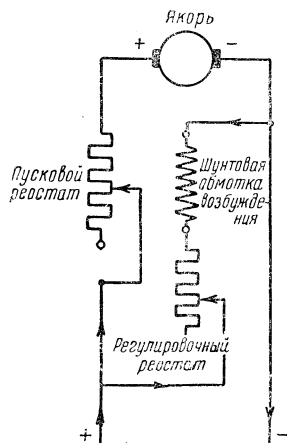
**Шунтовой двигатель.** Включение в сеть шунтового двигателя показано на фиг. 180.

Обмотка возбуждения присоединяется непосредственно к источнику электрической энергии, чтобы получить максимальное магнитное поле при пуске. Последовательно с якорем включается пусковой реостат, ограничивающий пусковой ток.

Для регулирования скорости вращения двигателя служит включённый в цепь обмотки возбуждения регулировочный реостат. Изменение сопротивления этого реостата в сторону уменьшения вызывает усиление магнитного поля и понижение скорости вращения двигателя; увеличение сопротивления реостата вызывает ослабление магнитного поля и повышение скорости вращения.

В случае обрыва по каким-либо причинам цепи обмотки полюсов магнитный поток уменьшится почти до нуля, и скорость вращения якоря может возрасти до опасных для целостности двигателя пределов.

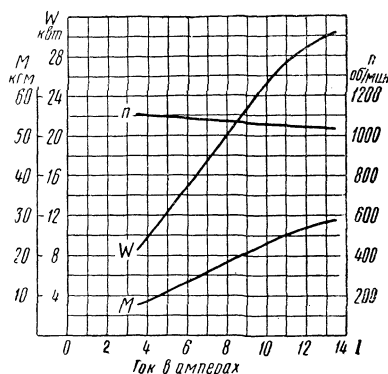
При увеличении нагрузки скорость вращения якоря шунтового двигателя  $n$  (фиг. 181) уменьшается, но весьма незначительно. Это объясняется тем, что с увеличением нагрузки растёт ток (линия  $I$ ) обмотки якоря, а следовательно, растёт падение напряжения в обмотке якоря, равное произведению тока якоря  $I_a$  на



Фиг. 180. Схема включения шунтового двигателя

сопротивление обмотки якоря  $R_{\text{я}}$ . Но с увеличением падения напряжения в якоре будет уменьшаться противо-э. д. с., вырабатываемая при его вращении и равная

$$E = U - I_{\text{я}} R_{\text{я}}.$$



Фиг. 181. Характеристика шунтового двигателя

Противо-э. д. с. может уменьшаться лишь в случае уменьшения скорости вращения якоря. Следовательно, с увеличением нагрузки скорость вращения двигателя уменьшается, что и характеризует кривая  $n$  на фиг. 181.

Изменение скорости вращения с изменением нагрузки незначительно, так как незначительно меняется величина  $E = U - I_{\text{я}} R_{\text{я}}$  вследствие малой величины  $R_{\text{я}}$ .

Вращающий момент  $M$  изменяется пропорционально нагрузке, что видно из формулы

$$M = \kappa I_{\text{я}} \Phi,$$

где  $\kappa$  — постоянный коэффициент;

$\Phi$  — магнитный поток, величина которого у шунтового двигателя почти не зависит от тока нагрузки  $I_{\text{я}}$ .

Изменение вращающего момента двигателя характеризуется линией  $M$ .

Преимущества шунтового двигателя заключаются в том, что он имеет приблизительно постоянную скорость вращения при различных нагрузках и двигатель при разгрузке не может пойти вразнос. Крупным преимуществом шунтового двигателя является лёгкость перехода с моторного на генераторный режим.

К недостаткам его следует отнести склонность к искрению при сильно колеблющейся нагрузке, а также сильные экстратоки при выключении.

**Сериесный двигатель.** На фиг. 182 показана схема сериесного двигателя, приключённого к сети.

Так как обмотки возбуждения и якоря соединены последовательно, ток в этих обмотках всегда один и тот же.

Ток, как было выяснено ранее, устанавливается в зависимости от нагрузки, увеличиваясь по мере нагрузки двигателя, вследствие чего и магнитное поле будет изменяться, увеличиваясь с повышением нагрузки.

Падение напряжения в двигателе с возрастанием нагрузки будет также увеличиваться.

С увеличением падения напряжения в обмотках двигателя

будет уменьшаться противо-э. д. с., вырабатываемая якорем двигателя и выражающаяся величиной

$$E = U - I(R_a + R_v),$$

где  $U$  — напряжение на зажимах двигателя;

$R_v$  — сопротивление обмоток возбуждения.

Скорость вращения якоря серийного двигателя с увеличением нагрузки уменьшается по двум причинам—вследствие увеличения магнитного потока и уменьшения противо-э. д. с. Эти причины вызывают сильное понижение скорости вращения якоря при нагрузке и чрезмерное повышение в случае снятия нагрузки. Поэтому серийные двигатели должны всегда пускаться под нагрузкой, иначе им может грозить разнос, т. е. очень большое увеличение скорости вращения якоря.

На фиг. 183 показаны характеристики серийного двигателя. Кривая  $n$  показывает изменение скорости вращения якоря в зависимости от нагрузки, отложенной на горизонтальной оси.

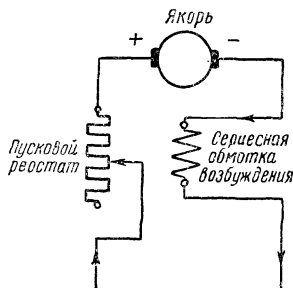
Вращающий момент серийных двигателей характеризуется кривой  $M$ . С увеличением нагрузки момент у этих двигателей растёт гораздо сильнее, чем у шунтовых, так как здесь он возрастает не только от увеличения тока в якоре  $I_a$ , но и от увеличения магнитного потока.

Вследствие того что магнитный поток до насыщения всей магнитной системы двигателя растёт пропорционально току  $I_a$ , вращающий момент пропорционален квадрату величины тока:

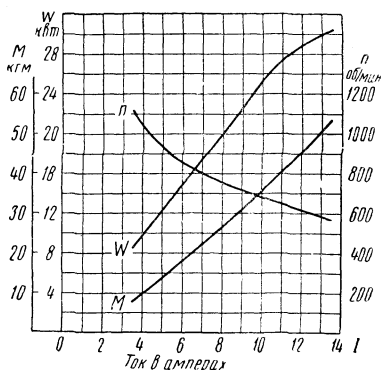
$$M = \kappa I^2.$$

Особенно значительную величину вращающий момент имеет во время пуска в ход двигателя, так как пока двигатель не разошёлся, ток в якоре и магнитное поле имеют наибольшие значения. Это

свойство особенно ценно и определяет наибольшую пригодность серийного двигателя по сравнению с другими для пользования им в качестве тягового двигателя при электрической тяге поездов. Серийный двигатель при одинаковой величине пускового тока с шунтовым двигателем развивает больший вращающий момент



Фиг. 182. Схема включения серийного двигателя

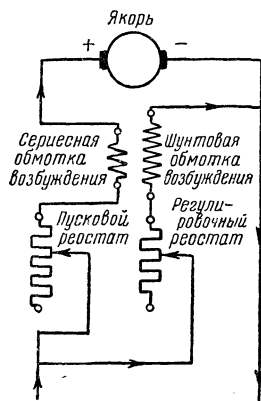


Фиг. 183. Характеристика серийного двигателя (мотора типа ЭК-12/3000)

и при увеличении нагрузки (например при движении поезда на подъёме) автоматически снижает скорость вращения, в то время как скорость вращения шунтового двигателя почти не меняется. Это обстоятельство способствует тому, что перегрузки серийного двигателя при одинаковых условиях движения меньше, чем шунтового, и тяговые подстанции будут претерпевать меньшие колебания нагрузки, что улучшает условия их работы.

При одинаковых разностях в диаметрах бандажей движущих колёсных пар электровоза, а также при одинаковых разностях характеристик тяговых двигателей неравномерность нагрузок серийных двигателей меньше, чем шунтовых.

Кроме того, серийный двигатель допускает большую возможность перегрузки, имеет меньшую склонность к искрению, бо́ль-



Фиг. 184. Схема включения двигателя со смешанным возбуждением

шую надёжность в эксплуатации вследствие малых экстратоков при выключении, а также имеет некоторые конструктивные преимущества по сравнению с шунтовым двигателем: обмотка возбуждения серийных двигателей выполняется из небольшого числа витков толстого провода, а шунтовая обмотка состоит из большого числа витков тонкого провода. Вследствие этого шунтовая обмотка требует больше изоляции, чем серийная, получается более дорогой в производстве и занимает больше места.

К недостаткам серийного двигателя относятся склонность его к разгону при снятии нагрузки и затруднения в регулировке скорости вращения якоря в широких пределах.

### **Двигатель со смешанным возбуждением.**

Двигатель имеет на полюсах две обмотки, одна из которых находится в последовательном соединении с якорем и цепью, а другая соединена с ответвлением от зажимов двигателя или щёток (фиг. 184).

Двигатели со смешанным возбуждением подразделяются на двигатели с одинаковым направлением тока в обмотках возбуждения и двигатели с противоположным направлением тока в них.

Двигатели с одинаковым направлением тока в обмотках работают как серийные двигатели, развивая большой вращающий момент; в них не может быть явления разноса, так как шунтовая обмотка всё время создаёт магнитное поле.

Двигатели с противоположным направлением тока в обмотках имеют скорость вращения якоря, почти не зависящую от нагрузки; обмотки у этих двигателей подбираются так, что если с увеличением нагрузки скорость вращения двигателя будет стремиться к уменьшению, то увеличивающийся при этом ток серийной обмотки вследствие обратного направления начнёт ослаблять

магнитное поле и тем повысит упавшую скорость вращения якоря.

Двигатель со смешанным возбуждением имеет ряд преимуществ, а именно: большой начальный вращающий момент, отсутствие опасности разноса, допустимость большой перегрузки и возможность выбора рациональной скоростной характеристики. К недостаткам его следует отнести склонность к искрению при сильно меняющейся нагрузке и значительной скорости вращения якоря вследствие искажения магнитного поля. Стоимость двигателя со смешанным возбуждением обычно выше стоимости серийных и шунтовых двигателей.

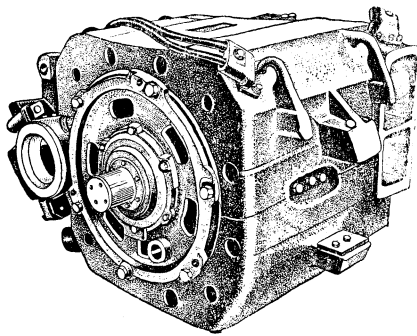
---

## Г Л А В А V

### ТЯГОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Конструкция тяговых двигателей электровозов значительно отличается от конструкции стационарных машин, что объясняется особенностями расположения и условиями работы на локомотиве. Размеры тягового двигателя, подвешенного под кузовом электровоза, очень стеснены: высота двигателя ограничивается диаметром движущих колёс, так как должно быть выдержано определённое расстояние от нижней точки двигателя до уровня головки рельсов; длина двигателя ограничивается шириной колеи; ширина двигателя всегда равна его высоте, кроме того, этот размер должен быть увязан с числом зубьев зубчатого колеса, шестерни и модулем зацепления.

Для того чтобы в ограниченные габаритные размеры, имеющиеся под кузовом электровоза, вписать двигатель достаточно большой мощности, все части двигателя сильно нагружаются как в электрическом и магнитном, так и в механическом отношении. Последнее вызывает необходимость применения изоляции, выдерживающей более высокие температуры, и стали для остовов, допускающей большое магнитное насыщение.



Фиг. 185. Общий вид тягового двигателя типа ДПЭ-400А со стороны подвески

На электровозах типа 0-3<sub>0</sub>+3<sub>0</sub>-0 установлено по шести тяговых двигателей, соответственно числу движущих колёсных пар. Двигатели этих электровозов расположены в тележках (см. гл. III).

Электровозы серии ВЛ22<sup>м</sup> имеют тяговые двигатели типа ДПЭ-400А, электровозы серии ВЛ19<sup>м</sup> — типа ДПЭ-400Б, электровозы серий ВЛ22, СК, Сс и С — типа ДПЭ-340 и электровозы серии ВЛ19 — типа ДПЭ-340А.

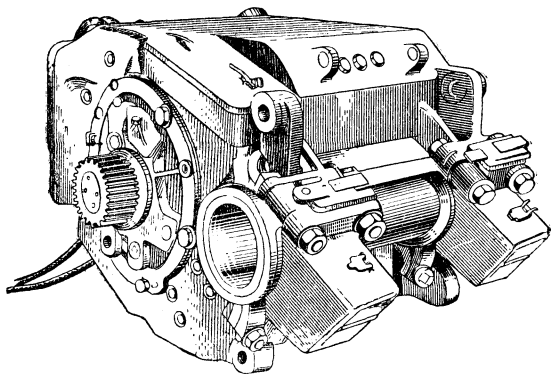
Тяговые двигатели типов ДПЭ-400А (фиг. 185) и ДПЭ-400Б имеют часовую мощность 400 *квт*; тяговые двигатели типов ДПЭ-340 (фиг. 186) и ДПЭ-340А — 340 *квт*.

На электровозе ПБ21-01 установлены на раме три тяговых двигателя типа ДСЭ-680/2, представляющих собой сдвоенные двигатели типа ДПЭ-340А с рядом изменений в конструкции остова.

На электровозе СКУ-05 установлены тяговые двигатели типа ДК-3А часовой мощностью 445 квт.

Электровозы серии Си имеют двигатели типа GDTM-655.

Все перечисленные двигатели являются серийными двигателями постоянного тока с четырьмя главными и четырьмя дополнительными полюсами, рассчитанными на работу при напряжении на коллекторе 1 500 в и изолированными на максимальное напряжение контактной сети 4 000 в.



Фиг. 186. Общий вид тягового двигателя типа ДПЭ-340 со стороны осевых подшипников

## А. ТЯГОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ ТИПОВ ДПЭ-400 и ДПЭ-340

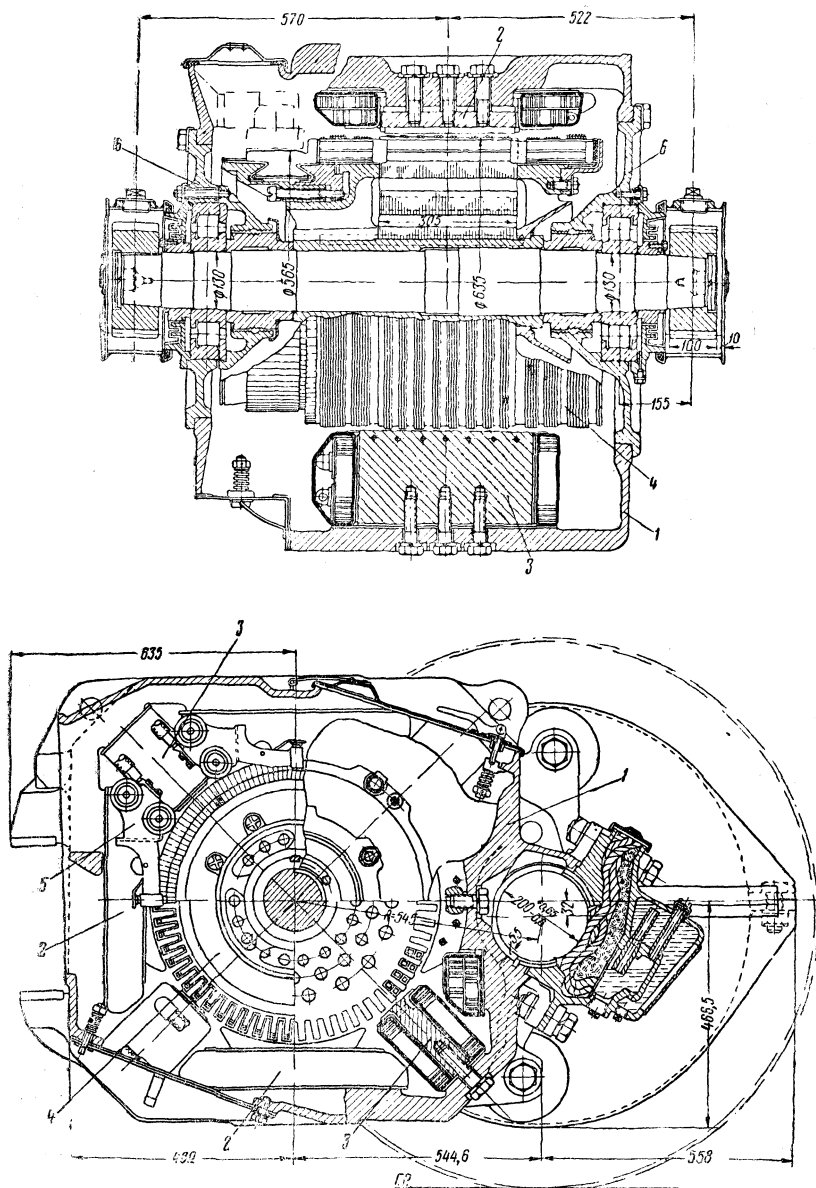
Тяговые двигатели типов ДПЭ-400А (фиг. 187), ДПЭ-400Б, ДПЭ-340 и ДПЭ-340А (фиг. 188) состоят из остова 1, четырёх главных полюсов 2, четырёх дополнительных полюсов 3, якоря 4, четырёх щёткодержателей 5 и двух подшипниковых щитов 6.

### 1. Остов тягового двигателя

Остов тягового двигателя (фиг. 189) служит для укрепления на нём главных и дополнительных полюсов, подшипниковых щитов, пружинной подвески и моторно-осевых подшипников и является магнитопроводом. Поэтому остов отливается из стали, имеющей большую механическую прочность и обладающей хорошей магнитной проницаемостью.

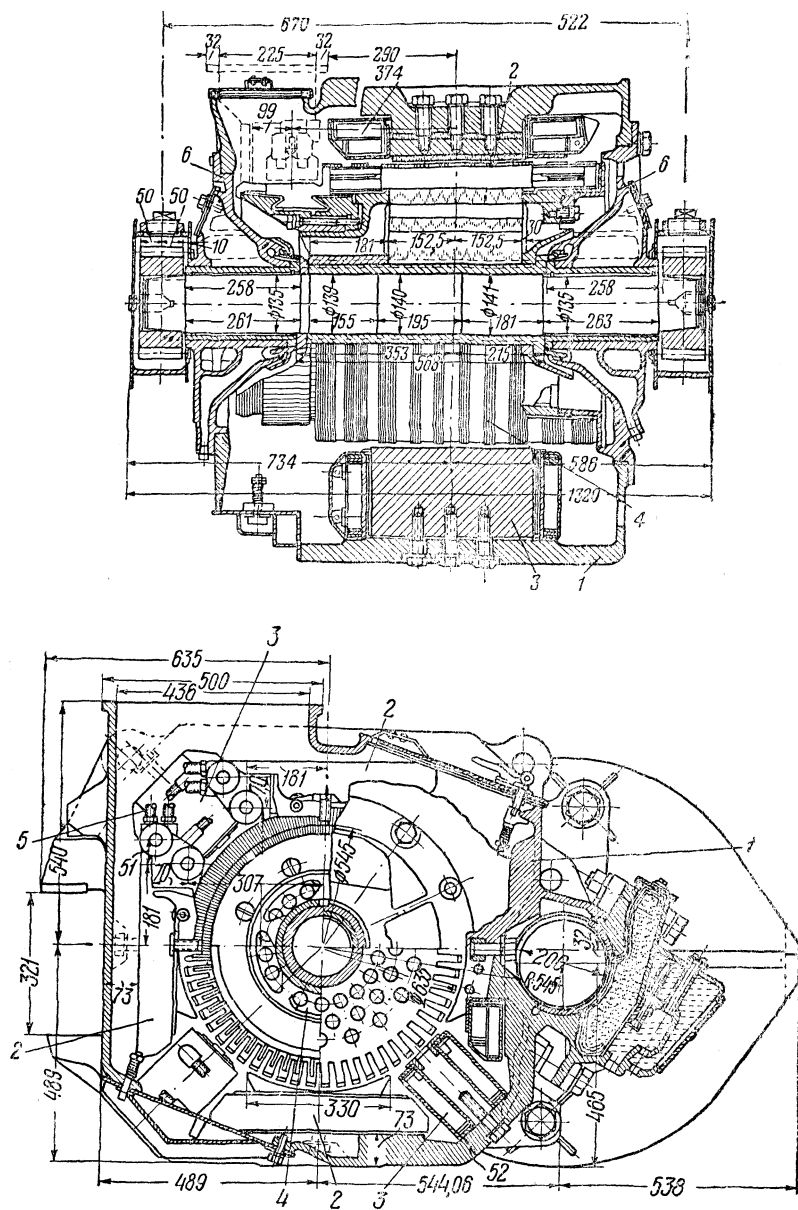
В качестве материала обычно применяется сталь марок 25-4522 или СЛ-40 с пределом прочности при растяжении 35—40 кг/мм<sup>2</sup>. Хорошо отожжённая отливка остова не должна иметь раковин, трещин, песочин, окалины и других дефектов.

Остов тягового двигателя имеет восьмигранную форму, позволяющую лучше использовать внутреннее пространство машины для расположения главных и дополнительных полюсов, чем при круглом остове. Расположение осей главных полюсов по вертикали и горизонтали, а дополнительных под углом 45° к осям главных полюсов даёт возможность получить наименьшие наружные размеры двигателя.



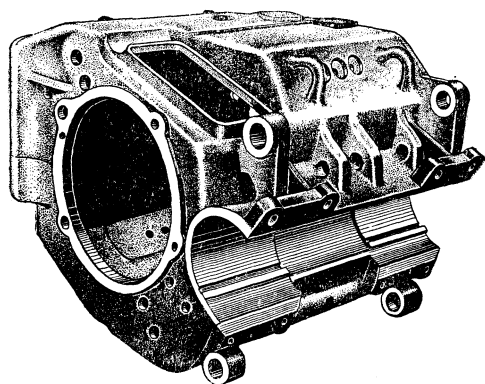
Фиг. 187. Продольный и поперечный разрезы тягового двигателя типа ДПЭ-400А





Фиг. 188. Продольный и поперечный разрезы тягового двигателя типа ДПЭ-340А

На наружной вертикальной грани остова с одной стороны имеется два больших и два малых выступа (фиг. 136 и 185). Между большими выступами помещается пружинная рамка подвески двигателя на тележке. На опорных поверхностях выступов приклепываются накладки из стали



Фиг. 189. Остов тягового двигателя типа ДПЭ-400А

марки Ст. 2 толщиной 20 мм, которые могут быть сменены после износа. Два меньших выступа являются предохранительными на случай поломки пружинной подвески, когда двигатель при падении опирается этими выступами на соответствующие приливы в междурамных креплениях тележки электровоза.

На другой наружной вертикальной грани остова, обращенной к оси ко-

лёсной пары, имеются два прилива, образующие основания моторно-осевых подшипников (фиг. 189).

Приливы имеют расточку диаметром 230 мм и длиной 305 мм. Для усиления приливы имеют рёбра, связывающие их дополнительно с основной массой остова. В нижней и верхней частях к этим рёбрам болтами диаметром 46 мм крепятся кожухи зубчатых передач.

Вторая половина моторно-осевого подшипника — шапка — крепится к привалочным поверхностям приливов четырьмя болтами М36 с гайками и пружинящими шайбами. Для фиксации положения шапок и лучшего их закрепления вдоль приливов остова простроганы углубления, в которые входят имеющиеся на шапках выступы.

Вкладыши подшипников располагаются одной половиной в расточке основания, другой в шапке.

Для осмотра щёток и коллектора в верхней и нижней частях остова со стороны коллектора сделаны два люка, плотно закрываемые крышками, которые прижимаются к буртикам остова при помощи специальных запоров или болтов; крышка верхнего люка имеет войлочные уплотняющие прокладки.

В торцевых стенках остова имеются круглые горловины, сквозь которые вводятся во внутреннюю полость машины все детали. Горловины закрываются подшипниковыми щитами.

Внутри остова имеются обработанные приливы под сердечники полюсов, обеспечивающие правильную их установку. Для крепления сердечников главных и дополнительных полюсов в остоле просверлено по три отверстия для каждого полюса диаметром 31 мм.

На внутренней поверхности торцевой стенки остова со стороны коллектора имеется четыре прилива для крепления кронштейнов щёткодержателей.

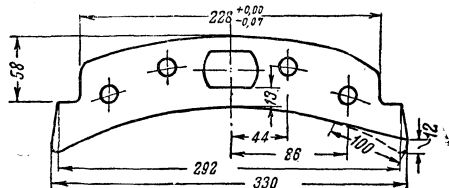
Для подачи охлаждающего двигателя воздуха в боковой грани двигателей типов ДПЭ-400А и ДПЭ-340 со стороны коллектора предусмотрено прямоугольное отверстие размером  $213 \times 528$  мм; у двигателей типов ДПЭ-400Б и ДПЭ-340А это отверстие расположено в верхней грани и имеет размеры  $225 \times 436$  мм.

Для выхода охлаждающего воздуха в торцевой стенке остова со стороны, противоположной коллектору, имеется двенадцать отверстий, восемь из которых диаметром 63 мм и четыре диаметром 50 мм (фиг. 185).

## 2. Главные полюсы

Главные полюсы тягового двигателя служат для создания рабочего магнитного потока.

Главный полюс двигателя состоит из сердечника и катушки. Сердечник главного полюса собран из листов динамной стали толщиной 0,5—1,5 мм (фиг. 190) и двух крайних стальных листов толщиной 8 мм (двигатель ДПЭ-400) или 12 мм (двигатель ДПЭ-340). Собранные листы сердечника обжимаются под прессом и в обжатом состоянии склёпываются при помощи четырёх стержней (заклёпок), для которых в листах имеется четыре отверстия диаметром 16,2 мм.

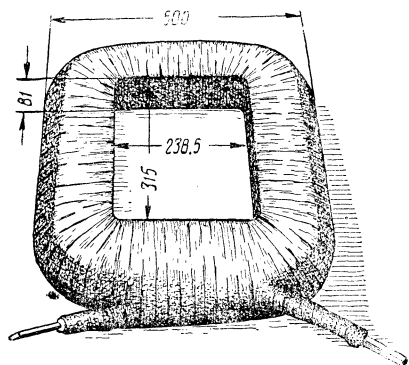


Фиг. 190. Форма листов сердечника главного полюса

Для крепления сердечника к остоу в середине листов проштампованы отверстия, в которые пропускается стальной стержень. Болты, крепящие сердечники к остоу, ввинчиваются в сплошное тело этого стержня, давление от которого передаётся равномерно на отдельные листы сердечника. Такой способ крепления позволяет осуществить хорошую затяжку полюса. Если сделать нарезку в листах сердечника, то при сильной затяжке болтов, крепящих полюс к остоу, листы, лежащие около болтов, будут сдвигаться. Последнее приведёт к неровности поверхности сердечника в месте его прилегания к остоу. Кроме того, резьба в стержне значительно прочнее, чем в пластинчатом теле. Под болты ставятся предохранительные пружинные шайбы, которые препятствуют самоотвёртыванию болтов.

В нижней части листов сердечника произведён срез, делающий лист несимметричным (срезанная часть листа на фиг. 190 показана пунктиром). При сборке сердечника отдельные листы собираются так, что срезанной стороной один лист соприкасается с полной стороной другого листа, т. е. листы срезанной стороной кладутся

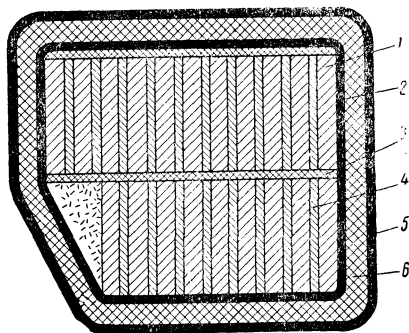
то вправо, то влево. Такая сборка приводит к тому, что с боков полюсных башмаков между листами образуются воздушные просветы, увеличивающие сопротивление проходящему через края главных полюсов магнитному потоку реакции якоря. Это ограничивает развитие искрения под щётками при нарушении нормальной коммутации.



Фиг. 191. Катушка главного полюса

Разделение тела сердечника на отдельные изолированные друг от друга листы значительно повышает сопротивление токам, возникающим в теле сердечника вследствие изменения величины (пульсаций) магнитного потока при прохождении зубьев и впадин якоря под полюсом. В результате уменьшаются нагревание полюсов и потери энергии.

Катушка главного полюса (фиг. 191) намотана из полосовой меди 1 (фиг. 192), имеющей толщину 2,63—2,67 мм и ширину 35—35,7 мм. Медь наматывается на широкое ребро в два слоя. Каждый полюс имеет 67 витков; на это идёт 92 м полосовой меди. Между слоями прокладывается миканитовая прокладка 3. При намотке катушки параллельно медной полосе прокладывается миканитовая или асбестовая лента 4, изолирующая витки меди один от другого. После намотки катушки и стяжки её асбестовой лентой 2 она пропитывается компаундной массой, сушится, обматывается пятью слоями миканитовой ленты 6 вполуперекрышу и одним слоем асбестовой ленты 5 и снова пропитывается лаком. Снаружи катушка обматывается плотным или киперной лентой вполуперекрышу и ещё раз пропитывается компаундной массой или лаком.



Фиг. 192. Изоляция катушки главного полюса

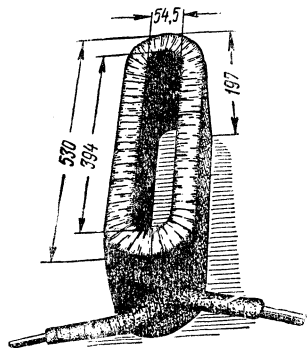
Оба слоя катушки наматываются от середины, для чего полоса меди предварительно перегибается на узкое ребро в месте, соответствующем будущему переходу из одного слоя в другой. Вследствие этого оба конца обмотки выходят наружу катушки, что представляет большое удобство для устройства выводов из катушек. Пространство, образованное уступом двух слоёв катушки, заполняется асбестовой замазкой.

### 3. Дополнительные полюсы

Дополнительные полюсы предназначены для улучшения коммутации. Дополнительный полюс, как и главный полюс, состоит из сердечника и катушки (фиг. 193).

Сердечник дополнительного полюса выполнен из сплошной стали, так как размеры его и проходящий по нему магнитный поток невелики и вследствие этого потери от пульсации магнитного потока ничтожны. Поверхность сердечника хорошо обрабатывается, особенно в месте прилегания полюса с поверхностью остова, где должно быть обеспечено плотное прилегание сердечника полюса к остову без каких-либо перекосов. Дополнительные полюсы крепятся к остову тремя болтами, под головки которых ставятся разрезные пружинящие шайбы.

Для удержания и установки катушек на конце сердечника вдоль боковых граней приварены уголки из немагнитного материала. Между сердечником и остовом вставляются немагнитные латунные прокладки толщиной 2,5—3 мм. Латунные прокладки



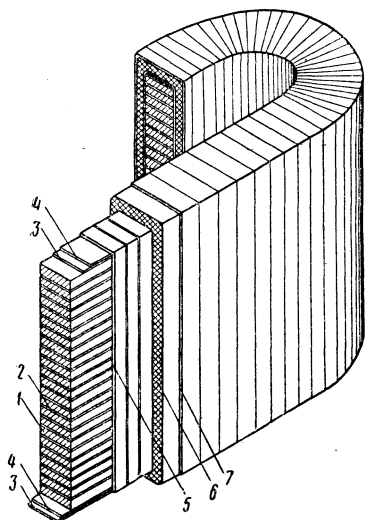
Фиг. 193. Катушка дополнительного полюса

увеличивают воздушный зазор в магнитной цепи дополнительных полюсов, уменьшая этим влияние насыщения железа на изменение коммутирующей э. д. с. Благодаря этому более полно компенсируется реактивная э. д. с. при перегрузках двигателя и уменьшается запаздывание коммутирующего поля под влиянием вихревых токов при резких колебаниях нагрузки. Кроме того, немагнитные прокладки между сердечником полюса и остовом уменьшают магнитное рассеяние дополнительных полюсов, что делает их магнитную характеристику ещё более прямолинейной, а следовательно, в ещё более широком диапазоне нагрузок обеспечивает компенсацию реактивной э. д. с. коммутирующей. Наконец, латунные прокладки позволяют легче менять величину воздушного зазора при настройке дополнительных полюсов.

Катушка дополнительного полюса (фиг. 194) изготавливается из полосовой меди 1 размерами  $3,05 \times 35,3$  мм или  $3,05 \times 30,5$  мм и наматывается на тонкое ребро. Катушка имеет 55 витков, расположенных один над другим. Намотка на тонкое ребро делается для уменьшения размеров катушки, а следовательно, и двигателя в вертикальном направлении. Для изоляции витков один от другого катушка покрывается в ванне шеллаком и между витками вкладывается изоляция 2 из асбестовой бумаги толщиной 0,3 мм. Затем катушку обкладывают двумя слоями миканита — слоем 3 толщиной 0,3 мм и 4 толщиной 0,5 мм. После этого катушку

прессуют, обматывают асбестовой лентой 5 в один слой, пропитывают лаком, сушат, обматывают шестью оборотами миканитовой ленты 6 вполуперекресту и одним слоем киперной ленты 7 и снова пропитывают лаком.

Катушки дополнительных полюсов после намотки не подвергаются пропитке, как это делается для главных полюсов, так как её витки после спрессовки не имеют между собой воздушных зазоров, которые необходимо заполнять компаундной массой.



Фиг. 194. Изоляция катушки дополнительного полюса

Для присоединения катушек дополнительных полюсов из них выводятся кабели, имеющие на концах припаянные наконечники. Внутри катушки кабель впаивается в патрон, приклепанный и припаянный оловом к меди обмотки. Преимущество такой конструкции состоит в том, что наконечник кабеля более удобно изолировать.

Между катушками и сердечниками устанавливаются пружинящие металлические фланцы, предохраняющие катушки от повреждения.

Применение для изоляции катушек асбеста, миканита и лака (изоляции класса В) вызывается высоким напряжением в них и

большими нагревами. Асбестовая лента как наиболее теплостойкая наматывается непосредственно на медь и подвергается действию более высокой температуры. Миканитовая лента выдерживает высокое напряжение и предохраняет катушку от пробоя на корпус двигателя. Лаки заполняют все пустоты и препятствуют попаданию влаги в катушку.

После установки катушек главных и дополнительных полюсов на остова двигателя через них пропускается ток, который нагревает их до  $120^{\circ}$ . При нагревании изоляция катушек несколько размягчается, и если в этот момент сильно стянуть болты, то можно получить плотную затяжку катушек.

Впадины для болтов, крепящих главные и дополнительные полюсы, расположенные в верхней части двигателя, с наружной стороны остова после укрепления полюсов заливаются компаундной массой для предохранения от попадания через них влаги внутрь двигателя.

Катушки полюсов соединяются между собой кабелем сечением  $83 \text{ мм}^2$  марки ПМУ или другим маслостойким кабелем; кабель хорошо закрепляется и располагается так, чтобы он не касался остова.

#### 4. Якорь

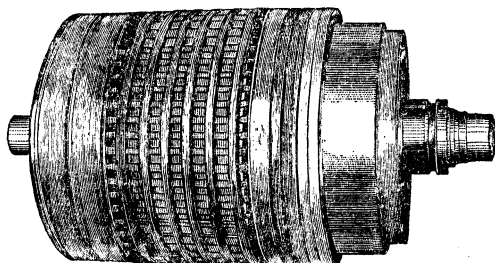
Якорь тягового двигателя (фиг. 195) состоит из вала, сердечника якоря, втулки якоря и нажимных шайб, коллектора и обмотки. Если конструкция остова, главных и дополнительных полюсов у двигателей типов ДПЭ-400 и ДПЭ-340 одинакова, то устройство якорей этих двигателей несколько различно, что и определяет их разные характеристики.

**Вал якоря.** Вал якоря тягового двигателя является одной из наиболее ответственных деталей. Он работает в очень тяжёлых условиях, постоянно испытывая толчки, удары и сотрясения. Поэтому для валов применяется специальная сталь повышенного качества, имеющая предел прочности при растяжении  $70\text{--}74 \text{ кг/мм}^2$ .

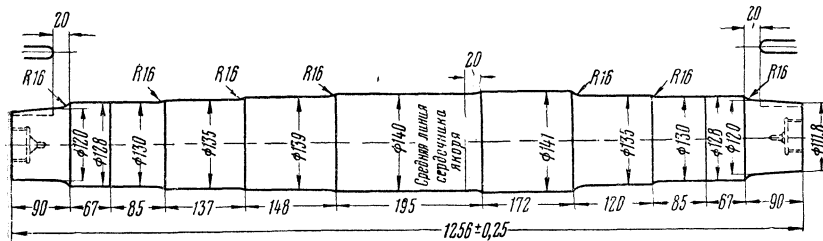
Химический состав этой стали: марганца—не менее 1,1% и не более 1,5%; фосфора—не более 0,04%; серы—не более 0,04%; в сумме фосфора и серы—не более 0,07%.

Поверхность обработанных валов должна быть чистой и не иметь трещин, волосовин и раковин.

В средней своей части вал имеет три диаметра—139, 140 и 141 мм (фиг. 196). На эту часть вала напрессовывается втулка, имеющая



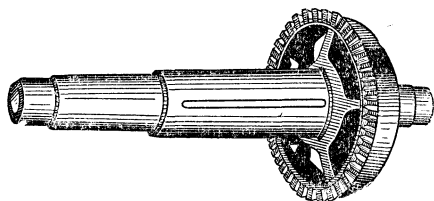
Фиг. 195. Якорь тягового двигателя типа ДПЭ-400



Фиг. 196. Вал тягового двигателя типа ДПЭ-400

соответствующие диаметры (с необходимыми допусками для пресовой посадки). Разные диаметры вала сделаны для того, чтобы при пресовой посадке втулки уменьшить смятие поверхностей вала и втулки и этим увеличить прочность посадки. При трёх различных диаметрах соответствующие расточки втулки приходят при напрессовке в соприкосновение с валом только на длине одного участка, проходя остальные два с зазором. Если бы диаметр средней части вала был одинаков по всей длине, то при напрессовке

передняя часть втулки должна была бы пройти весь вал под прессом и смять его, что вызвало бы ослабление посадки второго конца втулки. С другой стороны, первый конец втулки, пройдя весь вал, также будет иметь смятую поверхность, что вызовет ослабление посадки. На фиг. 197 показан вал с напрессованной на него втулкой.



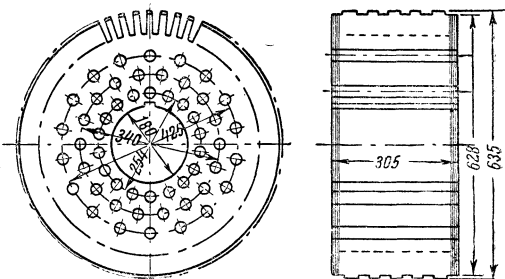
Фиг. 197. Вал якоря с напрессованной на него втулкой

На части вала, имеющие диаметр 130 мм (фиг. 187 и 196), у двигателей типа ДПЭ-400 посажены роликовые подшипники; у двигателей типа ДПЭ-340 со скользящими моторно - якорными подшипниками вал в местах подшипников имеет диаметр 135 мм. В этом месте допускается износ вала до диаметра 128,5 мм, причём зазор между валом и вкладышем компенсируется соответствующим уменьшением внутреннего диаметра вкладыша.

Концы вала обрабатываются на конус для посадки шестерён (см. гл. III).

#### Сердечник якоря.

Сердечник якоря состоит из отдельных отштампованных листов динамной стали толщиной 0,5 мм, покрытых тонким слоем лака (фиг. 198). По периферии каждый из листов имеет 57 пазов. В середине в листах выштампованы отверстие диаметром 180 мм и канавка под шпонку для крепления сердечника якоря на втулке. Кроме того, в сердечнике якоря имеется ряд круглых отверстий диаметром 29 мм, расположенных на окружностях диаметром 254, 340 и 425 мм. Через эти отверстия прогоняется воздух для охлаждения сердечника якоря.



Фиг. 198. Сердечник якоря

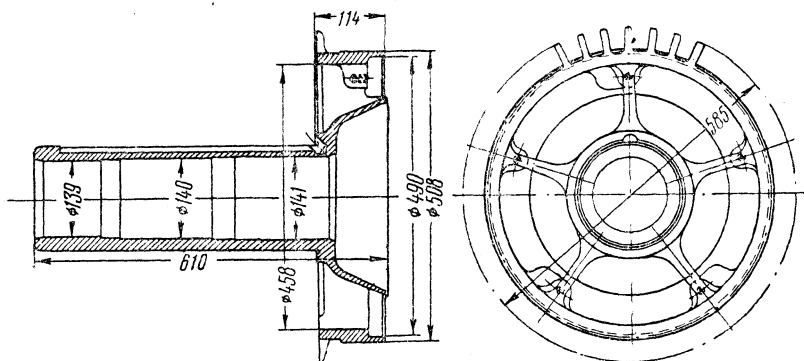
Форма вентиляционных каналов взята круглая, так как при этой форме достигается наиболее полное использование каналов. При прямоугольной форме каналов в углах получается слабое течение воздуха, и, таким образом, тепло отдаётся воздуху не со всей поверхности канала одинаково интенсивно.

Часть листов сердечника якоря имеет наружный диаметр 628 мм, а часть 635 мм. При сборке сердечника якоря листы кладутся таким образом, чтобы на наружной поверхности получились впадины глубиной 3,5 мм для бандажировки. Расположение этих впадин показано на фиг. 198.



Сердечник якоря набирается из отдельных листов, изолированных друг от друга слоем лака, для того чтобы уменьшить потери от вихревых токов. Если бы якорь был выполнен в виде стального массивного цилиндра, то электрическое сопротивление между его отдельными точками было бы очень мало, а вихревые токи, возникающие от пересечения сердечником якоря магнитного потока, доходили бы до значительных величин, бесполезно нагревали сердечник якоря и снижали к. п. д. двигателя.

**Втулка и нажимные шайбы якоря.** Отдельные листы динамной стали набираются на втулку якоря (фиг. 199) и подпресс-



Фиг. 199. Втулка якоря

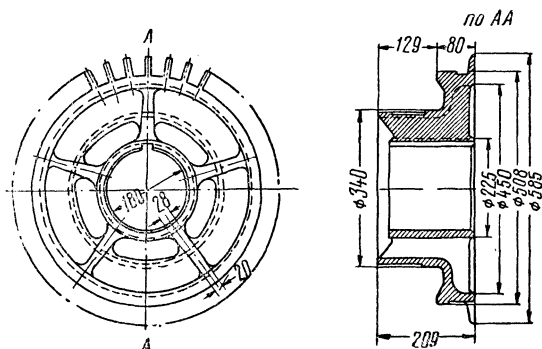
совываются; окончательно собранные листы прессуются под давлением 90 *т* так, чтобы активная длина сердечника якоря составляла 305 *мм*. Для предохранения от проворачивания, а также в целях однообразности положения отдельных листов стали они набираются на шпонку.

В окончательно собранный спрессованный из листов стали сердечник якоря не должен проходить щуп толщиной 0,3 *мм* глубже чем на 5 *мм* на расстоянии 15 *мм* от последнего листа сердечника якоря, и при простукивании молотком с торца по собранному пакету сердечника якоря должен получаться глухой звук.

Втулка якоря у двигателей типа ДПЭ-340 отлита вместе с задней нажимной шайбой сердечника якоря, а у двигателей типов ДПЭ-400А, ДПЭ-400Б и ДПЭ-340А — отдельно.

Нажимная шайба имеет в верхней плоскости зубья, назначение которых, во-первых, хорошо спрессовать листы сердечника якоря и не дать распушиться крайним листам и, во-вторых, служить предохранением обмотки от протираания её краями паза, для чего на них надеваются изоляционные колпачки. У тяговых двигателей, нажимные шайбы которых не имеют зубьев и изоляционных колпачков, крайние восемь листов сердечника якоря выполнены из 1-мм стали и соединены между собой точечной сваркой.

С другой стороны стальные листы сердечника якоря удерживаются второй нажимной шайбой (фиг. 200), напрессованной на втулку якоря. Наружные очертания второй нажимной шайбы



Фиг. 200. Нажимная шайба якоря

приспособлены для напрессовки на неё коллектора.

Втулки напрессовываются на вал под давлением в пределах 78—96 т.

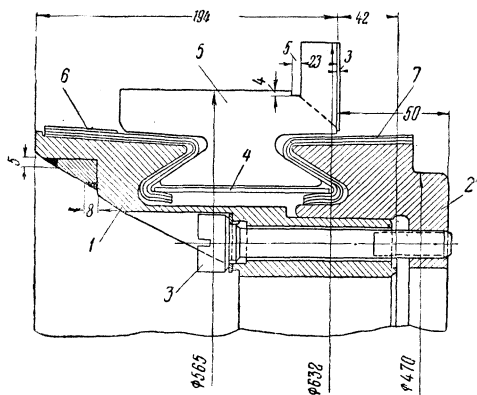
Рядом с нажимными шайбами на вал тягового двигателя типа ДПЭ-400 напрессованы уплотняющие кольца (фиг. 187), а у двигателя типа ДПЭ-340 — маслоот-

бойные кольца, которые не позволяют попасть маслу из подшипников внутрь двигателей и возвращают его обратно в масляный резервуар подшипникового щита.

У двигателей типа ДПЭ-340А маслоотбойным кольцом со стороны, противоположной коллектору, служит коническая расточка конца втулки якоря (фиг. 188).

Так как все части якоря собраны на втулке, то становится возможным снять якорь с вала, не разбирая обмотки и не снимая коллектора, что позволяет менять в случае необходимости вал якоря.

**Коллектор.** Коллектор состоит из следующих деталей (фиг. 201): пластин, или ламелей, 5 клинообразного сечения, изготовленных из твёрдотянутой красной меди, изоляции между пластинами, изоляционного цилиндра 4, изоляционных конусов 6 и 7, нажимной шайбы 2, втулки 1 и болтов 3.



Фиг. 201. Крепление коллекторных пластин тягового двигателя типа ДПЭ-400

Коллектор тягового двигателя типа ДПЭ-340 имеет 341 пластину, коллектор тягового двигателя типа ДПЭ-400 — 285 пластин. Среднее напряжение между соседними коллекторными пластинами при напряжении на коллекторе 1 500 в составляет соответственно 17,6 и 21,1 в.

Внутренние концы коллекторных пластин сделаны в форме ласточкина хвоста; этими концами пластины зажимаются между втулкой 1 и нажимной шайбой 2. На наружной стороне пластины имеют выступы, носящие название «петушков», в прорези которых впаиваются концы секций обмотки якоря. Отдельные коллекторные пластины изолируются между собой пластинами мегомита толщиной 1,4 мм. Мегомит (коллекторный миканит) отличается от миканита меньшим содержанием склеивающего лака и более сильной прессовкой. Последнее обеспечивает большую жёсткость коллектора и большую точность при его изготовлении.

Мегомит как материал, более твёрдый, чем медь, изнашивается медленнее последней, и с течением времени на поверхности коллектора выступили бы наружу все мегомитовые пластины и щётка стала бы подпрыгивать на этих пластинах, что вызвало бы искрение, перегрев коллектора и быстрое дальнейшее выгорание меди коллекторных пластин.

Чтобы при работе двигателя щётки не задевали мегомитовых прокладок, помещённых между коллекторными пластинами, изоляция между этими пластинами фрезеруется на глубину 1,2 мм.

Для изоляции коллекторных пластин от втулки 1 и нажимной шайбы 2 под коллекторные пластины зажимаются миканитовые изоляционные манжеты (конусы 6 и 7), а под ласточкины хвосты помещается миканитовый цилиндр 4. Выступающая из-под коллекторных пластин часть миканитового конуса 6 бандажирется бечевой и покрывается лаком. В эксплуатации необходимо тщательно следить за чистотой этого выступа, так как его загрязнение может привести к перебросу с коллектора на шайбу и выгоранию миканитового конуса. Для предотвращения вывёртывания болтов 3, крепящих коллектор, и для создания уплотнений, препятствующих попаданию влаги под обмотку якоря, под головки болтов ставятся специальные шайбы.

Коллектор на коробку якоря напрессовывается под давлением 26—50 т.

Основное требование, предъявляемое к коллектору, — это работа щёток без искрения и отсутствие чрезмерного перегрева.

Отклонение формы коллектора от точного цилиндра, ослабление крепления хотя бы одной пластины и другие неправильности влекут за собой подсакивание и искрение щёток, что в свою очередь ведёт к сильному нагреву коллектора и обгоранию пластин.

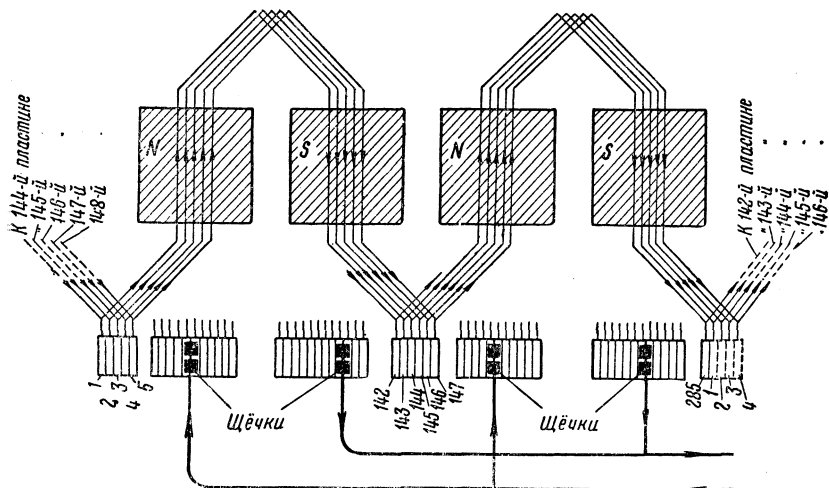
При работе коллектора со щётками хорошего качества и нормальном давлении щёток его поверхность имеет гладкий и хорошо отполированный вид коричневато-орехового цвета. Этот цвет не следует смешивать с закопчением, т. е. с тёмным налётом, образующимся от откладывания частиц угля от щёток.

Если коллектор становится чёрным или на нём появляются неровности, его следует очистить стеклянной бумагой. Если коллектор износился, имеет царапины или обгорел, то якорь двигателя ставится на токарный станок и коллектор обтачивается. При

этом снимают лишь столько металла, сколько необходимо для получения гладкой поверхности и цилиндрической формы. Кроме того, на станке обычно закругляют напильником концы медных пластин радиусом примерно 1,5 мм, что уменьшает вероятность перебросов дуги с торцевой части коллектора на его стальную зажимную шайбу.

После обточки коллектора продороживают миканитовые пластинки на глубину 1,2 мм, тщательно удаляя возможные остатки миканита и частиц меди в каждой дорожке. После этого шлифуют коллектор мелкозернистой стеклянной бумагой.

Биение нового коллектора допускается не более 0,07 мм. Износ коллектора тягового двигателя типа ДПЭ-340 по диаметру допускается на 32 мм (диаметр нового коллектора равен 546 мм, изношенного — 514 мм); длина петушков в осевом направлении должна быть не менее 15 мм (новые — 21 мм) и диаметр — не менее 615 мм (новые — 620 мм).



Фиг. 202. Схема обмотки якоря тягового двигателя типа ДПЭ-400

Выработка рабочей поверхности коллектора под щётками не должна превышать 0,4 мм, а глубина продорожки между пластинами должна быть не менее 0,5 мм.

**Обмотка якоря.** Якоря тяговых двигателей типов ДПЭ-400 и ДПЭ-340 имеют волновую обмотку.

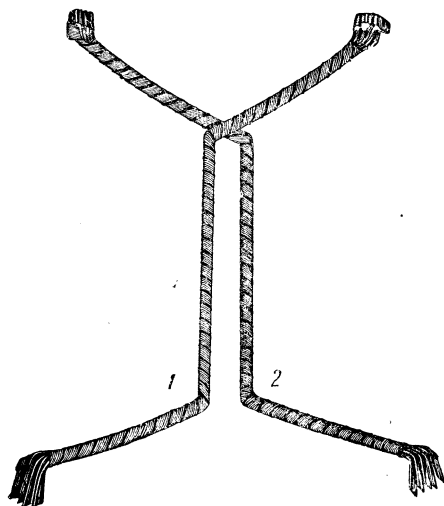
Волновая обмотка не чувствительна к магнитным асимметриям машины, так как параллельные цепи этой обмотки размещаются под всеми полюсами и магнитная асимметрия сказывается одинаково на э. д. с. всех параллельных цепей обмотки. Поэтому в обмотке не возникает уравнивающих токов, что имеет место при петлевой обмотке, требующей специальных уравнивающих соединений. Схема волновой обмотки двигателя типа ДПЭ-400, имеющей шаг по коллектору 1—143 и по пазам 1—16, дана на фиг. 202.

К каждой коллекторной пластине присоединены (припаяны)

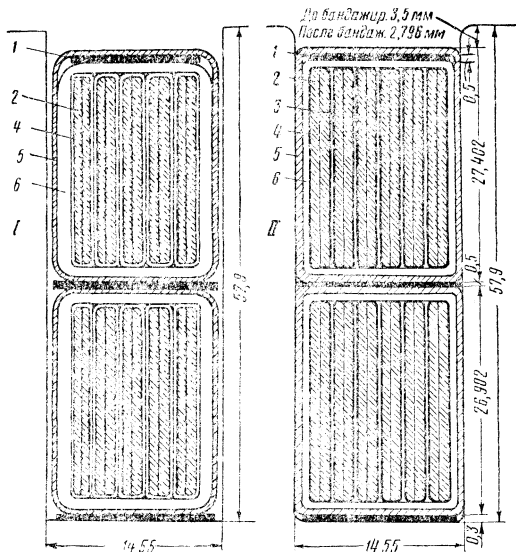
два проводника, так что общее количество проводников в якоре  $285 \cdot 2 = 570$ . Проводники расположены в 57 пазах якоря. В каждом пазу помещено 10 проводников, расположенных в два слоя (фиг. 203).

У тяговых двигателей типа ДПЭ-340, имеющих шаг обмотки по коллектору 1—173 и шаг по пазам 1—16, общее количество рабочих проводников равно  $341 \cdot 2 = 682$ , а количество проводников в пазах  $57 \cdot 12 = 684$ . Поэтому у этих двигателей два проводника не соединены с коллектором и носят название «мёртвых».

Обмотки якорей двигателей типов ДПЭ-400 и ДПЭ-340 выполнены из 114 шаблонных полусекций—57 верхних I и 57 нижних 2 (фиг. 204), имеющих соот-



Фиг. 204. Полусекции обмотки якоря тягового двигателя типа ДПЭ-400



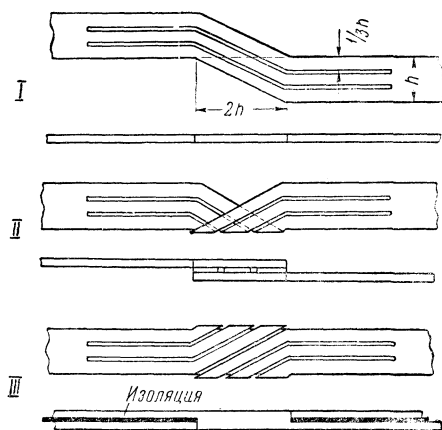
Фиг. 203. Паза якорей тягового двигателя: I—типа ДПЭ-400 и II—типа ДПЭ-340

ветственно пять или шесть проводников. Каждый отдельный проводник выполнен из двух штампованных медных стержней толщиной 0,8 мм (двигатель типа ДПЭ-400) или 0,58 мм (двигатель типа ДПЭ-340) и шириной 21,6 мм. Отштампованный стержень имеет вид, показанный на фиг. 205, I. Вдоль стержня идут две прорези по всей длине сердечника якоря.

После штамповки стержни отжигаются и перегибаются по линии, изображённой на фиг. 205, I пунктиром, так что приобретают вид, показанный на фиг. 205, II.

Перегнутые стержни складываются попарно таким образом, чтобы перегиб одного

стержня заходил в другой и стержни как бы переплетались между собой (фиг. 205, III). Между стержнями и в прорези отдельных стержней закладывается слюдяная изоляция, которая разделяет проводник в средней его части на шесть отдельных проводников. Перегиб разрезных стержней значительно уменьшает неравномерное распределение тока по сечению проводника, так как верх и низ одной стороны проводника являются продолжением соответственно низа и верха другой стороны, т. е. каждая отдельная полоска проводника ставится в одинаковые условия по отношению магнитного потока, действующего на проводник. Равномерное распределение тока по всему сечению проводника уменьшает тепловые потери в обмотке якоря примерно на 10%. Если бы стержни не имели разрезов, то в верхней части проводника плотность тока была бы значительно выше, чем в нижней,



Фиг. 205. Форма стержня обмотки якоря

что привело бы к перегреву перегруженной части и неиспользованию части с малой плотностью тока.

Концы отдельных проводников после зачистки облуживаются на длину 50 мм.

Проводник, состоящий из двух стержней 2 (фиг. 203), обматывается по всей длине миканитовой лентой 4 в один оборот с полуперекрышей; шесть или пять проводников складываются в ряд и между ними прокладываются полоски 3 из миканитовой бумаги. После опрессовки секция обматывается по своей прямолинейной части (части, закладываемой в паз) восемью оборотами миканитовой ленты 6 и вторично прессуется. Далее секция в местах изгибов (фиг. 204) обматывается миканитовой лентой и затем по всей длине обматывается асбестовой лентой 5 в один оборот без перекрыши, причём при обмотке верхних секций под асбестовую ленту предварительно прокладывается на прямолинейной части миканитовая пластина 1 (фиг. 203). Для обмотки одного якоря идёт 57 верхних и 57 нижних секций, которые, помимо миканитовой пластины под асбестовой лентой, отличаются между собой выгибом лобовых частей и наличием соединительных скоб у нижних стержней со стороны, противоположной коллектору.

После изготовления каждая секция испытывается на междувитковое замыкание напряжением 1 500 в в течение 5 сек.

Обмотка якоря производится следующим образом. Первоначально наматывается доверху щель между нажимной шайбой 2

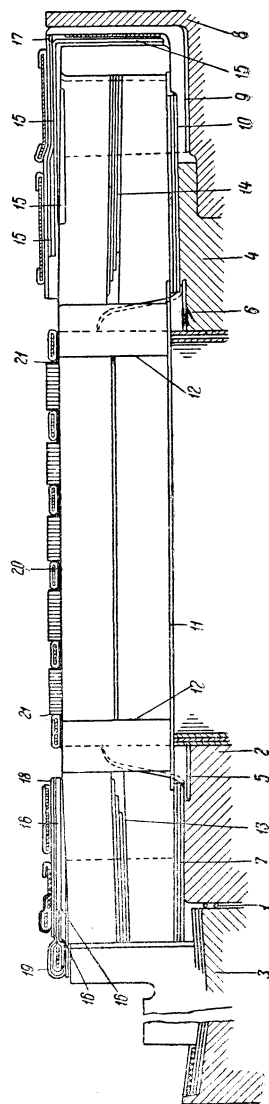
(фиг. 206) и коробкой коллектора 3 бандажным шнуром 1, пропитанным лаком. Это делается для того, чтобы не дать возможности попасть влаге под обмотку. На зубья нажимных шайб 2 и 4 надевают миканитовые колпачки 5 и 6, чтобы лучше изолировать сердечник якоря от секций. Поверхность якоря между миканитовыми колпачками и коллектором покрывается лаком и миканитовой изоляцией 7. Фланцы 8 обкладываются миканитовой изоляцией 9. Часть изоляции 9 и нажимная шайба 4 покрываются также лаком и миканитовой изоляцией 10. Между нажимной шайбой и изоляцией наматывают полотно, пропитанное лаком.

После этих подготовительных операций приступают к обмотке якоря, предварительно разметив его.

Перед укладкой каждой секции прокладывают на дно паза полоски 11 из миканита толщиной 0,8 мм, а на концах паза ставят скобочки 12 U-образной формы из миканитовой ленты толщиной 0,4 мм. Прокладка скобок и миканита на дно паза предохраняет секции от протирания об острые края конца паза и неровности его дна.

Прежде чем вкладывать в пазы нижние секции, их подогревают в электрической печи. В нагретом состоянии секции делают более гибкими и эластичными, и их изоляция не трескается при закладке в пазы.

После закладки нижнего ряда секций в пазы и концов их шин в прорези петушков коллектора якорь сушится в течение 6 час. при температуре 110°. Нагрев производят для того, чтобы секции плотнее сели в паз. Затем лобовые части нижних секций покрываются изоляцией 13 и 14 из гибкого миканита различного размера и вкладываются верхние секции. Между нижней и верхней секциями прокладываются полоски миканита. В лобовых частях обмотки у выхода из паза, где секции изгибаются и наиболее плотно соприкасаются, между двумя соседними секциями вставляют полоски миканита для их лучшей изоляции.



Фиг. 206. Изоляция обмотки якоря тягового двигателя типа ДПС-340

После закладки верхних секций якорь поступает в сушку и на повторное испытание на пробой. Затем производят пайку лобовых частей, т. е. запаивают скобки, соединяющие шины нижней и верхней секций, и пайку петушков (место, где шины вставлены в прорези коллекторных пластин). В местах пайки коллектор обтачивается.

Концы секции припаиваются к коллектору сплавом, содержащим 66—70% олова, 30—34% свинца и имеющим температуру плавления около 182°.

В качестве флюса применяют очищенную канифоль и её раствор: 53% канифоли и 47% бензина.

Концы проводников секций со стороны, противоположной коллектору, соединяются между собой скобками, которые припаиваются к проводникам припоем, содержащим 30% меди, 25% цинка и 45% серебра; температура пайки 750—820°.

Места спайки каждой секции тщательно зачищаются и с них удаляются все опилки. Концы секций после укладки их в пазы якоря должны выступать по одной линии.

После этого головки секций закрываются с торца миканитовым кольцом и затягиваются специальной стальной шайбой — фланцем, который сажается на заднюю нажимную шайбу железа якоря на замазке, обеспечивая этим невозможность проникания влаги под обмотку якоря.

После обмотки якорь два раза пропитывается лаком, просушивается и затем поступает для бандажировки. Предварительно лобовые части обмотки как со стороны коллектора, так и с противоположной изолируют миканитовыми лентами 15 и 16. Поверх миканита кладут лентероид 17 и 18 и уже поверх него производят бандажировку стальной лужёной проволокой диаметром 2 мм (с пределом прочности при растяжении 170 кг/мм<sup>2</sup>). Бандаж наматывают на якорь с натяжением 190—210 кг. Поверхность петушков коллектора покрывается слоем асбеста 19. Место для бандажа в сердечнике якоря, представляющее собой кольцевую выемку, прокладывается лентероидом 20 и 21, поверх которого и наматывают бандаж.

Для того чтобы бандаж не разъезжался, его скрепляют в нескольких местах небольшими скобочками и пропаивают по всей поверхности оловом.

После бандажировки якорь испытывают, сушат, лакируют, шлифуют его коллектор и производят балансировку.

Проволочные бандажи удерживают обмотку якоря в пазах при вращении якоря, когда на обмотку действуют центробежные силы. Недостатком крепления обмотки при помощи проволочных бандажей является некоторое ухудшение условий коммутации, так как стальной бандаж, перекрывая сверху пазы, несколько увеличивает индуктивность коммутирующих секций. Преимуществом крепления обмотки проволочным бандажом по сравнению с клиновым креплением является возможность делать менее глубокий паз.

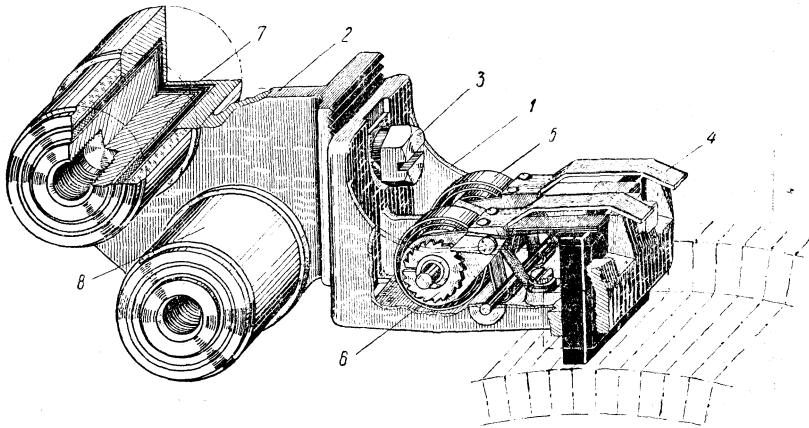


## 5. Щёткодержатели

Тяговые двигатели типов ДПЭ-400 и ДПЭ-340 имеют по четыре щёткодержателя, в каждом из которых помещены по две электрографитированные щётки марки ЭГ-2.

Щёткодержатели расположены по вертикальной и горизонтальной осям против середин главных полюсов (фиг. 187 и 188). Щёткодержатель (фиг. 207) состоит из бронзового литого корпуса 1 и стального кронштейна 2. Для облегчения щёткодержателей корпуса иногда делают также из латуни. Корпус укрепляется на кронштейне при помощи одного болта 3. Поверхности соприкасания корпуса и кронштейна сделаны зубчатыми для более плотного крепления.

Для того чтобы было возможно передвигать корпус 1 вниз или вверх, отверстие под болт имеет продолговатую форму. В корпусе 1



Фиг. 207. Щёткодержатель тягового двигателя типа ДПЭ-400.

имеется гнездо, в которое вставляются щётки. Для создания давления щёток на коллектор на щётки давят пальцы 4, соединённые заклёпками с часовыми пружинами 5. Давление пружины регулируется поворотом втулки, к которой прикреплён внутренний конец пружины. Для фиксации положения втулки служит храповичок 6, имеющий 20 зубьев. Под пальцами 4 помещены токоотводящие пластинки, которые с одной стороны соприкасаются со щётками, а с другой стороны через плетёные медные ленты соединены с корпусом щёткодержателя. В результате этого ток, идущий к щёткам или от щёток, минует пружинки и втулки.

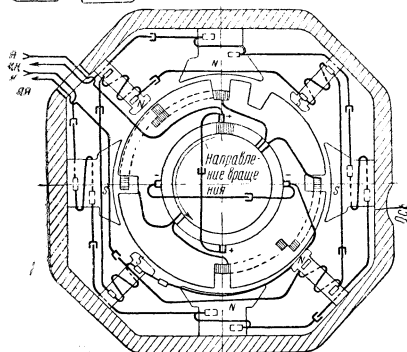
В кронштейне 2 имеются углубления цилиндрической формы, стенки которых покрыты изоляцией. В эти углубления вгоняются пальцы 7 с нарезками под болты, последние при ввинчивании крепят щёткодержатель к остоу двигателя. На пальцы снаружи надеваются фарфоровые изоляторы 8, предохраняющие

от переброса тока с кронштейна щёткодержателя на остов двигателя.

Корпус щёткодержателя устанавливается на расстоянии 4—6 мм от коллектора и при износе коллектора соответственно приближается к нему.

Расстояние между корпусом щёткодержателя и коллектором по всей длине коллектора должно быть одинаковым и не выходить из пределов 3,5—6,5 мм.

Нажатие на палец (щётку) устанавливается: для двигателей типа ДПЭ-340 — в пределах 2,5—3,5 кг и для тяговых двигателей типа ДПЭ-400 — в пределах 3—4 кг. При этом необходимо



Фиг. 208. Схема соединений щёткодержателей и обмоток тяговых двигателей типа ДПЭ-400 и ДПЭ-340 (вид со стороны коллектора)

указанное нажатие было сохранено при минимально допустимой высоте щёток. Щётка должна быть заменена новой, прежде чем вследствие её износа палец пружины будет касаться корпуса щёткодержателя и нажатие на щётку прекратится. Минимальная допускаемая высота щётки 35 мм. Расстояние от корпуса щёткодержателя до петушков при крайнем положении якоря в сторону щёткодержателя должно быть после ремонта двигателя в пределах 7,3—12 мм и не уменьшаться в эксплуатации менее 4 мм. Зазор между щёткой и гнездом щёткодержателя по толщине щётки после ремонта должен быть в пределах 0,05—0,25 мм и не превышать в эксплуатации 0,35 мм, а по ширине щётки (вдоль коллектора) соответственно 0,1—0,8 мм и не превышать 1 мм.

Для предупреждения примерзания щёток к щёткодержателям во время морозов в зимнее время следует применять хорошо просушенные щётки, боковые поверхности которых следует промазать тонким слоем смазки МВП (ГОСТ 1805-51).

На фиг. 208 дана схема соединения щёткодержателей и обмоток тягового двигателя типов ДПЭ-400 и ДПЭ-340.

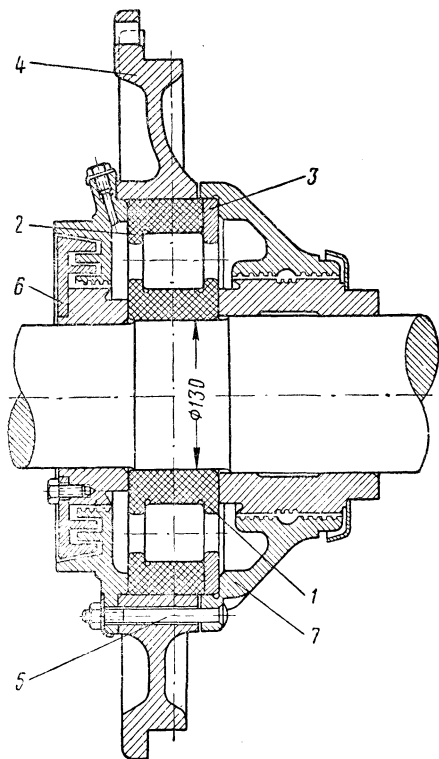
Противоположные щёткодержатели соединяются между собой перемычками сечением не менее 50 мм<sup>2</sup>. Выводные концы тягового двигателя от щёткодержателей и обмоток полюсов проходят через резиновые втулки, установленные в отверстиях остова. Эти втулки плотно входят в отверстия, плотно обжимают кабели и устраняют таким образом возможность попадания влаги внутрь тягового двигателя.

## 6. Подшипниковые щиты

Подшипники тяговых двигателей типов ДПЭ-400 и ДПЭ-340, в которых вращается вал якоря тягового двигателя, смонтированы в стальных подшипниковых щитах (см. фиг. 187 и 188). Через эти щиты передаются все усилия от вала на остов. Подшипниковые щиты плотно пригнаны к выточке в остова и крепятся к нему рядом болтов с предохранительными шайбами от самоотвёртывания. Для отжима щитов от остова двигателя на щитах имеются отверстия с резьбой, соответствующей крепящим болтам. Посадка подшипниковых щитов в горловины остова производится равномерным затягиванием всех крепящих болтов без ударов кувалдами. Щит со стороны коллектора крепится пятью болтами, щит со стороны, противоположной коллектору, — шестью болтами; диаметр болтов 30 мм.

У тяговых двигателей типа ДПЭ-400 и некоторых двигателей типа ДПЭ-340 якорные подшипники выполнены роликового типа, у большинства двигателей типа ДПЭ-340 — скользящего типа.

Тяговые двигатели типа ДПЭ-400А имеют со стороны коллектора радиально-упорный (фиксирующий) подшипник № 22426 и второй — радиальный (свободный) подшипник № 32426. Радиально-упорный подшипник (фиг. 209) воспринимает все осевые воз-



Фиг. 209. Подшипниковый щит с роликовым подшипником

действия вала на подшипниковый щит. Этот подшипник имеет двухбуртное внутреннее кольцо 1, однобуртное наружное кольцо 2 и добавочное упорное кольцо 3. Такая конструкция позволяет снимать подшипниковый щит 4 без снятия внутреннего кольца роликоподшипника. Для этого необходимо удалить гайки со шпилек 5, снять кольцо-лабиринт 6, после чего снять подшипниковый щит 4 вместе с наружным кольцом 2. Внутреннее лабиринтовое кольцо 7 может быть снято после удаления роликоподшипника.

Конструкция двигателя с одним радиально-упорным и одним радиальным подшипниками позволяет, с одной стороны, избежать

ударов по роликам, так как исключается перемещение якоря в осевом направлении, и, с другой стороны, позволяет легко компенсировать все неточности сборки двигателя, не нарушая работы роликовых подшипников.

Тяговые двигатели типа ДПЭ-400, выпущенные заводами до сентября 1949 г., имели односторонние роликовые подшипники № 42426 как со стороны коллектора, так и со стороны, противоположной коллектору. Эти подшипники позволяют значительно перемещаться якорю в осевом направлении, что приводит к ударам по роликам. Кроме того, слабым местом применения двух одинаковых радиально-упорных подшипников является возможный распор подшипников при отсутствии свободы на температурное расширение (удлинение) вала.

Роликовые подшипники № 22426, 32426 и 42426 имеют наружный диаметр  $340^{+0,04}$  мм, внутренний диаметр  $130^{+0,025}$  мм и ширину  $78^{+0,25}$  мм. Каждый подшипник имеет по 12 цилиндрических роликов, помещённых между внутренним и наружным кольцами. Для предотвращения сближения роликов между собой они помещены в сепаратор. Вес каждого подшипника около 40 кг.

Роликовые подшипники якорей тяговых двигателей смазываются консистентной смазкой. Рекомендуется применять смазку № 1—13 ГОСТ 1631-42. Применение смазок разных сортов недопустимо. В случае необходимости применения смазки другого сорта подшипниковую камеру необходимо промыть бензином, а заменитель смазки должен быть равноценен рекомендуемому сорту как по температуре каплепадения, так и по влагостойкости. Перед закладкой смазки в подшипники рабочие поверхности колец и ролики покрываются слоем машинного масла марки Л или С.

Приблизительно через каждые 1,5—3 месяца производят при помощи шприца добавление смазки в количестве 200—300 г на каждый подшипник.

Необходимо иметь в виду, что при чрезмерной смазке подшипник будет перегреваться, а смазка будет выдавливаться через лабиринты и попадать на щётки, коллектор или обмотку якоря.

Пробки смазочных отверстий плотно завёртываются и регулярно осматриваются. В случае утери пробок внутрь подшипниковой камеры может попасть грязь и нарушить нормальную работу подшипника. С той же целью необходимо держать в чистоте смазку, а также посуду и шприц для смазки.

При каждом подъёмочном и среднем ремонте электровоза следует производить разборку двигателя и промывку подшипников с их тщательной ревизией.

Разборку и сборку тягового двигателя производят с помощью приспособлений, исключающих возможность ударов по подшипнику, крышке и подшипниковому щиту, так как удары могут привести к образованию трещин в деталях подшипника. Перед посадкой подшипников необходимо посадочные поверхности на валу и в подшипниковом щите протереть сухой чистой тряпкой и

смазать консистентной смазкой, а самые подшипники тщательно промыть в чистом бензине.

Посадка на вал внутренних подшипников и втулок производится с предварительным подогревом их в течение 20—40 мин. в ванне с минеральным маслом, имеющим температуру 100—110°. Кольца находятся в ванне в подвешенном состоянии, не касаясь стенок ванны. При посадке колец на вал необходимо плотно прижимать их к торцевой упорной поверхности; плотность прилегания колец по всей торцевой поверхности проверяется после их остывания.

Наружное кольцо роликоподшипника запрессовывается в гнездо подшипникового щита в холодном состоянии с помощью оправки; при этом необходимо следить за чистотой упорных поверхностей во избежание перекаса подшипника.

Установка якоря в остов производится в вертикальном положении.

Перед установкой якоря внутреннее кольцо роликоподшипника тщательно протирается чистой тряпкой и смазывается тонким слоем машинного масла. Опускание якоря в остов производится медленно с лёгким поворачиванием его рукой.

Затяжка болтов щита производится равномерно с тем, чтобы избежать перекаса.

Необходимо иметь в виду, что внутренние и наружные кольца роликоподшипников не являются взаимозаменяемыми. Поэтому в случае необходимости смены одного кольца заменяют весь подшипник и при сборке следят за тем, чтобы кольца разных подшипников не были перепутаны.

После сборки и установки подшипника он заполняется свежей смазкой.

В каждый подшипник закладывается около 1 600 г. смазки, которая должна заполнить на  $\frac{2}{3}$  объём смазочной камеры в подшипниковом щите, полностью заполнить пространство между роликами в подшипнике, все лабиринтовые канавки и смазочную камеру в наружной крышке.

После сборки двигателя проверяется лёгкость вращения якоря от руки, а затем величины продольного разбега якоря и радиального зазора роликоподшипника со стороны, противоположной коллектору.

При подшипниках № 22426 и 32426 продольный разбег якоря в холодном состоянии должен быть в пределах 0,15—0,5 мм, а радиальный зазор роликового подшипника—0,07—0,14 мм.

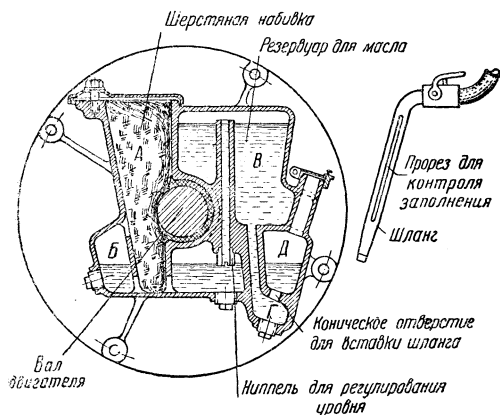
При испытаниях на стенде и в эксплуатации подшипники должны работать без заметного шума и не должны нагреваться выше 80°.

Смазка скользящих моторно-якорных подшипников осуществляется при помощи шерстяной подбивки, заполняющей камеру А (фиг. 210) и прижатой к валу тягового двигателя через вырезы во вкладышах якорных подшипников. Смазка к валу двигателя тянется по шерстяной подбивке из камеры Б с постоянным уровнем смазки.

При вращении вала смазка захватывается из промасленной подбивки и покрывает всю рабочую поверхность вкладыша. Высота уровня смазки в камере *Б* зависит от высоты ниппеля, ввёрнутого на конец трубки, соединяющей камеру *Б* с камерой *В*, представляющей собой запасной резервуар для смазки.

Процесс смазки заключается в следующем. Масло в камере постоянного уровня *Б* при работе электровоза будет понижаться, расходуясь на смазку вала. Как только уровень масла в камере *Б* понизится и не будет касаться ниппеля, воздух, находящийся в этой

камере, начнёт по трубке проходить в камеру *В*, вследствие чего разрежение в камере *В* уменьшится и масло из камеры *В* будет поступать через камеры *Г* и *Д* в камеру *Б*. Масло будет поступать до тех пор, пока не закроет ниппель и тем самым не прекратит доступ воздуха в камеру *В*. Такое наполнение будет продолжаться до тех пор, пока масло в запасной камере *В* (около 4 л) не израсходуется.



Фиг. 210. Расположение камер для смазки якорного подшипника

Смазка в камеру *В* подается при заливке подшипника под давлением 3,5 ат через специальный шланг, вставленный в коническое отверстие в камере *Г*.

Из камеры *Г* масло по каналу поступает в камеру *В*, наполняет её целиком и начинает переливаться по трубке в камеру *Б*.

В камере *Б* смазка пропитывает подбивку, заполняет эту камеру и, пройдя через камеру *Д* и прорез в шланге, появляется в выходном отверстии. На этом кончается процесс заливки.

Для заливки масла и закладки подбивки подшипник имеет два отдельных канала, что предотвращает попадание грязи на подбивку при заливке масла.

Отверстие для заливки масла плотно закрывается крышкой, прижимаемой пружиной.

Помимо заполнения подшипника маслом под давлением, возможна заливка масла непосредственно через верхнее отверстие над камерой *А*. В этом случае камера *В* смазкой не наполняется, и подшипник работает как подшипник обычного типа с переменным уровнем смазки, причём смазка расходуется в несколько раз скорее, чем при наполнении под давлением.

Плотность стенок масляных резервуаров у новых или отремонтированных щитов проверяется наполнением их керосином; после

выдержки их в этом состоянии в течение 12 час. не должно обнаруживаться течи через стенки резервуаров. После проверки керосином внутренняя поверхность резервуара покрывается маслястойкой эмалью.

Перед наполнением керосином, а также и во время испытания на течь щиты периодически простукиваются молотком.

В нижней части масляных резервуаров расположены плотно закрывающиеся пробками отверстия, одно из которых служит для спуска отработавшего масла, а другое для введения отвёртки, регулирующей установкой ниппеля уровень масла в камере Б.

Подшипники (вкладыши) якорного вала (фиг. 211) изготовлены из бронзы и имеют заливку из баббита марки Б83 толщиной 2,5 мм.

Толщина баббитовой заливки делается меньше величины междужелезного пространства (расстояния между якорем и полюсом), для того чтобы в случае выплавления баббита вал якоря мог вращаться в бронзовом вкладыше и не попортил якоря и полюсов. Вкладыш имеет боковые фланцы с баббитовой заливкой, вследствие чего при осевой игре якоря он может тереться о втулку маслоотбойного кольца. Для подачи смазки к шейке вала во вкладыше имеется боковая прорезь (окно).

Баббит марки Б83 представляет собой сплав из олова (83%), сурьмы (11%) и меди (6%), в котором содержание свинца не должно превышать 0,35%. В качестве полуды при заливке подшипника баббитом марки Б83 применяется третник, состоящий из двух частей олова и одной части свинца; перед заливкой баббит должен иметь температуру 400—450°.

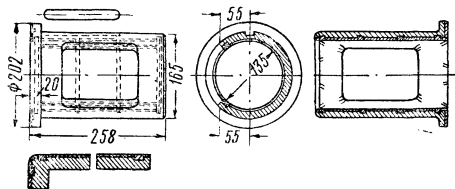
Чтобы получить более плотный заливочный слой баббита, применяют центробежную заливку моторных подшипников, при которой подшипник во время заливки приводится во вращение.

Вкладыш вала якоря запрессовывается в подшипниковый щит на прессе равномерно, без рывков и перекосов.

При новых вкладышах верхнее междужелезное пространство равняется 5 мм, а нижнее — 7 мм. Не допускается уменьшение нижнего междужелезного пространства ниже 4 мм.

Якорные вкладыши также следует заменять, прежде чем их фланцы изнаются настолько, что продольный разбег якоря будет превышать 8,5 мм. У нового двигателя продольный разбег якоря должен составлять 2 мм; толщина нового фланца 20 мм.

Перед постановкой вкладыша в подшипниковый щит он проходит осевой развёрткой, которая обеспечивает правильную цилиндрическую форму отверстия. Внутренний диаметр вкладыша



Фиг. 211. Подшипник якорного вала тягового двигателя типа ДПЭ-340

несколько больше диаметра шейки вала, и между ними должен быть зазор (по разности диаметров) от 0,15 до 0,5 мм. Разница в зазорах обоих подшипников также не должна выходить из пределов 0,2 мм. Зазор должен быть равномерным по всей длине соприкосновения вала с вкладышем. Максимально допустимый зазор в эксплуатации между якорным подшипником и валом, измеренный щупом, не должен превышать 2,2 мм.

Для подбивки моторно-якорных подшипников употребляются длинные пряди, сплетённые из лучших шерстяных отходов. Подбивка очищается от грязи, пыли и механических частиц, просушивается и заплетается в фитили. Перед употреблением подбивка кладётся в бачок и заливается машинным маслом. Масло должно иметь температуру около  $+40^{\circ}$ . Пропитка подбивки в бачке продолжается в течение 24 час., после чего она провяливается на доске в течение 12 час.

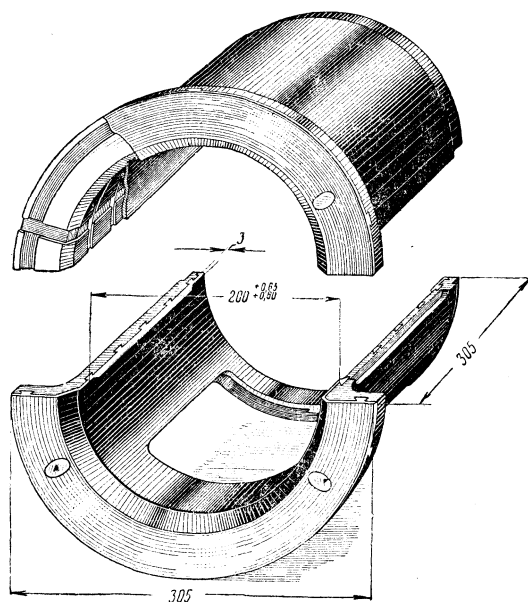
В качестве смазки моторно-якорных подшипников скользящего трения применяют: в летнее время — машинное масло марки С, а в зимнее время — машинное масло марки Л, масло турбинное марки Л или смесь машинного масла марки С и веретённого марки З в равных пропорциях.

## 7. Моторно-осевые подшипники

Моторно-осевые подшипники имеют вкладыши из бронзового литья, которые по внутренней поверхности заливается баббитом марки Б16 толщиной слоя около 3 мм (фиг. 212).

Применяются также вкладыши из свинцовистой бронзы без заливки.

Смазка моторно-осевых подшипников электровозов с тяговыми двигателями типов ДПЭ-400 и ДПЭ-340 осуществляется при помощи шерстяной подбивки, опущенной в камеру Б, с постоянным уровнем смазки (фиг. 213). Всю камеру А заполняют подбивкой, которая прижимается к оси колёсной пары через вырез во вкладышах моторно-осевых подшипников. По этой подбивке смаз-



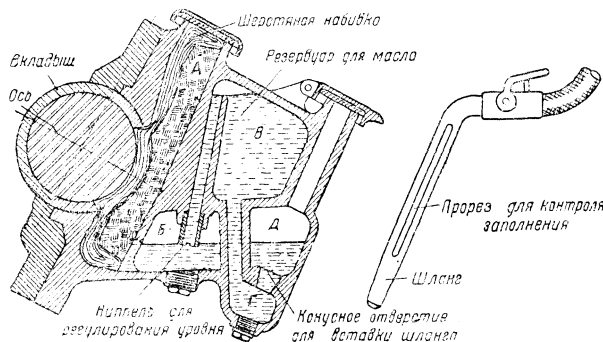
Фиг. 212. Моторно-осевой подшипник



ка тянется из камеры *Б* к оси. В камеру *Б* смазка, как и в моторно-якорных подшипниках, поступает через камеры *Д* и *Г* из камеры *В*.

Для подбивки моторно-осевых подшипников, как и для моторно-якорных подшипников скользящего трения, применяют шерстяные пряжи, очищенные от грязи и посторонних частиц и заплетённые в фитили диаметром около 40 мм и длиной около 1 000 мм. Перед употреблением подбивка пропитывается в масле и провяливается, как и для моторно-якорных подшипников (см. выше).

Перед закладыванием подбивки в камеру *А* последняя осматривается, очищается от посторонних предметов и продувается сжатым



Фиг. 213. Расположение камер для смазки моторно-осевых подшипников

воздухом через верхнее окно. Фитили подбивки складываются вдвое и деревянной лопаткой вталкиваются в камеру. Положение подбивки около оси должно быть вертикальным, в противном случае ухудшается процесс подсасывания масла. Вначале вкладывают ряд прядей подбивки, которые прижимают непосредственно к оси, затем заполняют остальное пространство отдельными прядями.

Концы высовывающихся прядей заггибаются вверх подбивки, чем заполняется оставшееся место. Подбивка должна ровно нажимать на всю площадь соприкосновения с осью. После этого крышка подбивочной камеры плотно закрывается и закрепляется болтами.

Для смазки моторно-осевых подшипников применяется то же масло, что и для моторно-якорных подшипников скользящего трения (см. выше).

## 8. Вентиляция

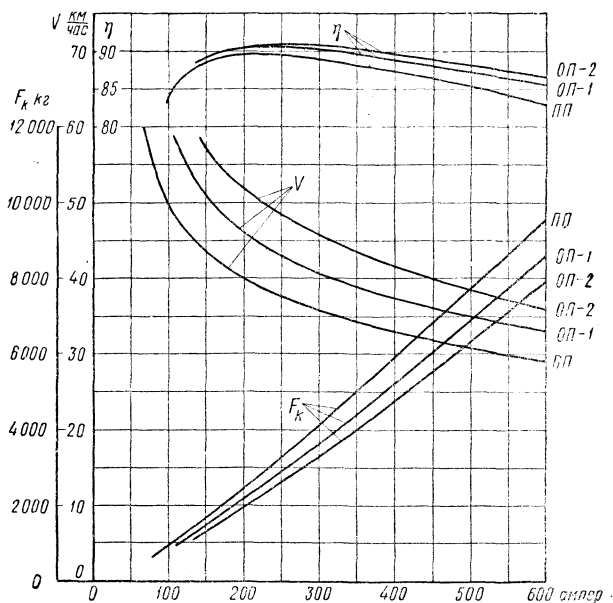
Для того чтобы греющиеся части двигателя лучше охлаждались, через двигатель прогоняется поток воздуха, или, как говорят, двигатель вентилируется. Вентиляция двигателя значительно повышает его мощность.

Тяговые двигатели типов ДПЭ-400 и ДПЭ-340 имеют независимую (принудительную) систему вентиляции — получают воздух от

вентиляторов, установленных в кузове электровоза. Вентиляция осуществляется по системе параллельного потока, т. е. воздух, поступающий со стороны коллектора, направляется двумя струями. Одна струя, охлаждая коллектор, проходит между катушками главных и дополнительных полюсов и, омывая обмотку якоря, выходит наружу через 12 отверстий в противоположной стороне остова. Другая струя, направляясь через внутренние каналы якоря, охлаждает сердечник якоря и выходит в отверстия, сделанные в подшипниковом щите, расположенном на стороне, противоположной коллектору.

Эти отверстия закрываются металлической сеткой с ячейками в  $10 \text{ мм}^2$ , предохраняющей двигатель от попадания в него посторонних предметов.

Расчётное количество воздуха, которое должно прогоняться через двигатель, равно  $78 \text{ м}^3/\text{мин}$  при статическом давлении  $50 \text{ мм}$  водяного столба во входном патрубке.



Фиг. 214. Электромеханические характеристики тягового двигателя типа ДПЭ-400 при напряжении на коллекторе  $1500 \text{ в}$

Перед наступлением зимы четыре нижних выпускных отверстия и два отверстия для спуска влаги в остоу двигателя заглушаются,

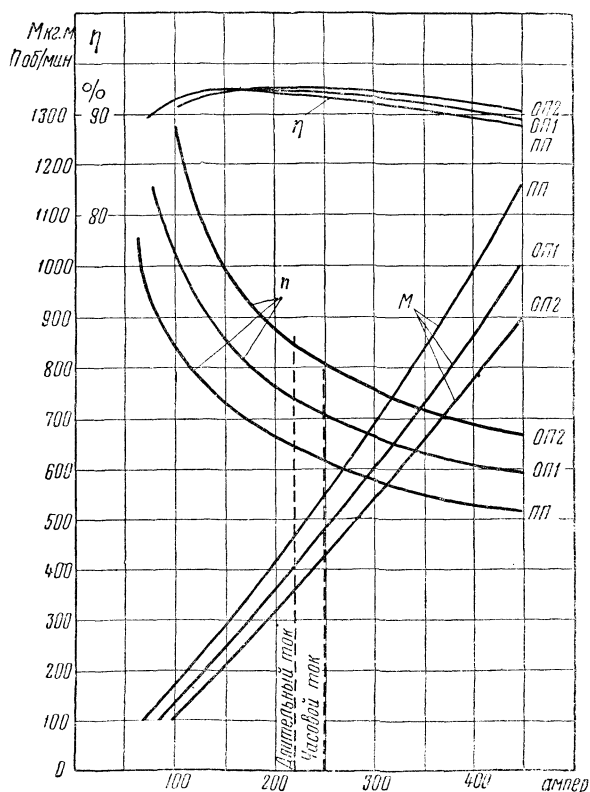
Выпускные отверстия или заглушаются деревянными пробками, или закрываются металлическими пластинами, которые привариваются к остову двигателя прерывистым швом.

Отверстия для спуска влаги закрываются деревянными или металлическими пробками.

Заглушка нижних отверстий предохраняет от забивания снега с пути в остов двигателя, но не исключает задувание снега в двигатель при неработающих вентиляторах. Во время больших снегопадов, метелей и буранов и неработающих вентиляторах остальные вентиляционные отверстия в остоле двигателя следует заглушать заготовленными заблаговременно для этой цели деревянными пробками или снегозащитными капотами.

## 9. Основные данные и характеристики двигателя

Тяговые двигатели типа ДПЭ-400 развивают часовую мощность 400 *квт* при токе 290 *а* и напряжении на зажимах 1 500 *в*, делая при этом 710 об/мин.

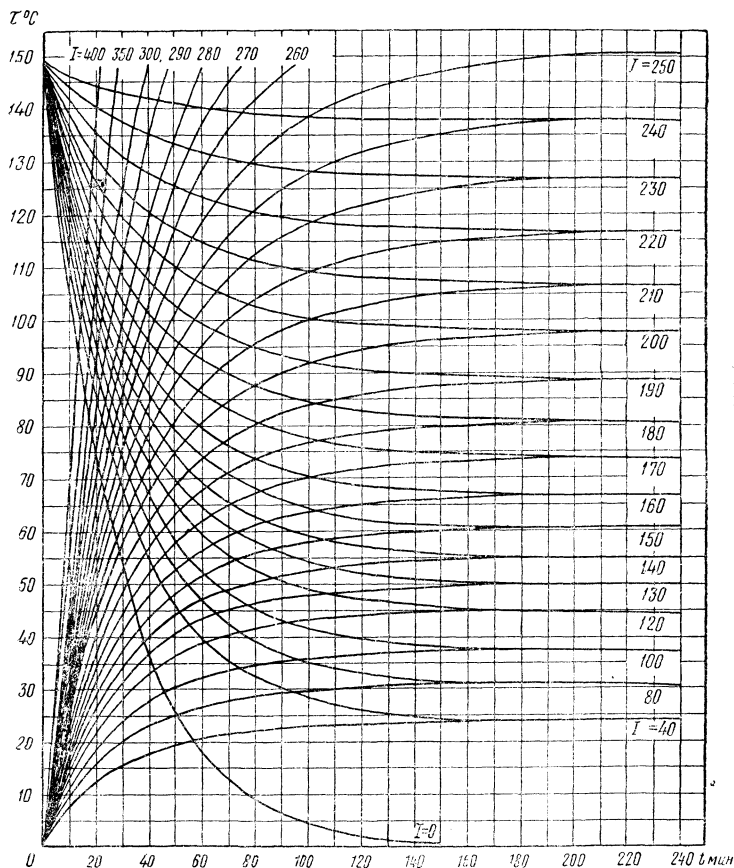


Фиг. 215. Электромеханические характеристики тягового двигателя типа ДПЭ-340 при напряжении на коллекторе 1 500 в

Двигатели типа ДПЭ-340 развивают часовую мощность 340 *квт* при токе 250 *а* и напряжении на зажимах 1 500 *в*, делая при этом 605 об/мин.

Длительная мощность двигателя типа ДПЭ-400, определяемая по нагреву обмотки якоря, равна 340 *квт* (ток 250 *а*), а по нагреву обмоток главных полюсов — 306 *квт* (ток 225 *а*); двигатель типа ДПЭ-340 имеет длительную мощность 300 *квт* (ток 220 *а*).

Необходимо заметить, что при работе электровоза с поездами тяговые двигатели всё время работают с различными токами, а сле-



Фиг. 216. Кривые нагревания и охлаждения тягового двигателя типа ДПЭ-340

довательно, и мощностями. При движении по подъёмам двигатели могут нагружаться выше их длительной и часовой мощности, но с таким расчётом, чтобы температура обмоток якоря и полюсов не поднялась выше 145°.

На спусках, площадках и малых подъёмах двигатели обычно работают с мощностями менее длительных, и нагретые их части при этом остывают.

При низкой температуре окружающего воздуха величина допустимого перегрева обмоток, а следовательно, и мощность двигателя могут быть значительно повышены. Так, при температуре окружающего воздуха  $0^{\circ}$  часовой ток двигателя типа ДПЭ-340 или ДПЭ-340А повышается до 275 а, а длительный — до 241 а. При отсутствии вентиляции часовой ток этих двигателей равен 180 а.

Электрохимические характеристики двигателя типов ДПЭ-400 и ДПЭ-340 приведены на фиг. 214 и 215. Эти характеристики дают зависимости между усилием тяги на ободе колёс  $F_k$  или вращающим моментом  $M$ , скоростью движения электроваза  $v$  или скоростью вращения якоря двигателя  $n$ , к. п. д. двигателя  $\eta$  и током двигателя  $I$  при полном поле (ПП) и двух ступенях ослабленного поля (ОП-1 и ОП-2).

На фиг. 216 приведены кривые нагревания и охлаждения тягового двигателя типа ДПЭ-340 для различных токов.

При испытании нового тягового двигателя типа ДПЭ-400 при токе 290 а и напряжении 1500 в скорость вращения якоря должна быть в пределах 689—731 об/мин. ( $710 \text{ об/мин.} \pm 3\%$ ), перегрев обмоток  $120^{\circ}$ , перегрев коллектора не выше  $95^{\circ}$  и перегрев подшипников не выше  $55^{\circ}$ .

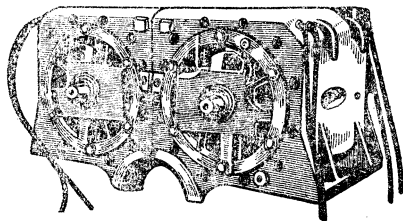
Тяговые двигатели должны исправно работать при кратковременном повышении напряжения в контактном проводе на 15% сверх номинального и при резких изменениях нагрузки.

## Б. ТЯГОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ТИПА ДСЭ-680/2

Тяговый двигатель типа ДСЭ-680/2 пассажирского электроваза ПБ21-01 (фиг. 217 и 218) имеет два якоря, установленных в одном остова. Якорь, катушки главных и дополнительных полюсов и щёткодержатели двигателя типа ДСЭ-680/2 конструктивно выполнены так же, как и у двигателя типа ДПЭ-340А. Остов двигателя типа ДСЭ-680/2 состоит из двух отдельных отливок, соединённых вместе на продольных шпонках при помощи болтового крепления (10 болтов). Каждая часть остова имеет со стороны коллектора в верхней и нижней гранях смотровые коллекторные люки. Воздух для охлаждения двигателя подводится через окна, расположенные, как и у двигателя типа ДПЭ-340А, над коллектором. По бокам остова имеются четыре рогообразных прилива, служащих для подъёма остова или всего двигателя.

Подшипниковые щиты двигателя типа ДСЭ-680/2 имеют изменённое по сравнению с двигателем типа ДПЭ-340 устройство, вызванное изменённой на электровазе ПБ21-01 системой передачи. Смазка подшипников якорного вала осуществляется по принципу постоянного уровня смазки. Защита внутренней полости двигателя от попадания масла, как и у двигателя типа ДПЭ-340, достигается применением маслоотбойных колец.

Крепление главных полюсов к остову двигателя типа ДСЭ-680/2, расположенных около внутренних стенок, соединённых между собой болтами,



Фиг. 217. Тяговый двигатель типа ДСЭ-680/2



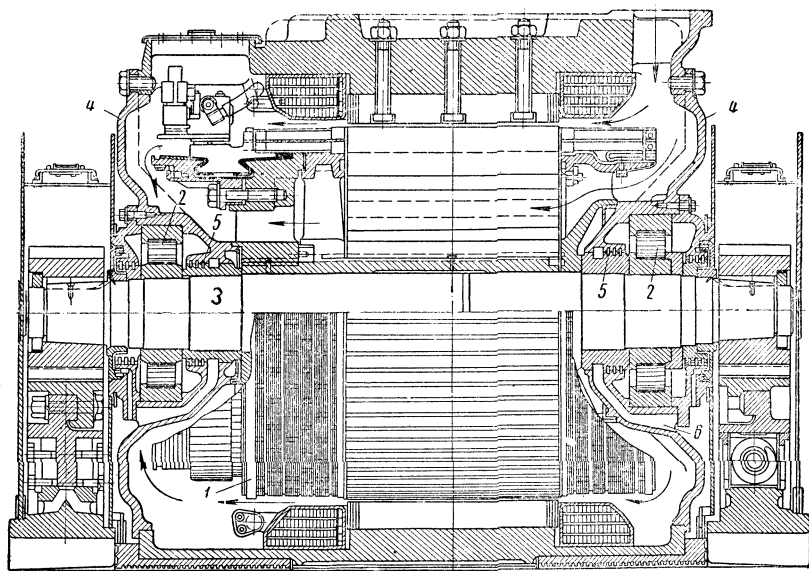
выполнено со стороны якоря, так как доступ к болтам полюсов с наружной стороны невозможен. Остов двигателя покоится на четырёх массивных лапах, которые крепятся к перекладинам, закреплённым на выступающих поперечных кронштейнах литых балок рамы электровоза. При монтаже двигатель подводится снизу и при демонтаже спускается вниз.

Каждая половина тягового двигателя типа ДСЭ-680/2 имеет такие же характеристики, как и двигатель типа ДПЭ-340. Таким образом, общая часовая мощность двигателя типа ДСЭ-680/2 составляет 680 кВт при токе  $2 \cdot 250 = 500$  а. Вес двигателя без шестерён равен 8 940 кг.

## В. ТЯГОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ТИПА GDTM-655

На фиг. 219 показан продольный разрез тягового двигателя типа GDTM-655 электровоза серии С<sup>и</sup>. Якорь 1 вращается в роликовых подшипниках 2, внутренние обоймы которых посажены на шейки вала 3, а наружные закреплены в подшипниковых щитах 4.

Для предотвращения попадания смазки внутрь двигателя предусмотрены лабиринты 5, устроенные таким образом, что проникающая в них смазка через канал 6 вытекает наружу.



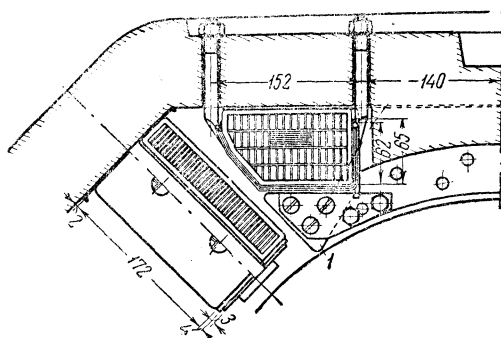
Фиг. 219. Продольный разрез тягового двигателя типа GDTM-655

Остов тягового двигателя представляет собой стальную отливку четырёхугольной формы со слегка срезанными углами. В верхней части остова имеется два прямоугольных отверстия, из которых одно служит для подачи охлаждающего воздуха, а другое для осмотра коллектора и щёткодержателей (смотровой люк). Для осмотра щёткодержателей из канавы смотровой люк устроен также и на нижней стороне остова.

Подача вентиляционного воздуха производится со стороны, противоположной коллектору. При проходе через двигатель поток воздуха разделяется на две струи: одна проходит через отверстия сердечника якоря и охлаждает внутреннюю часть якоря и коллектора, а другая омывает внешнюю часть якоря, катушки и коллектор.

Выход воздуха предусмотрен со стороны коллектора через боковое отверстие остова двигателя в сторону подвески. Выходное отверстие закрыто решёткой.

Преимущество подачи охлаждающего воздуха со стороны, противоположной коллектору, заключается в том, что угольная пыль от щёток не может попасть на поверхность якоря и катушек полюсов. К недостатку такой системы вентиляции следует отнести то, что к коллектору воздух поступает несколько подогретый.



Фиг. 220. Главные и дополнительные полюсы

Катушки главных полюсов прикреплены к остову двигателя при помощи скоб (фиг. 220). Концы этих скоб имеют нарезку и пропущены через тело остова. Снаружи остова на концы скоб навёрнуты затягивающие гайки. Для предохранения изоляции катушек между ними и скобами помещены прокладки из пресшпана и латуни. Между катушками и остовом двигателя проложены две предохранительные шайбы из пресшпана. При монтаже сначала укрепляются ка-

тушки, а затем устанавливаются и затягиваются болтами полюсы.

Витки главных и дополнительных полюсов изолированы друг от друга слоем миканита и асбеста толщиной 0,5 мм.

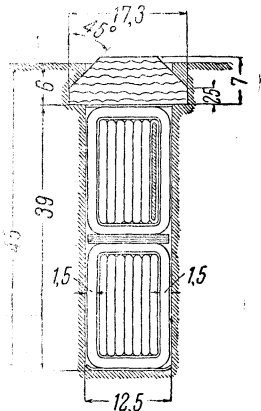
Для лучшего распределения охлаждающего воздуха между катушками главных и дополнительных полюсов и якорем на главных полюсах укреплены трёхгранные деревянные клинья; на каждом главном полюсе и под его катушкой расположено по два таких клина 1. Вследствие уменьшения просвета между катушками главных и дополнительных полюсов увеличивается количество воздуха, охлаждающего якорь двигателя.

Якорь тягового двигателя GDTM-655 имеет петлевою обмотку с уравнительными соединениями. Каждая седьмая коллекторная пластина соединена уравнительным соединением с диаметрально противоположной коллекторной пластиной. Чтобы обеспечить более лёгкий доступ к щёткодержателям, они несколько смещены от горизонтальной и вертикальной осей машины, что делается возможным благодаря специальной, несимметричной конструкции секций якорной обмотки. Разрез паза якоря тягового двигателя показан на фиг. 221.

Расчётное количество воздуха для охлаждения двигателя равно 100 м<sup>3</sup>/мин при давлении 110 мм водяного столба.

На электровозах серии С<sup>и</sup> моторно-осевые подшипники смазываются при помощи ламповых фитилей, заделанных в прямоугольную рамку с отверстием 28 × 21 мм. Фитили прижимаются одной стороной к оси посредством коленчатого рычага, на который действует пружина; другая сторона фитилей находится в масле.

Данные тяговых двигателей типа GDTM-655 приведены в приложении 4.



Фиг. 221. Разрез паза тягового двигателя типа GDTM-655



## Г. СВЕДЕНИЯ О РЕМОНТЕ И ИСПЫТАНИЯХ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тяговые двигатели периодически (во время подъёмного и среднего ремонта) снимаются с электровоза, очищаются от грязи и пыли и разбираются. В зависимости от состояния коллекторы якорей обтачиваются и продороживаются, а сами якоря подвергаются просушке и пропитке в изоляционных лаках, а иногда производится и перемотка их. Катушки главных и дополнительных полюсов также сушатся и пропитываются лаком. Вкладыши якорных подшипников заливаются баббитом и обрабатываются на станке. Щёткодержатели ремонтируются или заменяются новыми. После ремонта двигатель тщательно собирают и испытывают.

Пропиткой и просушкой якорей и катушек тяговых двигателей восстанавливают изоляцию этих частей, которая уменьшается в эксплуатации вследствие высыхания изоляционных лаков и попадания влаги и пыли в поры изоляции обмоток.

Перед пропиткой якорь тщательно очищается с внешней стороны и каналы его продуваются сжатым воздухом; затем якорь сушится в течение 12 час. в печи температурой  $110 - 120^{\circ}$  до полного испарения влаги и, будучи ещё горячим, погружается в бак с лаком. Этим достигается лучшая пропитка изоляции якоря, так как тёплый воздух, находящийся в порах изоляции якоря, охлаждаясь в лаке, сжимается, чем способствует лучшему прониканию лака в глубь изоляции. Пропитка обычно длится 15—20 мин. и оканчивается после прекращения выделения пузырьков воздуха. Якорь погружается в бак с лаком вертикально так, чтобы поверхность лака не доходила до петушков коллектора на 20—25 мм.

После пропитки якоря дают стечь лишнему лаку и направляют якорь в сушильную печь температурой  $110 - 120^{\circ}$  на 18—30 час.

Пропитка катушек полюсов обычно производится вместе с остовом двигателя.

Тяговые двигатели после ремонта якоря или катушек, а также при замене якоря или катушек проходят следующие испытания:

1) измерение омического сопротивления обмоток якорей и катушек; величины сопротивлений не должны отличаться на  $\pm 6\%$  от расчётной величины (для новых двигателей  $\pm 5\%$ );

2) проверку скорости вращения при часовом режиме; отклонение числа оборотов от номинального значения не должно быть выше  $\pm 5\%$ , а при реверсировании—выше  $3\%$ ;

3) проверку диэлектрической прочности изоляции переменным током согласно следующим данным:

Изоляция между коллектором и валом:

для новых коллекторов и при полной замене изоляции 10 000 »

для коллекторов с частичной заменой изоляции . . . 7 000 »

Изоляция между пластинами коллектора:

для новых коллекторов и при полной замене изоляции 550 »

для коллекторов с частичной заменой изоляции . . . 400 »

Изоляция щёткодержателя относительно остова:

для нового двигателя и при смене изоляции . . . . . 10 000 »

без перепрессовки изоляции пальца . . . . . 7 500 »

Изоляция собранного двигателя при температуре 15—25°:	
для нового двигателя и после перемотки якоря или катушек . . . . .	8 500 »
после частичного ремонта или перемонтирования якорей или катушек . . . . .	5 500 »
Изоляция собранного двигателя при температуре 110—120°:	
для нового двигателя и после перемотки якоря или катушек . . . . .	8 000 »
после частичного ремонта или перемонтирования якорей и катушек . . . . .	5 000 »

4) проверку сопротивления изоляции; сопротивление изоляции окончательно готового якоря после просушки или смонтированных в остове катушек главных и дополнительных полюсов в горячем состоянии при температуре 100—110° должно быть не менее 5 мгом (5 000 000 ом); сопротивление изоляции полностью собранного двигателя в горячем состоянии (при 75°) должно быть не менее 3 мгом (3 000 000 ом).

Кроме перечисленных испытаний, двигатели подвергаются испытаниям на перегрузку для проверки коммутации и пайки коллекторов (в течение 1 мин. при вращении в каждом направлении); проверяется коммутация при напряжении на 10% выше номинального; производится разгон якорей до максимальной скорости и, в случае перемотки якоря или катушек, испытания на нагрев при часовом режиме.

---

## ГЛАВА VI

### ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

На электровозе, кроме основных машин — тяговых двигателей, — применяются следующие вспомогательные машины:

1) мотор-компрессоры, подающие сжатый воздух в тормозную и пневматическую системы электровоза;

2) динамотор, который служит делителем напряжения и питает электроэнергией вспомогательные машины электровоза, выполненные для работы при напряжении 1 500 в;

3) мотор-вентиляторы, предназначенные для подачи охлаждающего воздуха в тяговые двигатели;

4) мотор-генератор (возбудитель), питающий обмотки главных полюсов тяговых двигателей при рекуперативном торможении;

5) генератор тока управления, питающий цепи управления и освещения электровоза.

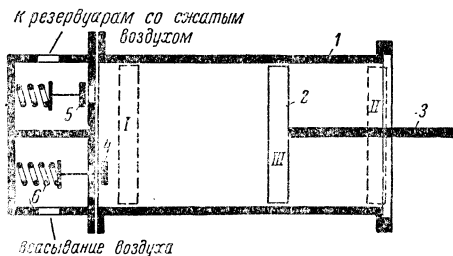
#### А. КОМПРЕССОРЫ

##### 1. Общие сведения о компрессорах

Необходимый для тормозной системы поезда и пневматической системы электровоза сжатый воздух вырабатывается поршневыми двухступенчатыми компрессорами, приводимыми в движение электромоторами.

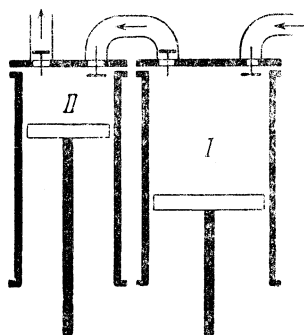
В поршневых компрессорах (фиг. 222) воздух сжимается в цилиндре 1 поршнями 2, имеющими возвратно-поступательное движение из положения I в положение II. Сжатие воздуха происходит уменьшением объёма рабочей камеры (полости цилиндра) при движении поршня из положения II в положение I.

Движение поршень получает через кривошипно-шатунный механизм, соединённый со штоком 3. В крышке цилиндра помещаются два клапана: всасывающий клапан 4, открывающийся внутрь цилиндра, и нагнетательный клапан 5, открывающийся наружу и соединяю-



Фиг. 222. Схема поршневого компрессора

щий цилиндр с нагнетательным воздухопроводом. При ходе поршня вправо из положения *I* в положение *II* в пространстве между крышкой цилиндра и поршнем создаётся разрежение, и в цилиндр через автоматически открывающийся пружиной 6 клапан 4 поступает воздух при давлении, равном 1 ат. Наполнение цилиндра (засасывание) будет происходить в течение всего хода поршня вправо. При обратном ходе поршня воздух сжимается. Давление в цилиндре будет увеличиваться. Всасывающий клапан 4 давлением воздуха будет прижат к своему седлу, и сжатие будет происходить при обоих закрытых клапанах до тех пор, пока давление в цилиндре не станет равным давлению в нагнетательном трубопроводе. В этот момент (положение *III*) нагнетательный клапан 5 откроется,



Фиг. 223. Схема двухступенчатого компрессора

и сжатый воздух будет выталкиваться в нагнетательный трубопровод при постоянном давлении. Нагнетание будет продолжаться до прихода поршня в положение *I*, после чего опять последует процесс всасывания.

Таким образом, полный рабочий цикл компрессора протекает за два хода поршня, или за один оборот вала. Описанный компрессор является одноцилиндровым одноступенчатым простого действия.

При сжатии воздуха до давления выше 5 ат температура воздуха в конце сжатия повышается настолько, что смазка цилиндров делается затруднительной. Кроме того, в связи с сильным повышением температуры увеличивается расход энергии на получение сжатого воздуха. Чтобы устранить большое повышение температуры, процесс сжатия делят на две ступени и более, т. е. применяют двухступенчатые или многоступенчатые компрессоры. В полости *I* (фиг. 223) — цилиндр большого диаметра — происходит первая ступень сжатия; в полости *II* — цилиндр малого диаметра — вторая ступень сжатия. Например, если воздух необходимо сжать до 10 ат, то его после всасывания в первой полости сжимают примерно до 2—4 ат; потом сжатый воздух поступает в холодильник (змеевик), где охлаждается. Из холодильника воздух поступает в другую полость цилиндра или другой цилиндр, где сжимается до конечного давления, т. е. до 10 ат.

На фиг. 224 изображён теоретический цикл одноступенчатого поршневого компрессора. По вертикальной оси от нуля отложены давления  $p$ , а по горизонтальной оси от нуля отложены объёмы  $V$ .

Процесс всасывания характеризуется прямой 1—2; давление почти не изменяется, а объём растёт. В точке 2 начинаются обратный ход поршня и сжатие по кривой 2—3, причём давление  $p$  увеличивается, а объём  $V$  уменьшается. В точке 3 открывается нагне-

тательный клапан и начинается выталкивание при постоянном давлении  $p$  и изменяющемся объёме полости цилиндра  $V$ . В точке 4 выталкивание заканчивается и вследствие открытия всасывающего клапана давление  $p$  резко падает по прямой 4—1.

На фиг. 225 изображена действительная диаграмма цикла поршневого компрессора, отличающаяся от теоретической следующим. В крайнем положении поршня у всех компрессоров между поршнем и крышкой цилиндра имеется зазор, называемый вредным пространством. Величина этого зазора составляет 3—5%, а в отдельных случаях достигает 10% объёма цилиндра. После нагнетания и закрытия нагнетательного клапана часть воздуха остаётся во вредном пространстве и при ходе поршня обратно всасывающий клапан не откроется, пока объём оставшегося воздуха не увеличится настолько, что давление атмосферы и оставшегося воздуха уравнивается. Поэтому на диаграмме начало всасывания отмечено точкой 1 и отнесено от оси  $p$  вправо.

Всасывание воздуха происходит при давлении ниже давления поступающего в компрессор воздуха на величину сопротивлений, встречающихся при всасывании. Поступающий воздух теряет часть своего напора и давления вследствие трения о стенки трубопровода и клапанной коробки. Поэтому линия 1—2, характеризующая процесс всасывания, лежит ниже атмосферной линии. Искривление её у точки 1 показывает резкое падение давления, необходимое для поднятия всасывающего клапана.

По кривой 2—3 происходит процесс сжатия воздуха. Линия 3—4 изображает процесс выталкивания воздуха из цилиндра.

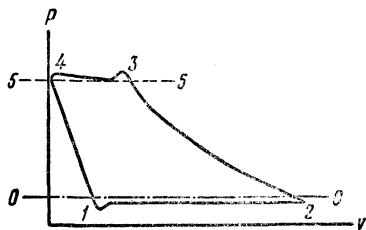
Кривая 3—4 расположена выше прямой 5—5, так как выталкивание воздуха происходит при давлении, превышающем давление воздухопровода на величину сопротивлений, встречающихся на пути воздуха.

Искривление линии у точки 3 в сторону повышения давления показывает, что необходимо некоторое избыточное давление для поднятия нагнетательного клапана.

Сжатый воздух обладает известным запасом потенциальной энергии; при расширении сжатого воздуха в различных механизмах пневматического действия он совершает полезную работу.



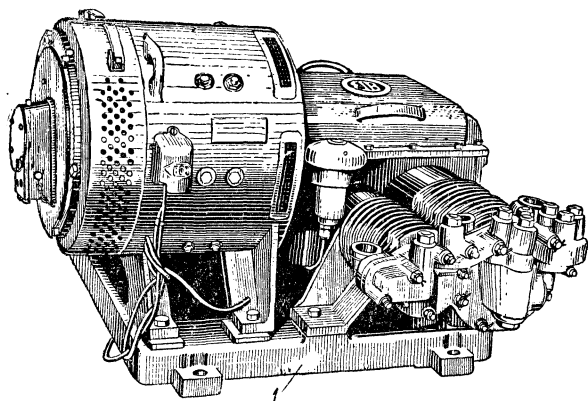
Фиг. 224. Теоретическая диаграмма цикла поршневого компрессора



Фиг. 225. Действительная диаграмма цикла поршневого компрессора

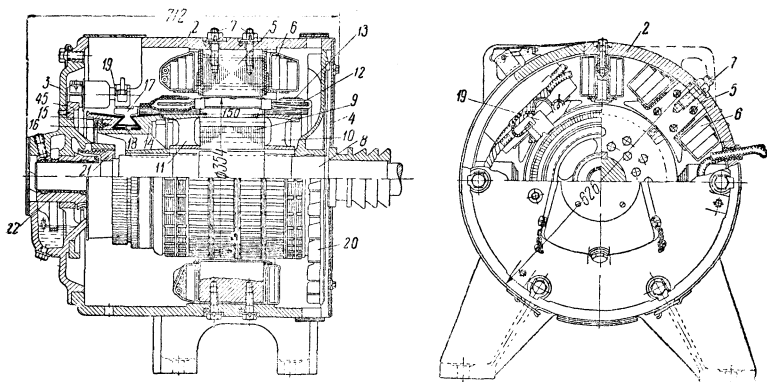
## 2. Тихоходные компрессоры

На электровозах серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22, ВЛ19<sup>м</sup> и части электро-  
возов серии ВЛ19 установлены тихоходные компрессоры типа Э-500  
(фиг. 226), приводимые в движение моторами типов ДК-404А,



Фиг. 226. Общий вид тихоходного компрессора типа Э-500  
с мотором типа ДК-404А

ДК-402А или ЭК-12. На электровозах серий Сс и С установлены  
мотор-компрессоры типа СР-32, у которых моторы выполнены на  
рабочее напряжение 1 500 в, а компрессоры близки по конструкции  
компрессорам типа Э-500.



Фиг. 227. Мотор типа ДК-404А

Мотор и компрессор монтируются на одной общей чугунной  
плите 1 при помощи болтов.

**Мотор.** На электровозах серий ВЛ22<sup>м</sup> и ВЛ19<sup>м</sup> установлены  
моторы типа ДК-404А с рабочим напряжением на коллекторе  
3 000 в (фиг. 227). Мотор имеет четыре главных полюса 5 с обмот-

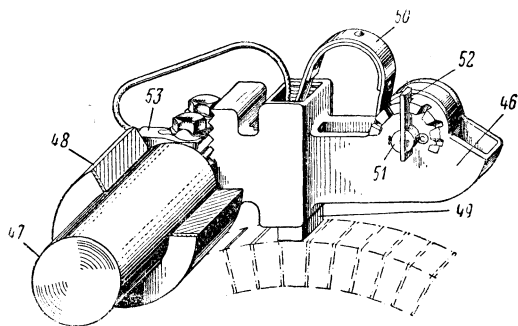
ками 6 и четыре дополнительных полюса. Сердечники полюсов укреплены к остову 2 мотора болтами 7. Остов закрыт щитами 3 и 4. В щите 3 укреплен подшипник 22 скользящего трения.

На валу 8 мотора между нажимными шайбами 10 и 11 помещен сердечник 9 якоря. В его пазы заложена обмотка 12, хорошо изолированная от нажимных шайб и сердечника якоря. Обмотка укреплена в своих лобовых и пазовых частях банджом 13. Между нажимной шайбой 11 и подшипником 22 на вал насажена коллекторная втулка 14. На этой втулке помещена нажимная шайба 15, которая вместе с выточкой во втулке 14 образует гнездо для ласточкиных хвостов коллекторных пластин 17. Между пластинами 17 и втулкой положена миканитовая изоляция 18. Нажимная шайба 15 удерживается кольцом 16, накрученным на конец втулки 14.

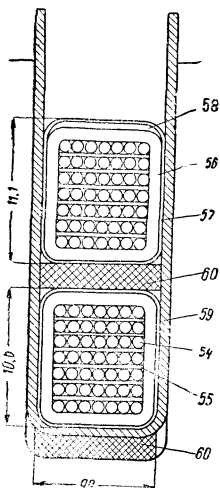
Чтобы смазка из подшипника не попадала на якорь, на вал напрессовано маслоотбойное кольцо 21 с гидравлическим уплотнением на внешней его поверхности.

Охлаждение мотора производится вентилятором 20, насаженным на вал 8 со стороны, противоположной коллектору. Вентилятор, выбрасывая воздух через отверстия в остове 2, создаёт около себя разрежение, которое образует струи воздуха, охлаждающего коллектор, якорь и полюсы машины.

Мотор типа ДК-404А имеет четыре щёткодержателя 19, укрепленных на траверсе 45. Корпус 46 щёткодержателя (фиг. 228) болтом укрепляется к пальцу 47 щёткодержателя, покрытого со стороны траверсы изоляцией. Между траверсой и корпусом щёткодержателя палец 47 покрыт фарфоровой втулкой 48. Давление на угольную щётку 49 создается пружиной 50, нажатие которой можно регулировать поворотом оси 51 пружины и закреплением стопора 52 в одном из пазов корпуса щёткодержателя. Щётка 49 имеет медный гибкий кабель сечением 4 мм<sup>2</sup>, оканчивающийся наконечником 53.

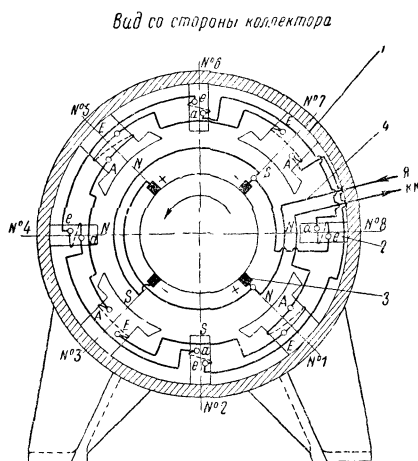


Фиг. 228. Щёткодержатель моторов типов ДК-404А и ДК-403



Фиг. 229. Разрез паза якоря мотора типа ДК-404А

В каждом пазу якоря мотора уложено по две секции (фиг. 229), каждая из которых имеет по 49 проводов 54 марки ПЭЛШД диаметром 0,86 мм. Слои проводов разделены прокладками 55 из прессшпана. Пакет проводов обмотан девятью оборотами лакоткани 56 и обтянут одним слоем тафтяной ленты 57, причём у верхней секции между лакотканью и тафтяной лентой положена прокладка 58 из прессшпана.



Фиг. 230. Схема соединения обмоток мотора типа ДК-404А:

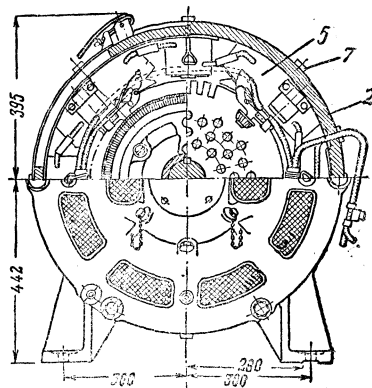
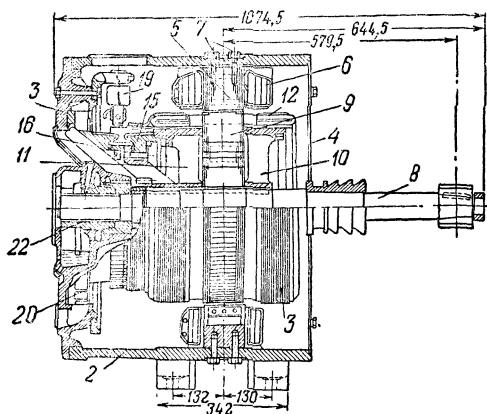
1—катушка главного полюса; 2—катушка дополнительного полюса; 3—щётка; 4—кабель соединительный

Изоляция 59 паза и прокладки 60 выполнены также из прессшпана.

Моторы типа ДК-404А имеют около 80 % деталей, взаимозаменяемых с деталями моторов типа ДК-403, приводящими во вращение вентиляторы

(см. ниже). Схема соединения обмоток мотора типа ДК-404А показана на фиг. 230.

У моторов типа ДК-402А (фиг. 231) и компрессора типа СР-32 (фиг. 232), детали которых обозначены такими же цифрами, как и у мотора типа ДК-404А, вентиляторы 20 помещены со стороны

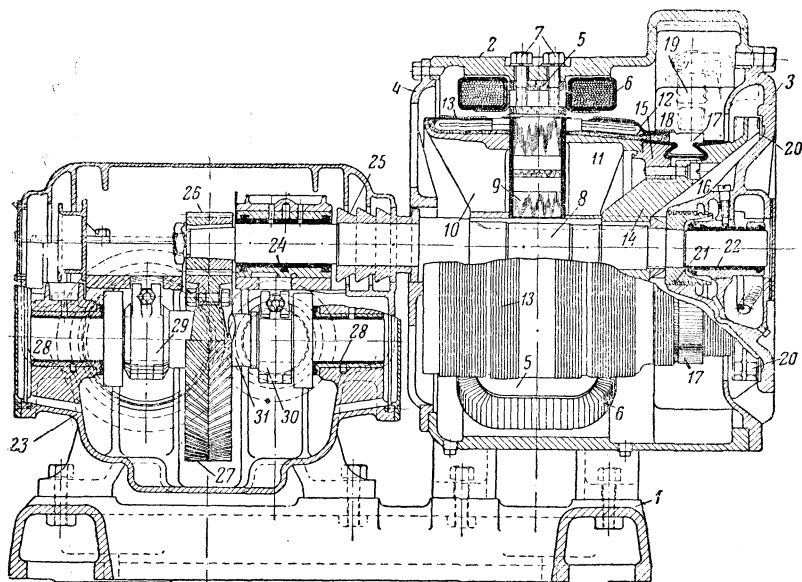


Фиг. 231. Мотор типа ДК-402А

коллектора, у мотора компрессора типа СР-32 вентилятор 20 выполнен двухкамерным и отлит вместе со втулкой 14. Воздух входит



в мотор через отверстие в щите 4 и разделяется на две струи: одна струя проходит через каналы в сердечнике якоря, а другая омывает поверхности катушек полюсов и якоря. Обе струи выбрасываются вентилятором через отверстия в подшипниковом щите 3 (фиг. 232). Вентиляция мотора типа ДК-402А последовательная: воздух поступает со стороны коллектора, проходит по каналам якоря, возвращается по каналам между катушками и выбрасы-



Фиг. 232. Разрез мотор-компрессора типа CP-32

вается вентилятором в отверстия, расположенные по периферии подшипникового щита (фиг. 231).

Нажимные шайбы 15 у моторов типов ДК-402А и CP-32 стянуты с коллекторными втулками 14 болтами 16 (фиг. 231 и 232).

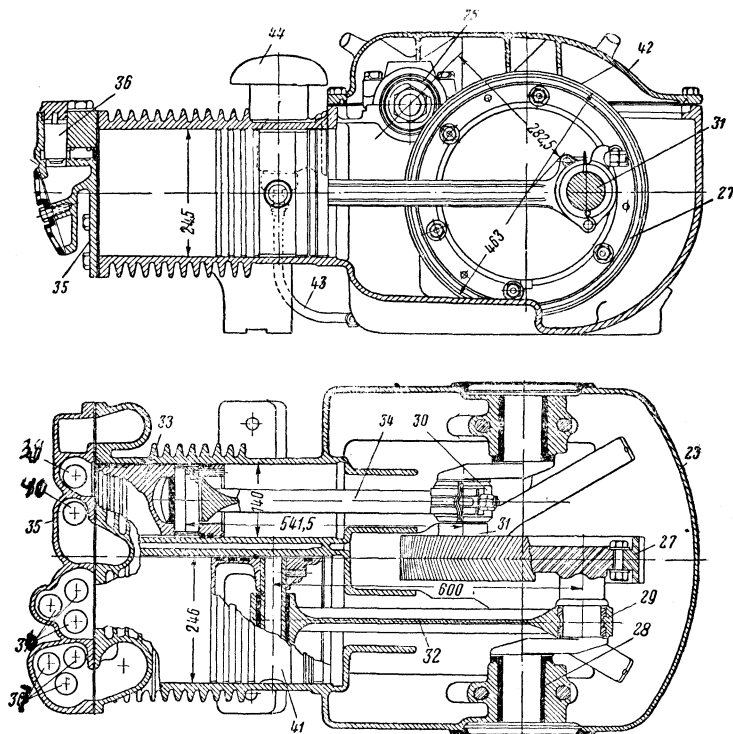
Особенностью конструкции моторов типов ДК-404А, ДК-402А и CP-32 является то, что в остова 2 (фиг. 227, 231 и 232) имеется только один якорный подшипник 22 со стороны коллектора; с другой стороны в торцевом щите 4 имеется только отверстие для пропуска вала 8. Второй подшипник 24 находится в корпусе 23 компрессора (фиг. 232).

Смазка к подшипнику 22 подаётся кольцом, помещённым в камеру с маслом.

Основные данные моторов компрессоров приведены в приложении 5.

**Компрессор.** Воздушный компрессор (фиг. 232 и 233) имеет два цилиндра—цилиндр низкого давления диаметром 246 мм и цилиндр высокого давления диаметром 140 мм. Цилиндры отлиты

из чугуна вместе с корпусом 23 компрессора и имеют снаружи рёбра для лучшего охлаждения. Во внутренние полости цилиндров впрессованы сменные втулки (рубашки), изготовленные из чугуна марки СЧ44; эти втулки при износе выпрессовываются и заменяются новыми. Во втулках цилиндров ходят поршни 33 и 41 (фиг. 234), имеющие уплотняющие кольца 38 и 45. На поршне



Фиг. 233. Разрезы компрессора типа Э-500

высокого давления 33 сделано шесть выточек для поршневых колец—пяти уплотняющих и одного маслоснимающего. Поршень низкого давления имеет три уплотняющих и одно маслоснимающее кольцо. Маслоснимающие кольца расположены со стороны картера (место, где находится механизм компрессора) и выполнены скошенными для лучшего снятия масла со стенок цилиндра. Поршни 33 и 41 соединены с шатунами 34 и 32, головки которых 30 и 29 обхватывают кривошипы коленчатого вала 31. Головки шатунов имеют вкладыши с баббитовой заливкой. На коленчатом валу 31 посажено зубчатое колесо 27, приводимое во вращение шестерней 26, насаженной на конец вала 8 мотора (фиг. 232 и 233). Коленчатый вал 31, изготовленный из стали Ст. 5, вращается в подшипниках 28 сколь-

зующего трения; вкладыши этих подшипников выполнены из бронзы и залиты баббитом.

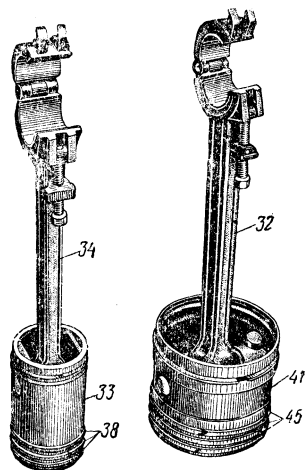
Чтобы смазка из картера компрессора не выбрасывалась через отверстие, где проходит вал 8, на последний напрессована маслоотражательная втулка 25.

Зубчатая передача выполнена шевронной и имеет передаточное число  $73 : 16 \approx 4,55$ , т. е. при 915 об/мин. якоря мотора число двойных ходов поршней в 1 мин. равно 200. Малая шестерня выполнена из хромоникелевой стали, большая — из стали марки 1045.

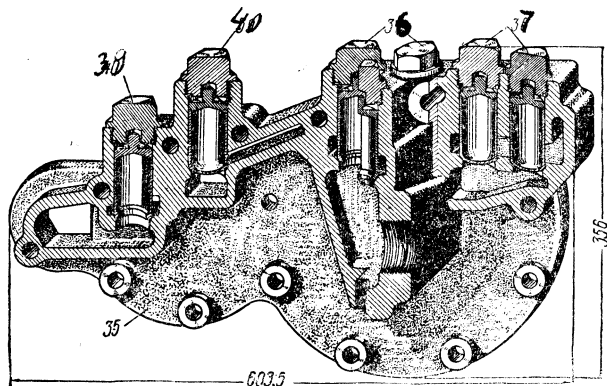
Цилиндры высокого и низкого давления закрыты одной общей крышкой 35 — клапанной коробкой, в которой установлены всасывающие и нагнетательные клапаны (фиг. 235).

Цилиндр низкого давления имеет три всасывающих клапана 36 и три нагнетательных 37, цилиндр высокого давления — один всасывающий клапан 39 и один нагнетательный 40.

Клапаны изготовлены пустотелыми из высококачественной стали. Клапанная коробка крепится к корпусу компрессора 14 шпильками с корончатыми гайками; между цилиндрами и клапанной



Фиг. 234. Поршни цилиндров высокого и низкого давления



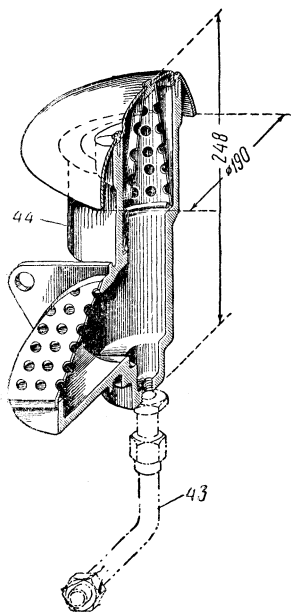
Фиг. 235. Клапанная коробка компрессора типа Э-500

коробкой устанавливается уплотняющая клингеритовая прокладка.

Картер компрессора имеет сверху съёмную чугунную крышку 42 (фиг. 233), которая крепится к корпусу 16 болтами. Между корпусом и крышкой ставится картонная прокладка, имеющая форму опорной поверхности крышки; эта прокладка обеспечивает плотное

прилегание крышки к картеру и предохраняет от попадания в него пыли и грязи.

Внутренняя поверхность крышки картера имеет специальные рёбра. При работе компрессора масло, находящееся на дне картера, увлекается и забрасывается большой шестернёй на рёбра крышки картера, откуда оно, стекая, попадает в подшипники коленчатого вала якоря и шатунов. В нижней части картера находятся два



Фиг. 236. Отдушник компрессора

отверстия, закрываемые металлическими пробками, — они служат для заливки и проверки уровня масла в картере.

Для предохранения цилиндров компрессора от пыли, которая может попасть вместе с засасываемым воздухом, на всасывающей трубе низкого давления установлен фильтр, набитый волосом или железной стружкой.

Чтобы предупредить появление в картере давления выше атмосферного, получающегося от движения поршней разного диаметра, из картера выведена трубка 43 диаметром  $\frac{1}{4}$ " (фиг. 233 и 236); сверху эта трубка подведена к отдушнику 44 компрессора, внутреннее пространство которого через сетки сообщено с атмосферой. Такое устройство препятствует выплёскиванию масла из картера компрессора.

Воздух из атмосферы засасывается поршнем цилиндра низкого давления при перемещении его в направлении, создающем разрежение; при обратном направлении движения поршня воздух сжимается. Вследствие увеличения давления в цилиндре низкого давления всасывающие клапаны его закрываются и воздух выбрасывается через нагнетательные клапаны в змеевик, расположенный на крыше кузова. Из змеевика воздух попадает через всасывающие клапаны цилиндра высокого давления в камеру сжатия, где он сжимается дополнительно до рабочего давления и через нагнетательные клапаны высокого давления переходит в главные воздушные резервуары электровоза.

Тихоходные компрессоры имеют следующие технические данные:

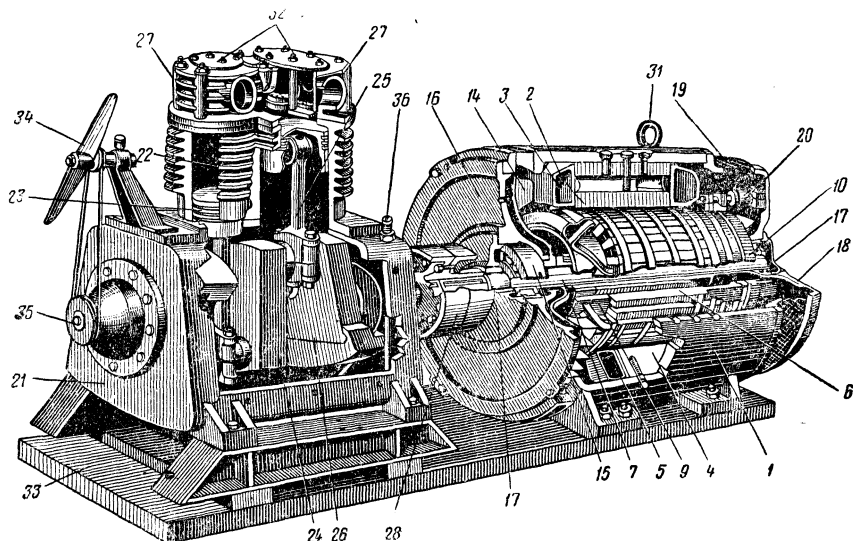
Режим работы . . . . .	Повторно-кратковременный
Продолжительность работы от всего времени работы электровоза . . . . .	30%
Производительность при противодавлении 8 ат . . . . .	1 750 л/мин
Число оборотов в 1 мин. . . . .	200

Диаметр цилиндра низкого давления . . . . .	246,0 мм
» » высокого » . . . . .	140,0 »
Ход поршня . . . . .	225,0 »
Диаметр всасывающей трубы . . . . .	50,0 »
» нагнетательной трубы . . . . .	38,0 »
Вес мотор-компрессора . . . . .	1 460 кг

### 3. Быстроходный компрессор

На части электровозов серии ВЛ19 установлены быстроходные компрессоры типа ТВ-130, приводимые в движение моторами типа ЭК-12 (фиг. 237).

**Мотор.** Мотор типа ЭК-12 выполнен в двух вариантах: типа ЭК-12/3000 — для электровозов на напряжение 3 000 в и типа ЭК-12/1500/3000 — для электровозов на два напряжения,

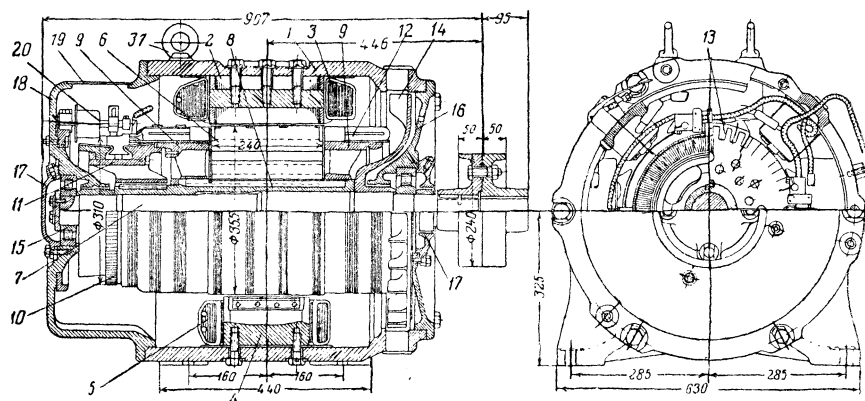


Фиг. 237. Быстроходный компрессор типа ТВ-130 с мотором типа ЭК-12/3000

Мотор типа ЭК-12/3000 (фиг. 237 и 238) имеет литой остов 1, к которому с боков прикреплены на болтах подшипниковые щиты 16 и 18. В подшипниковых щитах помещены роликовые подшипники 15, закрытые буксами 17. Мотор имеет четыре главных полюса 2, набранных из отдельных листов стали и прикреплённых к остову 1 болтами. Обмотка главных полюсов 3 намотана из круглой проволоки с двойной бумажной изоляцией. Дополнительные полюсы 4, имеющие обмотки 5, выполнены из сплошной стали и расположены под углом 45° к главным полюсам. Между сердечниками дополнительных полюсов и остовом ставятся латунные прокладки, а сами полюсы крепятся болтами из диамагнитного материала.

Катушки главных и дополнительных полюсов изолируются миканитовой изоляцией; выводы из катушек выполнены высоковольтным кабелем.

Сердечник 6 якоря посажен на втулку 8 и сжат нажимными шайбами 9. Втулка напрессована на вал 7 якоря. Обмотка 12 якоря удерживается в пазах 13 якоря бандажми. Концы обмотки якоря подведены к коллектору 10, сидящему на втулке 11. Секции обмотки наматываются из провода, покрытого эмалью и хлопчатобумажной изоляцией. Отдельные слои секции изолируются эксцельсиором, а снаружи секции обматываются миканитовой лентой. Для охлаждения мотора имеется центробежный вентилятор 14. Воздух засасывается через сетку 19 со стороны коллектора, прогоняется



Фиг. 238. Мотор типа ЭК-12/3000

через машину и выбрасывается через сетку со стороны вентилятора. Щёткодержатели прикреплены к подшипниковому щиту 18 через изоляторы 20.

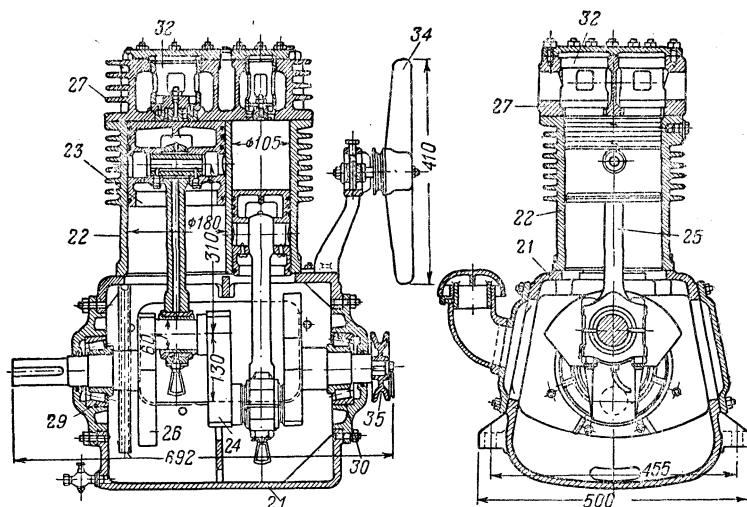
Для подъёма мотора в остов ввёрнуто кольцо 31.

**Компрессор.** Компрессор (фиг. 237 и 239) имеет два цилиндра 22 высокого и низкого давления, отлитых вместе и прикреплённых на картере 21. Наружная поверхность цилиндров имеет рёбра для лучшего охлаждения. Диаметр цилиндра низкого давления равен 180 мм, высокого давления — 105 мм. В цилиндрах ходят поршни 23, соединённые с шатунами 25. Ход поршней равен 130 мм.

Головки шатунов приводятся в движение коленчатым валом 24, вращающимся в конических роликовых подшипниках 29 и 30. На валу посажены противовесы 26, создающие более спокойную работу компрессора. На концах коленчатого вала с одной стороны посажена соединительная муфта, связывающая вал компрессора с валом мотора, а с другой стороны — шкив 35, приводящий во вращение посредством ремня вентилятор 34, который гонит воздух для охлаждения цилиндров компрессора.

Все движущиеся части компрессора помещены в картере 21, который служит смазочной камерой. Масло захватывается черпаками, имеющимися на нижних головках шатунов, и разбрызгивается на все трущиеся части компрессора. Смазка в компрессоры подаётся через маслёрки 36.

Клапаны цилиндров высокого и низкого давления помещены в клапанной коробке 27, которая крепится к цилиндрам шестью



Фиг. 239. Компрессор типа ТВ-130

болтами. Коробка выполнена с охлаждающими рёбрами. Каждый цилиндр имеет по одному впускному и по одному выпускному клапану. Сверху коробка закрыта крышками 32, при снятии которых можно производить осмотр и выемку клапанов. К коробке клапанов присоединены трубопровод и фильтр.

Компрессор и мотор крепятся на одной плите 33 и соединены между собой муфтой 28 (фиг. 237).

Компрессор ТВ-130 при противодавлении 8 ат и 730 об/мин. имеет производительность 1 750 л/мин сжатого воздуха. Вес компрессора 300 кг.

#### 4. Мотор-компрессор типа CZB-6

На электровозах серий С<sup>н</sup>, ПБ и первых электровозах серии ВЛ19 установлены мотор-компрессоры типа CZB-6 (фиг. 240 и 241).

Мотор-компрессор типа CZB-6 состоит из воздушного компрессора и серийного мотора типа GFM-300/4а, корпус и остов которых скреплены болтами. Соединение валов мотора с компрессором осуществлено при помощи конической передачи.

Вследствие наличия конической передачи мотор крепится в торец компрессора, что придаёт мотор-компрессору узкую продолговатую форму с небольшими размерами по высоте.

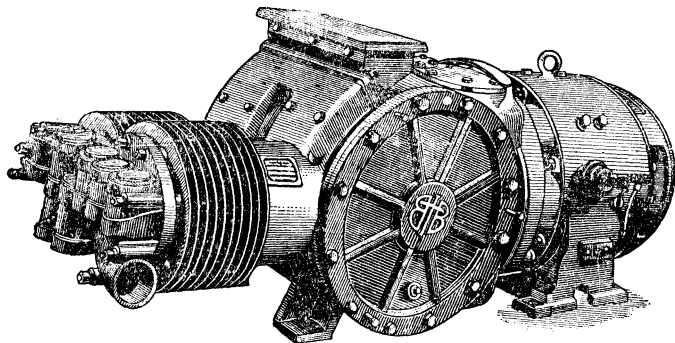
**Мотор.** Мотор типа GFM-300/4а выполнен на рабочее напряжение 3 000 в; обмотка катушек главных и дополнительных полюсов — из круглой меди; форма катушек цилиндрическая. От корпуса и сердечника полюсы катушки изолированы толстым слоем прессованной миканитовой изоляции, а внешняя часть их защищена только пропитанным хлопчатобумажным полотном; такого рода изоляция даёт возможность хорошо охлаждаться катушке, но зато требует аккуратного обращения в производстве вследствие лёгкой возможности повреждения изоляции.

Мотор имеет четыре щёткодержателя, укрепленных на поворотной траверсе, дающей возможность легко находить нейтральную ось на коллекторе.

Якорь мотора вращается в роликовых подшипниках. Обмотка якоря волновая, выполнена из круглого провода; секции изолированы бумажно-слюдяной лентой; обмотка закреплена стальным бандажом.

**Компрессор.** Компрессор (фиг. 241) имеет два горизонтальных цилиндра — высокого и низкого давления. В цилиндре низкого давления воздух сжимается до 2,5 ат, а в цилиндре высокого давления — в среднем до 9 ат.

Оба цилиндра и корпус компрессора представляют собой цельную отливку 17. Цилиндры компрессора для лучшего охлаждения имеют ребристую поверхность.



Фиг. 240. Мотор-компрессор типа CZB-6

Поршни 1 и 2 цилиндров высокого и низкого давления соединены шатунами 3 и 4 с коленчатым валом 5. Головки шатунов 6 и 7, обхватывающие коленчатый вал, разъёмные и имеют вкладыши с баббитовой заливкой. Шатуны уравновешены противовесами. Коленчатый вал вращается в двух роликовых подшипниках 8 с коническими роликами. Внутреннее кольцо с роликами имеет возможность перемещаться в осевом направлении внутри наружного конического кольца подшипника, вследствие чего подшипники после некоторого изнашивания могут быть подтянуты.

Подшипники 8 впрессованы в подшипниковых щитах 18, которые болтами прикреплены к корпусу 17. Подшипниковые щиты имеют по три отжимных болта для выпрессовки щитов из корпуса. В нижней части щита сделано отверстие для проверки уровня масла.

Поршень низкого давления и поршень высокого давления имеют по три поршневых кольца 9 и 10. Кольца 11 и 12 со стороны картера являются маслосбрасывающими.

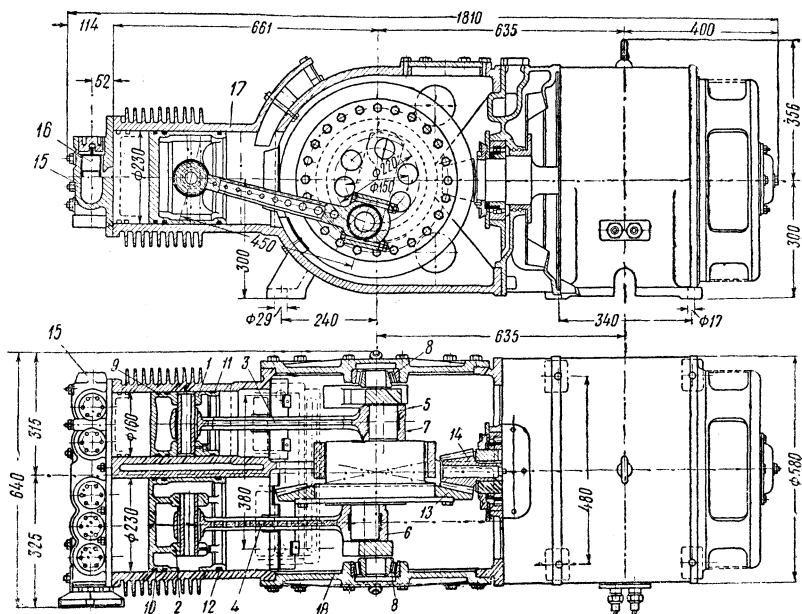
Передача движения от мотора к коленчатому валу компрессора производится при помощи конических зубчатых колёс 13 и 14 с передаточным числом, равным 5,46. На валу мотора укреплен коническая шестерня 14, вращающая зубчатое колесо 13, насаженное на коленчатый вал между двумя шатунами.

Цилиндры закрыты клапанной коробкой 15, в которой помещены пять клапанов 16; у цилиндра низкого давления имеется два всасывающих и один



перепускной клапан; у цилиндра высокого давления — один впускной и один нагнетательный клапан.

В верхней части корпуса компрессора имеется два маленьких смотровых люка, крышки которых крепятся к основанию болтами. Во избежание



Фиг. 241. Разрезы компрессора типа CZB-6

обильного попадания масла из картера в цилиндры, а отсюда в трубопроводы цилиндры отгорожены от картера дополнительными перегородками.

Производительность компрессора 1 800 л/мин при противодавлении, равном 8 ат. Максимальное давление 10 ат.

## Б. ДИНАМОТОР

### 5. Общие сведения

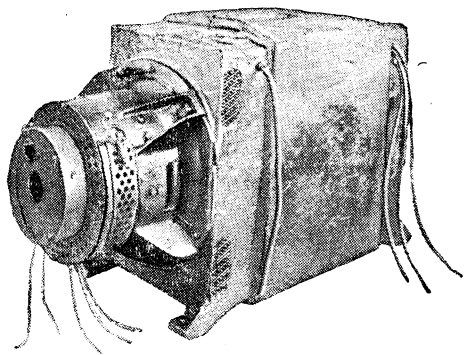
В период, когда строились электровозы серий Сс и С, не были ещё освоены моторы для вспомогательных машин, работающие от напряжения 3 000 в. Поэтому на этих электровозах был установлен делитель напряжения — динамотор, со средней точки которого снималось напряжение 1 500 в.

Название «динамотор» получилось как сокращение при слиянии двух слов: динамо (старое название генератора) и мотор. Это сокращение имеет определённый смысл, так как динамотор представляет две совмещённые в одном агрегате машины.

Применение на электровозе динамотора даёт возможность понизить напряжение на коллекторах других вспомогательных машин, но зато ставит последние в зависимость от состояния динамотора. На электровозах серий Сс и С установлены динамоторы типов ДД-60 и СДМ-20А одинаковой конструкции (фиг. 242).

Динамотор типа ДД-60 представляет собой одноякорную двухколлекторную двухполюсную машину с двумя совершенно независимыми якорь-

ными обмотками, расположенными в одних и тех же пазах. Обмотки якоря присоединены к коллекторам, расположенным по обе стороны сердечника якоря (фиг. 243). Обмотка возбуждения динамотора состоит из шунтовой  $\text{Ш}$  и двух одинаковых серийных обмоток  $C_1$  и  $C_2$  (фиг. 244). Витки обмоток  $\text{Ш}$ ,  $C_1$  и  $C_2$  расположены так, что половина витков каждой из обмоток лежит на одном полюсе, а половина—на другом.



Фиг. 242. Общий вид динамотора с генератором тока управления

На каждом из полюсов витки обмоток  $C_1$  и  $C_2$  расположены так, чтобы при направлении тока от точки  $в$  к точке  $с$  ампер-витки обмоток  $C_1$  и  $C_2$  действовали согласованно. Если же ток в обмотке  $C_1$  имеет направление от  $в$  к  $а$ , а в обмотке  $C_2$  от  $с$  к  $а$ , то ампер-витки обмоток  $C_1$  и  $C_2$  действуют навстречу один другому. Так как число витков обмоток  $C_1$  и  $C_2$  на каждом из полюсов одинаково, то в последнем случае при одинаковой величине тока в обмотках  $C_1$  и  $C_2$  ампер-витки их будут взаимно уничтожаться. Шунтовая обмотка  $\text{Ш}$ , включённая между землёй и точкой  $в$ , находится всегда под напряжением, близким к 1 500 в, и создаёт поток, направленный согласованно с потоком серийной катушки  $C_1$  при направлении в ней тока от точки  $в$  к  $а$ .

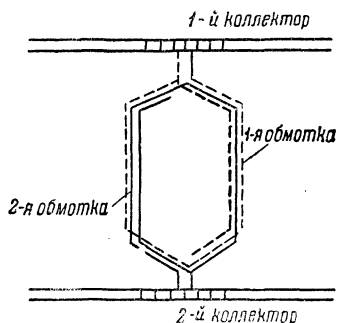
Точка соединения серийных обмоток (точка  $а$ ) является одновременно и средней точкой динамотора, к которой подключён кабель, выведенный к другим вспомогательным машинам.

Серийные обмотки  $C_1$  и  $C_2$  во время пуска динамотора создают основной магнитный поток, так как в это время шунтовая обмотка  $\text{Ш}$  находится под низким напряжением и, обладая большой самоиндукцией, остаётся почти обесточенной.

## 6. Холодная работа динамотора

Когда динамотор работает без нагрузки, ток от контактного провода проходит через обмотку 1 якоря, серийные обмотки  $C_1$  и  $C_2$ , обмотку 2 якоря и идёт в землю. Одновременно ток ответвляется от точки  $в$  и проходит через шунтовую обмотку  $\text{Ш}$  (фиг. 244). В этом случае магнитные потоки шунтовой обмотки  $\text{Ш}$  и обеих серийных обмоток  $C_1$  и  $C_2$  направлены в одну сторону и образуют общий магнитный поток. Так как при холодной работе динамотора ток в якоря и серийных обмотках весьма мал (около 2,2 а без нагрузки от генератора тока управления), то магнитный поток, образованный обмотками  $C_1$  и  $C_2$ , ничтожен и практически якорь находится под воздействием магнитного потока только шунтовой обмотки.

Противо-э. д. с. якорных обмоток 1 и 2 равны между собой, так как обе обмотки имеют одинаковое число витков и одну и ту же скорость вращения в общем для обеих обмоток магнитном поле. Поэтому напряжение на средней точке динамотора (точке  $а$ ) равно половине напряжения контактной



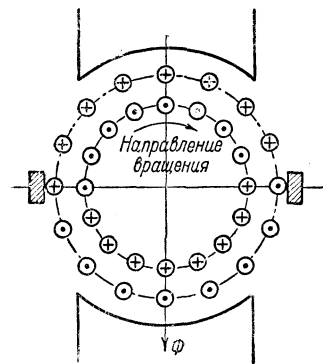
Фиг. 243. Взаимное расположение обмоток и коллекторов динамотора

сети. При напряжении в контактной сети 3 000 в напряжение между точками  $a$  и  $d$  и точками  $a$  и  $e$  равно соответственно по 1 500 в.

Во время холостого хода обмотки 1 и 2 якоря работают на моторном режиме, и работу динамотора можно рассматривать как работу двух одинаковых, последовательно включённых моторов.

## 7. Рабочий режим динамотора

Если к средней точке динамотора замыкаем контакта 3 подключить нагрузку, например, в виде сопротивления  $R_1$ , то ток, идущий от контактного провода, разветвится в точке  $a$ : часть его пройдёт через обмотку 2 якоря, часть — через сопротивление  $R_1$ . Снижение тока на участке  $ae$  по сравнению с участком  $da$  при одинаковых омических сопротивлениях этих участков приведёт к тому, что падение напряжения на участке  $da$  будет больше, чем на участке  $ae$ , и потенциал точки  $a$  по отношению к земле несколько снизится. С увеличением тока, проходящего через сопротивление  $R_1$ , наступит момент, когда э. д. с. обмотки 2 якоря станет по величине равной потенциалу точки  $a$ , и тогда весь ток будет проходить через сопротивление  $R_1$ . При дальнейшем увеличении тока, проходящего через сопротивление  $R_1$ , значение э. д. с. обмотки 2 якоря станет больше величины потенциала точки  $a$ . Направление тока в обмотке 2 якоря изменится на обратное, и обмотка 2 перейдёт на генераторный режим работы. Следовательно, рабочий режим динамотора характерен тем, что одна обмотка работает при моторном, а другая при генераторном режиме.



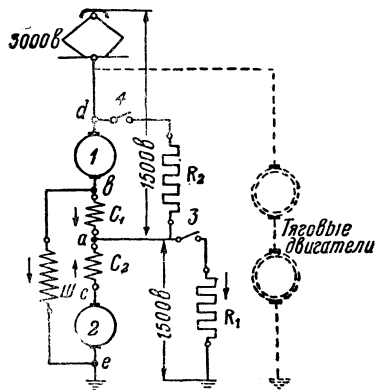
Фиг. 245. Направление тока в обмотках якоря динамотора

Переход обмотки 2 якоря с моторного на генераторный режим происходит при токе, равном двойному току холостого хода (около 4,25  $a$ ). На эту же величину различаются между собой токи в обмотках 1 и 2 якоря и серийных обмотках  $C_1$  и  $C_2$ . Поэтому магнитный поток, создаваемый обмоткой  $C_1$ , почти полностью компенсируется потоком, создаваемым обмоткой  $C_2$ , и рабочей обмоткой, как и при холостом ходе, является шунтовая обмотка  $Ш$ .

Нагрузка к динамотору может присоединяться также со стороны якорной обмотки 1, т. е. между точками  $a$  и  $d$ . В этом случае, очевидно, моторным режимом будет работать якорная обмотка 2 и генераторным — якорная обмотка 1.

Применяемое на электровозах серий Сс и С одновременное включение нагрузки на обе обмотки динамотора значительно уменьшает его нагрузку, так как динамотор при этом нагружается лишь разностью токов, проходящих по сопротивлениям  $R_1$  и  $R_2$ .

Так как токи в обмотках 1 и 2 якоря текут при нагрузке в противоположные стороны (фиг. 245) и отличаются между собой на небольшую величину, то реакция якоря будет практически отсутствовать. Этим и объясняется отсутствие дополнительных полюсов в машине.



Фиг. 244. Схема динамотора

## 8. Работа динамотора при отрыве пантографа от контактной сети и коротких замыканиях

При отрыве пантографа от контактного провода цепь динамотора оказывается замкнутой через тяговые двигатели или вспомогательные машины накоротко (на фиг. 244 цепь тяговых двигателей изображена пунктиром). Динамотор вращается по инерции, и следовало бы ожидать большого тока короткого замыкания, однако этого не происходит благодаря следующему. Ток в обмотке  $C_1$ , протекавший ранее от точки  $b$  к точке  $a$ , спадёт до нуля, что вызовет падение магнитного потока обмотки  $C_1$ . Уменьшение потока обмотки  $C_1$  вызовет уменьшение общего потока машины, так как поток обмотки  $C_2$  уже не будет компенсироваться полностью потоком обмотки  $C_1$ . Это уменьшение потока машины вызовет понижение э. д. с. в якоре, а следовательно, падение тока в обмотке  $III$  и уменьшение её потока. Одновременно будут уменьшаться ток в серийных катушках и их поток.

Ввиду того что ток в обмотке  $III$  будет падать сравнительно медленно из-за её большой самоиндукции, поток её будет падать тоже медленно, а поэтому процесс размагничивания замедлится. Ток в обмотке  $C_1$  изменит своё направление и потечёт от точки  $a$  к точке  $b$  и таким образом создаст поток, ещё более ускоряющий размагничивание машин. Ускоряет размагничивание также и то, что насыщение в зубах якоря взято сравнительно слабое. Вследствие указанного машина размагнитится быстро, и ток короткого замыкания не сможет возрасти до опасной величины. Роль обмоток  $C_1$  и  $C_2$ , как это видно из описанного, и заключается в том, чтобы при коротком замыкании размагнитить машину.

Такая же картина имеет место при коротком замыкании контактной сети.

При коротком замыкании вспомогательной цепи на 1 500 в происходит следующее.

Поток обмотки  $III$  спадает до нуля, и весь поток машины будет равен разности магнитных потоков обмоток  $C_2$  и  $C_1$ . Так как потенциал точки  $a$  при коротком замыкании равен нулю, то обмотка  $I$  якоря должна работать как мотор, а обмотка  $2$  якоря — как генератор. Машина сильно перегружится и сгорит, если её быстро не отключить.

Динамотор при нормальной работе является шунтовой машиной и при обрыве цепи шунтовой обмотки подвергается опасности разноса.

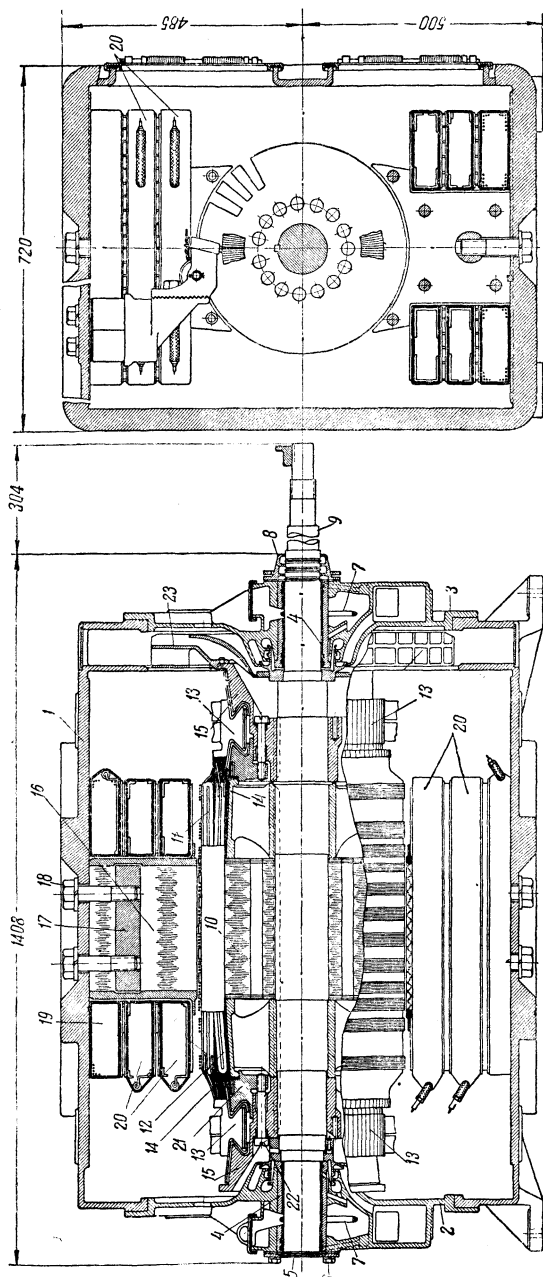
Во избежание чрезмерного повышения скорости вращения динамотор снабжён центробежным ограничителем скорости, отключающим машину, если скорость вращения превысит 1 800 об/мин. (см. гл. VIII).

## 9. Конструкция динамотора

Остов  $I$  динамотора (фиг. 246) отлит из стали с высокой магнитопроводностью и имеет прямоугольную форму. Для крепления динамотора в нижней части остова имеются четыре лапы, не выходящие за габариты прямоугольной части. В верхней части остова сделаны отверстия с нарезкой под подъёмные кольца.

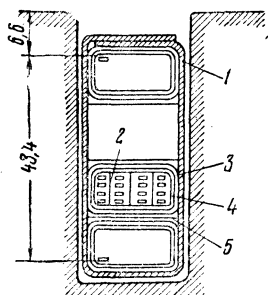
Для доступа к шёткодержателям и коллекторам на одной из боковых сторон остова предусмотрены четыре люка, два из которых закрыты крышками с сетками, а два — глухими крышками (фиг. 242). Люки с сетками служат для забора воздуха вентилятором динамотора. Крышки люков прижимаются к остову витыми пружинами.

Сердечники полюсов динамотора собираются из листов  $16$  динамной стали (фиг. 246) и запрессовываются между литыми боковинами. В средней части полюса помещается стальной стержень  $17$ , в который ввёртываются болты  $18$ , крепящие полюс к остову. На каждом полюсном сердечнике насажено по две серийные катушки  $20$  и по одной шунтовой  $19$ . Катушки крепятся при помощи пружинных фланцев, опирающихся на полюсные башмаки и приливы, сделанные на боковинах сердечников полюсов.



Фиг. 246. Разрезы динамометра типа ДД-60

Для лучшей вентиляции катушек между ними положены стальные ребристые фланцы, через которые проходит охлаждающий воздух. Так как наконечник полюса обхватывает якорь на значительной длине, то при малейшем перекасе полюса возможно задевание за него якоря. Поэтому для более точной установки полюсов как в сердечнике полюса, так и в остова делается долевой паз, куда закладывается шпонка.



Фиг. 247. Расположение проводников в пазу динамотора

хлопчатобумажная лента 3 толщиной слоя 0,6 мм, прессшпановая прокладка 2, толщиной слоя 1,5 мм и прокладка 5.

Обмотки якоря петлевые; каждая состоит из 29 секций по 16 проводников.

Коллекторы имеют по 232 медные пластины 13 (фиг. 246), изолированные миканитовыми прокладками толщиной 0,8 мм, продороженными на глубину 1,2 мм. Ласточкины хвосты коллекторных пластин зажаты между стальными нажимными шайбами 21 и 15, которые стянуты болтами 22. От нажимных шайб коллекторные пластины изолированы трёхслойными миканитовыми конусами.

На внешней нажимной шайбе 15 коллектора на стороне с напряжением 0—1 500 в укреплён при помощи болтов двухкамерный, отлитый из силумина вентилятор 23. Воздух поступает через крышки боковых коллекторных люков остова со стороны коллектора высокого напряжения: одна струя воздуха омывает внешнюю часть якоря и катушки, другая идёт по каналам нажимной шайбы и якоря, затем через вторую нажимную шайбу ко второму коллектору. Обе струи выбрасываются вентилятором наружу через защищённые сеткой отверстия в остова.

Динамотор имеет по два щёткодержателя на каждом коллекторе, расположенных диаметрально. Бронзовый корпус щёткодержателя укреплён на стальном кронштейне, а последний при помощи стержней, опрессованных слюдяной изоляцией, крепится к остову динамотора. Снаружи на стержни надеты фарфоровые изоляторы, предохраняющие от переброса дуги с кронштейна щёткодержателя на остов динамотора. Каждый щёткодержатель имеет по две угольные щётки.

Щётки прижимаются к коллектору спиральной бронзовой пружиной, навитой на барабан с отверстиями.

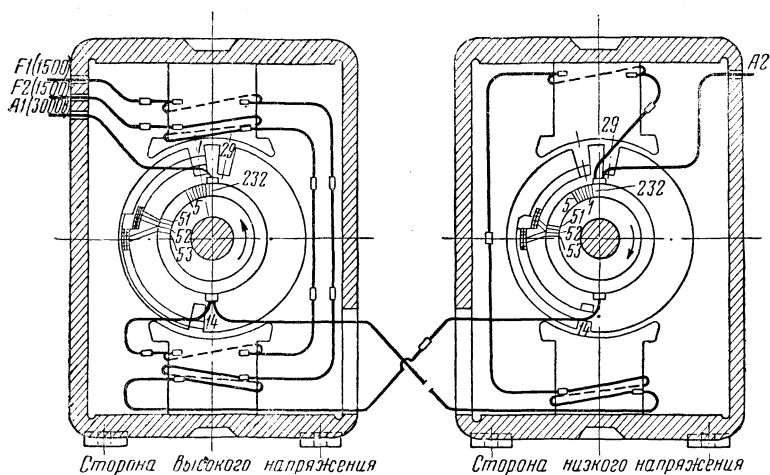
Регулирование давления производится перестановкой шплинта в отверстиях барабана.

Щёткодержатели со стороны коллектора с напряжением 1 500—3 000 в расположены точно по нейтрали; щёткодержатели на стороне 0—1 500 в смещены на 12,5 мм по направлению вращения.

Щётки устанавливаются наклонно, так, чтобы коллектор набегал со стороны тупого угла.

Подшипниковые щиты 2 и 3 из стального литья входят в соответствующие заточки остова и крепятся к нему болтами.

Вал 9 динамотора вращается в цельных бронзовых подшипниках 4 скользящего трения с баббитовой заливкой. Смазка подшипников производится посредством смазочных колец 7. В нижней части подшипниковой камеры имеется контрольная трубка для заливки и проверки уровня масла в камере; там же расположены отверстия, закрытые пробкой, для освобождения камеры от отработавшего масла и промывки её.



Фиг. 248. Схема соединения обмоток якоря и полюсов динамотора

Для надзора за работой смазочных колец имеются крышки. Один конец вала закрыт крышкой 5, крепящейся к подшипниковому щиту 2 болтами 6. С другой стороны вала имеется лабиринтовое уплотнение 8, через которое пропущен удлиненный конец вала для насадки на него якоря генератора тока управления (см. ниже). Подшипники 4 заливаются баббитом слоем толщиной 2 мм.

При новых вкладышах верхний междужелезный зазор составляет около 3,3 мм, нижний — около 3 мм. Нижний междужелезный зазор не должен быть менее 1,3 мм.

Во время сборки динамотора его остов ставят в вертикальное положение, крепят к нему полюсы с надетыми на них катушками, устанавливают щёткодержатели и производят соединение кабелей (фиг. 248).

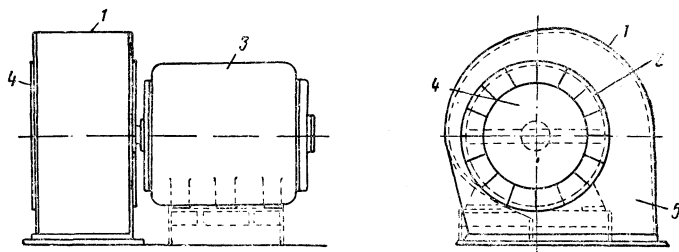
Междукатушечные соединения и присоединения к щёткодержателям осуществляются при помощи соединительных муфт с правой и левой резьбой. Затем ставится подшипниковый щит со стороны коллектора с напряжением 1 500—3 000 в, вставляется якорь и укрепляется второй подшипниковый щит.

## В. ВЕНТИЛЯТОРЫ

### 10. Общие сведения о вентиляторах

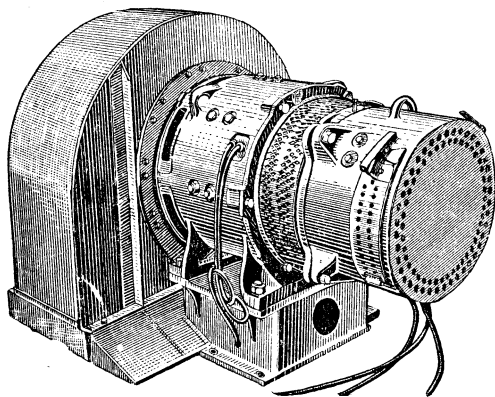
Для принудительной вентиляции тяговых двигателей на электровозах применяются центробежные вентиляторы, приводимые во вращение серийными моторами высокого напряжения. Агрегат, состоящий из мотора и вентилятора, носит название мотор-вентилятора.

Центробежные вентиляторы состоят из клёпаного или литого кожуха 1 (фиг. 249), имеющего форму спирали и заключающего в себе колесо с лопатками (ротор) 2, которое приводится в движение мотором 3. Для входа воздуха в вентилятор на кожухе имеется всасывающее отверстие 4, обычно закрываемое сеткой. На месте выхода воздуха устанавливается фланец, к которому присоеди-



Фиг. 249. Мотор-вентилятор

няется нагнетательный трубопровод. При вращении лопастного колеса частицы воздуха, находившиеся в состоянии покоя между лопатками, приводятся последними в движение и под действием центробежной силы вылетают из колеса в кожух и далее через выходное отверстие 5 в нагнетательный трубопровод.



Фиг. 250. Мотор-вентилятор электровоза серии ВЛ22<sup>м</sup>

Взамен выброшенных частиц в колесо поступают новые частицы, которые совершают тот же процесс. Этот процесс выбрасывания создаёт внутри колеса разрежение (вакуум), вызывающее приток в него воздуха снаружи через всасывающее отверстие. С наружной стороны колеса, наоборот, создаётся небольшое да-

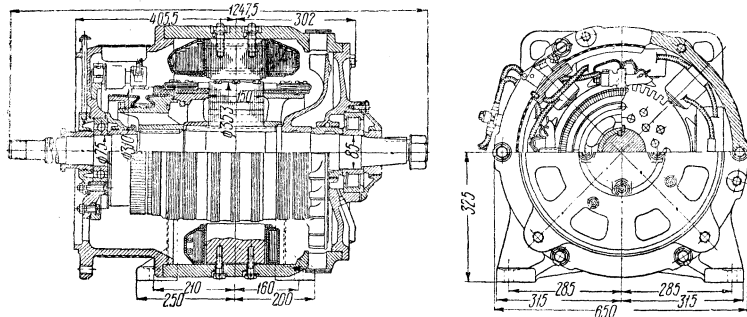
вление, необходимое для сообщения скорости и для преодоления сопротивлений перемещению воздуха по патрубкам и каналам вентиляционной системы и тяговых двигателей. Давление, создаваемое вентилятором, обычно измеряется в миллиметрах водяного столба (см. гл. I).

Засасываемый центробежным вентилятором воздух входит в колесо через всасывающее отверстие в осевом направлении, а выход



дит по окружности колеса, проходя через каналы между лопатками, в близком к радиальному направлению.

Современные тяговые двигатели потребляют 70—100  $\text{м}^3/\text{мин}$  воздуха. Следовательно, вентилятор, установленный на шести-



Фиг. 251. Мотор типа ДК-403Г

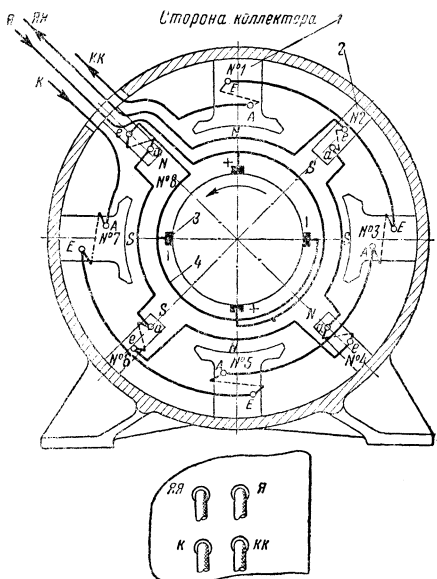
осном электровозе, должен прогонять через тяговые двигатели 420—600  $\text{м}^3/\text{мин}$  воздуха. Если учесть наличие при этом утечек, которые можно принять в среднем равными 15—20 %, то производительность вентилятора должна равняться 500—720  $\text{м}^3/\text{мин}$ .

Ограниченность места не позволяет выполнить вентилятор с одним ротором на такую высокую производительность. Поэтому обычно на электровозах устанавливают два мотор-вентилятора или один с двумя роторами.

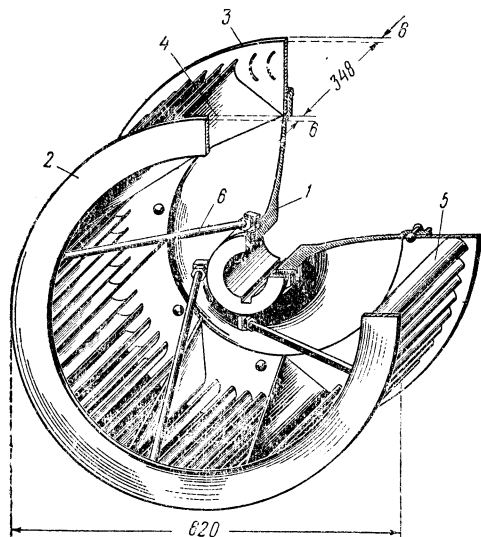
## 11. Мотор-вентиляторы с моторами типов ДК-403 и ДВ-18

На электровозах серий ВЛ22<sup>м</sup> и ВЛ22 установлено по два мотор-вентилятора с моторами типа ДК-403 (фиг. 250 и 251), имеющими рабочее напряжение на коллекторе 3 000 в.

Конструкция мотора типа ДК-403 мало чем отличается от мотора компрессора типа ДК-404 (см. выше). Остов мотора типа ДК-403 имеет цилиндрическую форму и отлит из стали с высокой магнитной проницаемостью. Внутри остова укреплены четыре главных и четыре дополнитель-



ных полюса, катушки которых намотаны из круглой меди, изолированной двойной хлопчатобумажной изоляцией. Катушки обмотаны полотняной, лакотканной, а затем киперной лентой и пропитаны лаком. Якорь мотора вращается в роликовых подшипниках, укрепленных в подшипниковых щитах. Обмотка якоря выполнена из круглого эмалированного медного провода. Отдельные слои обмотки изолируются лентой из шелковой лакоткани.



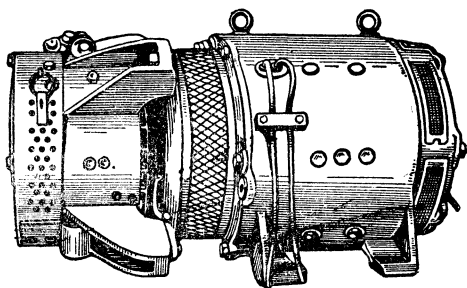
Фиг. 253. Ротор вентилятора

ным диаметром вала и роликовыми подшипниками 75/160-37 и 85/210-52 (ДК-403Г).

У мотора типа ДК-403Г было также несколько увеличено сечение меди обмотки якоря и применён провод с шелковой изоляцией вместо хлопчатобумажной (ПЭЛШД вместо ПЭЛБД). Схема соединений обмоток мотора типа ДК-403 показана на фиг. 252; конструкция щёткодержателя — на фиг. 228.

На вал мотора типа ДК-403 со стороны, противоположной коллектору, насажен ротор вентилятора типа «Сирокко» (фиг. 253). Ротор состоит из ступицы 1, двух стальных дисков 2 и 3, к которым приварено 8 больших лопаток 4 и 56 малых лопаток 5. Дополнительным креплением переднего диска 2 служат стальные стержни 6. Ротор вентилятора помещён в кожух, сваренный из листовой стали (фиг. 249 и 250).

Подшипниковый щит со стороны коллектора имеет четыре прилива, к которым крепится остов генератора тока управления. Первоначально моторы типа ДК-403 выпускались с роликовыми подшипниками диаметром 70/150 мм, шириной 35 мм и диаметром 70/180 мм и шириной 42 мм (ДК-403А), а затем, с конца 1939 г., стал выпускаться тип с увеличен-



Фиг. 254. Мотор типа ДВ-18/3000 с генератором тока управления типа ДУ-3

Производительность вентилятора при противодавлении 145 мм водяного столба и 1 300 об/мин. составляет 280 м<sup>3</sup> воздуха в минуту. На консольной части другой стороны вала мотора насажен якорь генератора тока управления типа ДК-405 или ДУ-3 (см. ниже).

На электровозах серии ВЛ19, начиная с № 123, и электровозах серии СК установлено по два мотор-вентилятора с моторами типа ДВ-18/3000 (фиг. 254 и 255).

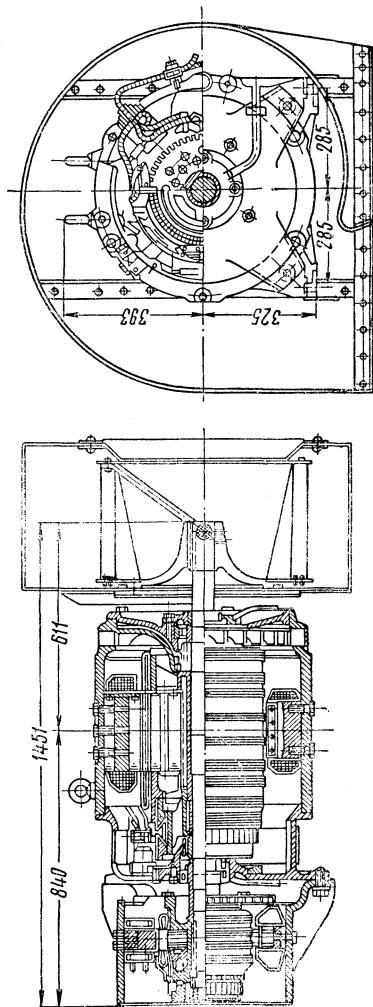
Эти моторы имеют напряжение на коллекторе в 3 000 в. На электровозах серии ВЛ19, выполненных на два напряжения, установлены моторы типа ДВ-18/1500/3000, имеющие рабочее напряжение на коллекторе 1 500 в. Эти моторы при напряжении в контактном проводе 3 000 в соединяются последовательно.

Моторы типа ДВ-18/3000 отличаются от моторов типа ДВ-18/1500/3000 только числом витков на катушках полюсов и якоря и сечением провода. Моторы типа ДВ-18/3000 имеют 269 коллекторных пластин вместо 315 пластин у мотора типа ДК-403; несколько повышенное напряжение между пластинами коллектора ухудшает процесс коммутации мотора типа ДВ-18, что и послужило причиной перехода на выпуск моторов типа ДК-403.

## 12. Вентилятор с мотором типа ДДИ-60

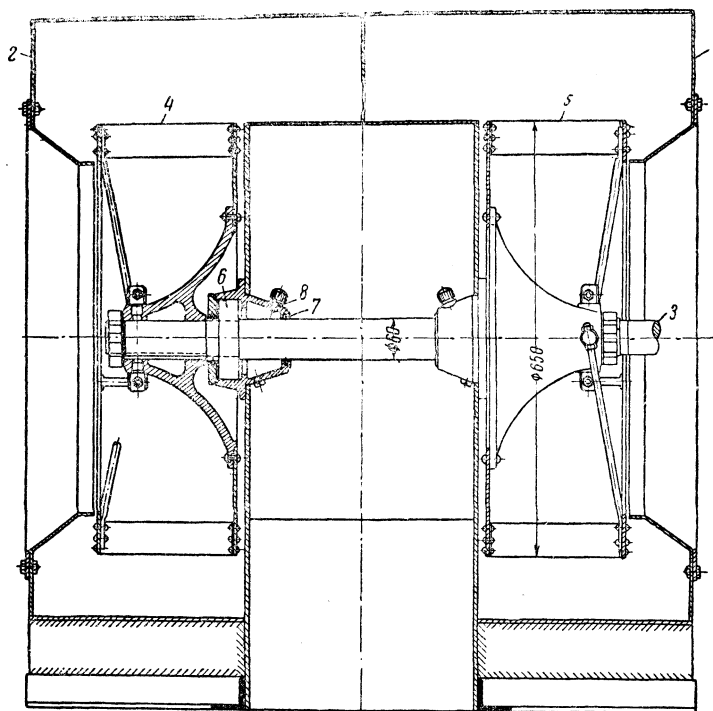
На электровозах серии ВЛ19 до № 123 и электровозе ПБ21-01 установлены вдвоенные вентиляторы (фиг. 256), приводимые в движение мотором типа ДДИ-60, представляющим собой видоизменённый динамотор типа ДД-60 (фиг. 242 и 246).

Отличие мотора типа ДДИ-60 от динамотора типа ДД-60 заключается в том, что у него отсутствует шунтовая обмотка возбуждения, и мотор типа ДДИ-60 поэтому имеет серийную характеристику.



Фиг. 255. Мотор-вентилятор типа ДВ-18/3000

Остов мотора типа ДДИ-60 отличается от остова динамотора типа ДД-60 только тем, что в его верхней части ушки для подъёма отлиты вместе с остовом. Сделано это потому, что над мотором



Фиг. 256. Сдвоенный вентилятор

типа ДДИ-60 при установке его на электровозе имеется свободное место.

Главные полюсы мотора типа ДДИ-60 имеют четыре серийные катушки из провода сечением  $1,81 \times 4,65 \text{ мм}$  с изоляцией класса А (ПБД). Сечение голого провода  $1,56 \times 4,4 \text{ мм}$ . Часть катушек мотора типа ДДИ-60 выполнена из меди сечением  $1,87 \times 4,4 \text{ мм}$  без изоляции и  $2,08 \times 4,67 \text{ мм}$  с изоляцией.

Якорь мотора имеет две петлевые обмотки, каждая из которых присоединена к своему коллектору. Обмотки якоря состоят из 29 секций; каждая секция имеет по 16 проводников, проходящих по 2 раза через пазы якоря. Сечение проводников  $1,35 \times 2,44 \text{ мм}$ , с изоляцией (ПБД)  $1,7 \times 2,79 \text{ мм}$ . В каждом пазу якоря помещено 32 проводника верхней и 32 проводника нижней обмотки.

На моторе ДДИ-60 поставлены однорядные шариковые подшипники с внутренним диаметром 75 мм, наружным диаметром 160 мм и шириной 37 мм или скользящие подшипники с бронзовыми вкладышами и баббитовой заливкой слоем толщиной 2 мм. Вкладыши запрессовываются в подшипниковые щиты. В последнее время на этих моторах ставятся роликовые подшипники.

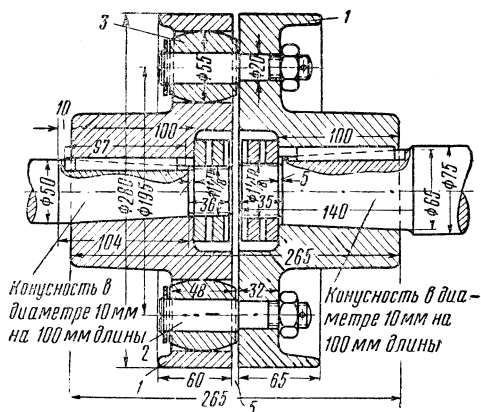
Для мотора с шариковыми подшипниками междужелезное пространство равно 3,15 мм, и якорь не должен иметь продольной игры; для моторов со скользящими подшипниками нижний зазор между якорем и полюсами после ремонта равен 2,5 мм; наименьший зазор в эксплуатации допускается 1,3 мм; при меньших размерах вкладыш заменяется или перезаливается.

Вследствие того, что у мотора типа ДДИ-60 ток в обеих обмотках якоря направлен в одну сторону, а дополнительных полюсов машина не имеет, коммутация в нём протекает менее благоприятно, чем у других машин.

Сдвоенный вентилятор (фиг. 256) присоединён к мотору со стороны коллектора высокого напряжения и состоит из двух сварных кожухов 1 и 2, внутри которых вращается вал 3 в однорядных шариковых подшипниках 6, укрепленных на внутренних стенках кожухов.

Подшипники имеют внутренний диаметр 55 мм, наружный диаметр 120 мм и ширину 29 мм. Они закреплены в подшипниковых камерах 7. Смазка подшипников производится через смазочные отверстия 8.

На вал посажено два ротора 4 и 5, по одному в каждом кожухе. Сдвоенный вентилятор укреплен к основанию, приболоченному к полу кузова электровоза.



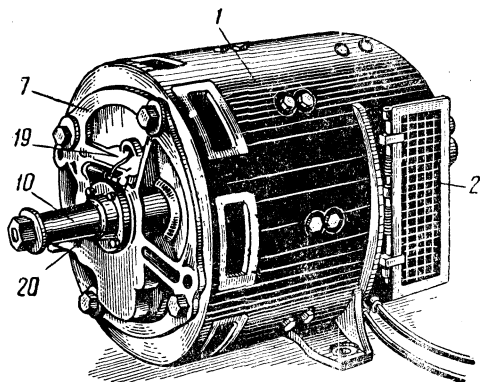
Фиг. 257. Муфта мотор-вентилятора

На электровозах серии ВЛ19 вентиляторы соединены с мотором типа ДДИ-60 при помощи эластичной муфты (фиг. 257), состоящей из двух шайб 1, сцепленных шестью шпильками 2, на которые помещены резиновые втулки 3. Такое сцепление допускает небольшое отклонение оси вала мотора от оси вала вентилятора, чем значительно облегчается сборка.

Производительность сдвоенного вентилятора при 1 200 об/мин. составляет 540—560 м<sup>3</sup> воздуха в минуту при противодавлении 125—145 мм водяного столба.

### 13. Мотор-вентиляторы типов СУ-77 и МАТ-77

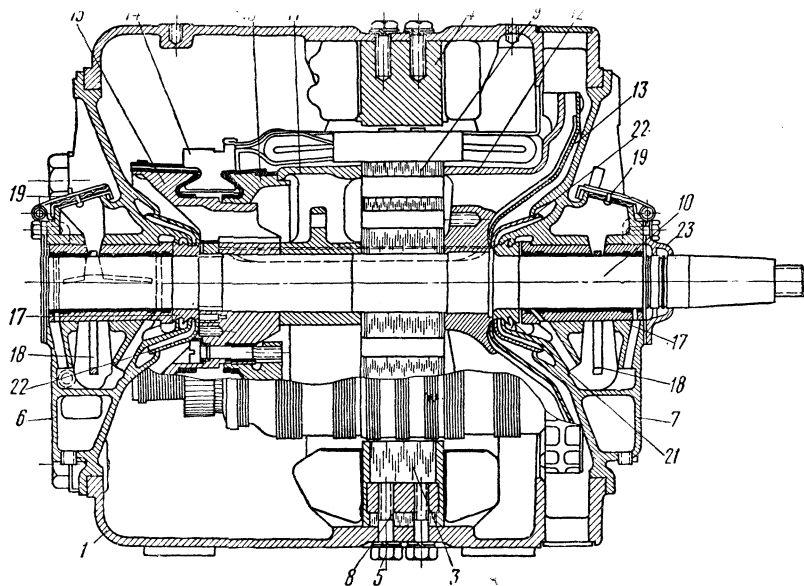
На электровозах серий Си Сс для принудительной вентиляции тяговых двигателей применяются мотор-вентиляторы типов СУ-77 и МАТ-77, одинаковые по конструкции. Мотор-вентилятор типа СУ-77 (фиг. 258 и 259)



Фиг. 258. Общий вид мотора типа СУ-77.

состоит из серийного мотора с четырьмя главными и четырьмя дополнительными полюсами, с рабочим напряжением на коллекторе 1 500 в и центробежного вентилятора, смонтированного вместе с ним. Остов 1 отлит из стали с высокой магнитной проницаемостью. Для осмотра коллектора и щёткодержателей в остове предусмотрены люки, закрываемые крышками 2. К остову на болтах крепятся главные полюсы 3, дополнительные полюсы 4, щёткодержатели и подшипниковые щиты 6 и 7. Сердечники главных полюсов набраны из листового стали; стержнем 8, пропущенным через имеющиеся в них отверстия. Сердечники дополнительных полюсов сделаны сплошными. Катушки на полюсах удерживаются фланцами,

которые в свою очередь прижимаются к катушкам полюсными наконечниками



Фиг. 259. Разрез мотора типа СУ-77

которые в свою очередь прижимаются к катушкам полюсными наконечниками

Сердечник 9 якоря посажен на шпонке непосредственно на вал 10 и зажат между нажимными шайбами 11 и 12, напрессованными на вал. Задняя нажимная шайба 12 вместе с фигурным диском 13 образует вентилятор, подающий воздух для охлаждения мотора. Коллекторные пластины 14 «ласточкиными хвостами» зажаты между втулками 15 и 16 и изолированы от последней миканитовой изоляцией. Все наружные части якоря, кроме рабочей поверхности коллектора, покрыты снаружи изоляцией и обмотаны проволочным банджом.

Вал 10 якоря вращается в бронзовых с баббитовой заливкой подшипниках 17 скользящего трения. Смазка подшипников осуществляется смазочными кольцами 18, надетыми на вал и погружёнными в масло. Свежее масло в подшипниковые камеры наливается через отверстия, закрываемые крышками 19, а отработавшее масло выпускается через трубки 20, ввёрнутые в нижней части камер. Чтобы масло не попадало внутрь мотора, предусмотрены уплотняющие кольца 21 и маслостойкие шайбы 22. Для этой же цели со стороны вентилятора на подшипниковом щите поставлено уплотнение 23.

Концы от обмоток мотора выведены из остова под коллекторным люком.

Колесо вентилятора (ротор) насажено непосредственно на конусную часть вала 10 якоря.

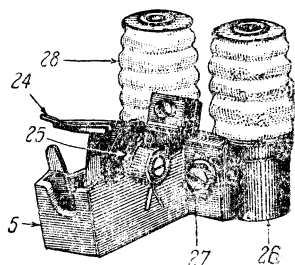
На фиг. 260 показан щёткодержатель мотора.

В корпусе щёткодержателя 5 имеется нажимная пружина часового типа с нажимным концом 24, на котором укреплен гибкий кабель. Натяжение пружины, а следовательно, и давление щёток на коллектор регулируются втулкой 25. Корпус щёткодержателя 5 прикреплен к кронштейну 26 болтами 27. Кронштейн щёткодержателя через стержень, покрытый фарфоровыми изоляторами 28, крепится болтами к остову мотора.

Мотор-вентилятор имеет два режима работы — большую и малую скорости.

Работа вентилятора на большой скорости применяется при больших нагрузках тяговых двигателей. В этом случае вентиляторы делают 1 265 об/мин. и подают каждый по 284 м<sup>3</sup> воздуха в минуту под давлением 160 мм водяного столба. Работа вентилятора на малой скорости применяется при стоянках электровоза на станции или в случае незначительной нагрузки тяговых двигателей. Скорость вращения вентилятора при этом равна 750 об/мин., а производительность его значительно ниже.

Каждый вентилятор подаёт воздух для охлаждения трёх тяговых двигателей. Отверстие для всасываемого воздуха у вентилятора закрыто проволочной сеткой, защищающей от попадания в вентилятор посторонних тел.



Фиг. 260. Щёткодержатель мотора типа CY-77

## 14. Мотор-вентилятор электровоза серии С<sup>и</sup>

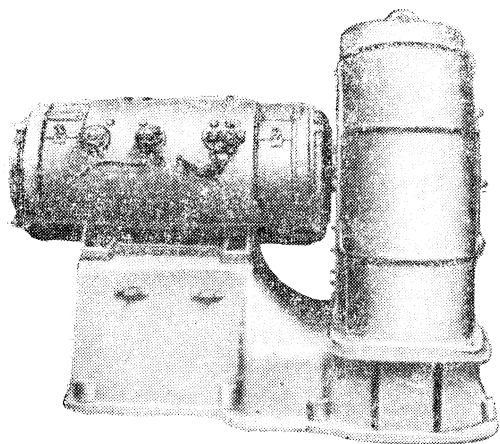
Для вентиляции тяговых двигателей на электровозе серии С<sup>и</sup> установлены два агрегата, состоящие из высоковольтного мотора на 3 000 в и вентилятора (фиг. 261). На валу мотора посажен также якорь генератора тока управления.

Корпус, колесо вентилятора и фундаментная плита агрегата отлиты из кремнистого алюминия (силумина).

Мощность, потребляемая каждым вентилятором при 1 500 об/мин., равна 11 кВт; производительность при этой скорости вращения составляет 300 м<sup>3</sup> воздуха в минуту.

## Г. МОТОР-ГЕНЕРАТОР

Мотор-генератор состоит из высоковольтного мотора и генератора низкого напряжения (возбудителя), от которого питаются обмотки возбуждения тяговых двигателей при рекуперативном торможении. Иногда в мотор-генераторную группу входит третья машина — мотор-стабилизатор.



Высоковольтный мотор выполняется или на полное напряжение сети или на половину напряжения.

### 15. Мотор-генераторы типов ДК-401 и ДМГ-1500/95

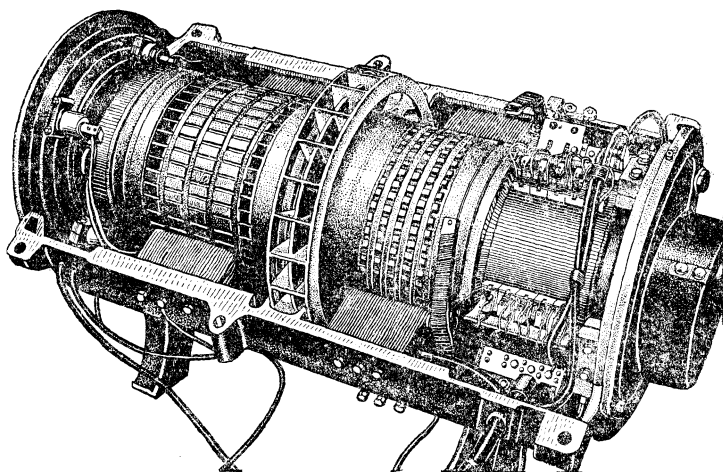
Фиг. 261. Мотор-вентилятор электровоза серии Сп

На электровозах серий ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ22 и СК с рекуперативным торможением установлены мотор-генераторы типа ДК-401 (фиг. 262) с моторами, выполненными на рабочее напряжение на коллекторе 3 000 в; на электровозах серий Сс и С — мотор-генераторы типа ДМГ-1500/95 (фиг. 263) и RMG-114а, которые имеют напряжение на коллекторе мотора 1 500 в и питаются от средней точки динамомотора. Остов мотор-генератора выполнен разъемным по горизонтальной плоскости. Половины остова соединены между собой болтами 13 (фиг. 264—267). Якоря обеих машин насажены на общий вал 14. Вал мотор-генератора типа ДК-401 вращается на роликовых подшипниках 45; вал мотор-генератора типа ДМГ-1500/95 — на двух подшипниках 19 скользящего трения, имеющих для смазки кольца 20. Вкладыши подшипников моторного и генераторного концов латунные с баббитовой заливкой. У мотор-генератора типа ДМГ-1500/95 со стороны мотора имеется шариковый упорный подшипник 21, препятствующий осевому перемещению якорей машины; этот подшипник фиксируется в определенном положении гайкой 22. Смазка шарикоподшипника производится автоматически тем же маслом, которым заливаются подшипники скользящего трения. Во избежание попадания смазки из подшипников внутрь мотор-генератора типа ДМГ-1500/95 поставлены маслоотбойные шайбы 23, а у мотор-генератора типа ДК-401 — лабиринтовые уплотнения 46.

Подшипниковые щиты 1 и 2 крепятся к остову болтами 12. Масляная камера у мотор-генератора типа ДМГ-1500/95 имеет

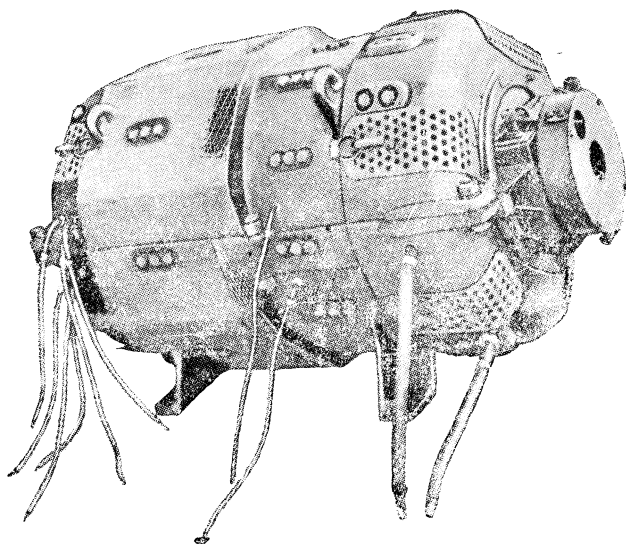


крышку 3 с войлочным уплотнением. Концы валов также закрыты крышками.



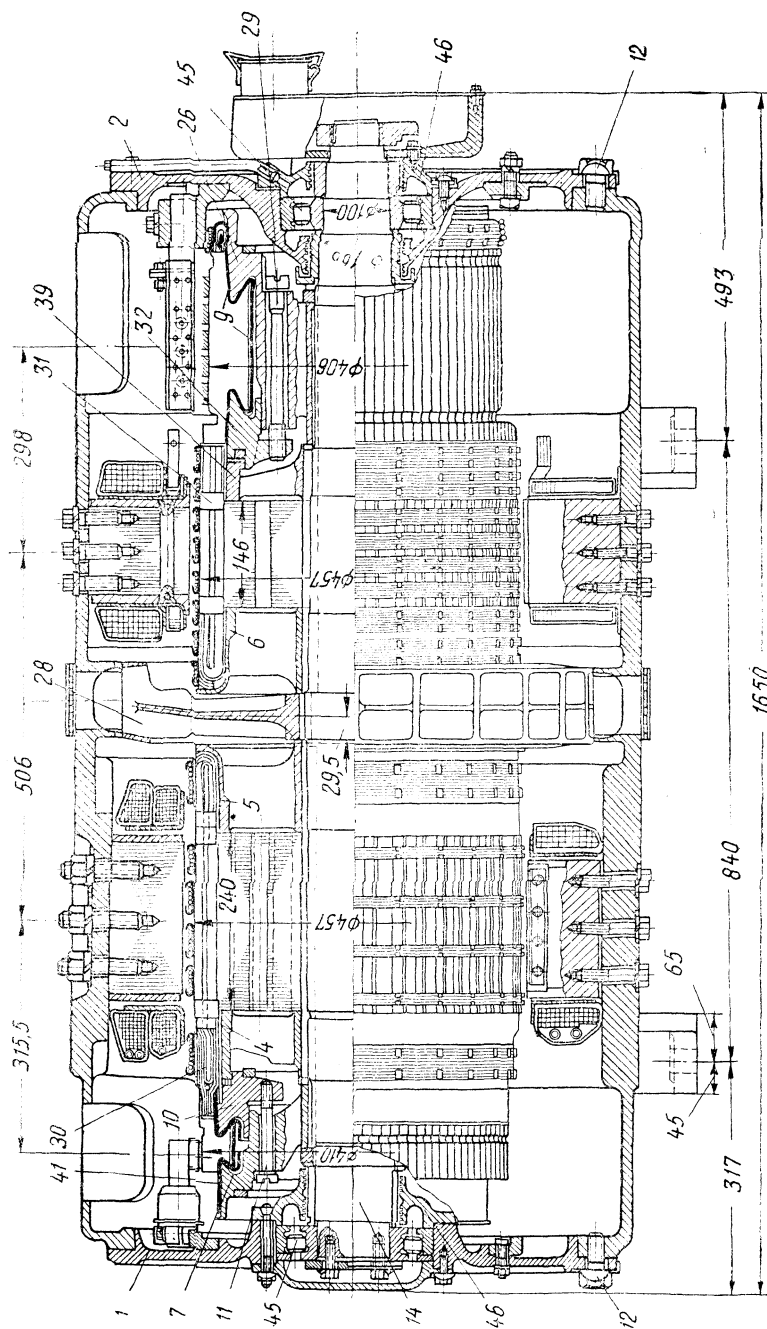
Фиг. 262. Мотор-генератор типа ДК-401В со снятой половиной остова

Главные и дополнительные полюсы мотора и генератора крепятся к остоу болтами.

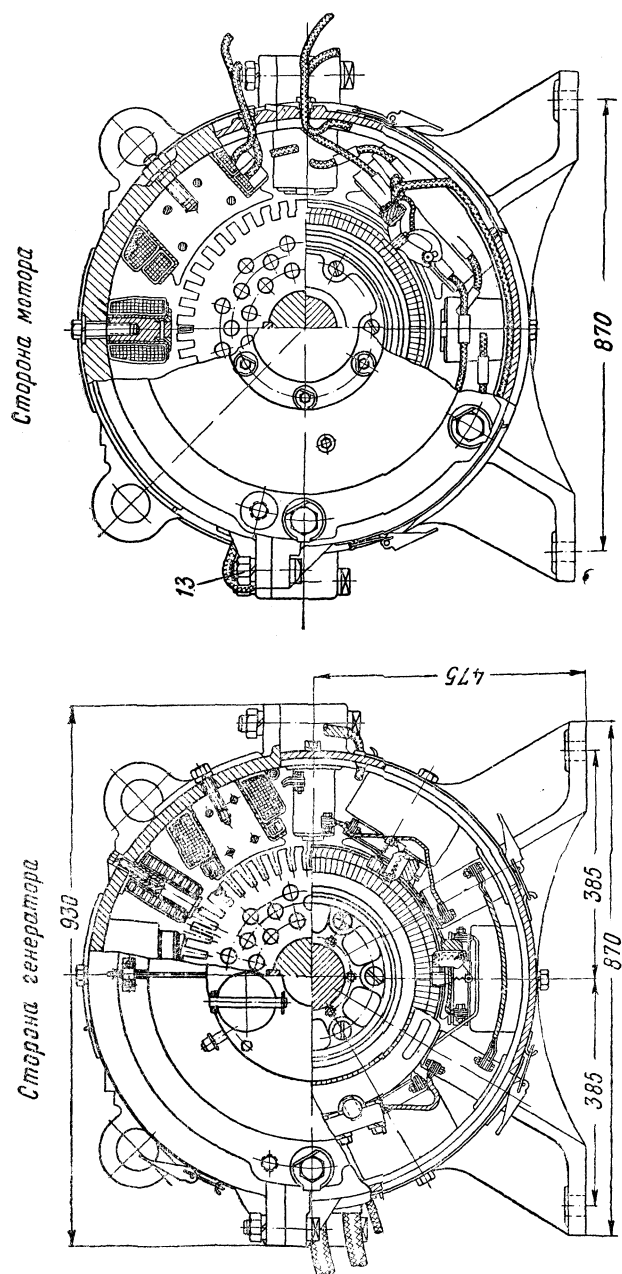


Фиг. 263. Мотор-генератор типа ДМГ-1500/95

Сердечники якорей мотора и генератора зажаты между нажимными втулками 4, 5, 6 и 39. В пазы сердечников уложены секции 30 и 31 якорных обмоток, укрепленные бандажами. Коллекторные пластины зажаты между коллекторными втулками 7, 26 и



Фиг. 264. Продольный разрез мотор-генератора типа ДК-401В

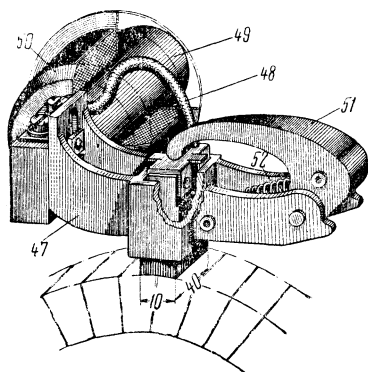


Фиг. 265. Поперечные разрезы **мотор-генератора** типа ДК-401В

Фиг. 266. Продольный резец мотор-генератора типа ДМГ-1500/95



кольцами 10 и 32, стянутыми между собой болтами 11 и 29. Пла-  
стины коллектора изолированы от втулок изоляцией 9 и 41.  
Отдельные части якорей посажены на вал 14 на шпонках.



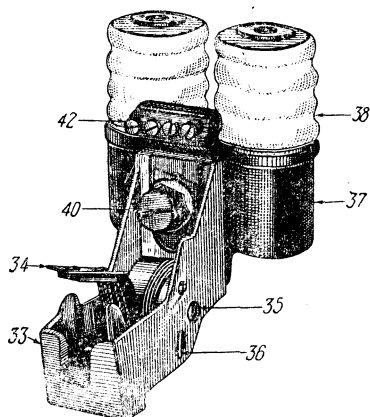
Фиг. 268. Щёткодержатель мотора  
мотор-генератора типа ДК-401В

Между якорями генератора и  
мотора на вал 14 насажен вен-  
тилятор 28, который засасывает  
воздух со стороны коллекторов  
и выбрасывает его через отверстия  
в средней части остова.

Мотор-генераторы типов ДК-401  
и ДМГ-1500/95 имеют со стороны  
мотора по четыре щёткодержателя,  
с одной щёткой в каждом, и со  
стороны генератора по шести щёт-  
кодержателей, по четыре щётки в  
каждом.

Щёткодержатели мотор-генера-  
тора типа ДК-401 укреплены на  
траверсах, которые имеют удлинённые отверстия под крепящие  
болты; это даёт возможность передвигать траверсу при установке  
щёток по нейтрали. Корпус 47 щёткодержателя мотора мотор-  
генератора (фиг. 268) прикреплён болтами 48 к пальцу щётко-  
держателя 49, на котором помещён  
изолятор 50. Нажатие на щётку  
производится бронзовым нажим-  
ным пальцем 51, на который дей-  
ствует пружина 52.

Корпус 33 щёткодержателя  
мотора мотор-генератора типа  
ДМГ-1500/95 (фиг. 269) с нажимной  
пружиной часового типа имеет  
шарнир 35, служащий для регули-  
рования натяжения пружины, и  
фиксатор 36 для закрепления в  
определённом положении шар-  
нира 35. Пружина своим нажим-  
ным концом 34 давит на щётку.  
Корпус 33 щёткодержателя кре-  
пится болтом 40 к кронштейну 37,  
соединённому через изолятор 38 с  
остовом мотора болтом 43 (см.



фиг. 267). Вырез в корпусе щёткодержателя позволяет пере-  
мещать его при необходимости в вертикальном направлении.  
Болтами 42 крепится кабельный наконечник. В корпусе 44 щётко-  
держателя генератора (фиг. 270) помещены четыре пружины 8  
часового типа с гибким кабелем, шарниром 15 для регулирова-  
ния пружины и фиксатором 16. Винт 17 служит для прикрепления

Фиг. 269. Щёткодержатель мотора  
мотор-генератора типа ДМГ-1500/95

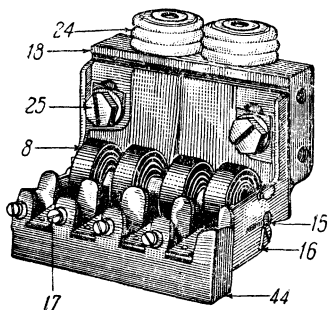
кабеля угольной щётки к щёткодержателю. Корпус 44 щёткодержателя закрепляется на кронштейне 18 болтами 25. Кронштейн через фарфоровые изоляторы 24 болтами 27 прикрепляется к остоу генератора (см. фиг. 267).

Мотор мотор-генератора типа ДК-401 имеет на главных полюсах шунтовую ( $Ш-ШШ$ ) и серийную обмотки (фиг. 271), причём шунтовая обмотка питается от цепи низкого напряжения (50 в). Таким образом, мотор имеет компаундную характеристику.

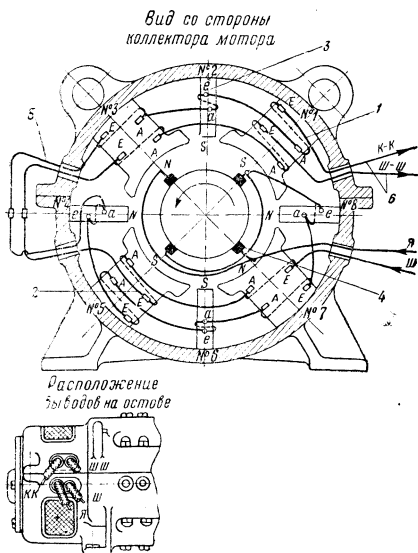
Генераторы мотор-генераторов типа ДК-401 и ДМГ-1500/95 также имеют шунтовые ( $Ш-ШШ$ ) и серийные обмотки (фиг. 272).

Более сложную схему соединений обмоток имеет мотор мотор-генератора типа ДМГ-1500/95 (фиг. 273 и 274). Серийные катушки  $C_1$  и  $C_2$  мотора при нормальной работе мотор-генератора действуют навстречу одна другой и ввиду одинакового количества витков действие их почти полностью взаимокompенсируется.

Шунтовая обмотка  $Ш$  является рабочей обмоткой, т. е. при нормальной работе машина имеет шунтовую характеристику. Сторона генератора выполнена в виде шестиполюсной машины с дополнительными полюсами. Обмотка возбуждения питается от генератора управления через контроллер машиниста. Величина возбуждения широко регулируется. На полюсах имеется по одному витку серийной обмотки для получения компаундной характеристики. В магнитном отношении сторона мотора насыщена нормально; сторона генератора насыщена слабо, что позволяет регулировать его э. д. с. в пределах, необходимых для получения нужного тока в обмотках возбуждения тяговых двигателей при рекуперативном торможении.



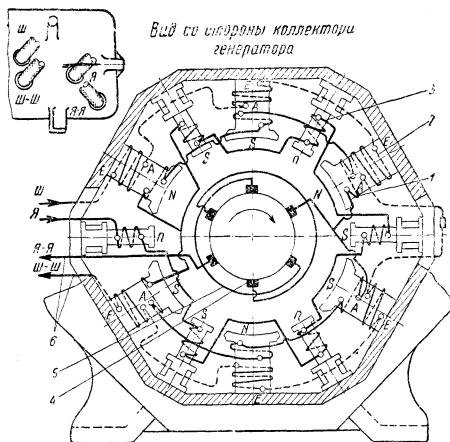
Фиг. 270. Щёткодержатель генератора мотор-генератора типа ДМГ-1500/95



Фиг. 271. Схема соединений обмоток мотора мотор-генератора типа ДК-401В:

1—серийная катушка главного полюса; 2—шунтовая катушка главного полюса; 3—катушка дополнительного полюса; 4—щётка; 5—кабель соединительный; 6—выводные концы соединительного кабеля

При отрыве пантографа от контактного провода создаётся цепь короткого замыкания динамотора и тяговых двигателей. В этом



Фиг. 272. Схема соединений обмоток генератора мотор-генераторов типа ДК-401 и типа ДМГ-1500/95:

- 1—серийная катушка главного полюса;
- 2—шунтовая катушка главного полюса;
- 3—катушка дополнительного полюса;
- 4—щётка;
- 5—кабель соединительный;
- 6—выводные концы соединительного кабеля

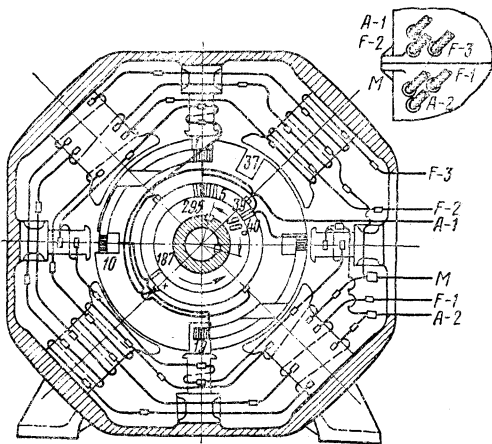
случае исчезновение поля катушки  $C_1$  и некоторое возможное нарастание его в противоположную сторону вызовут тормозящий момент от того, что направление результирующего поля изменится, так как при этом поток серийных катушек, имеющих обратное направление по сравнению с потоком шунтовой катушки, будет значительно больше последнего. Поэтому мотор-генератор быстро остановится.

Так как мотор-генератор является шунтовой машиной, то при обрыве цепи шунтовой обмотки мотора мотор-генератор подвергается опасности разгона, во избежание чего он снабжён центробежным ограничителем скорости (см. гл. VIII).

## 16. Рекуперативный агрегат электровоза серии С<sup>и</sup>

Износ скользящих подшипников мотор-генератора типа ДМГ-1500/95 допускается до уменьшения междужелезного пространства под главными полюсами мотора и генератора до 1,5 мм (нормально это пространство равно 3,15 мм).

Рекуперативный агрегат, продольный разрез которого показан на фиг. 273, служит источником питания обмоток возбуждения главных полюсов тяговых двигателей электровоза серии С<sup>и</sup> при работе их в качестве генераторов. Кроме того, агрегат частично заменяет стабилизирующие сопротивления при рекуперативном торможении.

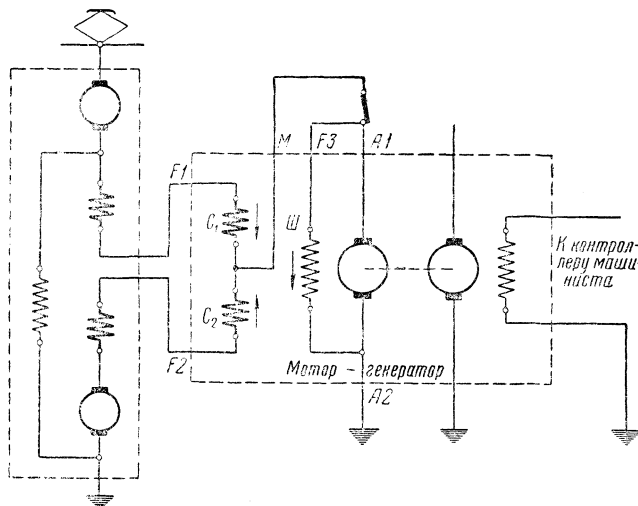


Фиг. 273. Схема соединений обмоток мотора мотор-генератора типа ДМГ-1500/95



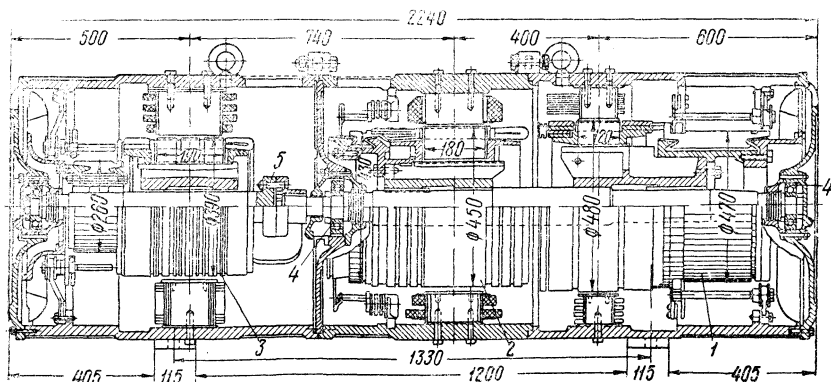
Агрегат состоит из следующих машин: мотор-стабилизатора 1, мотора 2 и генератора 3. Все эти машины смонтированы вместе, причём якоря мотора и мотор-стабилизатор насажены на общий вал. Остовы отдельных машин соединены между собой болтами.

Вал генератора связан с валом мотора и мотор-стабилизатора посредством муфты 5. Вал рекуперативного агрегата вращается на трёх шарикоподшипниках 4.



Фиг. 274. Схема включения мотор-генератора типа ДМГ-1500/95

Для охлаждения машин рекуперативного агрегата предусмотрены вентиляторы, укрепленные на коллекторных коробках генератора и мотор-стабилизатора. Вентилятор мотор-стабилизатора прогоняет охлаждающий



Фиг. 275. Рекуперативный агрегат электровоза серии Сп

воздух через мотор и мотор-стабилизатор, вентилятор генератора — только через генератор.

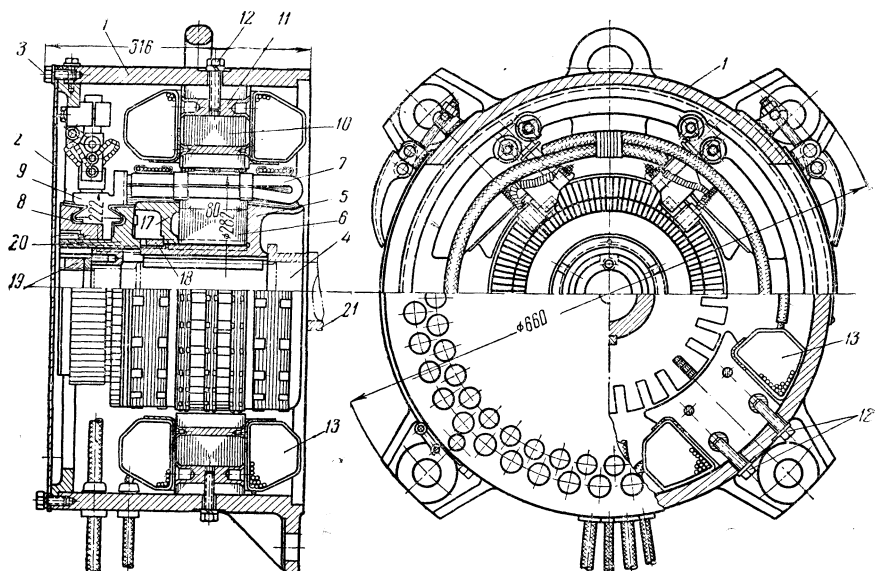
Мотор-стабилизатор представляет собой серийную многоамперную машину. Введение этой машины в силовую схему тяговых двигателей повышает

к. п. д. рекуперативного торможения и, кроме того, делает более устойчивой работу системы при изменении напряжения в контактном проводе, так как мотор-стабилизатор создаёт индуктивное сопротивление в цепи рекуперативного тока.

#### Д. ГЕНЕРАТОР ТОКА УПРАВЛЕНИЯ

Генератор тока управления вырабатывает ток для питания цепей управления электровоза, цепей освещения и сигналов и для зарядки аккумуляторной батареи.

На электровозах серий ВЛ22<sup>м</sup> и ВЛ19<sup>м</sup> с мотор-вентиляторами типа ДК-403 установлено по два генератора тока управления типа ДК-405А.



Фиг. 276. Генератор тока управления типа ДК-405А

На электровозах с динамоторами и мотор-вентиляторами типа ДДИ-60 установлено по одному генератору тока управления типа ДУ-3 или ДУ-ЗБ; на электровозах серий ВЛ22 и ВЛ19 с двумя мотор-вентиляторами — по два генератора типа ДУ-3А или ДУ-ЗГ, отличающихся между собой конструкцией крепления к динамотору или мотор-вентилятору; на электровозах серии С установлены генераторы типа СУ-78, близкие по конструкции к генераторам типа ДУ-3.

Генераторы тока управления типа ДК-405А (фиг. 276, 277, а также фиг. 250) и типа ДУ-3 (фиг. 278, а также фиг. 242, 254 и 255) являются четырёхполюсными шунтовыми машинами. Длительная мощность генератора типа ДК-405А—4,5 *квт* при токе 90 *а* и напряжении 50 *в*; длительная мощность генератора типа ДУ-3—3 *квт* при токе 60 *а* и напряжении 50 *в*.

Остов 1 (фиг. 276 и 278) генератора цилиндрической формы отлит из стали и имеет со стороны, противоположной коллектору, четыре прилива в форме лап; лапы имеют отверстия для болтов, с помощью которых остов генератора крепится к подшипниковому щиту мотор-вентилятора или динамотора. Со стороны коллектора остов генератора закрывается крышкой 2, укрепленной к нему болтами 3. Сердечник 10 главного полюса набран из листов стали с отверстиями, в которых находятся стержни 11 с нарезкой для болтов 12, крепящих полюс к остову. Обмотка 13 главного полюса состоит из 510 витков провода марки ПБД диаметром 2,26 мм.

Генератор типа ДК-405А дополнительных полюсов не имеет; сердечник 14 дополнительных полюсов генератора типа ДУ-3 крепится к остову болтами 15. Обмотка 16 дополнительных полюсов выполнена из шинной меди сечением  $2,83 \times 3,8$  мм.

В качестве вала 4 генератора используется конец вала мотор-вентилятора или динамотора. Якорь генератора и коллектор монтируются на якорной втулке 5, отлитой из стали вместе с нажимной шайбой. Сердечник 6 якоря состоит из стальных штампованных листов толщиной 0,5 мм и крайних листов (по четыре на сторону) толщиной по 1 мм, зажатых с одной стороны втулкой 5, с другой — нажимной втулкой 17, удерживаемой навёртывающейся на втулку 5 гайкой 18.

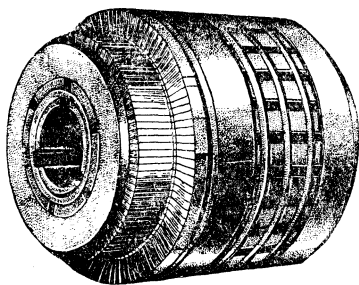
Втулка 5 сажается на шпонке и с одной стороны упирается во втулку 21 или в выточку вала 4, а с другой зажимается гайкой 19, навёрнутой на конец вала. Такая конструкция позволяет легко при необходимости ремонта снимать якорь генератора с вала мотора вентилятора или динамотора.

Обмотка 7 якоря состоит из 27 секций. У генератора типа ДК-405А каждая секция имеет по четыре двойных проводника; у генератора типа ДУ-3 — по два проводника в три оборота. Обмотка в пазах удерживается бандажами, намотанными из бандажной проволоки диаметром 1,5 мм и пропаянными затем оловом. Часть генераторов типа ДК-405А изготовлена с бумажной изоляцией обмоток якоря.

Коллектор состоит из медных пластин 9, «ласточкины хвосты» которых зажаты шайбой 8 и коллекторной втулкой 20, сидящей на втулке 5.

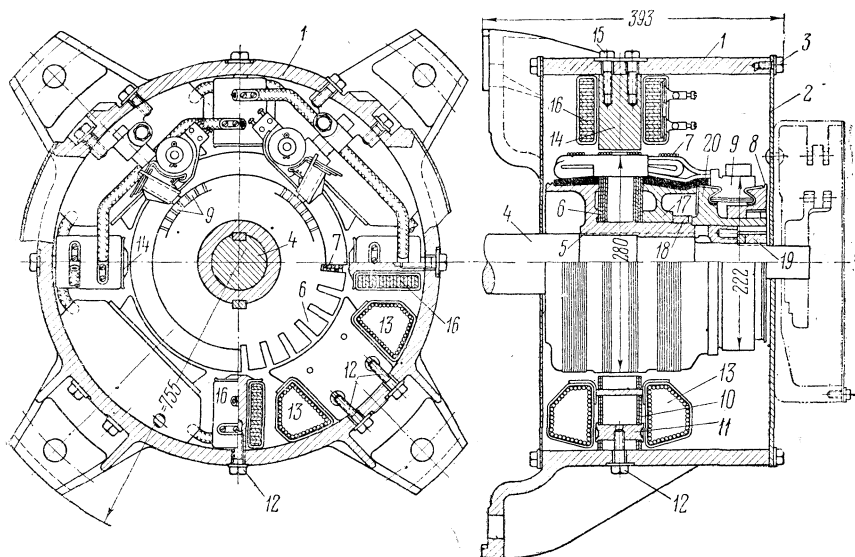
Генератор имеет четыре щёткодержателя, расположенных под углом  $45^\circ$  к горизонтали.

Корпус щёткодержателя генератора типа ДК-405А, выполненный из бронзы, крепится болтами к пальцу, который в свою очередь



Фиг. 277. Якорь генератора тока управления типа ДК-405А

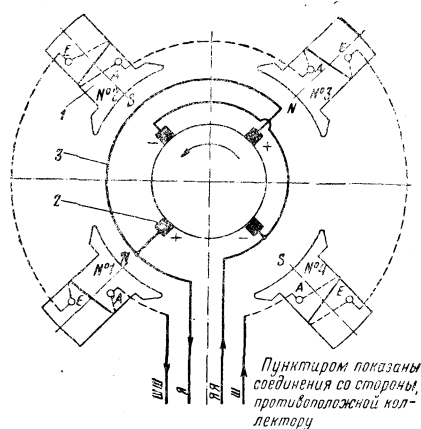
прикреплён к траверсе. Поворотом последней регулируется правильная установка щёток. Давление на щётку создаётся цилиндрической пружиной, расположенной над щёткой.



Фиг. 278. Генератор тока управления типа ДУ-3

Корпус щёткодержателя генератора типа ДУ-3 прикреплён

*вид со стороны коллектора*



Фиг. 279. Схема соединения обмоток генератора тока управления типа ДК-405А:

1—катушка главного полюса; 2—щётка; 3—кабель соединительный

к кронштейну так, что он имеет возможность перемещаться относительно коллектора при ослаблении болта, затягивающего обойму, в которую входит палец корпуса щёткодержателя.

Палец со слюдой запрессовывается в углубление корпуса щёткодержателя, чем и осуществляется изоляция остова от щёток.

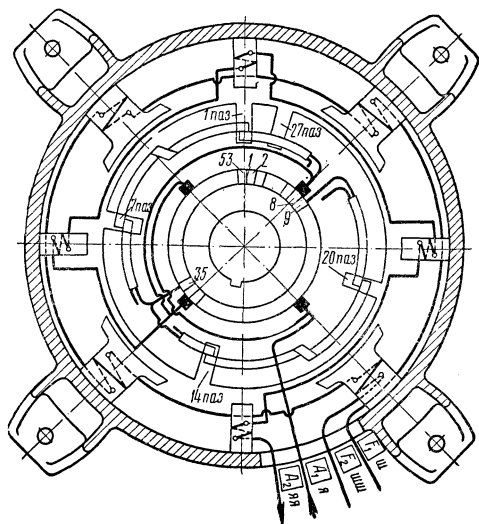
Регулирование давления щёток производится перестановкой шплинта в отверстиях барабана, на который навита спиральная пружина, прижимающая щётки.

Собственной принудительной вентиляции генераторы типа ДК-405А и часть генераторов типа ДУ-3 не имеют и вентилируются воздухом, идущим от мо-

тора вентилятора или динамотора. Часть генераторов типа ДУ-3 имеет однокамерный сварной стальной вентилятор, насаженный на якорную втулку 5 со стороны, противоположной коллектору (см. фиг. 255). Воздух, засасываемый вентилятором со стороны коллектора, омывает коллектор, поверхность обмотки, сердечник якоря и катушки и затем выбрасывается со стороны, противоположной коллектору.

Постоянное напряжение на зажимах генератора при изменении скорости вращения мотор-вентилятора или динамотора и нагрузки внешней цепи поддерживается благодаря включённому в цепь шунтовой обмотки автоматическому регулятору напряжения.

На фиг. 279 и 280 даны схемы соединения обмоток генераторов тока управления.



Фиг. 280. Схема соединения обмоток генератора тока управления типа ДУ-3

### Е. УХОД ЗА ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМИ МАШИНАМИ

**Общая чистка.** Во время работы машины от стирания щёток на поверхности коллектора образуется мелкая металлическая и угольная пыль, оседающая на поверхность якоря и полюсов машины. Эта пыль, накопившись, может иногда создать соединение между частями с разными электрическими потенциалами, что может привести к порче машины. Поэтому машину нужно продувать сжатым воздухом, обметать мягкой щёткой и обтирать сухой тряпкой.

Особенно тщательно необходимо следить за чистотой миканитового конуса, выступающего из-под коллекторных пластин. Загрязнение его может привести к перебросу с коллектора на шайбу и выгоранию меди и изоляции.

**Уход за щётками.** Главнейшим условием отсутствия искрения машины является хороший уход за щётками. Необходимо следить, чтобы щётки имели хороший контакт и нормальное нажатие: при сильном нажиме щёток коллектор греется и быстро изнашивается, изнашиваются быстрее и щётки; при слабом нажатии щёток они при вращении машины дрожат и отскакивают от коллектора, отчего под щётками появляются искры.

Поверхностям щёток, прилегающим к коллектору, должна быть придана форма, соответствующая цилиндрической поверхности коллектора. Угольная пыль после притирки щёток должна удаляться продувкой.

Во все щёткодержатели машины необходимо ставить щётки одной и той же марки (марки щёток даны в приложении 6).

**Уход за коллектором.** Коллектор является одной из самых чувствительных частей машины, а поэтому уходу за ним должно быть уделено большое внимание. Содержаться он должен в безусловной чистоте для предохранения от обгорания. Необходимо ежедневно стирать пыль с коллектора и миканитового конуса сухой тряпкой. Во время периодического осмотра в депо коллектор можно прочистить тряпочкой, слегка смоченной бензином.

Нормально коллектор имеет гладкую, отполированную поверхность коричневато-орехового цвета.

При наличии следов обгорания на коллекторе чистку можно производить мелкой пемзой. Стеклянная или наждачная бумага употребляться не должна. Лишь в случае крайней необходимости можно употребить тонкую стеклянную бумагу, намотанную на деревянную планку с головкой, пригнутой к поверхности коллектора. После чистки следует аккуратно удалить образовавшуюся пыль с коллектора и особенно между пластинами.

**Смазка подшипников.** Роликовые и шариковые подшипники вспомогательных машин смазываются густой смазкой № 1—13 ГОСТ 1631-42 или констатином. Подшипники скользящего трения смазываются жидкой смазкой. Рекомендуется применять селективный и сернокислотный автол № 10, моторное масло марок М и Т или турбинное масло марки Т, которые хорошо смазывают подшипники при кольцевой подаче смазки.

Доливать масло в подшипники следует регулярно, по мере его расходования.

С течением времени масло густеет и загрязняется; тогда его следует спустить из камеры подшипника, а камеру прополоскать бензином или керосином и уже после этого залить свежее масло.

**Уход за мотор-компрессором.** Во время работы компрессора необходимо следить за тем, чтобы давление в главных резервуарах не превышало установленной величины. Периодически следует проверять болтовые крепления и уровень смазки в картере. Если уровень масла достиг нижней риски, то необходимо добавить масла до верхней риски маслоуказателя. Загрязнённое масло следует выпускать из картера и заменять новым.

Для смазки компрессора рекомендуется применять летом тяжёлое компрессорное масло марки Т, а зимой — компрессорное масло марки М. Компрессорное масло марки Т можно заменять компрессорным маслом марки М и наоборот.

Общие для всех вспомогательных машин нормы допусков и износов даны в приложении 7.