

**Ташкентский институт инженеров железнодорожного
транспорта**

**Кафедра «Электрический транспорт и высокоскоростной
электроподвижной состав»**

ТЕКСТ ЛЕКЦИЙ

**По дисциплине «Конструкция механической части
электрического транспорта и основы динамики»**

составитель: ст. пр. каф. «ЭТ и ВС ЭПС» Инсапов Д.М.

Ташкент-2016

Лекция №1

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ. ВЧЕРА. СЕГОДНЯ. ЗАВТРА

Рассматриваемые вопросы:

- 1. Классификация магистральных электровозов;*
- 2. Современное состояние электровозостроения;*

1.1. Классификация магистральных электровозов

Электровозы можно классифицировать по ряду признаков, основными из которых являются:

По **роду тока** (напряжения) в контактной сети **постоянного** тока 3кВ; **однофазного переменного** тока 25кВ 50Гц; **двойного питания**; все локомотивы делят по сериям, обозначаемым буквами и цифрами. Каждый локомотив имеет свой индивидуальный порядковый номер. Всем отечественным электровозам [1], построенным в советское время присваивалось обозначение ВЛ в честь В.И.Ленина. Цифры, стоящие рядом с буквами, соответствуют определенным типам электровоза:

- от 1 до 18 - восьмиосные постоянного тока;
- от 19 до 39 - шестиосные постоянного тока;
- от 40 до 59 - четырехосные переменного тока;
- от 60 до 79 - то же шестиосные;
- от 80 - то же восьмиосные.

По **роду службы**: **грузовые** (ВЛ80С, ВЛ60К), **пассажирские** (Ўз-У), **универсальные** (ВЛ60п/к, Ўzbekiston), **маневровые** (ВЛ26 - контактно-аккумуляторный постоянного тока, шестиосный (Россия));

По **типу силовой передачи**: **с индивидуальным приводом с опорно-осевым подвешиванием ТЭД** (все отечественные серийные электровозы), **с индивидуальным приводом с опорно-рамным подвешиванием ТЭД** (все электровозы произведенные в Чехии и Финляндии), **с групповым приводом** (зарубежные);

По **типу тяговых двигателей**: **с коллекторными двигателями** (ВЛ80С, ВЛ60К, ВЛ60п/к), **с бесколлекторными асинхронными** (Ўzbekiston, Ўz-Y), **с бесколлекторными синхронными** (ВЛ80В);

По **виду электрического торможения: без электрического торможения** (ВЛ60п/к, ВЛ60), **с рекуперативным торможением, с реостатным торможением** (ВЛ80С). Современные электровозы должны обязательно иметь электрическое торможение.

По **осевым формулам** электровозы характеризуются числом и взаимным расположением осей. Для облегчения прохождения электровозом кривых участков пути колесные пары группируют (по две или по три) в отдельные тележки. Тележки могут поворачиваться по отношению к кузову и устанавливаться под углом друг к другу. Их выполняют **сочлененными** (сцепленными между собой), передающими продольные (тяговые или тормозные), вертикальные и поперечные силы с тележки на тележку и **несочлененными**.

Требования к современным электровозам: электровоз должен развивать возможно большую силу тяги и скорость при минимальных затратах на его производство и эксплуатацию. Электровоз должен вписываться в габарит подвижного состава. Конструкция ходовых частей должна обеспечивать безопасность движения во всём диапазоне допустимых скоростей как на прямых, так и в кривых участках пути, в том числе малого радиуса.

Оборудование электровоза должно быть работоспособным при температурах окружающей среды от + 40 до - 50 °С (исполнение У1) и от + 40 до 60 °С (исполнение УХЛ1). Оборудование должно безотказно функционировать в условиях значительных динамических воздействий и изменения напряжения контактной сети в пределах, оговоренных ГОСТом (19-29кВ).

Электровоз должен иметь максимально возможные КПД, коэффициент мощности и минимальное искажение напряжения в системе энергоснабжения.

Процесс управления электровозом должен быть максимально автоматизирован, что позволяет оптимизировать режимы ведения поезда и облегчить условия работы локомотивной бригады. Схема электровоза должна обеспечивать работу по системе многих единиц (ВЛ80С).

Необходимо обеспечить нормальные условия вентиляции с устройствами очистки воздуха от воды, пыли, снега, насекомых,

а в кабинах управления кроме этого предусматривать эффективные системы отопления и кондиционирования воздуха.

Силовая схема и схема управления должны обеспечивать повышенную живучесть электровоза, предусматривается резервирование ряда агрегатов. Рекомендуются унификация и блочный монтаж оборудования. Обязательно обеспечение требований безопасности.

1.2. Современное состояние электровозостроения

В грузовом движении на участках переменного тока эксплуатируются следующие серии электровозов:

- ВЛ80С - 2(2₀-2₀) - 235,4 кН (24 т) - 192 т - 6520 кВт-6160 кВт;
- ВЛ60 - (3₀-3₀) - 225,6 кН (23 т) - 138 т - 4590 кВт - 4070 кВт;
- Ўzbekiston – (В₀-В₀-В₀) - 225,6 кН (23т)-138 т - 6000 кВт -5400 кВт .

В пассажирском движении:

- ВЛ60п/к - (3₀-3₀) - 225,6 кН (23 т) - 138 т - 4590 кВт - 4070 кВт;
- Ўz-У - (С₀-С₀) - 206,01 кН (21т) – 126 т - 6000 кВт -6000 кВт;

Контрольные вопросы

1. Как классифицируются магистральные электровозы?
2. Какие требования предъявляются к современному подвижному составу?
3. Создание каких локомотивов предусматривает проект нового типа магистральных электровозов?
4. Основные характеристики новых локомотивов?

Лекция №2

ЭКИПАЖНАЯ ЧАСТЬ

Рассматриваемые вопросы:

1. **Ходовая формула и составность;**
2. **Основные узлы механической части электровоза, их назначение;**
3. **Типы кузовов электровозов;**
4. **Основные элементы кузова;**
5. **Компоновка оборудования.**

2.1. Общие положения. Ходовая формула и составность

Механическая часть ЭПС предназначена для восприятия и передачи веса локомотива на рельсы, а так же для создания силы тяги, преодоления сопротивления движению.

Согласно [2], механическая часть магистральных электровозов проектировалась и создавалась на основе механической части паровозов. Поэтому первые схемы и конструкции ходовой части магистральных электровозов повторяли паровозные. Но развитие индивидуального привода позволило отказаться от таких схем и перейти от рамных схем к тележечным; сначала сочленённого типа с тяговыми приборами на тележках, затем со свободными тележками. В настоящее время электровозы в целом и механическая часть в частности проектируются с учётом следующей научной концепции: изготавливают и эксплуатируют не локомотивы, а самоходные тяговые единицы (секции), которые имеют различное число осей и объединяются в локомотивы в любой комбинации и на любой стадии их существования. Существуют четырёхосные и шестиосные секции (рис 2.1). Компоновочную основу таких секций образует тяговый модуль. В его состав входят: двухосная тележка с двигателями и всё оборудование, обеспечивающее работу тележки как отдельной тяговой единицы, в частности блок силового электрооборудования (ВИП), устройства управления им, системы защиты, охлаждения, диагностирования и др. Таких модулей может быть два или три на секции. При этом элементы всех модулей одинаковы и, следовательно, взаимозаменяемы.

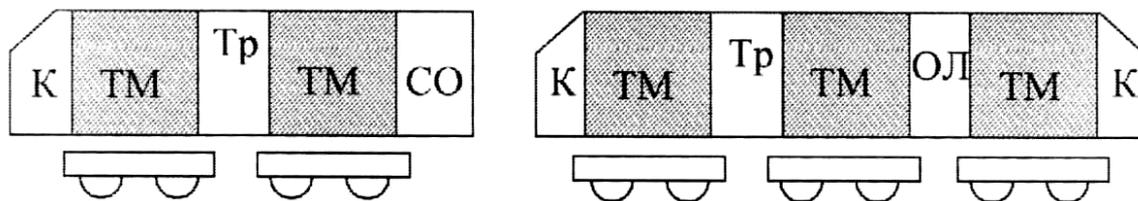


Рис. 2.1 Секции локомотива. К - кабина управления, ТМ - тяговый модуль, Тр - трансформаторный отсек, ОЛ - общелокомотивное оборудование

Кроме тяговых модулей, образующих основу секций как тяговых единиц, в состав каждой секции входит оборудование, обеспечивающее работу секции как самоходной единицы - системы токосъёма, системы механического торможения, устройства общей защиты. Наконец на каждой секции должны быть кабина и комплекс оборудования и устройств управления, рассчитанных на любое количество тяговых модулей.

Изнашиваемые в эксплуатации, требующие ремонта или замены узлы и детали на всех локомотивах должны быть одинаковыми. Различными могут быть лишь кузова, которые в течение расчётного срока эксплуатации, не изнашиваются и поэтому не содержат ремонтируемых узлов и деталей.

Как следует из [1, 4, 3, 5, 7], осевая формула - цифровая, условная запись характеризующая количество секций, тележек, количество колесных пар в одной тележке, связь между тележками, тип тягового привода (у нас - цифровое 2_0-2_0 ; за рубежом - буквенное A_0-A_0).

Ходовые формулы односекционных локомотивов:

- 2_0+2_0 - электровоз с двумя сочлененными тележками (на наличие сочленения указывает +), тележка имеет две колесные пары, каждая колесная пара имеет индивидуальный привод, т.е. приводится во вращение своим тяговым двигателем (ТЭД);

- 2_0-2_0 - электровоз с двумя несочлененными тележками (на отсутствие сочленения указывает -), тележка имеет две колесные пары, каждая колесная пара имеет индивидуальный привод;

- 3_0+3_0 - электровоз с двумя сочлененными тележками, тележка имеет три колесные пары, каждая колесная пара имеет индивидуальный привод;

• 3_0-3_0 - электровоз с двумя несочлененными тележками, тележка имеет три колесные пары, каждая колесная пара имеет индивидуальный привод. Представители: ВЛ60.

• $2_0-2_0-2_0$ - односекционный локомотив, имеющий три несочлененные тележки, каждая тележка имеет две колесные пары с индивидуальным приводом.

Ходовые формулы многосекционных локомотивов:

• $2(2_0-2_0)$ - двухсекционный электровоз, каждая секция имеет две несочлененные тележки, тележка имеет две колесные пары, каждая колесная пара имеет индивидуальный привод. Представители: ВЛ80;

• $2(2_0-2_0-2_0)$ - двухсекционный электровоз, каждая секция имеет три несочлененные тележки, тележка имеет две колесные пары, каждая колесная пара имеет индивидуальный привод;

• $2(2-2)$ - двухсекционный электровоз, каждая секция имеет две несочлененные тележки, тележка имеет две колесные пары, обе колесные пары приводятся во вращение одним ТЭД, т.е. имеется групповой привод.

На европейских железных дорогах количество движущих осей принято обозначать латинскими буквами: B - две движущие оси, C - три, D - четыре.

Для определения количества и вида вагонов, входящих в состав электропоезда или поезда метрополитена, используют важную характеристику - составность. Цифрами указывается количество вагонов и их групп, а буквами тип вагонов: M - моторный, MT - моторный с токоприемником, P - прицепной, G - головной с кабиной управления, GM - головной моторный.

Электропоезда ЭР9Е имеют следующую составность - $2G-K(MT+M)$, где K - количество вагонов или их групп в составе поезда. Вагоны метрополитена имеют составность: серии 81-717 / 81-714 - $2GM+2M$.

Под экипажной частью электровоза понимают колесные пары с буксовыми узлами, систему буксового рессорного подвешивания, рамы тележек, тяговый привод, систему связи тележек с кузовом, сам кузов.

Механическая часть должна соответствовать следующим требованиям:

- 1) Прочность и надёжность в эксплуатации как в целом, так и отдельных узлов;*
- 2) Выдерживать нагрузки статического, динамического и ударного характера;*
- 3) Должна обеспечивать определённые научно-обоснованные показатели динамического качества локомотивов;*
- 4) Должна обеспечивать заданный срок службы как верхнего строения пути, так и отдельных своих элементов;*
- 5) Должна обеспечивать удобство эксплуатации и ремонта отдельных элементов;*
- 6) Её конструкция не должна быть чрезмерно сложной и дорогой.*

2.2. Основные узлы механической части электровоза и их назначение

Механическая часть состоит:

*1. Самый крупный по массе и объёму узел локомотива или моторного вагона - **кузов**, служит для размещения оборудования, бригады или пассажиров и защиты их от внешних воздействий.*

*2. **Рама тележки** - передача всех вертикальных, продольных и поперечных сил между кузовом и колёсными парами, а так же передачу сил тяги и торможения. К раме крепится тяговый привод и тормозные устройства.*

*3. **Колёсная пара** - для передачи нагрузок от электровоза на путь и обратно, участвует в процессе создания силы тяги и торможения.*

*4. **Подшипниковый узел** - служит для беспрепятственного вращения колёсной пары относительно не вращающихся частей.*

*5. **Тяговый привод** - для создания силы тяги, включающий в себя тяговый двигатель с устройствами управления и тяговую передачу, приводящую во вращение движитель - колёсную пару.*

*6. Для передачи силы тяги на прицепную часть поезда используют **упряжные приборы**.*

*7. Локомотив оснащается **тормозными устройствами**.*

Кроме этого современные электровозы содержат: рессорное подвешивание (1 или 2 ступени), узлы опирания кузова на тележки и передачи продольных сил между тележкой и кузовом, квазиупругие поперечные связи между ними, поворотные устройства.

2.3. Типы кузовов электровозов

Согласно [2, 3, 5, 8] кузова классифицируются:

1. По назначению кузова подразделяют на **ЛОКОМОТИВНЫЕ** (электровозные, тепловозные), **ВАГОННЫЕ** (к ним относят кузова вагонов электропоездов и дизель - поездов)

2. По внешнему виду кузова разделяются на кузова **вагонного** и **капотного** типа (рис.2.2).

Кузов **вагонного** типа - боковые стенки разнесены на максимальное расстояние, допускаемое габаритом подвижного состава, локомотивная бригада может обслуживать оборудование, не выходя из кузова. В кузове вагонного типа боковые стенки и крыша закрывают только силовые агрегаты, оборудование и отдельно кабину машиниста.

Капотный кузов проще в изготовлении, чем кузов вагонного типа, легче поддается разборке при ремонте. Кузова капотного типа обычно применяют на маневровых локомотивах и локомотивах промышленного транспорта.

3. По способу восприятия сил можно разделить на кузова с **несущей рамой** и **цельнонесущие**, У кузовов с несущей рамой мощная главная рама воспринимает все внешние нагрузки. В **цельнонесущем** кузове (рис.2.3) боковые стенки, а иногда и крыша жестко связаны с рамой и представляют собой единую конструкцию, все элементы которой совместно воспринимают внешние нагрузки. Несущий кузов легче кузова с несущей главной рамой.

Основой несущих главных рам являются две мощные продольные балки, которые часто называют хребтовыми, если они расположены вблизи продольной оси симметрии рамы. В зависимости от их расположения относительно рам тележек различают кузова **неохватывающего** и **охватывающего** типов.

В кузовах **неохватывающего** типа хребтовые балки расположены над рамой тележки. При этом центр тяжести поперечного сечения главной рамы находится на значительной высоте над продольной осью автосцепок, и в раме при

приложении продольных сил одновременно с напряжениями растяжения или сжатия возникают значительные напряжения от изгиба.

В кузовах **охватывающего** типа продольные балки главной рамы разносят на наибольшее расстояние, допускаемое



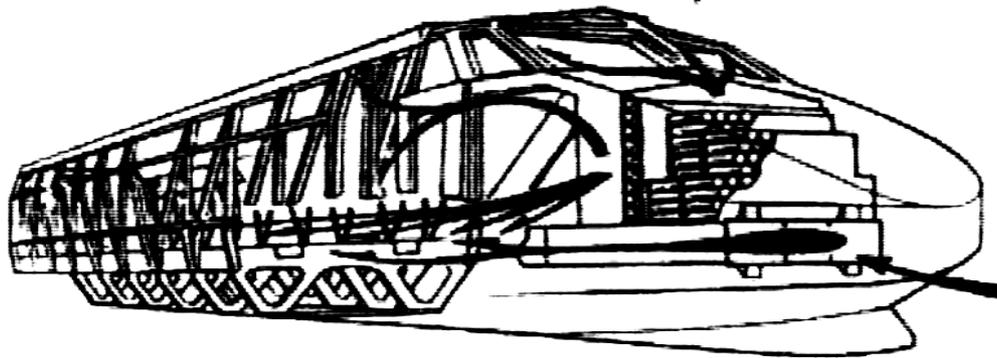


Рис. 2.2 - Кузов капотного и вагонного типов

Рис. 2.3 Кузов цельнонесущий

габаритом, и располагают их так, что они охватывают раму тележки. При кузовах охватывающего типа внешний

осмотр тележек затруднён, так как часть тележек закрыта рамой кузова (ВЛ60, ВЛ80).

*Самыми лёгкими кузовами являются **цельнонесущие** кузова **охватывающего** типа, а самыми тяжёлыми - кузова **неохватывающего** типа с несущей рамой.*

***Цельнонесущие** кузова могут быть **оболочковыми** или **ферменными**. **Ферменные** кузова имеют каркасные стенки, образующие с рамой кузова раскосую ферму, воспринимающую нагрузки, действующие на кузов. Стенки оболочковых кузовов проектируют так, силы, действующие на кузов, воспринимались так же и обшивками боковых стенок, крыши и кабины. **Оболочковые** кузова легче **ферменных**.*

***4. По аэродинамическим качествам:** а) **необтекаемые**; б) **полуобтекаемые**; в) **обтекаемые**;*

***5. По материалам, применяемым в конструкции кузовов:** а) **стальные**; б) **изготовленные из алюминиевых сплавов**; в) **пластмассовые**.*

2.4. Основные элементы кузова

Рама и стенки кузова

*У отечественных электровозов рамы **охватывающего** типа. Рама кузова представляет собой конструкцию с большим числом сварных соединений, поэтому для обеспечения заданных*

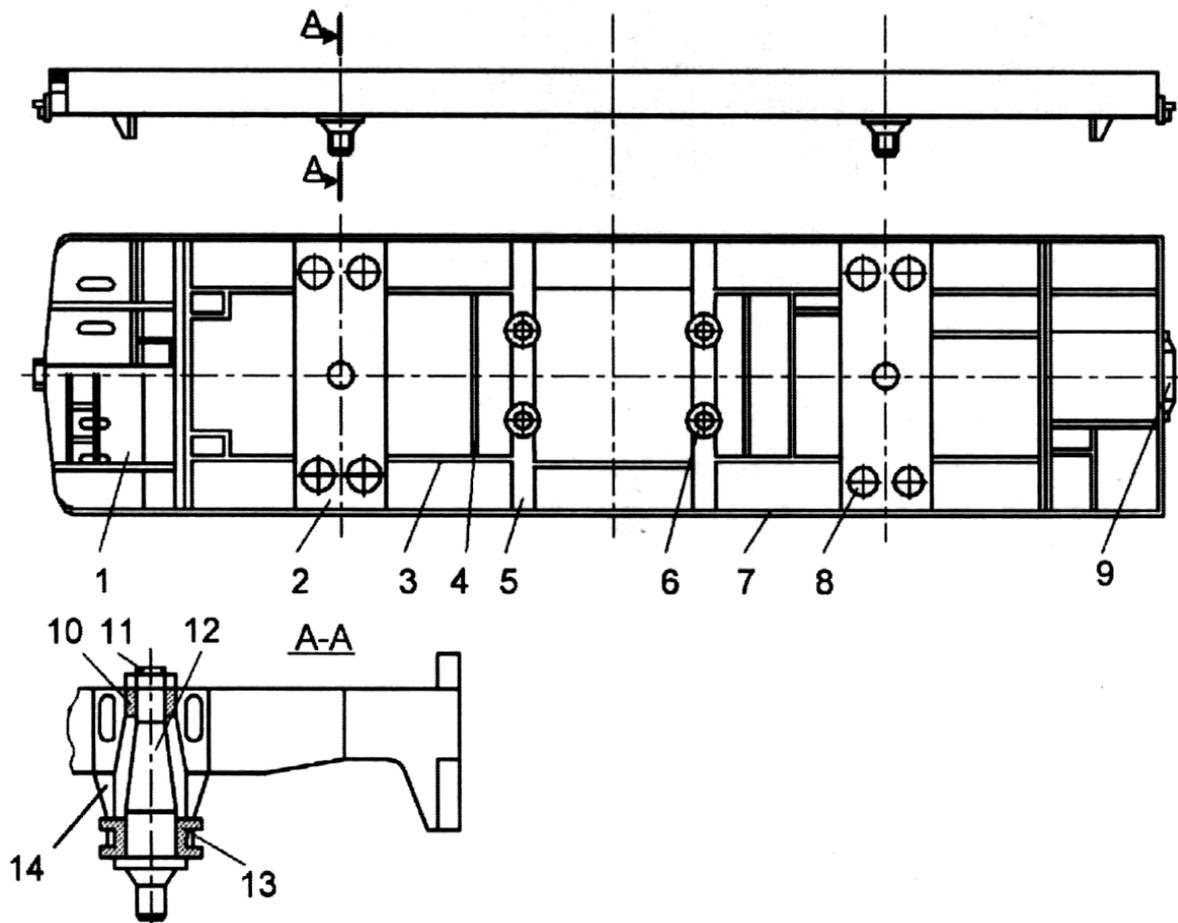


Рис.2.4.Главная рама электровоза ВЛ80:

1, 9 - жесткий упряжной брус; 2 - шкворневая балка; 3, 4 - легкие продольные и поперечные балки; 5 - балка для опоры трансформатора; 6 - стальные конуса под амортизаторы трансформатора; 7 - хребтовая балка; 8 - стакан под боковые опоры кузова; 14 - обечайка; 10 - цилиндрическая втулка; 11 - гайка; 12 - шкворень; 13 - литой фланец

геометрических размеров они должны собираться в стендах в заневоленном состоянии. При проектировании рам кузовов необходимо учитывать условия прочности для сварных швов: швы должны быть минимальными, расположение их должно быть максимально симметрично относительно нейтральной оси сечения свариваемой конструкции.

Кузова отечественных электровозов [3, 4, 5, 8] имеют несущую раму (рис.2.4), которая состоит из развитого жесткого

ИНСАПОВ Д.М.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ЭПС

ЛЕКЦИЯ №4

упряжного бруса 1, воспринимающего усилия автосцепки и передающего далее на две охватывающего типа хребтовые балки 7. Эти балки связаны двумя шкворневыми балками 2 со стаканами 8 под боковые опоры и двумя балками опорами 5 со стальными конусами 6 под резиновые конуса - амортизаторы трансформатора. Кроме того, для создания жесткости имеются легкие продольные 3 и поперечные 4 балки. Упряжной брус, как и остальные части, сварен из стали Ст.3 или М16.

Для установки поглощающего аппарата автосцепки имеется соответствующих размеров проем с упорными угольниками. Шкворневая балка сварена из четырех листов толщиной 10-12 мм, на концах её - четыре стакана 8 под боковые опоры, в средней части внизу обечайка 14, литой фланец 13, а сверху цилиндрическая втулка 10. Шкворень 12 имеет горячую посадку во фланце 13 и скользящую во втулке 10.

На электровозах нашли распространение и цельнонесущие кузова [3], примером могут служить кузова электровозов Ф и К. Каркас кузова электровоза СС21000 французских железных дорог выполнен из низколегированной стали, его боковые стенки представляют собой фермы с треугольной решеткой. Узлы фермы внизу связаны поперечными балками рамы кузова, а сверху - крышевыми дугами.

Верхний пояс боковых несущих стенок работает при изгибе кузова в вертикальной плоскости от вертикальной нагрузки на сжатие. Вся конструкция имеет большую жесткость не только в вертикальной, но и в горизонтальной плоскости.

Вагоны существующих электропоездов имеют несущие кузова. В решетке и обшивке кузовов применены обычные и специальные профили из стали марок Ст2, Ст3. Толщина обшивки боковых стенок и пола 1,5 - 3 мм, для увеличения жесткости которых применяют гофрированные листы.

Продольные элементы вместе с обшивкой (оболочкой) воспринимают продольные силы; поперечные элементы, образуя замкнутый жесткий контур, сохраняют форму поперечного сечения кузова.

Для моторвагонных кузовов, не имеющих поперечных стенок, поперечные балки рамы, стойки боковых стенок и дуги крыши образуют шпангоуты в виде замкнутого

кольца. Однако по длине шпангоуты расположены неравномерно, так как оконные простенки и окна имеют неодинаковую ширину.

Оптимальная конструкция кузова должна быть не только прочной, но и имеющей минимальный вес. Для облегчения кузова вагона в вагоностроении широко применяют сплавы алюминия. Текущее содержание подвижного состава с кузовами из алюминия проще а расходы на него меньше, чем на подвижной состав имеющий стальные кузова.

Отдельные части можно соединять клепкой, точечной сваркой и сваркой в среде защитного газа. Клепка дает очень хорошее соединение. Однако требует больших затрат труда и больших расходов.

Точечная сварка требует дорогостоящего оборудования для сварочных работ. Такая сварка является автоматической, но её применение связано с большими трудностями. Кроме того, впоследствии ремонт деталей, сваренных точечной сваркой, значительно удорожается. Расходы на точечную сварку можно считать оправданными только при изготовлении большой серии подвижного состава.

Расходы на изготовление сваркой в среде защитного газа значительно ниже. Алюминиевый сплав выбирают таким образом, чтобы его сварка проходила без значительной потери прочности. Метод сварки не должен вызывать больших расходов на защитный газ и электроды. Так в Германии применяют главным образом сплавы алюминия, цинка и магния, которые хорошо удовлетворяют требованиям прочности, свариваемости, антикоррозионности и стоимости.

Из-за высокой стоимости сварки в вагоностроении, алюминиевые кузова создают из экструзионных профилей, т.е. профилей, получаемых прессованием, которые соответствуют условиям их нагрузки и конструкции данного узла и снижают до минимума необходимость сварки отдельных частей.

В Японии построено большое количество электропоездов серии 301 с кузовами из сплава

алюминия, цинка и магния, который восстанавливает свою прочность при сварке без какой либо термической обработки после естественного охлаждения при нормальной температуре. В химический состав сплава входят:

| | | |
|--------------|-----------------|----|
| Cu | не менее 0,2 % | Mg |
| 0,5-2 % | | |
| Si | не менее 0,35 % | Zn |
| 3,8 - 5,5 % | | |
| Fe | не менее 0,4 % | Cr |
| 0,06 - 0,3 % | | |
| Mn | не менее 0,9 % | Ti |
| менее 0,01 % | | не |

Прочность на разрыв более 35 кгс/мм^2 ($35 \cdot 10^7 \text{ Па}$).
 Предел текучести более 28 кгс/мм^2 ($28 \cdot 10^7 \text{ Па}$).

Этот сплав применен для наиболее ответственных деталей: боковых балок рамы, хребтовых и шкворневых балок, упоров тяговых приборов. Для стоек, крышевых дуг и обшивки использованы сплавы алюминия с несколько меньшим содержанием и без титана. Для определения прочности кузова были проведены испытания на вертикальную нагрузку [максимальное значение 36 тс (360 кН)], на продольную сжимающую нагрузку с торца [максимальное значение 50 тс (500 кН)], на скручивание [максимальное значение момента 4 тс · м ($500 \text{ кН} \cdot \text{м}$)].

В локомотиво- и вагостроении в последнее время широкое применение нашли пластмассы [3]. Пластмассы обладают малой плотностью, они в 5 - 6 раз легче стали и в 2 раза легче алюминия. А некоторые типы (поропласты и пенопласты) имеют плотность в 10 раз меньше плотности пробки.

Все пластики являются антикоррозионными материалами и обладают высокой стойкостью к воздействию воды, кислот, щелочей, нефтепродуктов и других агрессивных сред. Многие типы пластмасс обладают значительной морозостойкостью и теплостойкостью, сохраняя эти свойства при температурах от -60 до $+200^\circ \text{C}$.

Пластики обладают хорошими теплоизоляционными свойствами. Некоторые из них, изготавливаемые как термо- и звукоизоляционные материалы, имеют очень

низкий коэффициент теплопроводности. Пластмассы не подвержены гниению, газо- и водонепроницаемы, износоустойчивы. Многие пластики отличаются высокой прочностью, а некоторые из них не уступают по прочности металлам и являются прекрасным конструктивным материалом.

Свойство пластичности присущее им при определенных условиях, создает возможность придавать получаемым изделиям желаемую форму с последующим сохранением её. В Германии несущие части и кузов выполняются из пластмассы мультотрен. Снижение массы кузова такого вагона по сравнению со стальным кузовом достигло 50 %. Важная особенность этих вагонов - возможность сборки кузова из отдельных заранее изготовленных элементов, а следовательно, и быстрая замена поврежденных частей.

Из пластмасс особый интерес представляют стеклопластики. Они изготавливаются с наполнителем из стеклянной ткани, матов, сетки или стеклянного волокна и обладают значительно большей прочностью и сопротивляемостью действию химических реагентов, чем другие пластики. Стеклопластики лучше металлов поглощают вибрационные усилия, имеют небольшой коэффициент температурного расширения и более, чем обычные пластики стойки к действию длительных нагрузок и обладают более высокой теплоемкостью.

Другим материалом, получившим распространение при постройке кузовов, является поропласт (мипора), благодаря высоким термо- и звукоизоляционным свойствам.

Существенным недостатком мипоры является её высокая влагоемкость и значительная потеря при этом термоизоляционных свойств. Это вызывает необходимость специальной гидроизоляционной укупорки мипоры, осуществляемой при помощи какого-нибудь пленочного пластика. Сочетание стеклопластиков с поропластами нашло широкое распространение в вагоностроении.

Кабина машиниста

Согласно ГОСТ 12.2.056 - 81 кабина должна быть рассчитана на одновременное присутствие трех лиц:

машиниста, помощника машиниста и машиниста - инструктора [2]. Кабины машинистов электровозов рассчитаны для правостороннего движения, в связи с чем рабочее место машиниста находится с правой стороны, а помощника с левой. В кабине расположено оборудование управления электровозом (контроллер машиниста, блоки автоматов цепей управления, сигнальные индикаторы, тормозные краны, измерительные приборы, радиостанция) (рис.2.5). Для создания приемлемого микроклимата кабины оборудуются калориферами и кондиционерами. Стены и потолок кабины отделаны звукоизолирующими материалами.

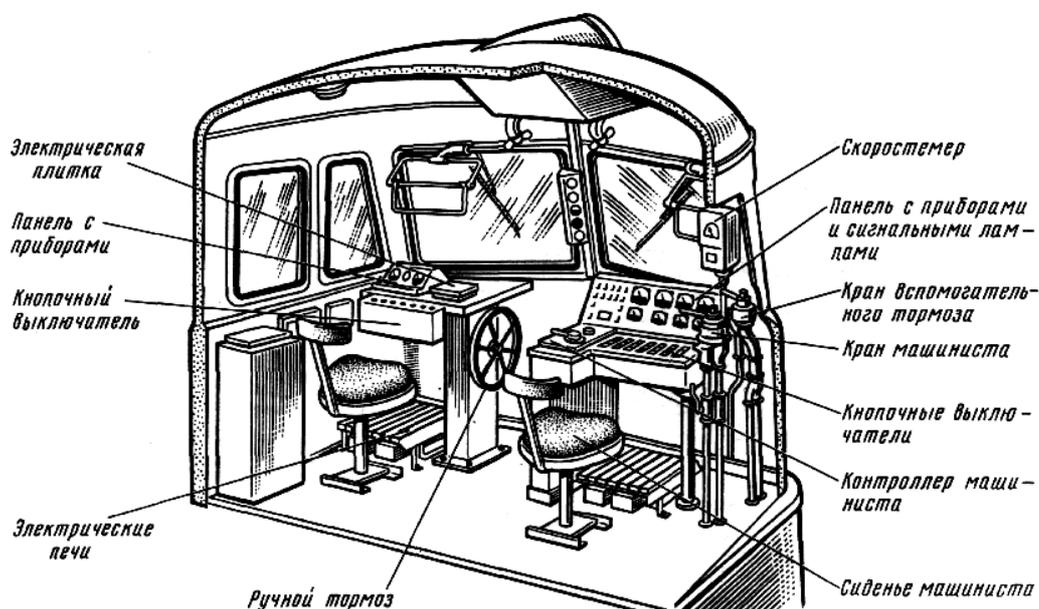


Рис.2.5. Кабина машиниста электровоза переменного тока

Крыша кузова

Крыша кузова, как и стенки, предназначена для защиты оборудования от атмосферного воздействия. Крыша по всей длине имеет проемы для обеспечения монтажа и демонтажа блоков оборудования при постройке и ремонтах электровозов. Проемы закрыты крышевыми люками с мягкими уплотнителями. В расчетах на прочность кузова прочность элементов крыши не учитывается.

2.5. Компоновка оборудования

Объем оборудования, которое необходимо разместить в кузове электровоза зависит от многих факторов [2]: системы энергоснабжения, способа регулирования работы тяговых двигателей, мощности, колесной формулы, массогабаритных характеристик оборудования, требований к его охлаждению, климатических условий, требований по обслуживанию оборудования.

Поскольку максимальные поперечные размеры кузова ограничены требованиями ГОСТ 9238-83, то при проектировании нового типа электровоза задача заключается в том, чтобы разместить необходимое оборудование в кузове минимальной длины.

Обычно стремятся уменьшить длину кузова, так как длина электровоза влияет на его экономические показатели. Длина электровоза определяет полезную длину поезда (по приёмо-отправочным путям), стоимость депо и ремонтных сооружений (канал, пескозаправочных пунктов, ремонтных цехов), расход материалов, размеры производственных площадей.

Предельная минимальная длина кузова электровоза (секции) определяется экипажной частью, то есть размещением под кузовом заданного числа осей (тележек) с учётом ударно-упряжных устройств (автосцепок).

Расположение на электровозе электрического, пневматического и другого оборудования должно быть в соответствии с основными условиями:

1. Удобное обслуживание оборудования и наблюдение за его работой при эксплуатации, а так же удобный ремонт и замена оборудования с соблюдением требований техники безопасности;

2. Минимальные протяжённость и аэродинамическое сопротивление вентиляционных систем с воздуховодами;

3. Объединение максимально возможного числа оборудования по функциональным и конструктивным параметрам в блоки;

4. Минимально возможная длина электрических коммуникаций (проводов, кабелей) и трубопроводов пневматических систем;

5. Максимальное использование несущих конструкций рам, каркасов кузова в качестве оснований для крепления оборудования;

6. Соблюдение правильной развески электровоза;

7. Соблюдение необходимых изоляционных расстояний.

На электровозах постоянного тока используют расположение оборудования в двух продольных блоках с тремя проходами (рис.2.6 - а); один совпадающий с продольной осью электровоза, два других между блоками и боковыми стенками кузова. Один или два прохода используются для доступа к оборудованию и для перехода из кабины в кабину односекционного локомотива или из секции в секцию многосекционного.

На ВЛ60 **смешанная** схема - два продольных прохода с отдельными поперечными проходами (рис.2.6 - б).

Необходимость неоднократного преобразования энергии на магистральных электровозах переменного тока предопределяет большой объем устанавливаемого на них электрооборудования, которое определяет размеры электровозов.

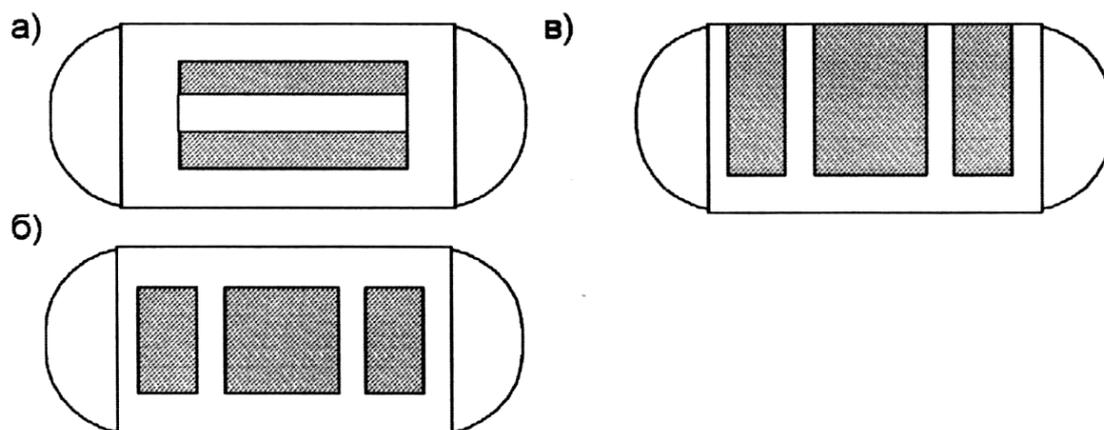


Рис.2.6 Компоновка оборудования в кузове электровоза а) продольное с тремя проходами; б) смешанное с двумя проходами; в) поперечное

На электровозе ВЛ60 и его модификациях стали применять так называемую **смешанную** схему с двумя боковыми продольными (основными) и с отдельными поперечными проходами (рис.2.6 - в). Оборудование было скомпоновано в отдельные блоки, агрегаты и панели, которые размещались вдоль продольной оси электровоза (кроме мотор - компрессоров), т.е. был сохранен принцип продольной компоновки оборудования характерный для электровозов постоянного тока.

На электровозах ВЛ80, сохранён только один боковой проход, а вся остальная площадь используется для оборудования. Оборудование скомпоновано в блоки, но в отличие от ВЛ60 часть блоков размещается поперек продольной оси электровоза (блоки вентиля-

торов, выпрямительные установки, сглаживающие реакторы, блоки мотор - компрессоров). Блоки с силовым электрооборудованием, панели аппаратуры управления и вспомогательных цепей размещались вдоль продольной оси электровоза.

При **поперечной** компоновке основное оборудование размещается в прямоугольных, плоских блоках, установленных перпендикулярно продольной оси электровоза с короткими поперечными служебными проходами между блоками. На электровозах ВЛ85 используется поперечная компоновка.

Компоновка оборудования в кузовах отечественных электровозов различна, но имеются некоторые общие решения. Так для снижения момента инерции кузова относительно вертикальной оси тяговый трансформатор устанавливают в центре (на двухсекционных электровозах смещают на 0,1 - 0,5 м от центра).

На электровозах со ступенчатым регулированием напряжения ТЭД (ВЛ60, ВЛ80С) для сокращения длины электрических коммуникаций, оборудование для регулирования напряжения (групповой переключатель, переходной реактор) устанавливают на верхней крышке тягового трансформатора. Рядом с трансформатором располагают преобразовательные установки, сглаживающие реакторы, вентиляционные установки. Расположение оборудования на электровозе ВЛ60К (рис. 2.7)

Над тележками устанавливают блоки силовых агрегатов с оборудованием для управления ТЭД (реверсивным и тормозным переключателями, линейными контакторами, отключателями, приборами ослабления поля, защитно-коммутационной аппаратурой), а также вентиляторными установками. Такая компоновка позволяет максимально уменьшить длину воздуховодов и подсоединительных проводов к ТЭД. Блоки электроснабжения (распределительные щиты),

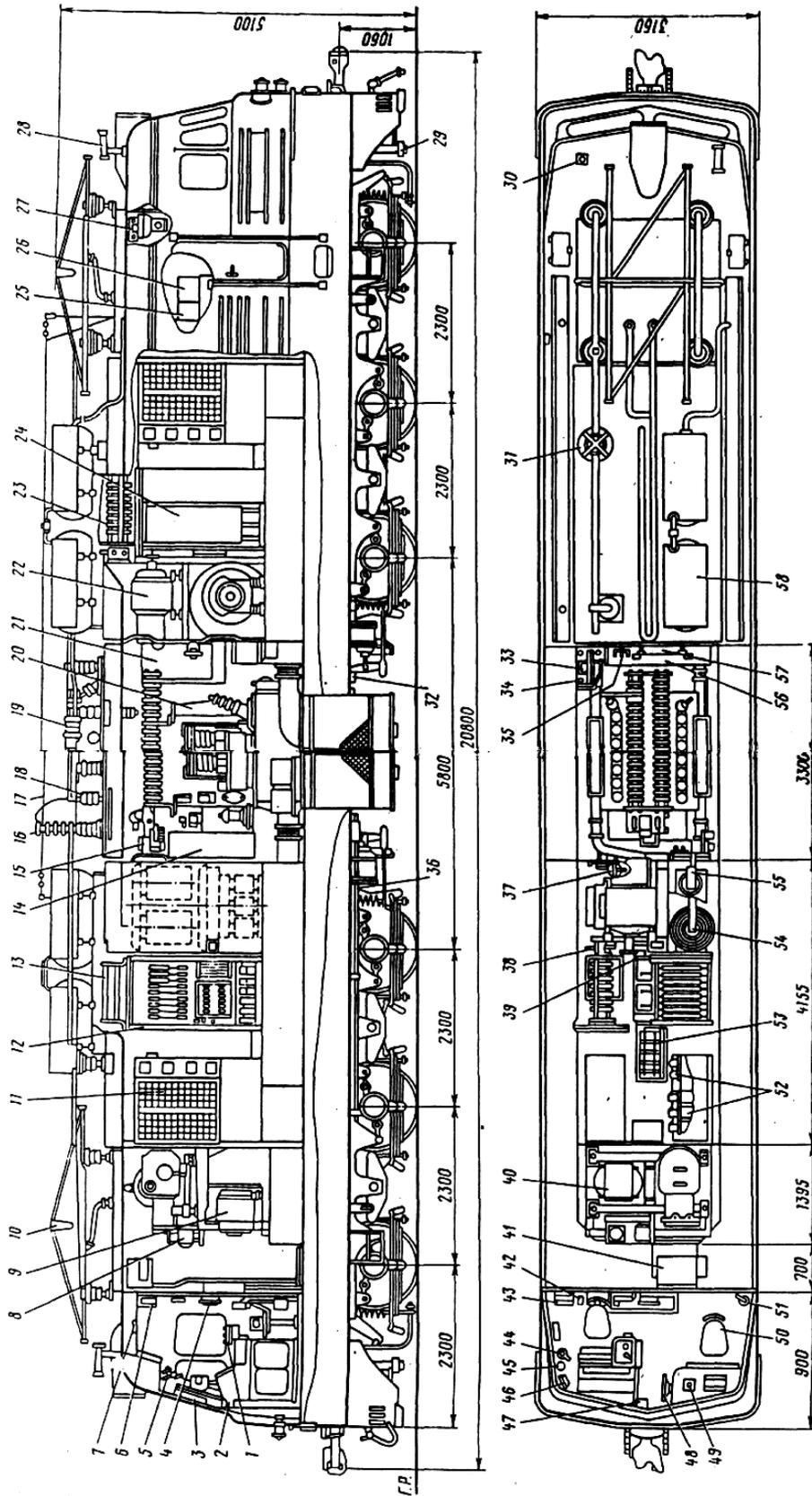


Рис.2.7. Расположение оборудования на электровозе ВЛ60К:

1 - панель с кнопками; 2 - пульт машиниста; 3 - светодвор двусторонний; 4 - пульт управления радио станцией; 5 - вентилятор МВ-75; 6 - громкоговоритель динамический; 7 - светильник потолочный; 8 - компрессор для подъема токоприемника; 9 - мотор-вентилятор; 10 - токоприемник; 11 - блок выпрямительной установки; 12 - блок силовых аппаратов; 13 - резистор ослабления возбуждения; 14 - панель №3; 15 - главный контроллер ЭКГ-8; 16 - разрядник; 17 - антенна радиостанции; 18 - разъединитель вентилей; 19 - воздушный выключатель ВОВ-25-4; 20 - блок трансформатора; 21 - распределительный щит; 22 - расщепитель фаз; 23 - разъединитель вентилей; 24 - панель №2; 25 - блок питания радиостанции; 26 - радиостанция ЖР-ЗМ; 27 - воздухораспределитель; 28 - тифон; 29 - приемная катушка автостопа; 30 - свисток; 31 - дроссель помехоподавляющий; 32 - розетка высоковольтная; 33 - переключатель режимов работы; 34 - розетка РЗ-8Б для переносных ламп; 35 - контактор КПД-131; 36 - разъединяющая штанга; 37 - панель с переключателем и предохранителем; 38 - счетчик электроэнергии; 39 - разъединитель РШК; 40 - блок мотор-компрессора Э-500; 41 - санузел; 42 - печь электрическая; 43 - электропневматический клапан; 44 - кран машиниста; 45 - кран вспомогательного тормоза; 46 - скоростемер; 47

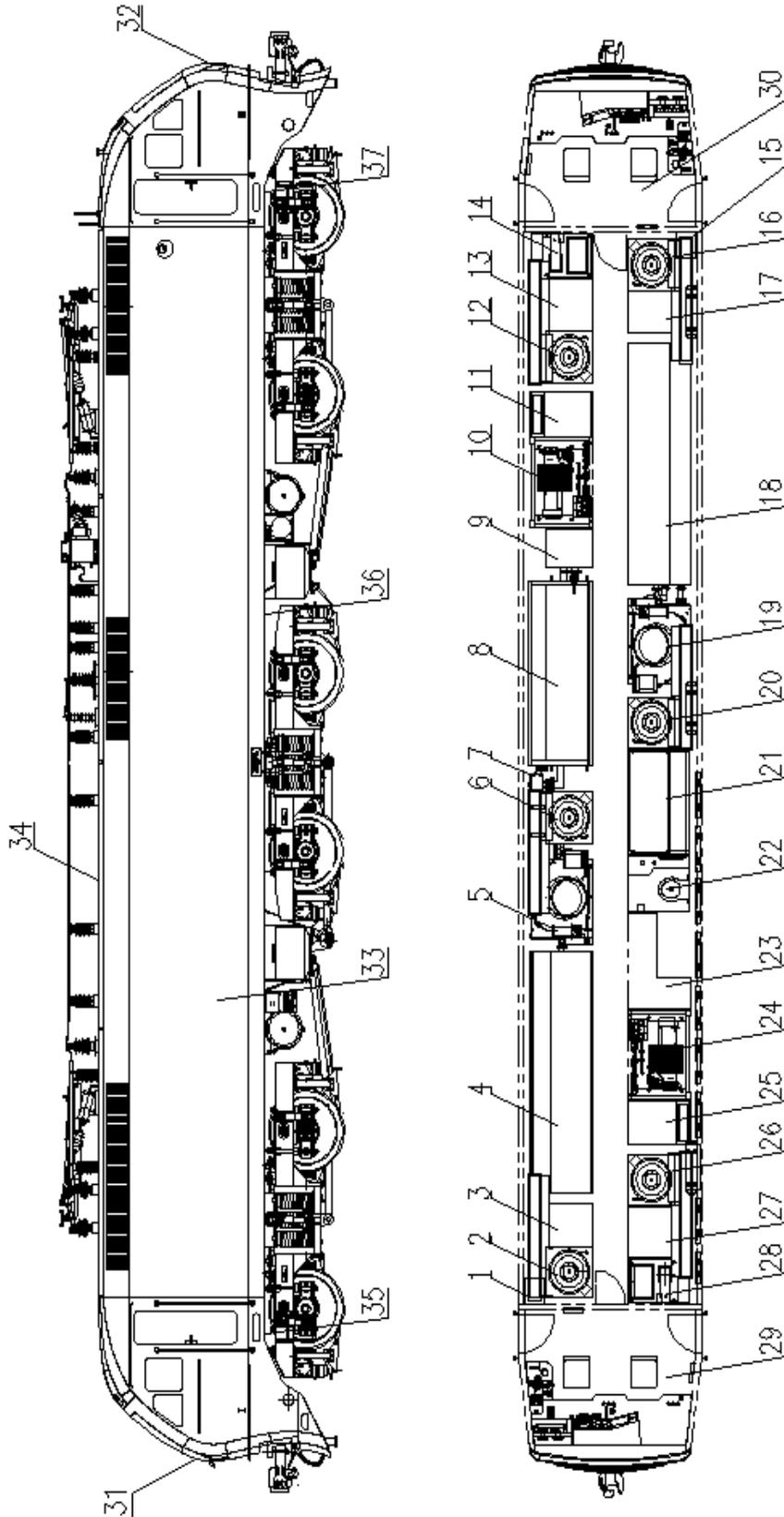


Рис.2.8. Расположение оборудования электровоза O/zbekiston

1- шкаф одежды; 2- шкаф воздухоподъемки тягового мотора одной тележки; 3- шкаф инструментов; 4 – главный конвертер; 5 - охлаждающая башня; 6 - шкаф воздухоподъемки тягового мотора 3й тележки; 7 - маслосос электровоза; 8 - главный трансформатор; 9 - шкаф питания поезда; 10 - шкаф источника вентилятора; 11 - вспомогательный конвертер; 12 - шкаф воздухоподъемки тягового мотора; 13 - шкаф источника питания; 14 - шкаф кондиционера; 15 - шкаф одежды; 16 - шкаф воздухоподъемки тягового мотора; 17 - шкаф сигнализации; 18 - шкаф главного конвертера; 19 - охлаждающая башня; 20 - шкаф воздухоподъемки тягового мотора; 21 - шкаф электрооборудования низкого напряжения; 22 - туалет; 23 - шкаф воздуховодов; 24 - шкаф источника вентилятора; 25 - шкаф вспомогательного конвертера; 26 - шкаф воздухоподъемки тягового мотора; 27 - шкаф аккумуляторов; 28 - шкаф кондиционера.

змеевики для охлаждения сжатого воздуха, поступающего от компрессора, заборные жалюзи от вентиляционных

ИНСАПОВ Д.М.
МЕХАНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ЭПС
ЛЕКЦИЯ №4

систем, выбросные жалюзи блоков пусковых и тормозных резисторов и т.д.

На электровозах постоянного тока, на которых напряжение контактной сети небольшое, трудностей с размещением оборудования на крыше не возникает. На электровозах переменного тока, имеющих высокие напряжения в контактной сети, при проектировании указанные трудности возникают. Это объясняется резким увеличением объема высоковольтного оборудования, необходимостью соблюдать значительные изоляционные промежутки, недостаточным местом внутри кузова для размещения дополнительного оборудования.

На магистральных электровозах устанавливаются по два токоприемника. В нормальных условиях работает задний по ходу движения токоприемник, но при неблагоприятных условиях (гололед) используют оба токоприемника. Чтобы не возникло отжатие контактного провода при одновременной работе двух токоприемников, необходимо разносить токоприемники на значительное расстояние друг от друга.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение механической части?
2. Что такое тяговый модуль. Какие элементы конструкции электровоза входят в его состав?
3. Что такое осевая формула, что она показывает?
4. Какие требования предъявляются к механической части электровоза?
5. Какие основные узлы механической части Вам известны?
6. В соответствии с какими условиями располагают оборудованием на электровозе?
7. В чём заключается условие размещения оборудования на электровозе?
8. Какие типы компоновки оборудования в кузове электровоза применяются на подвижном составе?
9. Каковы общие решения компоновки оборудования в кузовах отечественных электровозов?

Лекция № 3 ТЕЛЕЖКИ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Рассматриваемые вопросы:

1. Типы и общие характеристики тележек локомотивов;
2. Конструкция рамы тележки;
3. Конструктивные особенности рам тележек.

3.1. Типы и общие характеристики тележек локомотивов

Рамы тележек [2, 3, 4, 5, 7] служат для передачи вертикальной нагрузки и распределения её между отдельными колесными парами и колесами при помощи рессорного подвешивания, а также для восприятия сил тяги или торможения, развиваемых отдельными колесными парами, и передачи их на автосцепные устройства, установленные на раме кузова или на рамах тележек. Кроме того, воспринимает боковые усилия, возникающие при проследовании кривых участков пути.

К рамам тележек крепят тяговые двигатели, на них устанавливают тормозное оборудование, а на электровозах с сочлененными тележками - межтележечные сочленения и автосцепные устройства.

В зависимости от расположения колес рамы тележек подразделяют на внешние и внутренние.

Во внешних рамах колеса располагаются внутри рамы. При этом рамы получаются более тяжелыми вследствие **большого веса** и **более сложной** конструкции рамных креплений. Внешние рамы применяют главным образом при индивидуальном приводе движущих **колесных пар**, когда тяговый двигатель располагается в непосредственной близости от приводимой им колесной пары. Применение внешних рам обеспечивает большее расстояние между боковинами. Это расстояние определяет размеры тягово-го двигателя. Следовательно, при внешних рамах можно применять двигатели большей мощности. При внешних рамах электровоз обладает большей **поперечной**

устойчивостью, так как увеличивается расстояние между шейками колесных пар.

Внутренние рамы применяют обычно при групповом приводе. В этом случае плоскость колес находится снаружи рамы.

По назначению тележки электровозов делятся на **грузовые** и **пассажирские**. Исходя из этого, для пассажирских электровозов все элементы выбирают из расчета минимальной массы и, в первую очередь, минимальных необрессоренных масс. В системах рессорного подвешивания тележек закладываются минимально возможные жесткости упругих элементов и гидравлические или другого типа гасители колебаний. Посредством тормозных систем тележек пассажирских электровозов обеспечиваются высокие тормозные силы и при больших скоростях движения и при умеренных. Для исключения юза колесных пар при торможении давление воздуха в тормозных цилиндрах может регулироваться в зависимости от скорости движения. Такое регулирование может выполняться ступенчато или плавно. Тележки рассчитывают на длительное время эксплуатации при больших скоростях.

Для тележек грузовых поездов важным фактором является прочность в течение длительного времени при большой силе тяги. Рессорные системы тележек грузовых электровозов могут иметь достаточно высокую жесткость упругих элементов. Они изготавливаются как на базе винтовых пружин с параллельно включенными гасителями колебаний, так и на базе листовых рессор или комбинированных систем.

Отличительной особенностью тележек магистральных электровозов, является то, что они рассчитаны на длительную работу электровоза в исполнении У и УХЛ при высокой жесткости пути. Это предъявляет жесткие требования к конструктивному исполнению и выбору материалов при проектировании узлов и деталей тележек.

По числу колесных пар тележки разделяются на **двухосные**, **трехосные** и **четырёхосные**. В нашей стране используются только 2-х и 3-х осные (у 3-х осных трудное вписывание в кривые малого радиуса).

По количеству тяговых двигателей тележки могут быть с **индивидуальным** и **групповым** приводом. (*Индивидуальный*

привод - привод, при котором каждая ось приводится во вращение индивидуальным тяговым двигателем, для *группового привода* характерно наличие одного ТЭД на всю тележку, в нашей стране, на локомотивах используется индивидуальный привод).

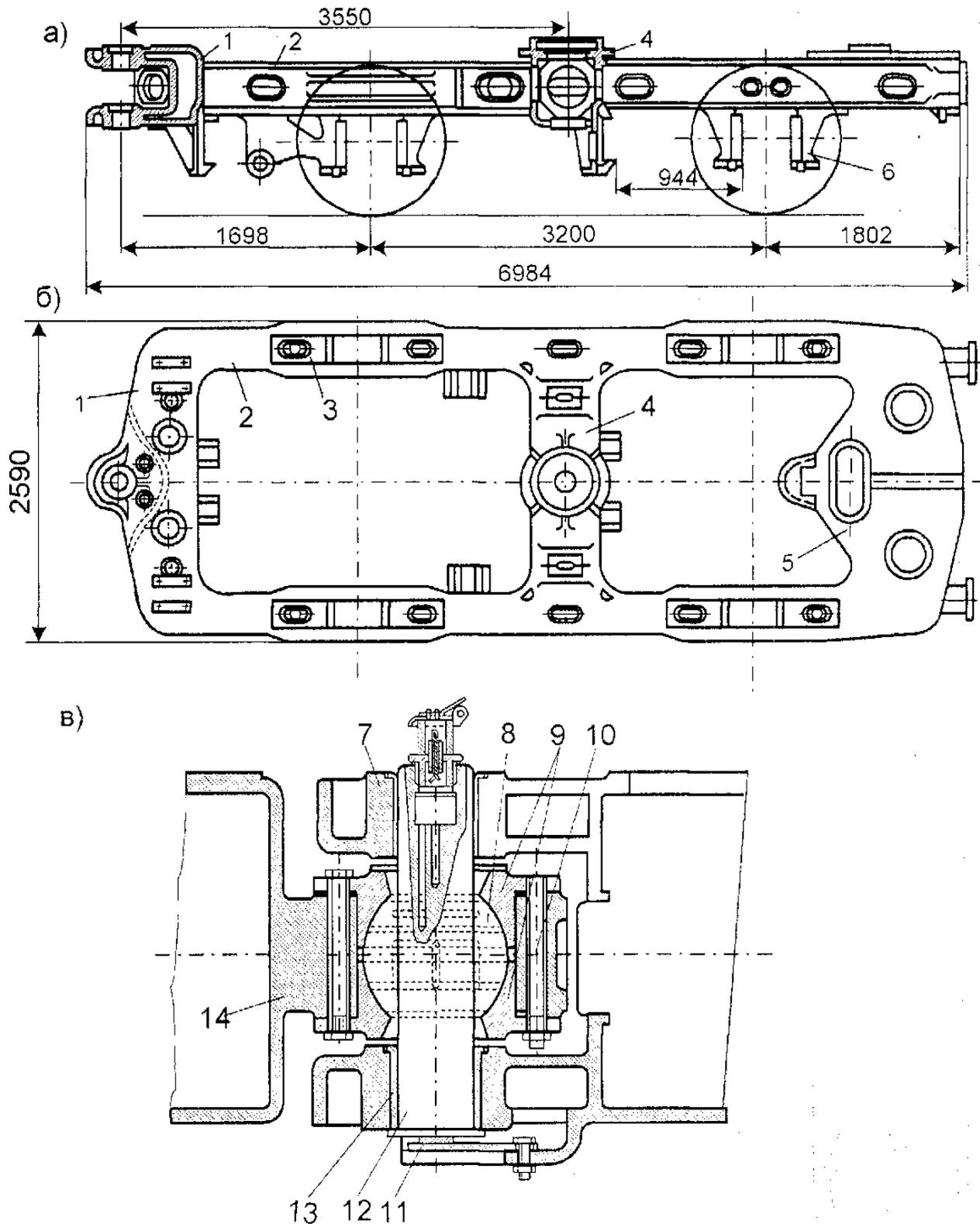


Рис. Литая рама электровоза ВЛ8 (а,б) и узел сочленения электровоза ВЛ22м (в):

1 - брус сочленения; 2 - боковина; 3 - место для установки рессор; 4 - шкворневой брус; 5 - упряжной брус; 6 - направляющие стойки для буксы; 7 - вилка; 8 - шаровый вкладыш; 9 - два обхватывающих фасонных вкладыша; 10 - болтами; 11 - упор шкворня; 12 - шкворень; 13 - втулка; 14 -

По *системе продольной связи с кузовом* тележки разделяются на **шкворневые** и **безшкворневые**. (К первым относятся электровозы ВЛ80 всех модификаций, ВЛ60).

По *способу изготовления* тележки бывают с **листовыми, брусковыми, цельнолитыми** (см. рис.), **сварными рамами**.

В зависимости от *связи колесных пар с рамой тележки* бывают **челюстные** и **бесчелюстные**.

Челюстные тележки применялись только на первых конструкциях советских электровозов. Все электровозы переменного тока оборудованы бесчелюстными тележками.

3.2. Конструкция рамы тележки

Рама тележки (см. рисунок) предназначена для передачи и распределения вертикальной нагрузки между отдельными колесными парами (с помощью рессорного подвешивания), восприятия и передачи на раму кузова силы тяги, тормозной силы, а также восприятия боковых горизонтальных и вертикальных сил от колесных пар при проходе ими неровностей пути. Рама является связующим, несущим элементом всех узлов тележки.

Рама тележки представляет собой цельносварную конструкцию прямоугольной в плане формы, сваренную из двух боковин 3, связанных одна с другой шкворневым 9 и двумя концевыми брусками 2. Боковины и концевые бруска коробчатого сечения сварены из четырех листов прокатной стали. К нижнему листу боковины приварены литые малые 13 и большие 12 буксовые кронштейны.

На верхний лист боковины рамы приварены накладки 4, усиливающие боковину. К накладке и наружной стороне боковины приварены кронштейны 5 люлечного подвешивания. С внутренней стороны боковины имеются кронштейны 11 для подвесок тормозной системы, а с наружной — кронштейны 8 для гидравлических гасителей. На концевых брусках предусмотрены кронштейны 14 для подвески тормозной системы и накладка 1 под ролик противоразгрузочного устройства.

Шкворневой брус 9 коробчатого сечения с усиливающими ребрами состоит из литых собственно шкворневого бруса и бруса шаровой связи, приваренного к шкворневому бросу в нижней части.

В средней части шкворневого бруса имеется овальное с коническим переходом по высоте отверстие, через которое проходит

шкворень. С двух сторон к шкворневому брусу приварены кронштейны 6 и 10 для подвески рычагов ручного тормоза. На нижней стороне шкворневого бруса имеются площадки для приварки кронштейнов 7 крепления тормозных цилиндров. На брусе шаровой связи находятся проушины для подвешивания тяговых двигателей. Внутренняя полость бруса служит для размещения в ней деталей шаровой связи.

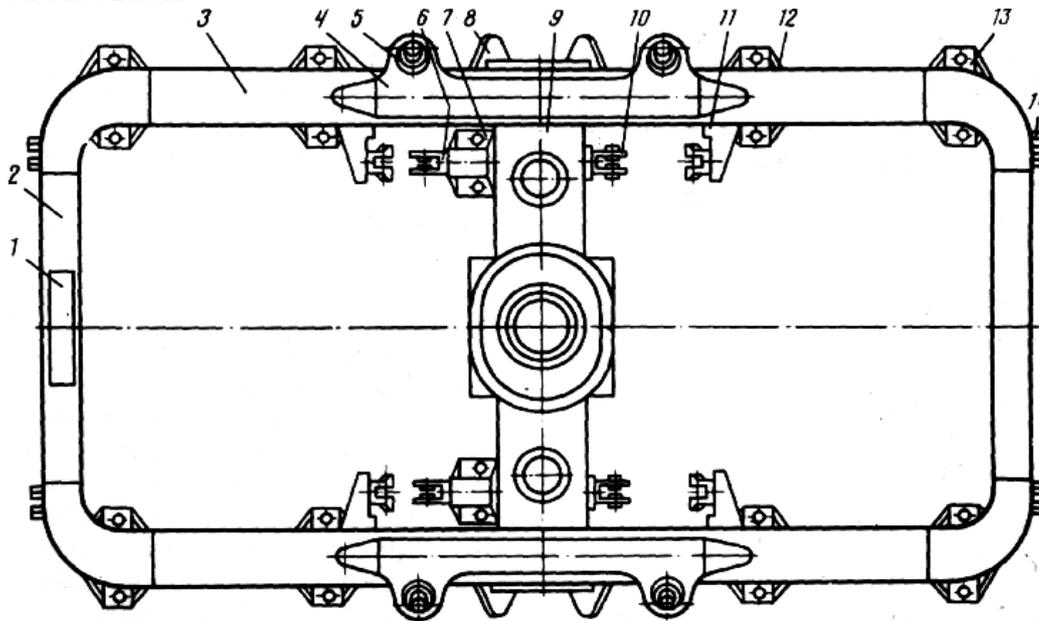


Рис. Рама тележки электровоза ВЛ80

3.3. Конструктивные особенности рам тележек

Как было отмечено выше по способу изготовления рамы тележек разделяются на листовые, брусковые, цельнолитые и сварные [3, 5].

Рамы тележки электровоза ВЛ80 состоят из продольных и поперечных балок, взаимное расположение составляет компенсированную схему. У ВЛ80 в средней балке располагается шкворневой узел. На раме сделаны отливки и кронштейны для крепления соответствующих узлов и деталей.

Листовые рамы тележек применяют на локомотивах относительно небольшой мощности, преимущественно на ширококолейных электровозах промышленного транспорта. В листовых рамах боковины изготавливались из прокатных листов стали (толщина продольной балки 25-50 мм). Поперечные - сварные, литые или листовые. Наиболее прочными в рамах должны быть места над буксовыми вырезами, которые

иногда усиливают прикрепляя к основному рамному листу еще один.

Рессоры по конструкционным особенностям данных рам устанавливаются сбоку с внешней стороны при внешних рамах, и с внутренней стороны при внутренних рамах.

Тяговое усилие на листовые рамы передается через челюстной буксовый узел. Буксовые челюсти выполняются литыми, и располагаются с той же стороны боковины, что и рессоры.

Недостаток - малая прочность боковин в поперечном направлении, незначительная горизонтальная жесткость.

Брусковые рамы применялись на первых шестиосных магистральных электровозах. Боковина представляет собой либо отливку прямоугольного сечения (они дешевле, но менее прочные), либо прокатную заготовку. Толщина отливки 100-150 мм. У таких рам передняя концевая балка называется упряжной брус и выполняется достаточно большой ширины, в ней располагалась автосцепка. Задняя называется брусом сочленения и включает в себя устройство для сочленения тележек электровоза. Рама собирается с помощью болтов или сваркой.

Брусковые рамы обеспечивают высокое использование материала создавая большое сопротивление изгибу в вертикальной плоскости, а значительная их толщина обеспечивает необходимую жесткость при изгибе в горизонтальной плоскости. Усилия, действующие в рессорном подвешивании, передаются на боковину в её средней плоскости, не вызывая кручения. Это является большим преимуществом брусковых рам.

Тележки с брусковыми рамами и передачей тягового усилия непосредственно (не через кузовную раму) на автосцепку поезда имеют серьезный недостаток - большой вес (8500-8900 кг) и в настоящее время не применяются.

Литые рамы. Их проектируют и изготавливают в строгом соответствии с требованиями, предъявляемыми к литью.

Рама изготавливается литьем со всеми необходимыми кронштейнами и отверстиями. Не требует дополнительной обработки. Имеет меньший вес по сравнению с брусковыми рамами.

Боковины и поперечные балки имеют коробчатое сечение. В местах расположения рессор предусмотрены отверстия в боковинах для установки внутри коробки рессор и снизу также отверстия для передачи нагрузки через пружины на буксы колесных пар.

Литые рамы применены на электровозах ВЛ8 (рис.3.2). На них так же, как и на электровозах с брусковыми рамами, тяговые и тормозные усилия передаются колесной парой на раму при помощи челюстной буксы и через сочленение рамы тележек на автосцепку, находящуюся на раме тележки.

Узел сочленения представляет собой следующую конструкцию: на бруске сочленения одной тележки электровоза имеется вилка 7, в которую входит серьга 14 бруса другой тележки. В приливах вилки 7 предусмотрены отверстия с запрессованными втулками 13 для шкворня 12, который вставляется снизу и закрепляется упором 11. В серьге имеется отверстие, в которое вставляется шаровое сочленение, состоящее из шарового вкладыша 8, отлитого из стали, и двух обхватывающих фасонных вкладышей 9, образующих гнезда для шара; между ними установлены регулировочные прокладки. Вкладыши стянуты болтами 10.

Недостаток: требуются большие затраты труда на изготовление форм и высокое качество литья. Открытые сечения боковин над буксами, обусловленные принятым рессорным подвешиванием плохо работают на кручение и в местах перехода боковины от замкнув открытое, создается сильная концентрация напряжений. К тому же рама не разборная, неремонтопригодная. В процессе изготовления в ней могут появиться раковины и большие концентрации напряжений.

Вес литой рамы составляет от 5600 до 5900 кг.

Преимущество цельнолитых рам, помимо большой жесткости в горизонтальной плоскости и хорошего использования материала, заключается в том, что верхняя оболочка и слой кремнезема, оставшиеся от формы, защищают раму от коррозии

Сварные рамы. В настоящее время в локомотиво- и вагоностроении широко распространены сварные рамы тележек из замкнутых тонкостенных профилей [3, 8, 9]. Сварные рамы имеют малый вес, что особенно важно при высоких скоростях движения. Поскольку они работают при переменной нагрузке, вызванной колебаниями наддресорного строения и прохождением колесами неровностей рельсового пути, для них особенно опасна в отношении усталостной прочности концентрация напряжения в сварных швах.

Очагами концентрации напряжения являются сварные швы. Боковины и поперечные балки подвергаются большим напряжениям изгиба в вертикальном направлении по сравнению с горизонтальным. Поэтому во избежание концентрации напряжения нельзя допускать поперечных швов на горизонтальных листах сечений (боковин и поперечных балок), например, при наложении накладок.

К технологическим мероприятиям, способствующим уменьшению остаточных напряжений при сварке, следует отнести выбор режимов, обеспечивающих более равномерное распределение температур в процессе сварки, правильную последовательность наложения швов.

Для снятия остаточных напряжений в раме большое значение имеет термическая обработка, включающая нагрев до 650 - 660 °С в печи с начальной температурой 150 °С и с повышением её на 30 -50 °С за 1 час, выдержку с температурой 650 °С в течение 4 ч и последующее охлаждение до 150 °С вместе с печью с понижением температуры на 30 - 50 °С в течение 1 ч. напряжения от резкого изменения сечения термо-обработкой не снимаются.

Механическая обработка сварных образцов, шлифовка и наклеп повышают их предел выносливости почти до уровня предела выносливости основного металла, причем в этом случае отпуск и нормализация практически не меняют выносливости этих образцов и могут даже понизить её.

В связи с повышением скорости движения рамы должны выполняться более легкими. Сечения всех элементов необходимо выбирать с разумно минимальным запасом.

Отдельные балки имеют пустотелое коробчатое сечение и изготавливаются:

- из стандартных прокатных профилей сваркой (рис.3.2-а));
- из двух штампованных профилей (рис.3.2-б));

- из отдельных листов (рис.3.2-в));
- из верхней штампованной коробки и трех отдельных листов.

Применение прокатных профилей удешевляет производство рам, однако при той же прочности имеют больший вес по сравнению с рамами из штампованных профилей вследствие худшего использования материала.

Рамы из штампованных половин или четырех листов нашли широкое применение, к тому же сечения составленные из штампованных профилей, т.е. с округлыми краями имеют наименьшую концентрацию напряжений по шву.

Возможность появления таких рам обусловлена тем, что был осуществлен переход на несочлененные тележки, автосцепку перенесли на раму кузова. Рамы такого типа ВЛ60, ВЛ80.

Все варианты рамы соединяются сваркой, что позволяет механизировать процесс изготовления. Конструкция получается легче, чем другие тележки при той же прочности.

Недостатки: наличие сварных швов, требует дополнительной обработки.

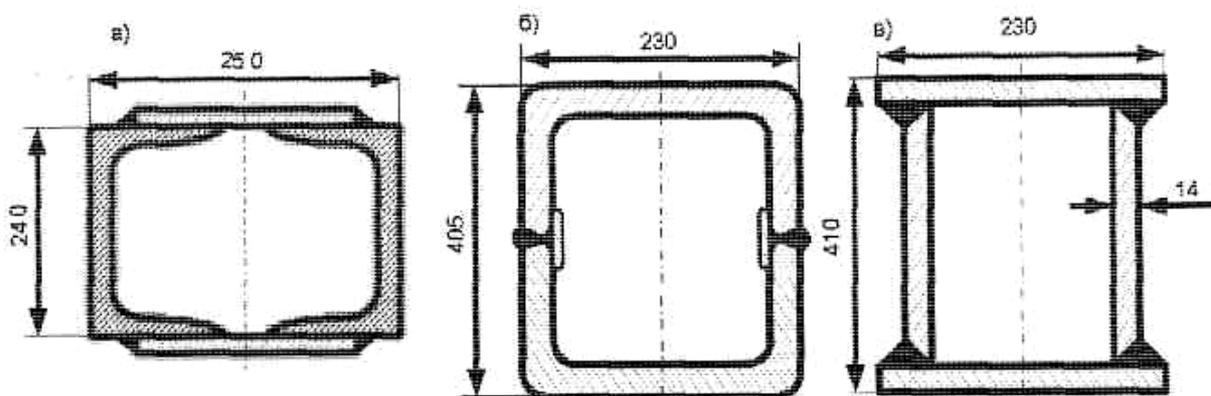


Рис.3.2 Поперечные сечения продольных балок сварных рам тележек

На современном высокоскоростном подвижном составе нашли применение Н - образные тележки.

Ниже приведены рисунки рам тележек электрического транспорта эксплуатируемого на рельсовом транспорте Узбекистана.

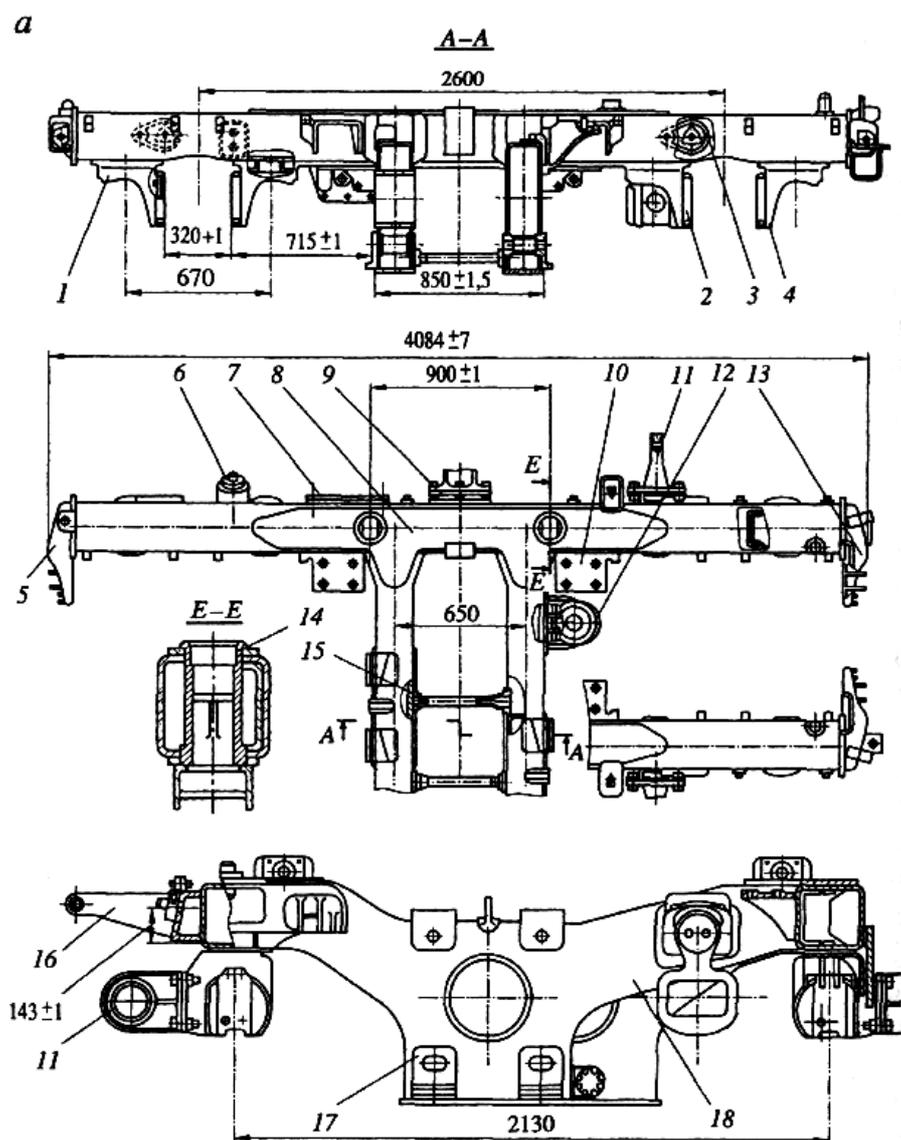


Рис. (а). Рамы тележек моторных вагонов электропоездов ЭР9Е:
a - челюстного типа; *б* — бесчелюстного типа: 1,4— буксовые направляющие; 2 - наливник буксовой направляющей; 3— плита крепления фрикционного гасителя колебаний; 5, 13— концевые балки; 6— кронштейн наклонного тормозного рычага; 7- опорная плита тормозного цилиндра; 8 - продольная балка; 9 — опорная плита кронштейна гидравлического

ИНСАПОВ Д.М.
 МЕХАНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ЭПС
 ЛЕКЦИЯ №4

гасителя колебаний; 10— кронштейн подвески средних тормозных башмаков; 11 — кронштейн продольного поводка; 12— кронштейн подвески редуктора; 14— гильза; 15— распорка поперечных балок; 16— кронштейн гидравлического гасителя колебаний; 17— опора двигателя; 18 — поперечная балка; 19, 20— кронштейны для крепления буксовых поводков

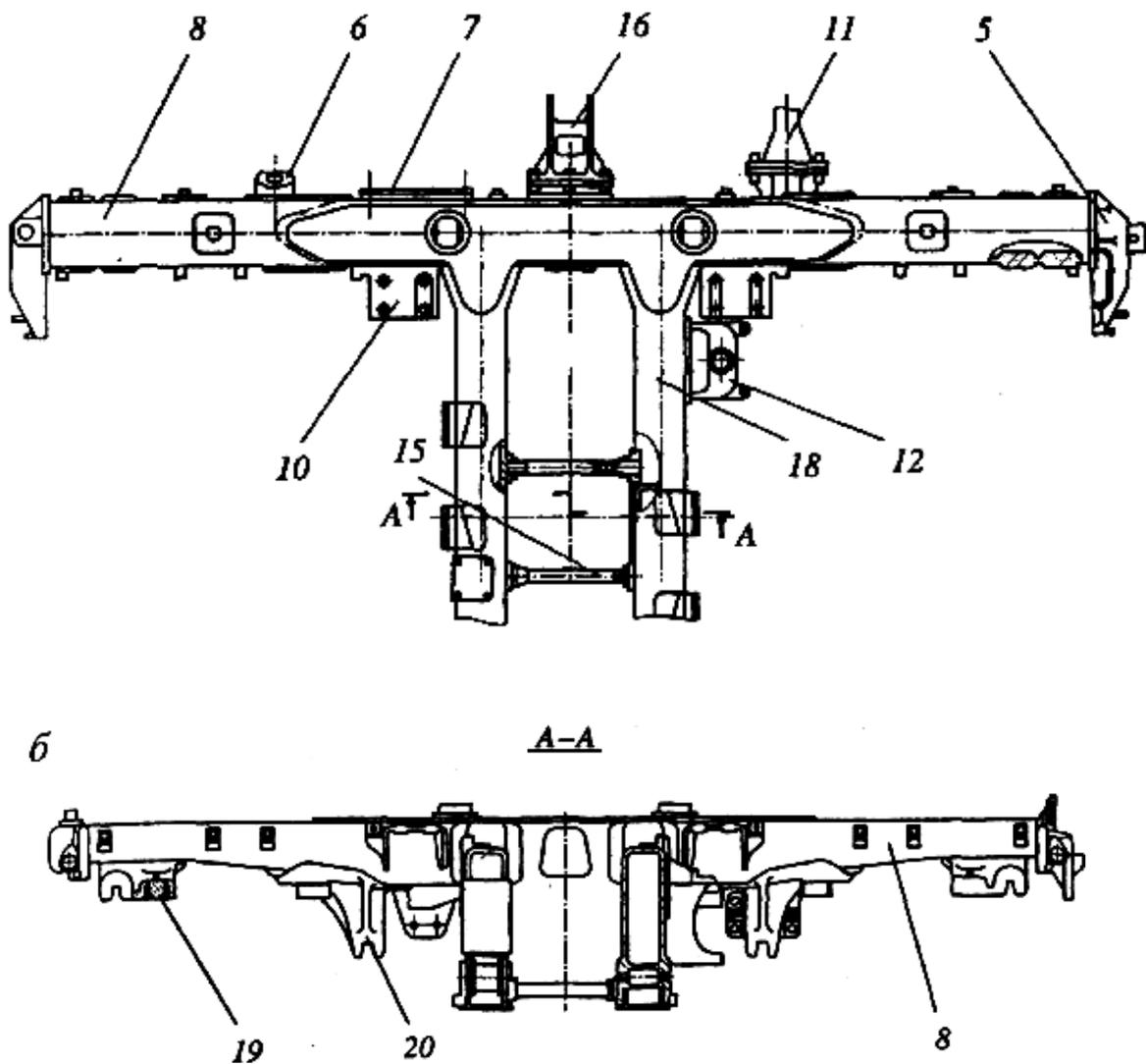


Рис (б). Рамы тележек моторных вагонов электропоездов ЭР9Е:
а - челюстного типа; *б* — бесчелюстного типа: 1,4— буксовые направляющие; 2 - наличник буксовой направляющей; 3— плита крепления фрикционного гасителя колебаний; 5, 13— концевые балки; 6— кронштейн наклонного тормозного рычага; 7- опорная плита тормозного цилиндра; 8 -

продольная балка; 9 — опорная плита кронштейна гидравлического гасителя колебаний; 10— кронштейн подвески средних тормозных башмаков; 11 — кронштейн продольного поводка; 12— кронштейн подвески редуктора; 14- гильза; 15— распорка поперечных балок; 16— кронштейн гидравлического гасителя колебаний; 17— опора двигателя; 18 — поперечная балка; 19, 20— кронштейны для крепления буксовых поводков

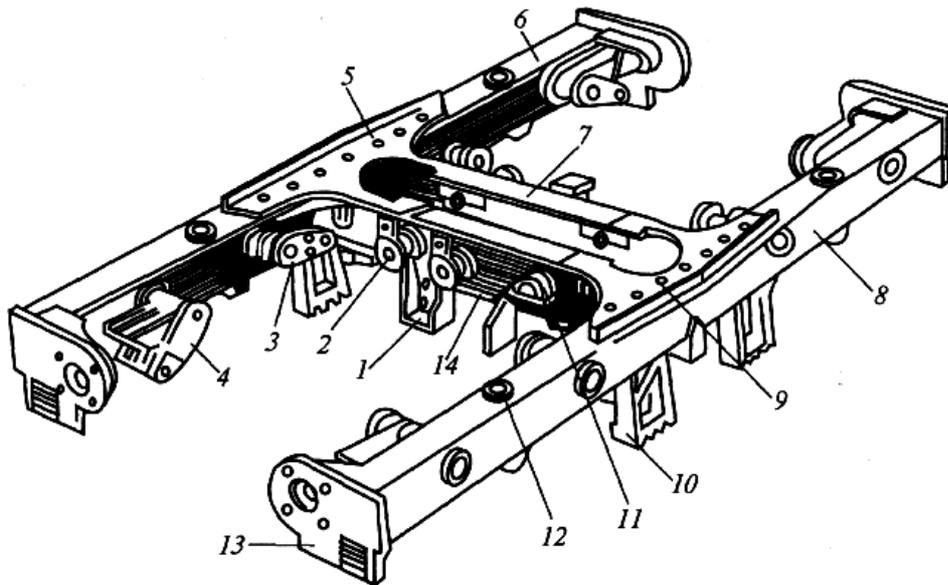


Рис. Рама тележки вагона 81-717 метрополитена

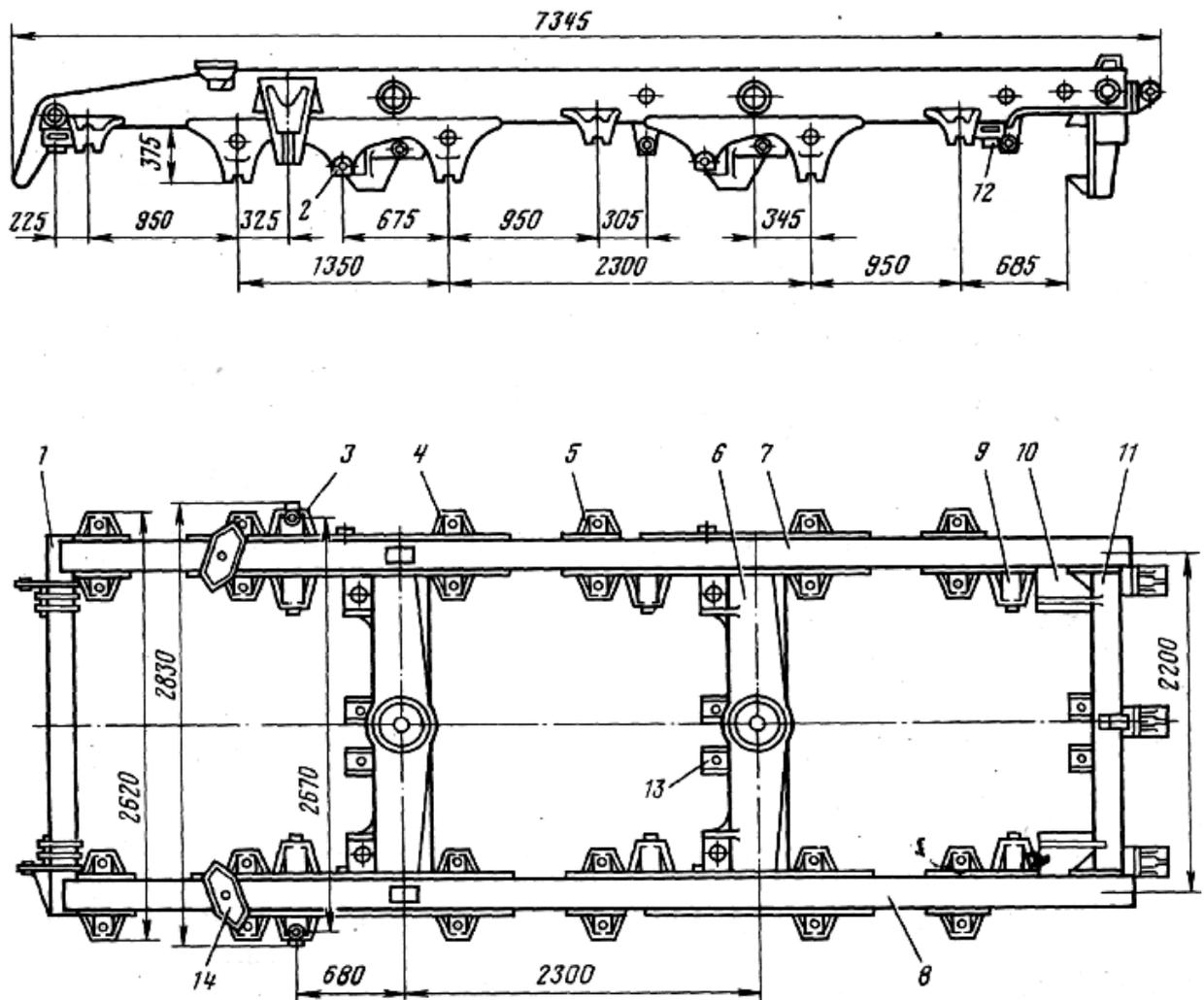


Рис. Рама тележки электровоза ВЛ60К

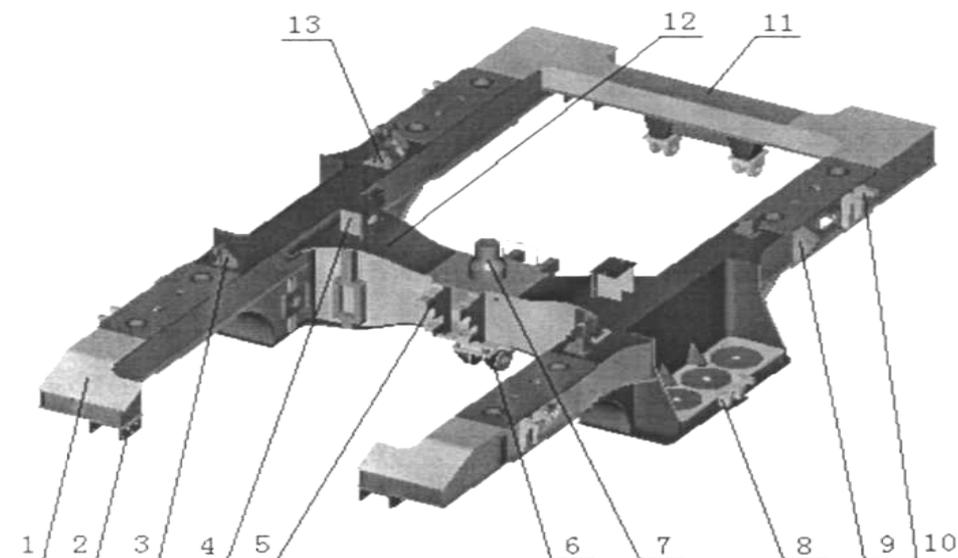


Рис. Концевая рама электровоза ÖZBEKISTON

1 - Боковина 2 - Кронштейн для подвески тормозной рычажной системы
 3 - Упор качки для ограничения качки 4 - Кронштейн поперечного упора 5
 ИНСАПОВ Д.М.
 МЕХАНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ЭПС
 ЛЕКЦИЯ №4

- Кронштейн для подвески тягового двигателя 6 - Кронштейн для тяги 7 - Подпятник для безопасности 8 - Кронштейн для подвески вертикального амортизатора вторичного подвешивания 9 - Кронштейн для подъема 10 - Кронштейн для вертикального амортизатора первичного подвешивания 11 - Концевая балка 12 - Средняя балка 13 - Кронштейн для соединения поперечного амортизатора

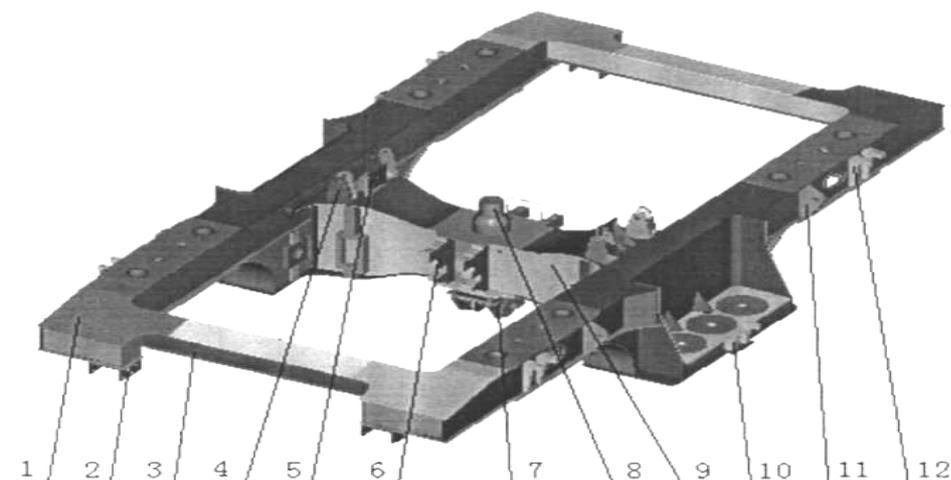


Рис. Средняя рама электровоза OZBEKISTON

1 - Боковина 2 - Консоль для тормозной рычажной системы 3 - Концевая балка 4 - Кронштейн для тягового стержня 5 - Кронштейн для поперечного упора 6 - Кронштейн для подвески тягового двигателя 7 - Кронштейн тяги 8 - Подпятник для безопасности 9 - Средняя балка 10 - Кронштейн для соединения вертикального амортизатора вторичного подвешивания 11 - Кронштейн для подъема 12 - Кронштейн для вертикального амортизатора первичного подвешивания

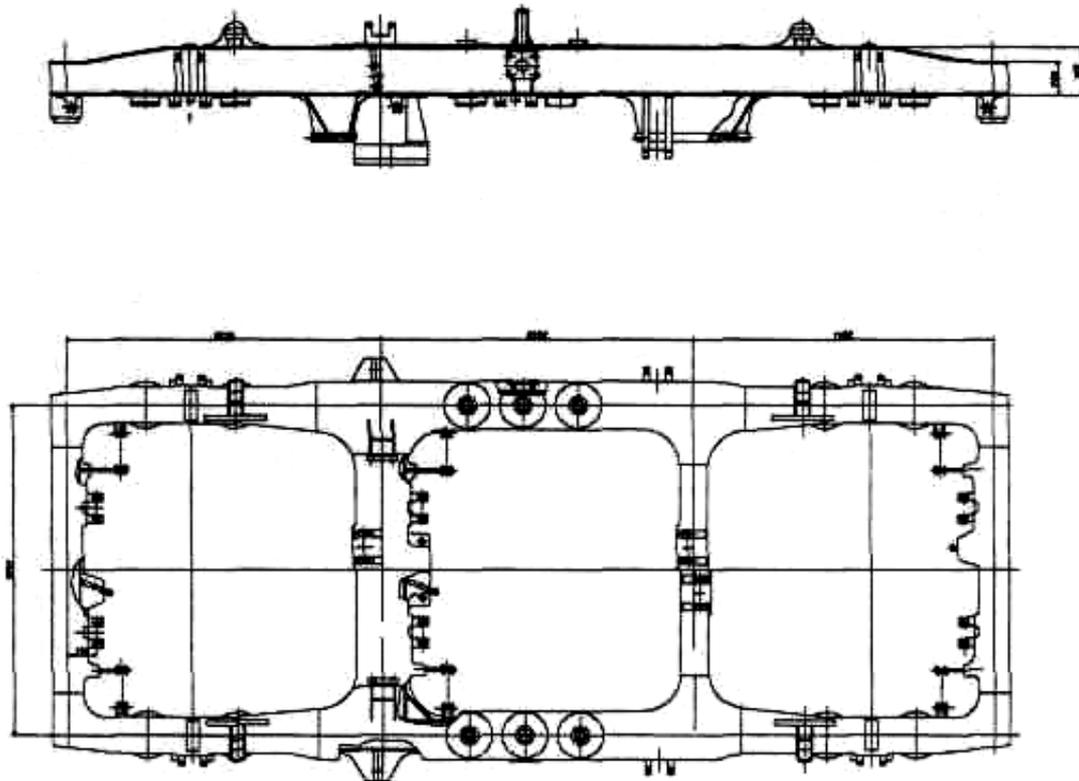


Рис. Рама тележки электровоза ОZ-У

Контрольные вопросы

- 1. Каково назначение рам тележек?**
- 2. Классификация рам тележек.**
- 3. Как конструктивно выполняется рама тележки?**
- 4. Особенности конструкции листовых рам. Сфера их применения.**
- 5. Особенности конструкции брусовых рам. Их преимущества и недостатки.**
- 6. Преимущества и недостатки литых рам.**
- 7. Преимущества и недостатки сварных рам тележек**
- 8. Приведите примеры электровозов с шкворневыми и бесшкворневыми тележками.**
- 9. Почему боковина рамы тележки в средней части усиливается накладкой?**

Лекция 4. БУКСОВЫЕ УЗЛЫ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Рассматриваемые вопросы:

1. *Назначение и конструктивные особенности буксовых узлов;*
2. *Классификация буксовых узлов;*
3. *Буксовый узел подвижного состава.*

4.1. Назначение и конструктивные особенности буксовых узлов

Буксы предназначены для обеспечения связи колесных пар с рамой тележки, для передачи статических и динамических нагрузок в вертикальном, горизонтальном и поперечном направлениях [2, 3, 4,5,7,8].

Вертикальные нагрузки направлены перпендикулярно оси вращения шейки [5]. Эти нагрузки называются **радиальными**, к ним относятся статическая нагрузка от веса электровоза или вагона, а также вертикальные динамические нагрузки, возникающие при прохождении стыков и неровностей пути.

Горизонтальные нагрузки направлены вдоль оси вращения шейки [5]. Эти нагрузки называются **аксиальными**; к ним относятся динамические нагрузки, возникающие при прохождении электровозом или вагоном кривых участков пути, стрелочных переводов, от давления ветра и других горизонтальных поперечных усилий, действующих вдоль оси вращения подшипников.

В соответствии со своим назначением [8] буксовый узел включает в себя в том или ином конструктивном исполнении следующие **основные элементы**:

1. Подшипниковый узел, обеспечивающий механическую связь невращающихся конструкций экипажа с вращающейся колесной парой. В него входят сами подшипники и несущий корпус буксы с крышками и уплотняющими устройствами, служащий как для передачи сил на подшипники, так и для предотвращения попадания в них различных загрязнений. На корпусе буксы предусматривают посадочные места и

крепления для элементов, через которые будет осуществляться силовая связь колесной пары с рамой экипажа;

2. Упругий элемент вертикальной связи, через который экипаж опирается на буксу (так называемая **буксовая ступень рессорного подвешивания**). В качестве упругого элемента могут применяться витые и торсионные пружины, листовые рессоры, резинометаллические или пневматические упругие элементы;

3. Устройства продольного и поперечного соединений буксы с рамой экипажа. Можно выделить три основные группы буксовых устройств, в основу которых положены следующие механизмы: с поступательной кинематической парой, рычажный и шарнирно-поводковый.

4.2. Классификация буксовых узлов

Буксовые узлы принято классифицировать по ряду признаков:

1. По **типу подшипников:**

- с подшипниками скольжения (вкладыш, залитый баббитом, смазка польстером);
- с подшипниками качения; на железнодорожном транспорте для букс применяют роликовые подшипники радиальные трех типов - с **цилиндрическими**, со **сферическими**, и с **коническими** роликами.

2. В зависимости от **типа рамы:**

- внешние;
- внутренние.

3. По **типу связей с рамой тележки:**

- буксовый узел с плоскими направляющими;
- буксовый узел с цилиндрическими направляющими;
- буксовые узлы с шарнирно-поводковым рычажным механизмом.

4.3. Буксовые узлы подвижного состава

На электровозах до пятидесятых годов прошлого столетия устанавливали буксы с подшипниками скольжения (рис. 4.1) [3].

Букса имела стальной литой корпус, снабженный крышкой 3 из листовой стали толщиной 4 мм. С боков буксы имела пазы с приваренными наделками толщиной 5 мм, при помощи которых осуществлялось скольжение буксы по челюстям рамы. В буксе помещался латунный подшипник 4. Со стороны шейки подшипник

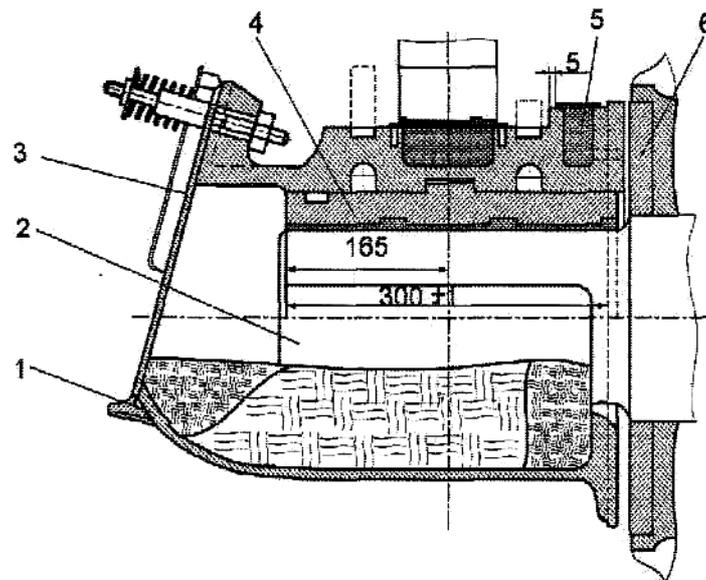


Рис. 4.1 Букса с подшипниками скольжения:

1 - стальной литой корпус; 3 - крышка; 5 - наделками; 4 - латунный подшипник; 2 - шейка оси колесной пары; 6 - антифрикционный диск

имел цилиндрическую поверхность, залитую баббитом. Перемещению подшипника вдоль шейки препятствовал выступ на его верхней части. В корпусе буксы под шейкой 2 ставилась подбивка. Снаружи, в верхней части буксы имела резервуар для смазки буксовых направляющих 5 и антифрикционного диска 6, который являлся упором для колесной пары при её поперечном перемещении.

Недостатками данного типа букс явились - большой расход смазки, цветного металла, большие эксплуатационные расходы по уходу за буксами. Они же способствовали переходу от подшипников скольжения к подшипникам качения. В

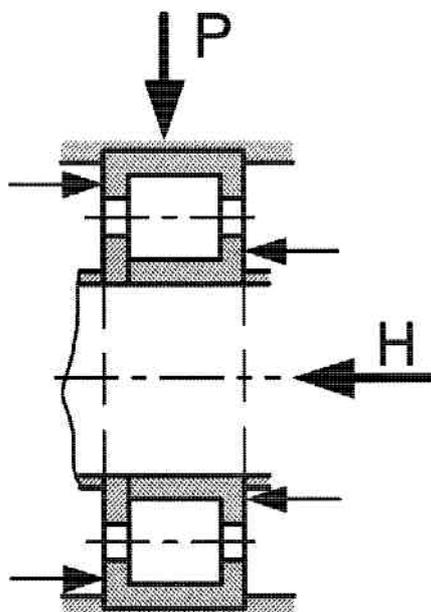
кольцо; 5 - сальник; 6 - прокладка; 7 - передняя крышка; 8 - проволочная обвязка; 9 - болты; 10 - замочная пластина; 11 - гайка;

закрепленной с замочной пластинкой 10, закрепленной двумя болтами 9 с обвязкой проволокой 8. Передняя крышка 7 прикреплена к корпусу буксы восемью болтами. Под крышку ставят прокладку 6 в виде крученого льно - пенькового шнура. Внизу у корпуса буксы имеются щеки 1 с отверстиями для крепления нижней рессоры.

Конструктивно роликовые подшипники состоят из внутреннего и наружного колец, роликов и сепараторов, служащих для удержания роликов на одинаковом расстоянии друг от друга. Как правило, внутреннее кольцо подшипника закрепляют на шейке оси, а наружное в корпусе буксы. Свободное перекачивание роликов обеспечивается радиальным зазором между ними и кольцами.

Цилиндрические роликовые подшипники (рис. 4.3) изготовляют **закрытого**, **полузакрытого** и **открытого** типов [5]. Подшипники закрытого и полузакрытого типов рассчитаны на восприятие осевых нагрузок H , что особенно важно при работе любого рельсового подвижного состава. Подшипники открытого типа осевых усилий не передают.

Подшипники закрытого типа воспринимают осевые усилия буртами, имеющимися на внутренних и наружных кольцах. Это ограничивает перемещение шейки оси по отношению к корпусу буксы в пределах осевого зазора в обе стороны (по длине



шейки оси).

Рис.4.3 Цилиндрический роликовый подшипник

У подшипников полузакрытого типа осевые нагрузки воспринимает только один бурт, выполненный на одном колесе, т.е. ограничивается перемещение шейки оси по отношению к корпусу буксы в одном направлении, а следовательно, и восприятие нагрузок, действующих на одну сторону шейки оси колесной пары. Так как ролики имеют форму цилиндра, образующая их поверхности качения является прямой, параллельной оси вращения подшипника и перпендикулярной действующей радиальной нагрузке.

Приходящаяся на ролик радиальная нагрузка равномерно по всей длине ролика полностью воспринимается его поверхностью качения. При действии радиальных нагрузок в таких подшипниках отсутствуют какие либо горизонтальные усилия. Это является преимуществом цилиндрических подшипников.

Если на подшипник, кроме радиальной P , действует еще и осевая нагрузка H , то она воспринимается торцами роликов; при этом между торцами роликов и буртами колец возникают силы трения скольжения, которые нарушают нормальную работу подшипника, приводят к перераспределению вертикальной нагрузки P на ролик и возникновению перенапряжений по концам.

Подшипники с коническими роликами изготавливают однорядными, двухрядными и четырехрядными. Сами ролики имеют форму усеченного конуса, ось которого расположена под углом к оси вращения подшипника.

Конические ролики располагают так (рис.4.4), чтобы их геометрические оси пересекались в одной точке, лежащей на оси вращения подшипника, чем предупреждается про-

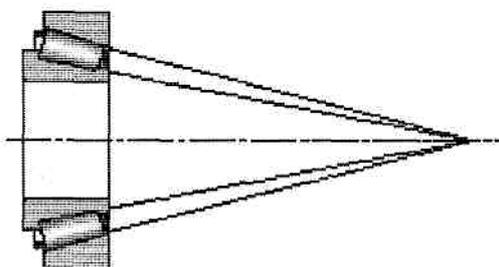


Рис.4.4 Установка роликовых подшипников

скальзывание.

Роликовые подшипники рассмотренных типов по разному воспринимают радиальные и осевые нагрузки. Практика эксплуатации роликовых подшипников установила, что при соответствующем выборе размеров роликов и угла наклона их оси вращения трение торцов сферических и конических роликов будет незначительным. Возникающие же во время движения жесткие боковые удары смягчаются подшипниками со сферическими и коническими роликами, что является большим их преимуществом по сравнению с подшипниками цилиндрическими роликами. Кроме того, монтаж подшипников со сферическими роликами требует меньшей тщательности и точности, чем монтаж подшипников с цилиндрическими и коническими роликами. Однако, проще изготавливать цилиндрические подшипники, чем бочкообразные.

Наружные и внутренние кольца, а также ролики изготавливают из хромистой стали, кольца сепараторов - из стали, бронзы, латуни или специального литья.

По способу посадки роликовых подшипников на шейке оси различают буксы [5]:

с **втулочной посадкой**, осуществляемой при помощи конических втулок, вставляемых между шейкой оси и внутренним кольцом (рис.4.5);

с **горячей посадкой**, т.е. внутреннее кольцо надевают в горячем состоянии непосредственно на шейку, для этого их нагревают в минеральных маслах;

с **прессовой посадкой**, когда отдельные подшипники или буксу насаживают на шейку оси под давлением прессы (это сопровождается значительными остаточными деформациями сопрягаемых поверхностей).

Втулочная посадка более приемлема, чем горячая или прессовая, и поэтому ей отдается предпочтение при проектировании букс. При втулочной посадке размеры корпуса буксы увеличиваются, но исключается индивидуальный подбор подшипников к шейке оси по натягу. Один и тот же подшипник может быть посажен на ту же шейку неограниченное число раз.

Такого рода посадка подшипника применена в буксе электровоза Ф и Ф^п (рис.4.5). Осевая букса имеет два двухрядных подшипника со сферическими роликами с посадкой их на оси при помощи разрезной конической втулки 1. Сферические (бочко-образные) ролики воспринимают радиальные и осевые нагрузки. Внутреннее кольцо 2 устраивают с двумя дорожками для качения роликов с промежуточным средним буртом в качестве направляющего. Внутренняя поверхность наружного кольца 3 очерчивается одним радиусом, большим, чем радиус сферического ролика. Это обеспечивает нормальную работу при перекосах внутреннего кольца относительно наружного до 3°.

Исторически одной из первых конструкций буксового узла, в котором использована поступательная пара с плоскими направляю-

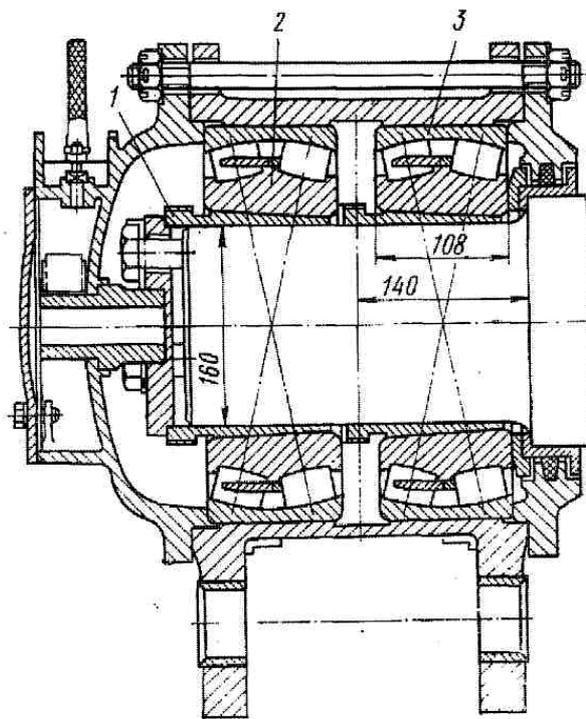


Рис.4.5 Букса с втулочной посадкой подшипников на ось колесной пары: 1 - разрезная коническая втулка; 2 - внутреннее кольцо с двумя дорожками; 3 - наружное кольцо

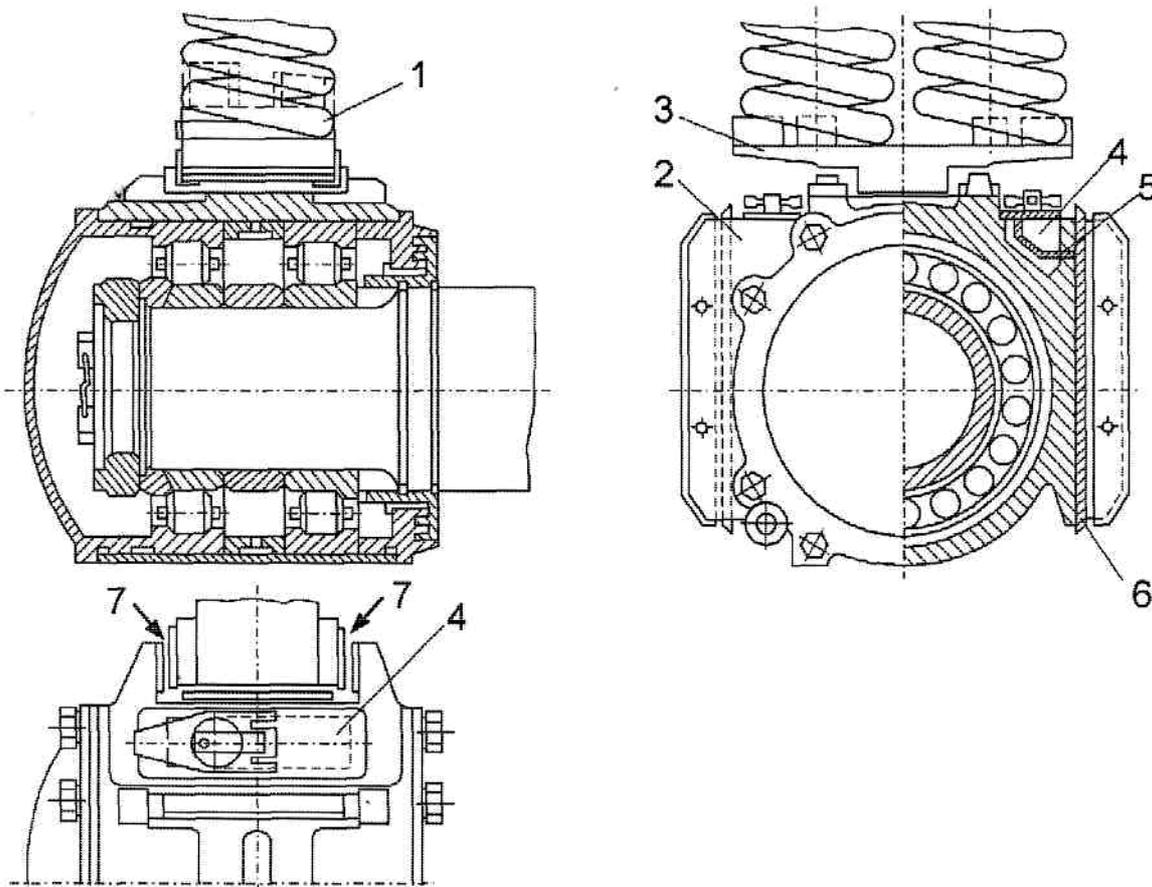


Рис.4.6 Челюстной буксовый узел электровоза ВЛ8: 1-комплект пружин; 2-корпус буксы; 3-опора; 4-резервуар для жидкой смазки; 5- фитиль для подачи смазки; 6,7-термообработанные сменные наличники;

щими, является так называемый челюстной буксовый узел, в котором роль направляющих выполняют «челюсти» рамы тележки, а роль ползуна - корпус буксы [8].

Упругие элементы вертикальной связи могут опираться на верхнюю часть корпуса буксы, подбуксовый или надбуксовый балансир.

На электровозе ВЛ8 в челюстном буксовом узле (рис.4.6) комплект пружин 1 опирается на верхнюю часть корпуса буксы 2 через опоры 3. Продольная и поперечная силы передаются через термо-обработанные сменные наличники 6 и 7, к которым из резервуара 4 по фитилю 5 подается жидкая смазка. Поскольку последовательно с пружинами включены листовые рессоры, специального гасителя колебаний не предусмотрено.

Буксовый узел может быть выполнен с использованием поступательной пары с цилиндрическими направляющими - так

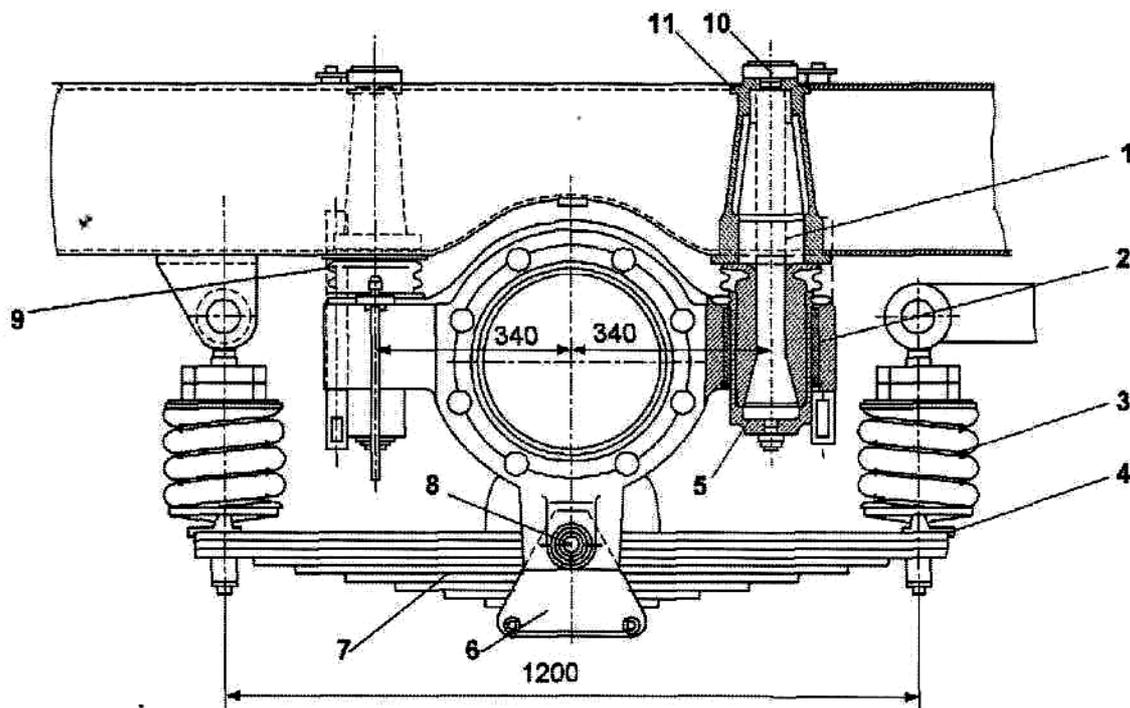


Рис.4.7 Буксовый узел с цилиндрическими направляющими электровоза ЧС-2: 1-шпинтон; 2-резинометаллический блок; 3-пружина; 4-опора; 5-стакан; 6-щека; 7-рессора; 8-валик; 9-гармошка; 10-гайка; 11-основание.

называемые **буксовые узлы с цилиндрическими направляющими**. Кинематическая пара представляет собой две вертикальные цилиндрические направляющие (шпинтоны)

и две скользящие по ним втулки (стаканы). Как правило шпинтоны закреплены в раме тележки, а стаканы на буксе (рис.4.7).

Такие буксовые узлы позволили преодолеть некоторые недостатки, присущие челюстным буксовым узлам. Прежде всего конструктивно простыми средствами стало возможным изолировать от внешней среды пару с поверхностным трением и обеспечить подачу на нее жидкой смазки, что улучшило условия её работы, сократило износ рабочих поверхностей. Сокращению износа способствовало также выполнение стаканов из антифрикционной бронзы. Технологическая простота обработки цилиндрических поверхностей позволила обеспечить скользящую посадку шпинтона и стакана и, как следствие, беззазорное ведение колесной пары, что в свою очередь способствует высокой устойчивости движения тележки.

К недостаткам конструкции можно отнести необходимость применения дефицитной бронзы и периодического добавления смазки. Последнее допустимо на локомотиве, но в условиях моторвагонного подвижного состава из-за большого числа букс практически не целесообразно.

Буксовые узлы с **несоосными цилиндрическими направляющими** нашли применение на электровозах ЧС1, ЧС2, ЧС3, ЧС6, ЧС7, ЧС8, ЧС200. Конструкция имеет (рис.4.7) два шпинтона 1, запрессованные в цилиндрические посадочные места литого основания 11, шпинтоны крепятся гайками 10. Рабочая цилиндрическая поверхность шпинтона свободно, с минимальными зазорами входит в бронзовый стакан 5, являющийся одновременно скользящей втулкой и резервуаром жидкой смазки для трущейся пары. Стакан связан с приливом буксы с помощью цилиндрического резинометаллического блока 2. Для герметизации трущейся пары стакан соединен пыленепроницаемой резиновой гармошкой 9 с буртом шпинтона.

Вертикальная нагрузка на буксу передается через нижнюю рессору 7, щеки 6 и валик 8. Последовательно с рессорой включены витые пружины 3, опирающиеся на нее призматическими опорами 4.

Как отмечалось выше на подвижном составе в буксовых узлах нашел применение шарнирно-поводковый механизм,

массовое применение которого началось после создания резино-металлических шарниров (сайлен-блоков), позволивших избавиться от поверхностного трения и связанных с ним износов.

Наибольшее распространение получил буксовый узел [8], примененный впервые фирмой **Alsthom** с поводками, расположенными в разных уровнях (рис.4.8). В пределах относительных перемещений колесной пары и рамы тележки, возникающих в эксплуатации (± 20 мм), механизм обеспечивает практически прямолинейное поступательное движение корпуса буксы. Поводки, соединяющие буксу с рамой тележки, имеют по два резинометаллических шарнира, в которые входят цилиндрические сайлен-блоки, передающие продольные силы, и торцовые резинометаллические шайбы - амортизаторы, воспринимающие преимущественно поперечные усилия. Оси шарниров по концам обрабатывают под клин, что обеспечивает их беззазорную посадку в соответствующие пазы кронштейнов рамы. Подбором размеров резиновых деталей и материала резины получают различные значения жесткости связи буксы с рамой по разным координатам. К недостатку узла относят значительную приведенную вертикальную жесткость связи, обусловленную скручиванием сайлен-блоков.

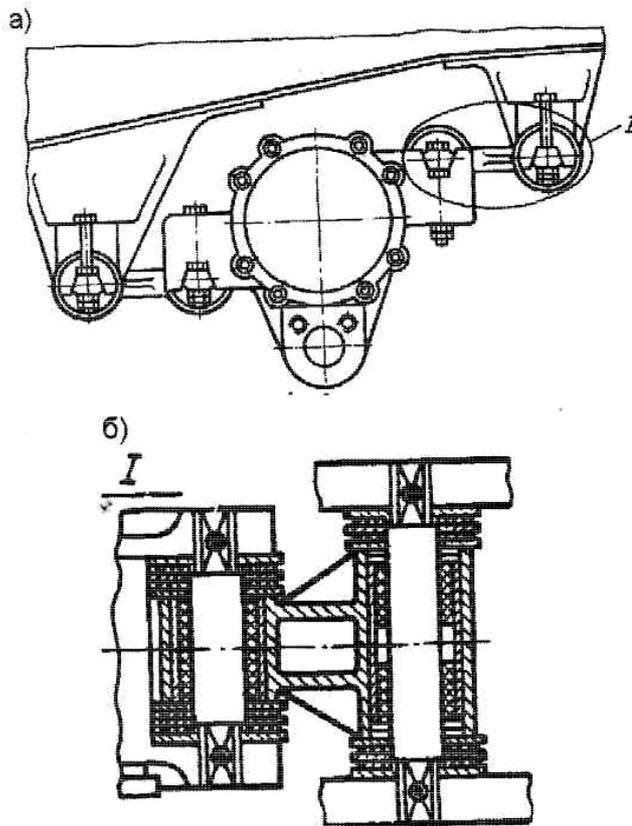


Рис. 4.8. Поводковая букса

На подвижном составе на буксах первой (последней) колесных пар с правой стороны установлены приводы скоростемера.

На электровозах с электродинамическим торможением (реостатным или рекуперативным) устанавливаются датчики скорости в виде тахогенераторов.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение буксовых узлов?
2. Аксиальные и горизонтальные нагрузки. Какова природа их возникновения?
3. Какие основные элементы включает в себя буксовый узел?
4. По каким признакам классифицируются буксовые узлы.
5. Какие конструктивные особенности буксовых узлов с подшипниками скольжения вам известны?

6. Из каких элементов состоит подшипник буксового узла?
Какие тела качения в них используются?
7. Особенности подшипников закрытого и открытого типов.
8. Как располагают конические ролики в подшипниках?
9. Каковы конструктивные особенности челюстных буксовых узлов?
10. Буксовый узел с резинометаллическими шарнирами (особенности конструкции, преимущества и недостатки)?

Лекция № 5

КОЛЕСНЫЕ ПАРЫ

Рассматриваемые вопросы:

1. **Назначение и классификация колесных пар;**
2. **Конструкция колесной пары;**
3. **Оси колесных пар;**
4. **Колесные центры;**
5. **Бандажи;**
6. **Подрезиненные колеса.**

5.1. Назначение и классификация колесных пар

Колесные пары электровозов воспринимают и передают на рельсы вес кузова, тележек и всего оборудования, а также вес деталей, смонтированных непосредственно на колесной паре. При движении электровоза колесная пара взаимодействует с рельсовой колеей, воспринимает удары от неровностей пути (вертикальные и горизонтальные) и направляющие силы и, в свою очередь, сама жестко воздействует на путь. Через колесную пару передается вращающий момент ТЭД, а в месте контакта колес с рельсами в тяговом и тормозном режиме, появляются силы сцепления.

В зависимости от конструкции колесного центра принята следующая классификация колесных пар:

- **Спицевые ;**
- **Дисковые литые** - (электровозы ВЛ60, ВЛ80)
- **Дисковые катаные;**
- **Цельнокатаные.**

В зависимости от типа рамы тележки колесные пары могут быть с **наружными** и **внутренними шейками**. На электровозах с индивидуальным приводом применяются внешние рамы и колесные пары с **наружными шейками**. Колесные пары с **внутренними шейками** нашли применение на электровозах с групповым приводом в 20 - 30 годах.

На конструкцию колесной пары влияет **способ монтажа зубчатых колес**. Различают колесные пары двух типов: с **зубчатыми колесами насаженными непосредственно на ось** колесной пары (тип I) и **на удлиненную ступицу колесного центра** (рис.5.1) или **прикрепленными болтами к колесному центру** (тип II). У колесной пары первого типа

подступичная часть передает вращающий момент от зубчатого на движимое колесо, вследствие чего повышаются напряжения в оси. Оси колесных пар типа II при двухсторонней передаче не имеют этой дополнительной нагрузки.

По количеству и типу зубчатых передач классифицируются: с **односторонней прямозубой зубчатой передачей**, с **двусторонней косозубой зубчатой передачей**.

От исправного состояния колесной пары зависит безопасность движения поездов; поэтому к выбору материала, изготовлению отдельных элементов и формированию колесной пары предъявляются особые требования. В условиях эксплуатации за состоянием колесных пар необходим тщательный уход, своевременные осмотр и ремонт.

5.2. Конструкция колесной пары

Колесная пара электровоза состоит из оси и двух движущих колес и устройств для передачи вращающего момента от ТЭД или гидропередачи. Конструкция колесной пары определяется видом тяговой передачи, типом подвешивания ТЭД и типом колесных центров. При опорно-осевом и независимом подвешивании ТЭД на колесную пару жестко укрепляют одно или два зубчатых колеса.

Для примера рассмотрим унифицированную колесную пару (рис.5.1). Она состоит из оси, двух движущих колес, состоящих из колесных центров и бандажей. Зубчатые колеса насажены на удлиненные втулки колесных центров.

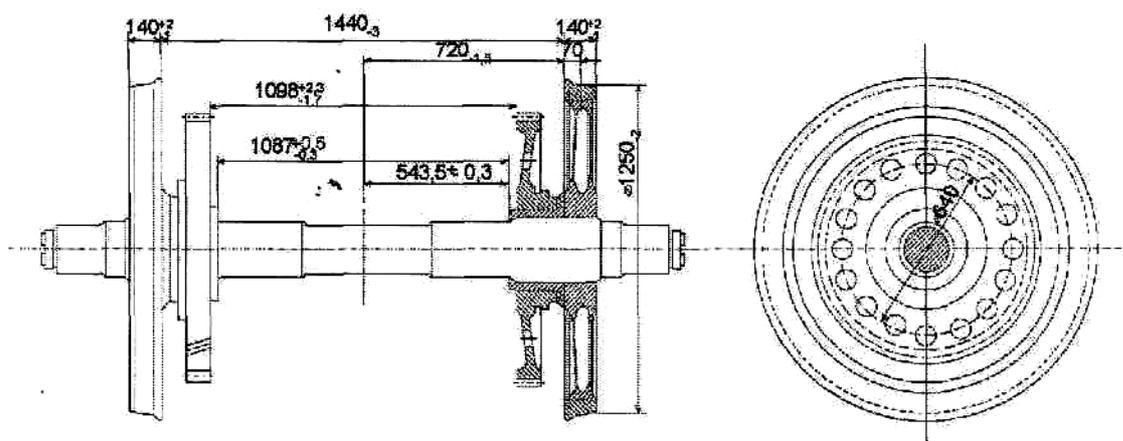


Рис.5.1 Колесная пара грузового локомотива

Диаметр колес по кругу катания у тепловозов - 1050 мм; у электровозов пассажирских - 1200 мм, грузовых - 1250 мм.

Колесный центр с бандажом и зубчатым колесом после окончательной механической обработки посадочной поверхности напрессовывается на ось с усилием 1080 - 1470 кН. От прочности соединения колеса с осью зависит безопасность движения поездов, поэтому запрессовка каждого колеса контролируется, и сила при запрессовке регистрируется приборами. Диаграммы запрессовки колес прикладываются к паспорту на колесную пару. Для уменьшения усилия распрессовки колесного центра при ремонтах, в ступицах предусмотрены отверстия для подвода масла под давлением между посадочными поверхностями.

Колесная пара электровоза должна удовлетворять требованиям ГОСТ 11018 - 87 и соответствующей инструкции заказчика. Полностью сформированные колесные пары обтачивают по поверхностям катания и внутренним граням бандажей. Колесная пара должна соответствовать требованиям:

- радиальное биение бандажей по кругу катания не более 0,75 мм;*
- овальность не более 0,5 мм;*
- разница в диаметрах бандажей по кругу катания для одной и всех колесных пар одного локомотива*

5.3. Оси колесных пар

Оси колесных пар представляют собой брус круглого поперечного сечения (рис.5.2). Диаметр оси по длине не одинаков: наибольший диаметр имеет подступичная часть оси, на которую напрессовывается ступица колеса. Эта часть оси подвержена наибольшей нагрузкам и здесь, чаще всего, наблюдается излом осей.

Ось унифицированной колесной пары электровозов ВЛ60, ВЛ80 имеет *две буксовые шейки 1* (они служат для монтажа роликовых подшипников буксы), *предступичные части 2* (на них насаживаются лабиринтные кольца осевой буксы), *подступичные части 3* (на них напрессовывают колесные центры), *шейки моторно-осевых подшипников (МОП) 4 и среднюю часть.*

У осей колесных пар при рамном подвешивании ТЭД нет шеек для МОП. В конструкциях с приводом II класса на оси закреплены зубчатые колеса, в случае привода класса III они отсутствуют и вращающий момент передается непосредственно колесному центру.

Во избежании концентрации напряжений, все переходы с одного диаметра оси на другой выполняются плавными кривыми, сопряжение называется **переходными галтелями**.

Оси колесных пар подвергаются действию вертикальных и горизонтальных

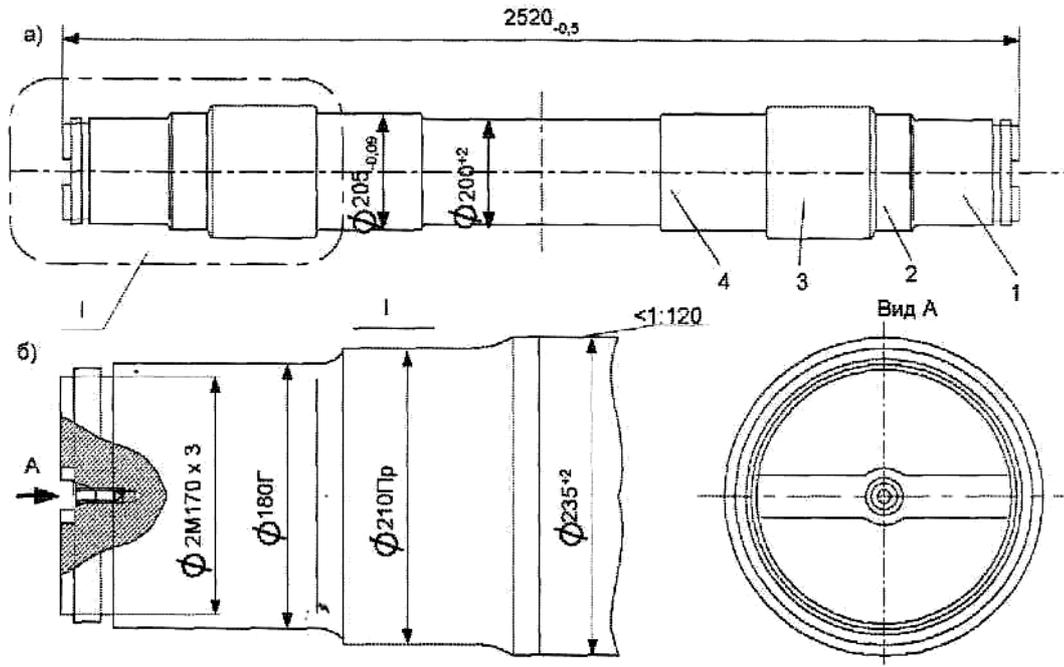


Рис.5.2 Ось колесной пары: 1 - две буксовые шейки; 2 - предступичные части; 3 - подступичные части; 4 - шейки моторно-осевых подшипников

горизонтальных сил и скручиванию. Тяжелые условия работы предъявляют высокие требования к материалу осей, особенно к вязкости, и способам обработки. Оси колесных пар электровозов изготавливаются из заготовок стали, выплавленной в мартеновской (или электрической) печи.

На наружной поверхности заготовок не должно быть, трещин, расслоений, волосовин, и других пороков; торцевые поверхности не должны иметь следов усадочной раковины и разности: в металле не допускаются флокены, пузыри, ликвации, расслоения и трещины.

Оси изготавливаются ковкой и подвергаются последующей нормализации с дополнительным отпуском, причем термические операции должны проводиться при автоматической регистрации заданных режимов. Правка осей должна производиться в горячем состоянии и температуре конца правки не ниже 600 °С. Правку можно производить после нормализации или после отдельного

нагрева до температуры не более 700°C без последующей термообработки.

После грубой обточки оси подвергаются чистовой обточке; предподступичные, подступичные части и шейки накатываются и шлифуются. Качество обработки поверхности оси имеет большое значение для повышения предела усталости материала. Грубообработанные поверхности и поверхности с царапинами и вмятинами имеют пониженный предел усталости; на них чаще появляются трещины.

Посадка ступицы колеса и внутренних колес подшипников снижает усталостную прочность металла при циклической нагрузке. Накатка поверхности оси повышает усталостную прочность оси в 1,5 - 2 раза и делает ось менее чувствительной к концентрации напряжений. Глубина упрочненного слоя после накатки достигает 6 - 7 мм, причем поверхностная твердость металла повышается на 25 - 30 %.

Шейки осей накатываются сферическими роликами, затем шлифуются или подвергаются обработке цилиндрическим роликом, для сглаживания поверхности. В торцах осей высверливаются отверстия для нарезки резьбы под болты, крепящие торцовые шайбы, которыми крепятся роликоподшипники на осях. Обработанная ось проверяется дефектоскопом. При наличии поперечных или косых трещин, а также плен на поверхности ось бракуется. На годной оси ставят клейма.

Колесная пара является неподдрессоренным элементом поэтому для уменьшения сил взаимодействия с верхним строением пути в ряде случаев у пассажирских электровозов оси изготавливаются из легированной стали с временным сопротивлением до 70 кг/мм², что позволяет уменьшить их диаметр или делают полыми по всей длине (диаметр отверстия 30 - 70 мм). Это позволяет снизить вес оси на 20 - 25 %.

5.4. Колесные центры

На отечественных электровозах применяются разборные колеса, состоящие из колесного центра и бандажа.

Согласно [8] на колесный центр действуют силы от посадки бандажа и запрессовки оси колесной пары; он также передает вертикальные и горизонтальные продольные и поперечные силы,

действующие между бандажом и осью колесной пары. Колесный центр должен иметь достаточную прочность и жесткость.

Колесный центр состоит из трех частей: ступицы, напрессовываемой на подступичную часть оси колесной пары; обода, на который крепится съёмный бандаж, и промежуточной части, выполняемой в виде литого диска (**ДИСКОВЫЕ** центры) или спиц (**СПИЦЕВЫЕ** центры).

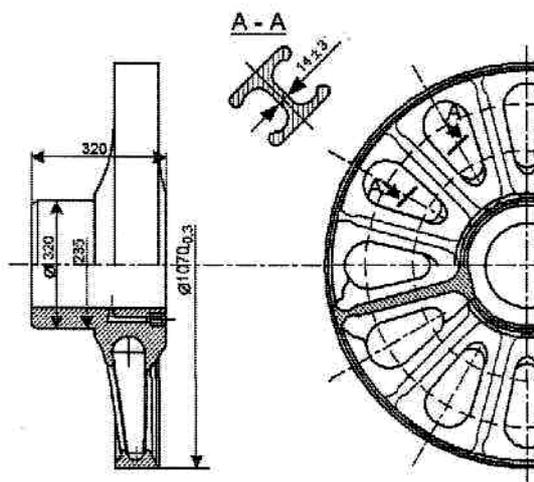


Рис.5.3 Колёсный центр унифицированной колёсной пары электровозов ВЛ60, ВЛ80.

Спицевые колесные центры состоят из обода, удлиненной ступицы с обработанной по наружному диаметру посадочной поверхностью для насадки зубчатого колеса, и спиц. Предпочтительнее нечетное число спиц в колесе во избежании их разрыва. При увеличении диаметра колеса количество спиц увеличивают.

Основанием для отказа от спицевых колесных центров послужило резкое изменение жесткости колеса в местах примыкания спиц к ободу, вызывающее повышенное динамическое воздействие колес на путь, особенно при прохождении стыков и стрелочных переводов. Кроме того, значительное сосредоточение металла в отдельных частях колесного центра, особенно у колесной ступицы, создает большие внутренние напряжения, вызывающие при остывании трещины в ступицах.

У электровозов ВЛ80, ВЛ60 между ступицей и ободом имеются два диска с овальными отверстиями для облегчения центра, а между дисками сделаны перемычки для повышения прочности центра.

Колесные центры выполняются **ЛИТЫМИ** и **КАТАНЫМИ**. Отливаются из стали особого качества 20Л или 25Л группы III. Отлитые центры для получения однородной и мелкозернистой

структуры металла и снятия внутренних напряжений подвергается отжигу.

Колесные центры пассажирских электровозов должны подвергаться балансировке.

В конструкции электровоза ВЛ84 крутящий момент передается на колесный центр с помощью полого вала и двух плоских шатунных муфт (рис.5.4) [10].

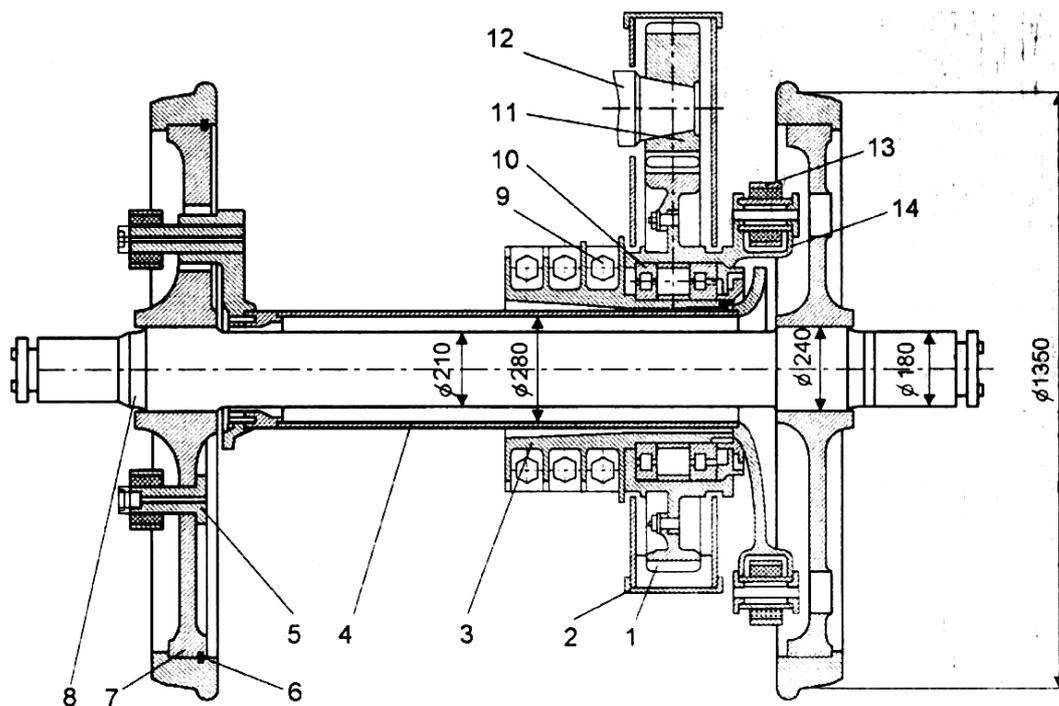


Рис.5.4 Колесная пара электровоза ВЛ84: 1 - зубчатый венец; 2 - кожух; 3 - невращающаяся цапфа; 4 - полый вал; 5 - палец привода колесного центра; 6 - бандажное кольцо; 7 - колесный центр; 8 - ось колесной пары; 9 - болт крепления цапфы; 10 - роликовый подшипник зубчатого колеса; 11 - шестерня; 12 - вал тягового двигателя; 13 - шатун с резинометаллическими втулками; 14 - центр зубчатого колеса

Из - за особенностей тягового привода и больших осевых нагрузок диаметр ходовых колес по кругу катания принимают равным 1350 мм, колесные центры дисковые, у осей средние и подступичные части имеют увеличенный диаметр.

На грузовых и пассажирских вагонах и высокоскоростном подвижном составе применяют цельнокатанные дисковые безбандажные колеса. Их изготавливают из мартеновской стали обжимкой под гидравлическим прессом. Они по сравнению с бандажными имеют меньшую массу, и у них отсутствует ослабление бандажей. Использование

цельнокатаных колес уменьшает стоимость изготовления колесных пар. При этом масса колесных пар снижается на 400 - 500 кг и упрощается её формирование. Однако износостойкость их значительно меньше, чем бандажных, они чаще выходят из строя из-за повреждения поверхности катания. Вместе с тем, по соображениям безопасности на высокоскоростном подвижном составе применяют, как правило, безбандажные. Первоначальная толщина обода такого колеса 70 мм. По мере образования проката колеса обтачивают. После предельного износа цельнокатаные колеса перетачивают на дисковые и насаживают на них отдельные бандажи.

В Японии на высокоскоростных линиях применяют цельнокатаные колеса с закалкой обода, что увеличивает их твердость и усталостную прочность.

5.5. Бандажи

На бандажи действуют нагрузки от вертикальных и горизонтальных сил взаимодействия колес и рельсов. Напряжения, связанные с действием этих сил в зоне контакта колеса и рельса, могут быть достаточно большими. При прохождении неровностей пути эти силы часто имеют ударный характер. В процессе эксплуатации происходит проскальзывание колес относительно рельсов.

Материал бандажа должен обладать высокой прочностью при растяжении, сжатии и смятии, быть достаточно износостойким и вязким, чтобы сопротивляться ударным нагрузкам, которые особенно опасны в зимнее время. Из материаловедения известно: чтобы повысить твердость необходимо увеличить содержание углерода в стали, но это будет снижать её вязкость. Получение одновременно большей твердости и вязкости достигается изменением химического состава стали (введением специальных легирующих добавок) и специальной термической обработкой.

Бандажи изготавливают из раскисленной мартеновской стали. Обеспечение одновременно высокой твердости и вязкости достигается введением легирующих элементов и специальной термической обработкой (закалка и отпуск). Для пассажирских локомотивов изготавливают бандажи из стали Ст1, для грузовых и маневровых локомотивов из стали Ст2.

В металле не должно быть остатков, усадочной раковины, рыхлости, расслоений, газовых пузырей, флокенов и неметаллических примесей. Флакены и примеси приводят к концентрации напряжений и усталостному разрушению металла. В глубине металла Появляются и развиваются трещины которые вызывают расслоение металла и отколы, а также расслоение бандажа.

Бандажи проверяют на отсутствие трещин сбрасыванием с определенной высоты на рельс, установленный на массивном основании. Лучший же метод исследования - дефектоскопия, выявляющая пороки в материале бандажей.

Механической обработке подвергаются поверхности катания, гребень, внутренняя грань и посадочная поверхность бандажа. Внутренняя посадочная поверхность протачивается в соответствии с диаметром обода колесного центра, причем диаметр посадочной поверхности принимается меньше наружного диаметра обода. У наружной грани на внутренней поверхности оставляется упорный буртик, предохраняющий сползание бандажного кольца к середине колесной пары, а у внутренней грани вытачивается канавка для бандажного кольца, обеспечивающего предотвращение сползания бандажа наружу.

Ширина бандажей колесных пар электровозов отечественных железных дорог 140 мм, толщина по кругу катания у новых - 90 мм, минимальная в эксплуатации - 40 мм. Толщина гребня, измеряемая на расстоянии 20 мм от его вершины равна 33 мм. Вагонные бандажи отличаются от локомотивных шириной (130 вместо 140 мм), высотой гребня (28 вместо 30 мм) и углом наклона гребня (60 вместо 70°). Величина угла определяет условия безопасности в отношении схода колеса с рельсов, при всползании его на рельс.

Профиль бандажа определяется ГОСТ 11018-87 (рис.5.5). Поверхность катания коническая, причем на разных участках она составляет 1/7 и 1/20.

С целью уменьшения износа гребней бандажей, рельсов улучшения ходовых качеств локомотива предложены и другие профили [11].

Для посадки бандажа на обод колеса бандаж нагревается до температуры 250 - 320 °С. В уложенный горизонтально нагретый бандаж опускается колесный центр до упора в кольцевой выступ на внутренней расточке бандажа. Пока бандаж не остыл, в выточку вводится разрезное бандажное кольцо и производится обсадка внутренней кромки бандажа

для обеспечения плотного крепления кольца. Концы кольца должны плотно подходить один к другому.

После остывания бандажа, плотность его посадки на колесный центр проверяется обстукиванием ручным молотком. Молоток должен издавать чистый (звонкий) звук и упруго отскакивать. Затем на ободке наносится контрольная риска глубиной не более 1 мм, а на бандаже напротив этой риски керном наносятся 4 - 5 точек глубиной 1,2 - 2 мм. По сделанным меткам осуществляется наблюдение в эксплуатации за прочностью крепления бандажа. Окончательная обточка бандажей производится после их насадки.

Масса бандажей составляет значительную часть массы колесной пары, значит для уменьшения вредного воздействия на путь её на путь необходимо снижать толщину бандажа, что неэкономично с точки зрения использования бандажа при неизбежных обточках. Поэтому, толщину бандажа снижают только для высокоскоростного транспорта.

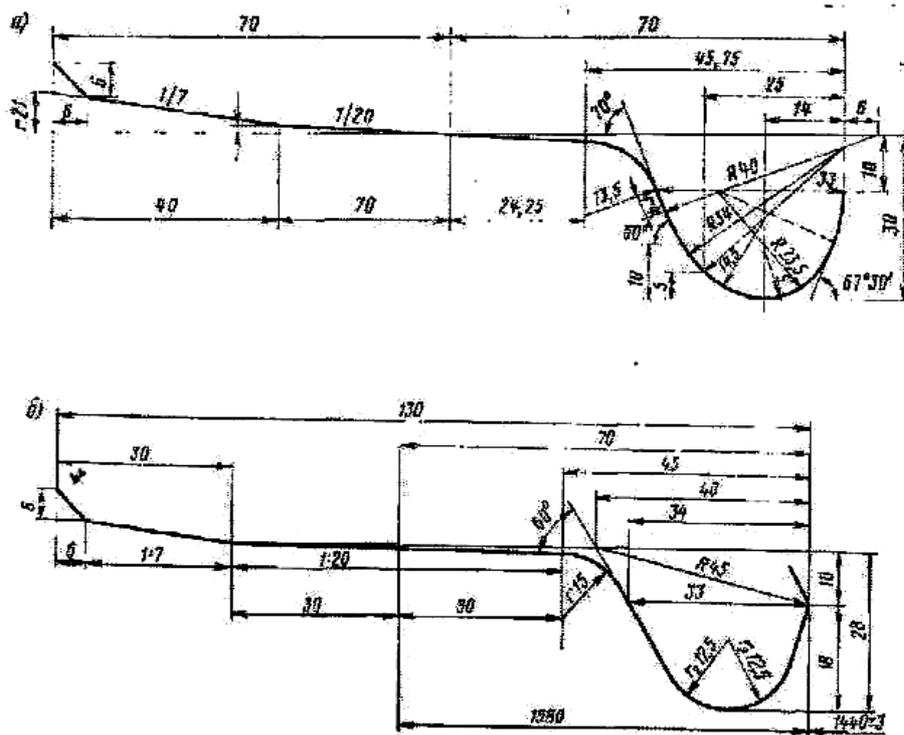


Рис.5.5 Профили поверхности катания (а) локомотивного и (б) вагонного бандажей

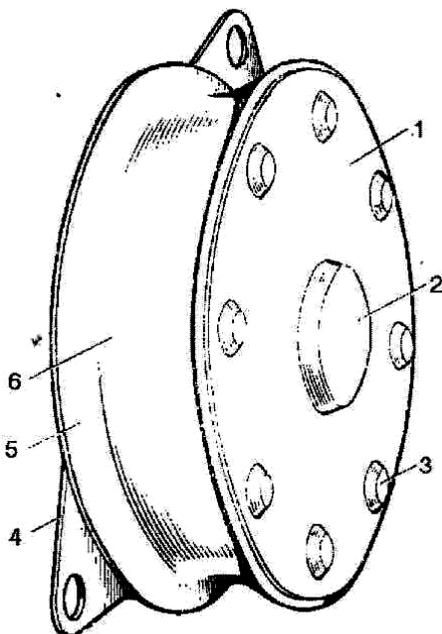
5.6. Подрезиненные колеса

Данные узлы достаточно эффективны [3] и применяются для снижения динамического воздействия колесной пары при прохождении неровностей пути, особенно при опорно-осевом подвешивании ТЭД, а также для снижения шума.

Впервые данные колеса были использованы на автомотрисах Michelin, французских железных дорог, в 1933-34 г.г. Они имели в своей конструкции пневматические баллоны, повреждение которых могло повлечь за собой крушение. Именно по этой причине от них отказались.

Более надежная конструкция подрезиненных колес была применена на французских магистральных электровозах В₀ - В₀. Подрезиненное колесо SAB электропоезда французских железных дорог (рис.5.5) при диаметре колеса 1000 мм и нагрузке на рельс 9 тс имеет 48 резиновых вкладышей, расположенных в два ряда в шахматном порядке. Вкладыш выполнен в виде резиновых шайб 6, к которым привулканизированы стальные диски 1 и 5 со

средним выступом 2 для крепления к колесному диску, бандажному диску и нажимной шайбе.



**Рисунок 5.5 Резиновый вкладыш подрезиненного колеса
1,5-стальные диски; 2-средний выступ; 3-малый выступ, 4-крепежный усик; 6-резиновая шайба;**

Восемь малых выступов 3 стальных дисков служат в качестве дистанционных, обеспечивающих зазор для прохождения охлаждающего резину воздуха. На стальном диске 5 имеется два усика 4 для крепления вкладыша к колесному диску или нажимной шайбе, скрепленная болтами со ступицей и дистанционными болтами 5 с её диском, чтобы предотвратить его вращение. Подрезиненное колесо с одним рядом парных резиновых вкладышей не имеет непосредственной связи бандажа и обода со ступицей, так как собственно колесный центр отсутствует, а его заменяют: колесный диск 2, составляющий одно целое со ступицей 1, бандаж 6 со средним диском 4 и наружная шайба.

Между колесным центром и средним дисками, а также между средним дисками нажимной шайбой заложены резиновые вкладыши 3 и 7. Для отвода тока от колеса на рельс имеются медные шунты. Охлаждение резины должно быть достаточно интенсивным, так как при температуре выше 70 °С она теряет эластичность. Колесо вращаясь, создает подобно центрифуге турбулентное движение воздуха. Он заходит в каналы колеса около ступицы и направляясь радиально через все колесо выходит

около бандажа. Однорядные подрезиненные колеса типа SAB были применены на опытных вагонах типа Е Московского метрополитена.

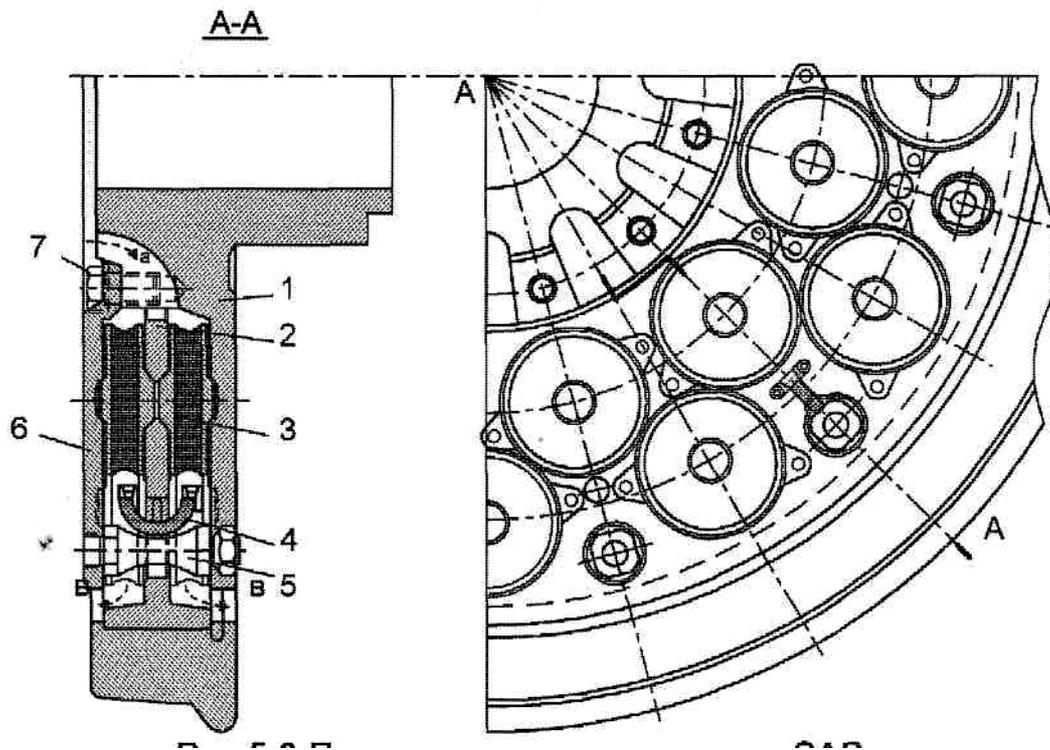


Рис.5.6 Подрезиненное колеса типа SAB:
 1-ступица; 2-колесный диск; 6-бандаж; 4-средний диск; 5-
 дистанционные болты

Контрольные вопросы

1. Назначение колёсных пар электровозов.
2. Классификация колёсных пар.
3. Каковы диаметры колёс по кругу катания D_k у различных типов подвижного состава?
4. Какие основные части имеют оси колёсных пар пассажирского и грузового локомотивов?
5. Какие требования предъявляются к заготовкам для изготовления осей?
6. Что делается, чтобы уменьшить силы взаимодействия колёсной пары с верхним строением пути?

7. Из каких основных элементов состоит колёсная пара электровоза?

8. Классификация колёсных центров.

9. На каком типе подвижного состава применяют безбандажные колёса? Чем объясняется такое применение?

10. Преимущества и недостатки цельнокатанных дисковых безбандажных колёс?

11. Каким элементом колёсная пара взаимодействует с рельсом? 12. Требования, предъявляемые к материалу бандажа.

13. Какими геометрическими фигурами описана поверхность катания бандажа?

14. Что удерживает бандаж на колёсном центре?

15. С какой целью применяются подрезиненные колёса?

16. Почему для их работы необходимо интенсивное охлаждение?

Лекция № 6

СИСТЕМА РЕССОРНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ

Рассматриваемые вопросы:

1. **Принцип разделения масс;**
2. **Первая ступень - буксовое рессорное подвешивания;**
3. **Листовые рессоры;**
4. **Пружины;**
5. **Торсионы.**

6.1. Принцип разделения масс

При движении колес подвижного состава по рельсам между ними возникают динамические нагрузки. Данные нагрузки имеют негативную особенность, которая связана с тем, что при увеличении скорости движения силы взаимодействия возрастают до достаточно большой величины, превышающей силу давления

колеса на рельс. Это влияет на безопасность движения колеса по рельсу и не должно допускаться.

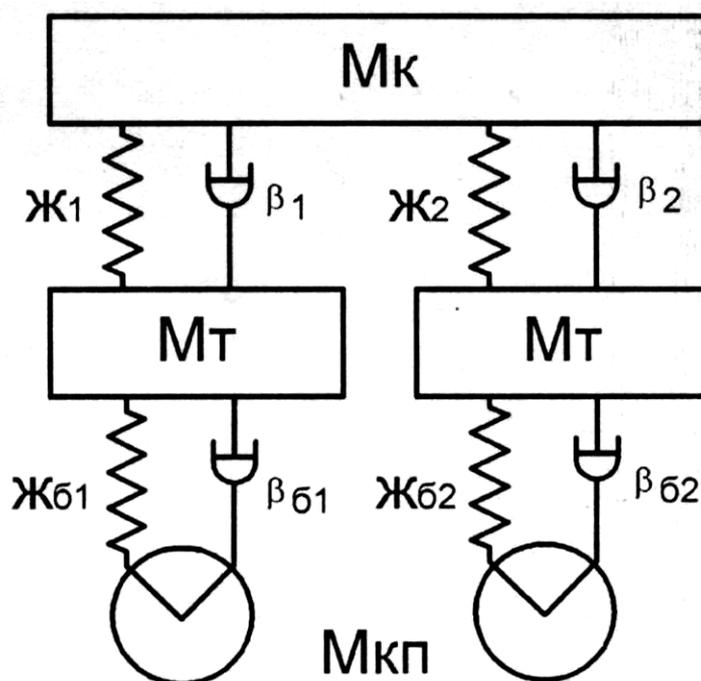


Рис.6.1 Разделение масс на локомотиве

Как известно конструкция первых электровозов имела ряд особенностей, среди которых - наличие общей рамы кузова, на которой размещались электрические аппараты, тяговые двигатели, тормозное оборудование, элементы тягового привода и т.д. Нетрудно предположить, что нагрузка от данных элементов, передаваясь через колесные пары на путь, могла вызвать определенные расстройств пути и элементов механической части.

Однако уменьшить динамические силы можно через уменьшение массы электровоза, но это может привести к уменьшению реализуемой силы тяги по сцеплению колеса с рельсом.

Чтобы обеспечить нормальное сцепление с одновременным уменьшением динамических нагрузок в конструкцию локомотивов были внесены определенные изменения [4]. Изменения сводились к тому, что вес электровоза не изменяется, а его масса делится на несколько отдельных масс, которые соединены между собой упругими элементами. Такое разделение принято называть - «*принципом разделения масс*». Выделяют следующие массы электровоза (рис. 6.1): **Масса кузова M_k** -

включающая, массу рамы кузова и всего оборудования в нем расположенного. **Масса тележек с оборудованием M_T** - массу рам тележек, тяговых двигателей и редукторов (в зависимости от класса привода), тормозное оборудование и **Массу недрессоренную** - включающую, массу колесных пар, букс, тяговых двигателей и редукторов (в зависимости от класса привода).

Соединение вышеуказанных масс осуществляется элементами системы рессорного подвешивания. Она состоит из двух уровней: **I уровень** - буксовая ступень, расположена рядом с буксами, соединяет недрессоренную массу с массой M_T , **II уровень** - кузовная (центральная) ступень - соединяет массы M_T и M_K .

6.2. Первая ступень - буксовое рессорное подвешивания

Букса является частью первой ступени буксового рессорного подвешивания. Первая ступень подвешивания является промежуточным эластичным звеном между рамой тележки и колесными парами: назначение ее - смягчать удары, передаваемые кузову электровоза и вызванные неровностями пути, передавать вес кузова и тележек на отдельные колесные пары и выравнять нагрузки на колесные пары, а также уменьшать воздействие электровозов на путь.

*Подвешивание может быть **независимым** и **сбалансированным** (сопряженным). Если нагрузка рамы тележки передается на каждую буксу через отдельные эластичные элементы (рессоры, пружины, резинометаллические блоки), не связанные с эластичными элементами других колесных пар, то такое подвешивание называется независимым. При независимом подвешивании давление колес на рельсы зависит от колебаний надрессорного строения, правильности развески, состояния элементов подвешивания и других факторов. (Неравенство нагрузок ухудшает использование сцепного веса, ограничивает величину развиваемой электровозом силы тяги). Для равномерного распределения (статического и динамического) нагрузок по колесным парам одной тележки эластичные элементы подвешивания соединяют между собой балансирами (ВЛ60ПК), Свойства получаемого таким путем сбалансированного подвешивания зависят от его*

конструкции. Для улучшения работы система должна иметь минимальное трение и инерцию.

Различают **верхнюю**, **нижнюю** и **промежуточную** системы подвешивания. В первом случае эластичные элементы располагаются над буксами (**надбуксовое подвешивание**), а во втором - под буксами (**подбуксовое подвешивание**) колесных пар. Третья система, **промежуточная** - характеризуется расположением эластичных элементов сбоку от букс при одном или различных уровнях.

У грузовых электровозов конструкция буксовой ступени рессорного подвешивания унифицирована.

Элементы системы рессорного подвешивания можно объединить в две основные группы: **диссипативные** и **упругие**. К первой группе относятся листовые рессоры, гидравлические и фрикционные гасители колебаний, т. е. такие элементы в которых возникает сила трения (диссипации), которая способствует гашению колебаний. Ко второй группе относят цилиндрические рессоры (пружины).

6.3. Листовые рессоры

Листовые рессоры - упругие элементы, обладающие способностью гасить вертикальные колебания за счет сил трения, возникающих между листами при прогибах рессор [9].

Листовые рессоры (рис.6.2) в соответствии с ГОСТ 1425-91 изготавливаются из листов рессорно-пружинной кремнистой стали марок 55С2 и 60С2. Конструктивно рессора собирается из отдельных листов. Толщина листа рессоры колеблется от 7 - 16 мм, ширина от 63 - 120 мм.

Листы рессоры, имеющие одинаковую длину (для электровозов, как правило, верхние), называются **коренными**, причем последний из этих листов называется **подкоренной**. Количество коренных листов $m = 2 \div 4$. Остальные листы рессоры имеют различную длину и носят название наборных, их количество $n = 4 \div 13$. Для предотвращения поперечного сдвига листы обычно выполняют из желобчатой стали.

В горячем состоянии листы изгибают так, что более короткие листы имеют большую кривизну, что обеспечивает их плотное прилегание. Листы рессоры подвергают термообработке (закалка при температуре 870°C в масле и отпуск при вторичном нагреве до 470°C), а затем

дробеструйному наклепу, чтобы повысить предел выносливости.

Для повышения чувствительности рессоры к изменению нагрузки и уменьшения износа листов, их поверхности смазывают смесью машинного масла (25%), солидола (25%) и графита (50%). На пакет листов в средней части надевают хомут в горячем состоянии и обжимают его одновременно со всех сторон на прессе. Материал хомута: углеродистая сталь 10 или ст3. Для снижения концентрации напряжений кромки листов у торцов закругляют. За счет различной кривизны листов и наличия стягивающего хомута между листами рессоры возникают напряжения даже при отсутствии внешней нагрузки.

Основными характеристиками рессоры являются ее **длина, стрела прогиба и коэффициент жесткости.**

За **длину рессоры** принимают расстояние L между центрами отверстий коренного листа. Так как оно изменяется в зависимости от нагрузки, то различают длину рессоры в свободном состоянии и расчетную длину (при расчетной нагрузке)

Стрелой прогиба рессоры называют расстояние от прямой, соединяющей центры отверстий в верхнем листе, до его поверхности в средней части рессоры. Для рессоры в свободном состоянии это расстояние называют **фабричной стрелой** или стрелой прогиба в свободном состоянии. Разность стрел прогиба без нагрузки и под нагрузкой равна прогибу рессоры. Статическим f_{cm} называют прогиб рессоры под статической нагрузкой P_{cm} .

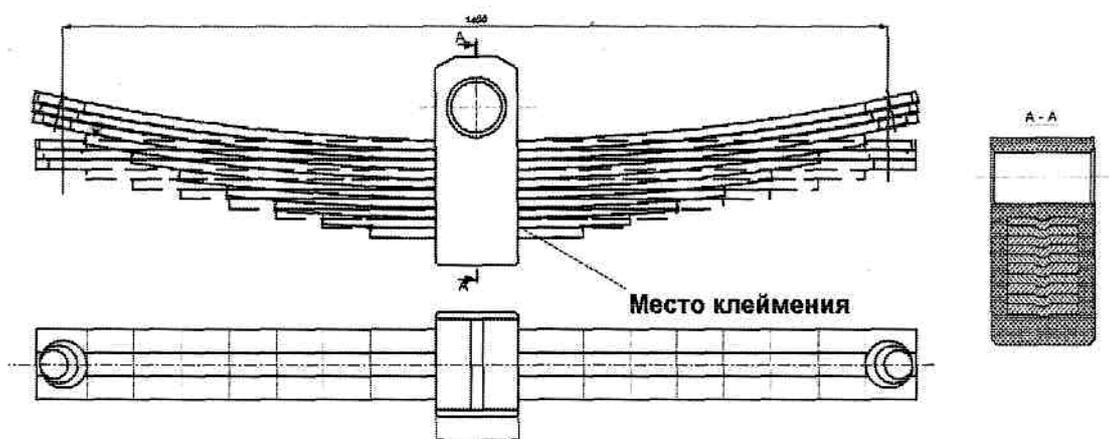


Рис. 6.2 Листовая рессора электровоза ВЛ80 С

Коэффициент жесткости характеризует упругие свойства рессоры. Изменение прогиба рессоры сопровождается трением между ее листами. Межлистовое трение в рессоре приводит к тому, что характеристики рессоры (зависимость между нагрузкой и прогибом) при увеличении и уменьшении нагрузки не совпадают.

Характеристика, соответствующая нагружению (ОА) проходит выше теоретической (ОС), а при разгрузке (ОВ) - ниже ее. Следовательно, рессора имеет как бы два коэффициента жесткости, полусумма которых равна теоретическому коэффициенту жесткости.

Как видно из рис.6.3 увеличение нагрузки, например с P_1 до P_2 вызывает увеличение прогиба на Δf . Уменьшение же нагрузки с P_2 до P_3 не дает изменение прогиба рессоры, так как изменение нагрузки затрачивается на преодоление внутреннего трения между листами. Дальнейшее уменьшение нагрузки, например до P_4 , вызывает уменьшение прогиба на величину Δf .

Площадь фигуры определяет работу сил трения. При уменьшении нагрузки от P_2 до P_1 прогиб рессоры не изменяется, т.е. в этой области рессора работает как жесткая балка и не смягчает удары, передаваемые на раму тележки. Отрезок АС определяет, таким образом, зону нечувствительности рессоры при данном статическом прогибе (нагрузка передается на раму тележки жестко в виде удара).

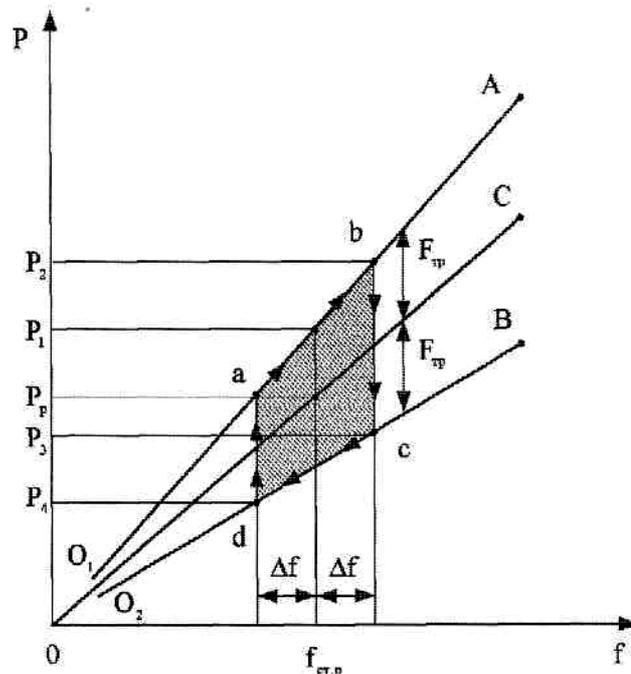


Рис.6.3 - Характеристика листовой рессоры

Большое внутреннее трение является недостатком рессор. Другой недостаток - непостоянство величины внутреннего трения. Если новые листы имеют смазанные поверхности и сравнительно небольшое внутреннее трение, то со временем коэффициент трения между листами увеличивается вследствие загрязнения поверхностей и появления ржавчины и рессора становится более жесткой. Если у новых рессор зона нечувствительности составляет 10-20% (от статической нагрузки) для рессор первой ступени, то через четыре года эксплуатации зона нечувствительности увеличивается в 2-3 раза. Поэтому, несмотря на то, что применение рессор в ряде случаев позволяет упростить конструкцию подвешивания, их применение в современных пассажирских электровозах ограничено. Предпочтение отдается пружинам и другим деталям.

6.4. Пружины

В рессорном подвешивании локомотивов применяют цилиндрические винтовые пружины из прутков круглого поперечного сечения (в большинстве стран) или прямоугольного сечения (в Швейцарии) [8]. Материал прутков - горячекатаная кремнистая сталь марки 55С2 или 60С2 (ГОСТ 14959-79). После термической обработки (закалка в масле при температуре 870°C и отпуск при 460°C) предел текучести должен составлять $\sigma_T=1200$ МПа, а твердость по Бринелю НВ 375-444 (ГОСТ 1452-86).

Термически обработанные пружины должны быть упрочнены наклепом дробью или заневоливанием, которое производится либо нагружением пружины до создания в ней напряжений выше предела текучести и выдержкой при этих напряжениях в течении длительного времени (не менее 12 ч), либо многократным (не менее 10 раз) обжатием пружины с созданием в ней напряжений выше предела текучести.

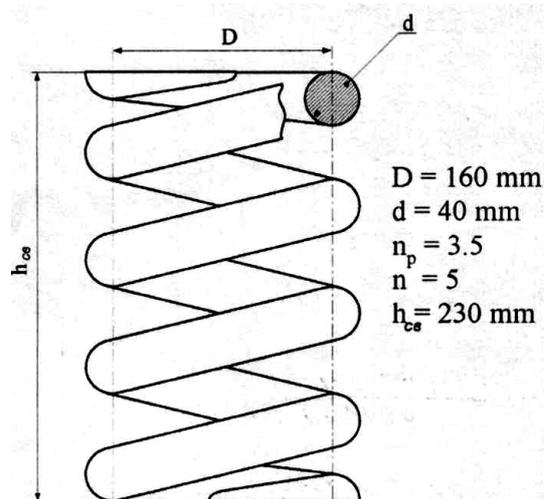


Рис.6.4.
Цилиндрическая рессора (пружина)

При дробеструйном наклепе улучшаются механические характеристики материала и устраняются мелкие дефекты на поверхности. При заневоливании в результате пластических деформаций в наружном слое прутка образуются остаточные напряжения, по знаку противоположные напряжениям при нагрузке. Поэтому суммарные напряжения при нагрузке меньше, чем были бы без заневоливания. Заневоливание позволяет уменьшить размеры пружин без снижения их прочности.

В некоторых случаях для повышения предела выносливости заготовки для пружин перед навивкой шлифуют.

Опорные поверхности пружины должны быть плоскими и расположены перпендикулярно оси пружины.

Перед навивкой концы прутка оттягивают для образования опорного витка пружины в $3/4$ витка. Поэтому число рабочих витков n , определяющих жесткость пружины, на полтора витка меньше их общего числа n_0 .

Цилиндрические пружины характеризуются следующими геометрическими параметрами:

Диаметром прутка d

Средним диаметром пружины D

Высотой пружины в свободном состоянии $h_{ст}$

Числом рабочих витков пружины

n Шагом витков $a_{ш}$

Индексом пружины $m = D / d$

В подвешивании электровозов применяются однорядные и двухрядные пружины; очень редко встречаются трехрядные. Двухрядные (и более) пружины располагают концентрично одну внутри другой; навивку делают в разные стороны. Расстояние между витками должно выбираться так, чтобы в эксплуатации не было полного сжатия, $f_{ст1} = f_{ст2}$, касательная напряжения $\tau_1 = \tau_2$, $h_{св1} = h_{св2}$.

Особенность пружин состоит в том, что их внутреннее (молекулярное) трение настолько мало, что не оказывает влияния на работу пружин. Поэтому, получив ту или иную деформацию, пружина стремится вернуться в первоначальное положение. Если у листовой рессоры отношение энергии сил внутреннего (междулиствого) трения к потенциальной энергии сжатой рессоры велико и достигает 50%, то у пружин эта величина равна нулю и вся потенциальная энергия сжатой пружины идет на развитие колебаний. Для гашения колебаний в систему подвешивания необходимо вводить элементы, создающие сопротивление колебаниям и не имеющие восстанавливающей упругой силы.

При отсутствии гасителей колебаний может наступить резонанс, когда частота возмущающей силы совпадает с частотой собственных колебаний наддресорного строения. Для поглощения энергии колеблющихся масс на электровозах применяют фрикционные и гидравлические гасители.

6.5. Торсионы

Кроме обычных типов рессорного подвешивания (рессор и пружин), в некоторых конструкциях используются торсионные рессоры, в которых в качестве упругого элемента используется стержень с прямой осью, работающий на кручение [12]. Схематично устройство торсионного подвешивания в применении к тележкам показано на рис.6.5 нагрузка от подпятника 1 (без рессор или пружин) через брус 2 и подвески 3 передается рычагу 4, который закреплен на стержне (торсионе) 5; другой конец торсиона жестко закреплен на раме тележки 6. Стержень 5 закреплен неподвижно во втулке 7 и может свободно поворачиваться относительно подшипника 8, являющегося его второй опорой.

Торсион работает на кручение. При появлении толчка он закручивается на некоторый дополнительный угол α_0 , а затем восстанавливает свои свойства под действием упругих сил.

В поперечном сечении стержень торсиона может представлять круг или квадрат.

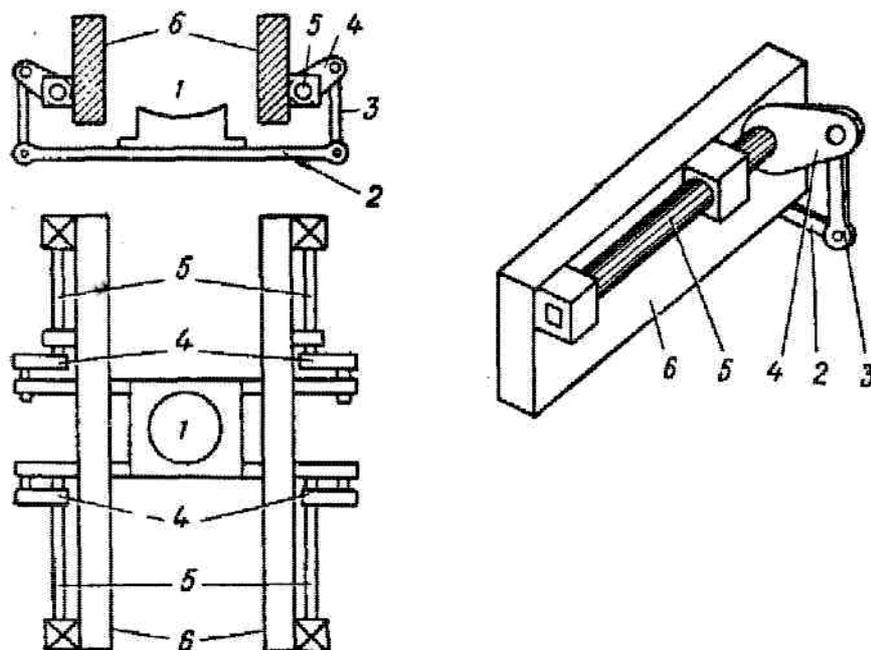


Рис.6.5 Схема торсионного подвешивания: 1-подпятник; 2-брус; 3-подвеска; 4-рычаг; 5-стержень (торсион); 6-рама тележки; 7-втулка; 8-подшипник

В сравнении с обычными пружинами круглые торсионы почти в 3,5 раза, а по сравнению с листовыми рессорами в 17 раз легче, не считая веса кронштейнов, и рычагов. Поэтому торсионные конструкции позволяют значительно снизить вес и получить более простую конструкцию подвешивания. Однако необходимо обратить особое внимание на шлифовку торсионов, так как на них недопустимы следы обработки, и на термическую обработку, чтобы избежать коробления и концентрации напряжений. Очень часто применяют наклеп дробью.

Принято располагать торсионы вдоль оси тележки, однако это не является единственным решением, также они могут располагаться нормально к оси тележки.

Контрольные вопросы

1. *Какие конструктивные особенности первых локомотивов могли вызвать расстройство пути и выход из строя элементов механической части?*
2. *Какие геометрические параметры пружины Вам известны?*
3. **Что является недостатком листовых рессор?**
4. **Что такое длина рессоры?**
5. **Что такое стрела прогиба рессоры?**
6. **Какие листы называются коренными, подкоренными, наборными?**
7. **Что входит в состав смазки, закладываемой между листами листовой рессоры?**
8. **Какие листы листовой рессоры в свободном состоянии имеют большую кривизну? С какой целью это делается?**
9. **Какие элементы включают в себя первая и вторая ступени рессорного подвешивания локомотивов?**
10. **Какую конструктивную особенность имеют листы рессоры, чтобы исключить поперечное смещение?**
11. **В чем преимущества торсионного рессорного подвешивания?**
12. **Объясните (рис.6.3), почему при увеличении нагрузки (участок d-a) и её уменьшении (участок b-c) не происходит изменение величины прогиба?**

Лекция № 7

РЕЗИНОВЫЕ И РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ УПРУГИЕ ЭЛЕМЕНТЫ. ПНЕВМОРЕССОРЫ. ГАСИТЕЛИ КОЛЕБАНИЙ

Рассматриваемые вопросы:

1. **Применение резиновых элементов в конструкции механической части локомотива;**

2. Пневморессоры. Особенности работы.

Классификация;

3. Гасители колебаний;

3.1 Гидравлические гасители колебаний;

3.2 Фрикционные гасители колебаний.

7.1. Применение резиновых элементов в конструкции механической части локомотива

Резиновые элементы находят широкое применение в качестве упругих элементов и подвижных соединений на подвижном составе.

Благодаря сравнительно высоким допустимым относительным деформациям и наличию внутреннего трения удается создавать компактные упругие элементы, реализующие также рассеивание энергии, что позволяет, например, обходиться при их применении без гасителей колебаний в буксовой ступени подвешивания. Внутреннее трение в резине особенно эффективно способствует подавлению высокочастотных вибраций - шумов.

Разумеется, рассеивание энергии приводит к повышению температуры материала резины, что в отдельных случаях может оказаться нежелательным.

Высокие допустимые относительные деформации сдвига позволяют создавать сферические и цилиндрические шарниры - сайлент-блоки, многослойные подвижные опоры и другие подвижные соединения, в которых не возникает поверхностное трение, а следовательно не происходит изнашивание и нет необходимости в применении смазки.

Резинометаллические несущие детали (часто называемые амортизаторами) выполняют в виде прямоугольных пластин, либо в виде круглых сплошных и кольцевых шайб (подвеска ТЭД), в виде полых конусов (в центральных маятниковых опорах кузова на тележки локомотивов ВЛ60, ТЭП60) и втулок (в буксовых проводниках в цилиндрических буксовых направляющих). В таких амортизаторах резина испытывает деформации сжатия, сдвига, а также сложного сопротивления.

В качестве материала для перечисленных деталей применяют морозостойкие резины. Опыты показывают, что при деформации резины объем ее практически не изменяется,

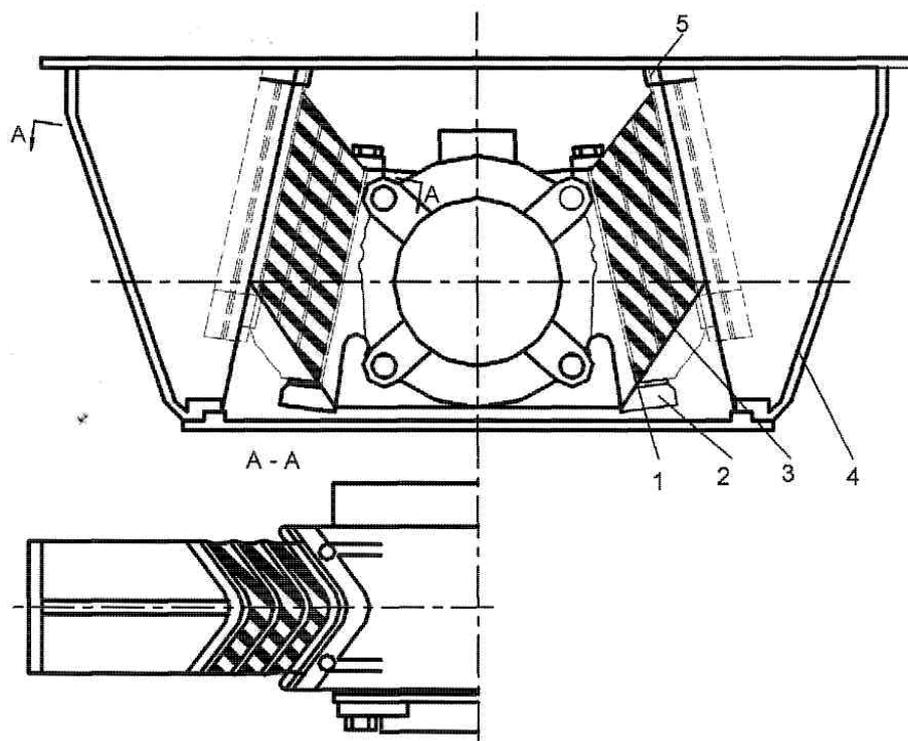
и она является несжимаемой, то для того, чтобы был прогиб у амортизатора, резина должна иметь возможность выпучиваться.

Различные свойства резины при сжатии и сдвиге используются очень удачно для получения различных гибкостей конструкции в различных направлениях. Примером может служить рессора **Меги** (рис.7.1), используемая в буксовом подвешивании. Каждый комплект этих рессор состоит из двух одинаковых пакетов металлических фасонных листов и резиновых прокладок, симметрично расположенных по обеим сторонам буксы. На металлические листы 1 рессорных пакетов нанесены при помощи вулканизации или наклеены слои резины 3. Резина разделена внутренними металлическими листами, которые установлены параллельно двум наружным листам. Наружные и промежуточные металлические листы с находящимися между ними слоями резины образуют угол.

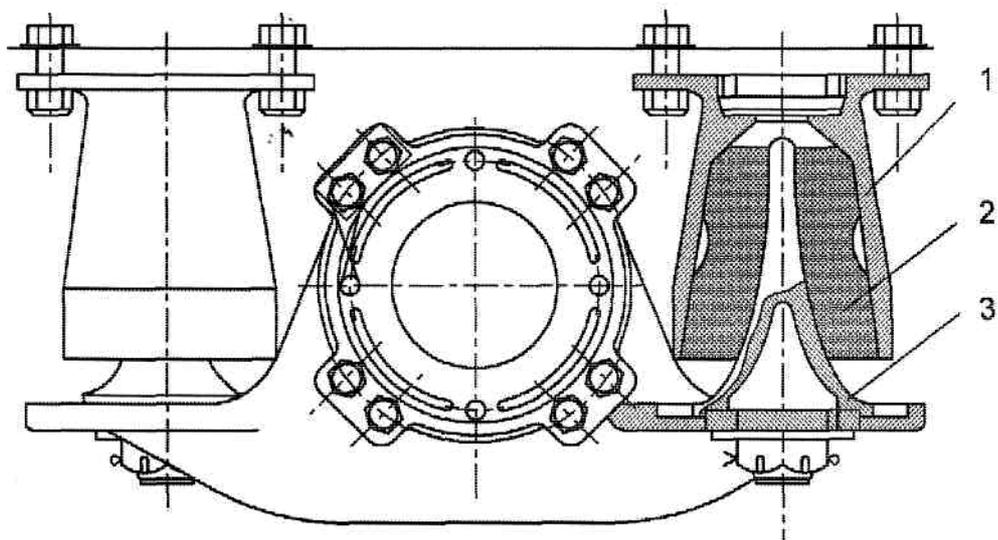
Пакеты металлических рессор [3] с резиновыми прокладками устанавливаются несколько наклонно к вертикальной плоскости, перпендикулярной направлению движения. В результате такого расположения резиновая прокладка при вертикальной нагрузке на буксу одновременно испытывает напряжение сжатия и сдвига.

Промежуточные листы металла повышают сопротивление сжимающим усилиям, никак не влияя на сопротивление сдвигу. Буксе придают форму, соответствующую наклонному расположению рессорных пакетов. Для установки рессоры предусмотрены уступы 2 на буксе и такие же уступы 5 на раме. Рама тележки образует наклонные консоли 4, затянутые снизу стружкой.

В боковом направлении рессоры вследствие их У - образной формы в 3-5 раз более жестки, чем в вертикальном. Еще более жестки рессоры Меги в продольном направлении так как в этом случае на них действуют сжимающие усилия. Их жесткость в продольном направлении в 10 -30 раз больше, чем в вертикальном.; что особенно важно при прямолинейном направлении осей и для хорошего восприятия усилий при торможении. Согласно [8] недостатком такого подвешивания является зависимость упругих и механических характеристик от температуры окружающей среды и возможное



*Рис.7.1 Резинометаллическая рессора Меги:
1-металлические листы; 2,5-установочные уступы на буксе и на
раме тележки; 3-слой резины; 4-наклонные консоли*



*Рис.7.2 Буксовое подвешивание с резиновыми рессорами
колокольного типа:
1-стальной стакан; 2-резиновый вкладыш; 3-шпинтон*

увеличение жесткости в 2-3 раза при отрицательных температурах -40 °С - 50 °С.

Такого рода резиновые рессоры используются на подвижном составе различных государств; в том числе Финляндии, Швеции, Канаде. В опытном порядке они испытывались на Московском метрополитене.

На рис.7.2 показано буксовое подвешивание с резиновыми рессорами колокольного типа.

Резиновый вкладыш 2 заключен в стальном стакане 1 и касается его стенок верхней и нижней утолщенными частями, а внутри резинового вкладыша проходит шпинтон 3, с нижним очертанием в виде конуса. Под нагрузкой шпинтон входит в колокол, вызывая сначала только сдвиг внутренних слоев колокола относительно наружных, при дальнейшем увеличении нагрузки колокол начинает прижиматься сильнее своей верхней частью к стакану и к напряжению сдвига прибавляется напряжение сжатия.

Резиновые элементы все чаще заменяют в работе металлические элементы или работают одновременно с ними.

7.2. Пневморессоры. Особенности работы. Классификация

Во второй ступени подвешивания электропоездов все большее распространение получают пневмоэлементы (пневморессоры). В пневматических вибрирующих элементах упругим телом является сжатый газ или воздух, заполняющий резино-кордную оболочку.

Преимущества таких рессор следующие [3, 8]:

- возможность обеспечения сравнительно простыми средствами большого статического прогиба, а также стабильного и надежного демпфирования колебаний (это достигается созданием специальных отверстий и каналов-дросселей, связывающих пневмобаллоны с дополнительными резервуарами);*

- изменяя давление, с помощью таких рессор можно поддерживать постоянную высоту пола кузова над головками рельсов независимо от загрузки вагона пассажирами;*

- менять по желанию, соотношение высот правой и левой сторон надрессорного строения при движении в кривой.*

Упругие характеристики пневморессоры зависят от её геометрических размеров, объема, давления воздуха, характеристик материала упругой оболочки и др.

Изменяя давление воздуха или его объем (для этого пневморессоры соединяют с вспомогательным резервуаром) можно изменять упругие характеристики подвешивания.

Нужно отметить, что пневморессоры ограничены размерами по условию их размещения, поэтому они соединяют с дополнительным резервуаром большого объема, что делает их более гибкими. В качестве дополнительного резервуара используют внутренние полости отдельных балок рамы тележки. Соединяют пневморессоры с дополнительным резервуаром трубопроводами, которые используют в качестве клапанов, обеспечивающих требуемый демпфирующий эффект.

При большой нагрузке клапаны подают в рессору воздух из запасного резервуара высокого давления, а при её уменьшении - выпускают соответствующее количество воздуха в атмосферу. Чтобы после окончания нормальной работы рессоры не возникало нежелательной потери воздуха в регулирующий клапан вмонтированы замедляющие элементы (дрессели), исключающие слишком быстрый впуск или выпуск воздуха.

В настоящее время изготавливаются пневморессоры:

- **баллонного** типа (рис.7.1), воспринимающие только вертикальные нагрузки;
- **диафрагменного** типа (рис.7.2), способные воспринимать и вертикальную и горизонтальную нагрузки;
- **подушечного** типа (рис.7.3) воспринимающие нагрузку в вертикальном и продольном направлениях;
- **комбинированные** пневморессоры, допускающие повышенные вертикальные перемещения по сравнению с диафрагменными.

Упругую оболочку двухвитковой пневморессоры 1 (рис.7.1) изготавливают из нескольких слоев обрешиненного капронового корда, имеющего внутренний герметизирующий и защитный наружный покровный слой резины. Для посадки оболочки на элементы арматуры (верхнее 2 и нижнее 3 основания) в бортах оболочки имеются бортовые кольца из стальной проволоки. Герметичность крепления оболочки достигается или при помощи прижимных колец или натягом оболочки на выступающие части арматуры.

Под действием сжатого воздуха оболочка прижимается к арматуре, в результате чего происходит самоуплотнение. Для сохранения формы многорезинчатых оболочек применяют опоясывающие кольца 4, которые монтируются при сборке пневморессоры.

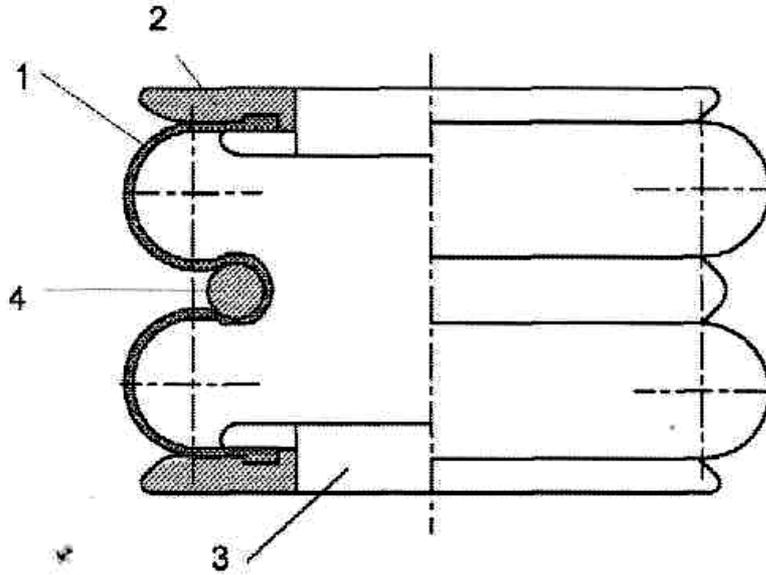


Рис.7.1 Баллонная пневморессора:
1-упругая оболочка; *2,3*-верхнее и нижнее основания; *4*-
 опоясывающее кольцо

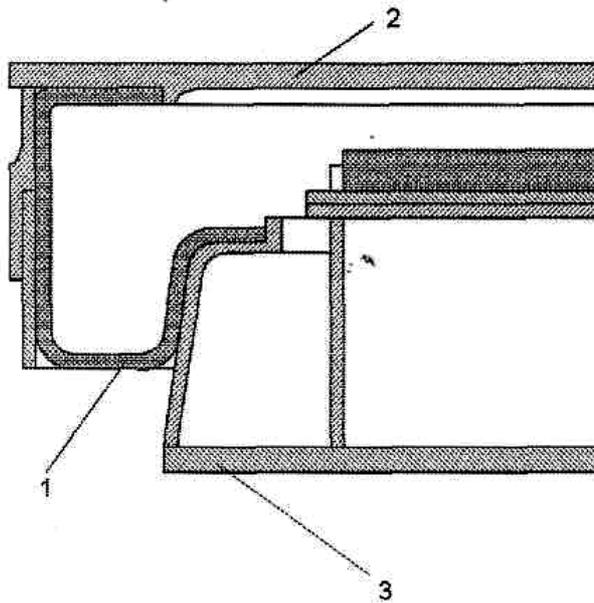


Рис.7.2 Диафрагменная пневморессора

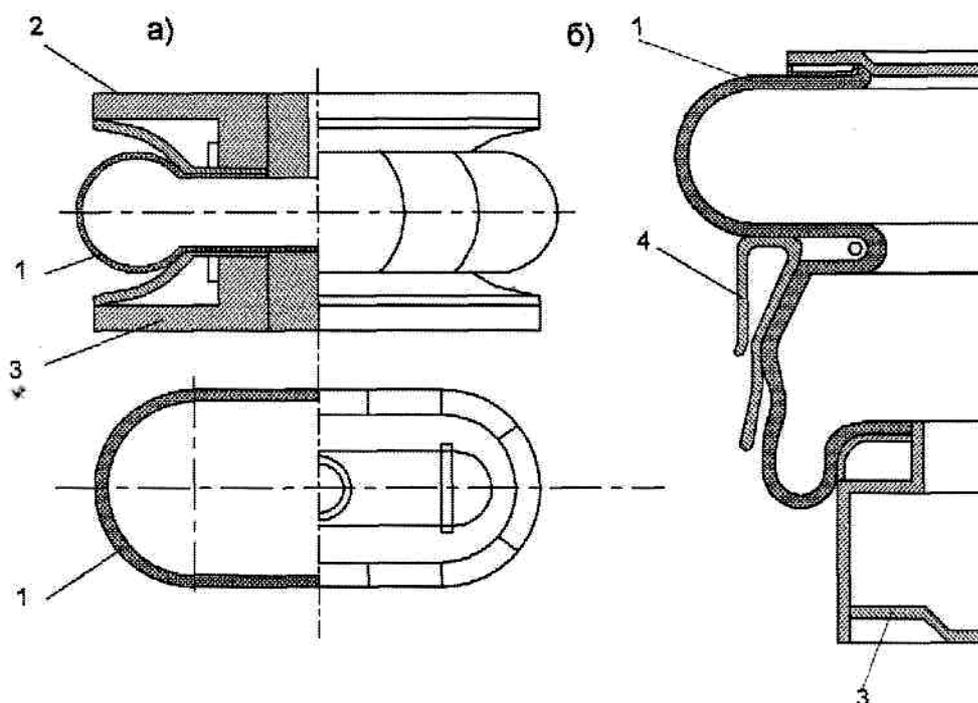


Рис. 7.3 Подушечная (а) и комбинированная (б) пневморессоры:
1-упругая оболочка; 2,3-верхнее и нижнее основания;
4-опоясывающее кольцо

Двухвитковые пневмобаллоны допускают рабочий ход определяющий амплитуды колебания около 100 мм. Подобные рессоры были установлены и испытаны в центральном подвешивании опытных вагонов электропоездов.

При необходимости иметь большой рабочий ход, применяют трехвитковые баллоны, примером может служить трехвитковые пневмобаллоны, примененные для вагонов экспресса «Асаказа» Япония.

На скоростных электропоездах (Россия) применена пневморессора диафрагменного типа (рис.7.2). Упругая оболочка 1 изготовлена из двух слоев обрезиненного капронового корда с защитным и герметизирующими слоями резины. Сверху она закрывается сварным колпаком 2, а снизу опирается на сварное основание. Выступы колпака образуют диафрагму в виде цилиндра. Сопротивление диафрагменной рессоры - поперечной деформации возникает вследствие изменения площади и формы поверхности контакта оболочки с поршнем пневморессоры и частично за счет жесткости оболочки.

Внутренний объем около 15 л. допустимые вертикальные деформации ± 35 мм., поперечные ± 45 мм. Выдерживает нагрузку до 19,5 т.

Таким образом, пневморессоры с оболочкой баллоного типа могут быть использованы при наличии возвращающих устройств в виде люльки или других, а пневморессоры с оболочкой диафрагменного типа не требуют специальных возвращающих устройств, поскольку они способны воспринимать не только вертикальные, но и горизонтальные (поперечные усилия).

Жесткостью - пневморессоры **ж** называется производная грузоподъемности по прогибу. Она зависит от объема самой пневморессоры V_p и объема дополнительных резервуара V_d , т.е. от $V_p + V_d$.

Впервые пневморессоры были применены на подвижном составе скоростной магистрали Нью-Токайдо в 1962 г. За годы эксплуатации пневморессор в нашей стране и за рубежом были выявлены определенные трудности, не позволяющие широко применять данный тип подрессоривания. Дело в том, что для поддержания необходимого давления в системе и покрытия утечек воздуха, требуется достаточно большой расход энергии. К тому же реальная схема управления питанием рессор содержит ряд сложных аппаратов для регулирования высоты рессоры, аварийного сброса давления в парной рессоре в случае прорыва одной из рессор для того, чтобы избежать поперечного перекоса кузова. К тому же при помощи более надежных, дешевых и традиционных способов с применением металлических пружин могут быть получены предельные статические прогибы.

7.3. Гасители колебаний

Кроме пневморессор, пружин и других упругих элементов на электрическом подвижном составе в системе рессорного подвешивания нашли применение различные типы гасителей колебаний, которые могут быть классифицированы [13]:

1. По энергетическим признакам: **фрикционные** и **гидравлические**.

2. По силовым признакам: **с постоянной** и **с переменной силой трения, одностороннего** и **двустороннего действия**.

3. По схемам расположения: **вертикальные, горизонтальные, наклонные** (прил. 1).

4. По конструктивным признакам: телескопические, рычажные и крыльчатые (прил. 1 и 2).

7.3.1. Гидравлические гасители колебаний

Они имеют второе название (*гасители вязкого трения*) из-за того, что силы сопротивления в них создаются в процессе движения поршня с отверстиями малого сечения (дроссельные отверстия) в цилиндре, заполненном вязкой жидкостью [8]. Гасители могут быть установлены между рамами кузова и тележек (на электровозах ВЛ80 всех индексов, на электропоездах во второй ступени с витыми пружинами) и между рамой тележки и буксами (на электровозах Чехии, России и др.)

Существующие конструкции гидравлических гасителей можно классифицировать на [13]:

а) телескопические, к преимуществам которых относят автономность, легкость установки в рессорном подвешивании, простоту изготовления и ремонта. Недостатками данного типа являются трудность герметизации, износ уплотняющих устройств;

б) рычажные, среди достоинств которых можно отметить хорошую герметизацию цилиндров, возможность различной установки системы рычагов. Недостатками характерными для них будут наличие изнашивающихся шарниров, слабое гашение колебаний с большой амплитудой, трудоемкость монтажа, большая масса;

в) крыльчатые, обладающие хорошей герметизацией камер, высокой надежностью, возможностью установки в различных положениях. К недостаткам их относят ограниченный угол смещения рычага, наличие изнашивающихся шарниров и рычажной передачи, большую массу.

Работу гидрогасителя рассмотрим на примере телескопического гасителя колебаний. В нем (рис.7.4), при перемещении поршня вниз (ход сжатия) верхний клапан 7 поднимается, и часть жидкости из полости под поршнем перетекает в полость над поршнем. Другая часть жидкости из полости под поршнем перетекает через дрос-

сельное отверстие нижнего клапана 8 в резервуар 5, создавая сопротивление перемещению поршня.

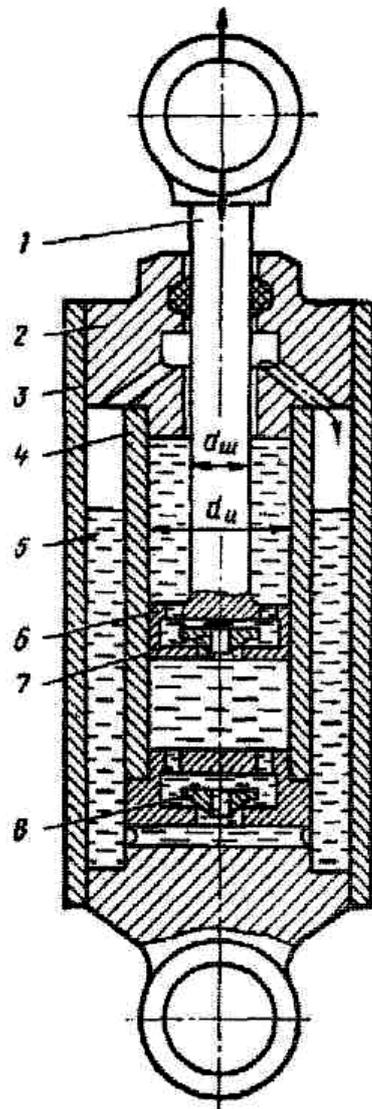


Рис. 7.4 Принципиальная схема гидравлического гасителя колебаний:

1-шток; 2-направляющая втулка; 3-корпус; 4-рабочий цилиндр 5-резервуар; 6-поршень; 7-верхний клапан; 8-нижний клапан

При перемещении поршня вверх (ход растяжения) верхний клапан 7 закрывается, и жидкость из полости над поршнем проходит через дроссельное отверстие в полость под поршнем и одновременно в полость под поршнем поступает жидкость и из резервуара 5 через открытый клапан 8.

При протекании жидкости через отверстия малого сечения (дроссельные отверстия) возникают силы

неупругого сопротивления, используемые для гашения колебаний.

При малых относительных скоростях считают, что сила сопротивления F пропорциональна скорости перемещения поршня V относительно цилиндра

$$F = \beta V$$

Коэффициент пропорциональности β называют коэффициентом вязкого сопротивления, или параметром сопротивления демпфера.

Физический смысл: если $\beta=0$, то масса совершает незатухающие колебания. Чем больше β , тем меньшее число колебаний совершила упруго подвешенная масса до возврата в первоначальное положение.

Скорость поршня за время его хода от одного крайнего положения до другого изменяется от нуля (в крайних положениях) до наибольшего значения.

Изменение силы за период колебания с амплитудой Δf графически может быть представлено эллипсом, а работа сил сопротивления - площадью эллипса.

Энергия, рассеиваемая гидравлическим демпфером, пропорциональна квадрату динамического прогиба подвешивания Δf , так как демпфирующая сила пропорциональна скорости колебаний (или скорости перемещения поршня). Поэтому, если приращение энергии колеблющейся массы под действием возмущающих сил в какой-либо момент превышает поглощающую способность гидравлического демпфера, и амплитуды колебаний растут, то увеличение амплитуд будет приостановлено, как только поглощающая способность демпфера, растущая пропорционально квадрату Δf , превысит работу возмущающих сил.

Гидравлический демпфер должен иметь в рабочем диапазоне линейную зависимость между силой и скоростью поршня. Однако для того, чтобы избежать возможности появления больших демпфирующих сил, которые могут привести к поломке демпфера или будут передаваться на подрессоренные массы, целесообразно при больших скоростях иметь пологую характеристику, т.е. ограничить максимальную силу демпфера.

Согласно [3], если гидрогаситель располагается в буксовом подвешивании, то при движении колеса он будет воспринимать различные воздействия пути, которые могут иметь достаточно выраженные импульсы, что может повлечь

за собой гидравлический удар в гасителе. Для исключения данного негативного явления гасители должны иметь пружинные предохранительные клапаны с достаточным отверстием для перепуска жидкости.

7.3.2. Фрикционные гасители колебаний

В гасителях такого типа сопротивление движению создается вследствие действия сил сухого трения между их деталями. Данные гасители классифицируются на [13]:

а) **совмещенные с упругим элементом**, обладающие простой конструкцией, способом изготовления и установки. Вместе с тем, они гасят колебания в одном направлении, трудоемки в обслуживании при эксплуатации;

б) **встроенные в рессорное подвешивание**. К преимуществам которых относят способность одновременно гасить колебания в двух направлениях и увязывать элементы тележки. Однако их недостатками являются неавтономность, подверженность воздействию внешней среды, сложность установки, трудоемкость в ремонте;

в) **телескопические автономные**. Для них характерны автономность, защищенность от воздействия внешней среды, возможность установки под различными углами, доступность для осмотра и обслуживания в эксплуатации. К недостаткам относят наличие изнашивающихся шарниров, гашение колебаний преимущественно в одном направлении;

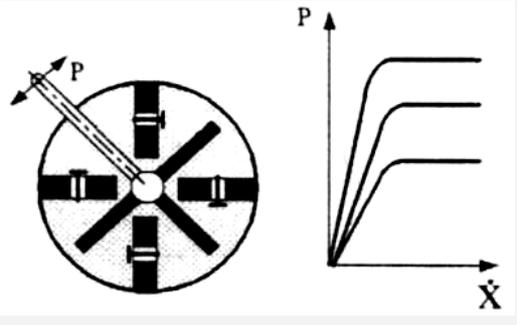
г) **рычажно - дисковые** обладающие преимуществами, такими как: автономность, защищенность от воздействий внешней среды, возможность установки под различными углами, доступность для осмотра и обслуживания в эксплуатации, и имеющими ряд недостатков, таких как: наличие изнашивающихся шарниров, гашение колебаний преимущественно в одном направлении.

Схема расположения гасителей колебаний на подвижном составе

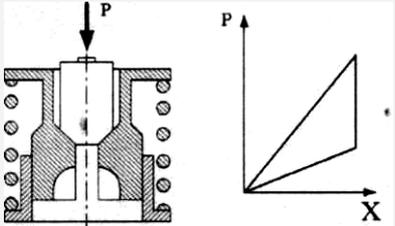
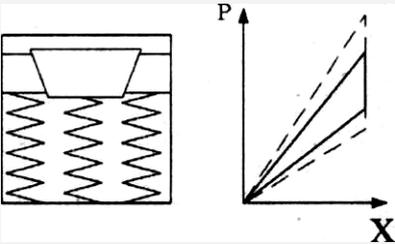
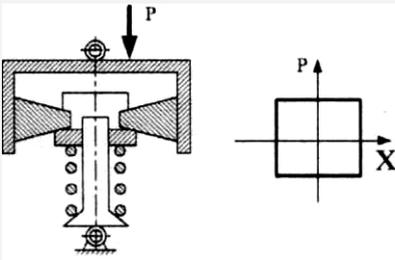
| Схема | Расположение | Гашение колебаний |
|-------|--|---|
| | Вертикально между буксой и рамой тележки | Подпрыгивание и галопирование рамы тележки |
| | Наклонно между буксой и рамой тележки | Подпрыгивание, галопирование, и бокового перемещения рамы тележки |

Классификация гидравлических гасителей колебаний

| Конструкция и силовая характеристика гасителя | Преимущества | Недостатки |
|---|---|--|
| <p>Телескопический</p> | <p>Автономность, легкость установки в рессорном подвешивании, простота изготовления и ремонта</p> | <p>Трудность герметизации от утечек рабочей жидкости и воздействия среды</p> |
| <p>Рычажн</p> | <p>Хорошая герметизация цилиндров, возможность установки системы рычагов</p> | <p>Наличие изнашивающихся шарниров, слабое гашение колебаний с небольшой амплитудой, трудоемкость монтажа, большая масса</p> |

| | | |
|--|--|---|
| <p>Крыльчатый</p>  | <p><i>Хорошая герметизация камер, высокая надежность, возможность установки в различных положениях</i></p> | <p><i>Ограниченный угол смещения рычага, наличие изнашивающихся шарниров и рычажной передачи, большая масса</i></p> |
|--|--|---|

Классификация фрикционных гасителей колебаний

| Конструкция и силовая характеристика гасителя | Место установки | Преимущества | Недостатки |
|---|---|--|---|
|  | <p><i>На тележках грузовых вагонов</i></p> | <p><i>Простота конструкции, изготовления и установки в рессорном подвешивании</i></p> | <p><i>Гашение колебаний в одном направлении, трудоемкость обслуживания в эксплуатации</i></p> |
|  | <p><i>На тележках ЦНИИ-ХЗ-0 грузовых вагонов, буксовые узлы пассажирских тележек</i></p> | <p><i>Способность одновременно гасить колебания в двух направлениях и увязывать элементы тележки</i></p> | <p><i>Неавтономность, подверженность воздействию внешней среды, сложность установки, трудоемкость в ремонте</i></p> |
|  | <p><i>На локомотивах, вагонах, электро- и дизель поездах, рефрижераторных вагонах</i></p> | <p><i>Автономность, защищенность от воздействий внешней среды, возможность установки под</i></p> | <p><i>Наличие изнашивающихся шарниров, гашение колебаний преимуществ-</i></p> |

| | | | |
|--|---|---|--|
| | <p><i>На вагонах электро- и дизельпоездов и рефрижераторных поездов</i></p> | <p><i>различными углами, доступность для осмотра, обслуживания в эксплуатации</i></p> | <p><i>венно в одном направлении.</i></p> |
|--|---|---|--|

Контрольные вопросы

- 1. В каком конструктивном исполнении выполняются резиновые элементы механической части локомотивов?*
- 2. В чем заключаются положительные свойства резины, как материала, используемого на подвижном составе?*
- 3. В каких узлах механической части резина нашла применение? Перечислите их, укажите конструктивные особенности.*
- 4. Из каких элементов состоит пневморессора?*
- 5. Каковы преимущества и недостатки пневморессор?*
- 6. Что выступает в роли дополнительных резервуаров для пневморессор?*
- 7. От чего зависит жесткость пневморессоры?*
- 8. Какие типы пневморессор нашли применение на подвижном составе?*
- 9. Как классифицируются гидравлические и фрикционные гасители колебаний?*
- 10. Принцип работы телескопического гидравлического гасителя колебаний на сжатие?*
- 11. Принцип работы телескопического гидравлического гасителя колебаний на растяжение?*
- 12. От каких параметров зависит сила диссипации F?*

Лекция № 8.

ТЯГОВЫЙ ПРИВОД

Рассматриваемые вопросы:

1. Общие положения;
2. Основные элементы тяговой передачи;
3. Требования, предъявляемые тяговым передачам;
4. Эволюция компоновочных схем тягового привода;
5. Конструкции тяговых передач в приводах I класса;
6. Моторно - осевые подшипники;
7. Зубчатая передача в приводах I класса.

8.1. Общие положения

Тяговый привод транспортного средства - это комплекс устройств, служащих для преобразования энергии некоторого вида в работу по преодолению сопротивления движению. Непосредственное преобразование механической энергии в работу выполняет исполнительный орган привода - **двигатель** транспортного средства.

В состав электропривода, где преобразуемой является электрическая энергия, кроме двигателя, входят тяговая передача, ТЭД, преобразовательные и регулирующие устройства (рис.8.1).



Рис.8.1. Структурная схема тягового привода

Тяговый электрический двигатель (ТЭД) служит для преобразования электрической энергии в механическую и поэтому входит в состав как электрической, так и механической части.

Тяговая передача обеспечивает передачу потока энергии от ТЭД к движителю. Тяговая передача - основной элемент механической части привода. Она, как правило представляет собой сложный механизм, на который необходимы значительные затраты при производстве, эксплуатации и ремонте. Развивающиеся в ней динамические явления отличаются высокой интенсивностью и могут приводить к последствиям, снижающим надежность локомотива в целом.

Преобразовательные и регулирующие устройства служат соответственно для преобразования получаемой от источника электрической энергии в энергию вида, необходимого для выбранного тягового двигателя, и регулирования потока энергии.

Традиционный тяговый подвижной состав железных дорог имеет привод, в котором в качестве движителя используется колесо, которое вдобавок выполняет и функцию опирания. Выполнение движителем функции опирания является неблагоприятным для привода, заставляя его отслеживать в пространстве траекторию опорного элемента, которая из-за неровностей пути никогда не бывает прямолинейной. Вследствие этого возникают динамические процессы по всей системе привода. Способствует динамическому нагружению привода и то, что колесная пара выполняет функции направляющего элемента локомотива, а следовательно, непосредственно взаимодействует с путем и в поперечном направлении.

Все это усложняет создание тягового привода. Не случайно поэтому его схемы и конструкция непрерывно меняются, совершенствуются и в то же время он зачастую остается одним из наиболее уязвимых элементов локомотива.

8.2. Основные элементы тяговой передачи

Тяговая передача передает поток энергии от вала ТЭД к колесной паре. Положение колесной пары в компоновочной схеме экипажа однозначно определено её опорными и направляющими функциями. Для вала же ТЭД существует несколько вариантов расположения, которые могут отличаться *двумя основными признаками*:

- подрессорен или неподрессорен относительно колесной пары двигатель;
- и взаимной ориентацией геометрических осей вала ТЭД и оси колесной пары (оси могут быть соосными,

параллельными, непараллельными пересекающимися и непараллельными непересекающимися).

Двигатель размещенный на подрессоренных частях тележки или кузове, может перемещаться относительно колесной пары. Чтобы передать вращение в условиях взаимных перемещений отдельных элементов передачи, необходимы подвижные соединительные муфты. Если двигатель опирается непосредственно на ось колесной пары, необходимость в муфте отпадает.

При несоосности геометрических осей вала двигателя и колесной пары необходим редуктор, который как правило выполняется на базе зубчатых передач и может быть цилиндрическим, коническим.

Таким образом, передача может, кроме вала ТЭД и колесной пары, включать в себя **тяговые муфты и редукторы**.

Все названные элементы соединены друг с другом непосредственно при значительном удалении друг от друга валопроводами.

8.3. Требования, предъявляемые тяговым передачам

Элементы тяговой передачи при работе испытывают различные нагрузки, которые непостоянны по абсолютному значению и времени. В зависимости от режима ведения поезда мощность, реализуемая приводом, тяговый момент и частота вращения могут изменяться в широких пределах. Так в момент трогания поезда зубчатая передача работает в режиме «тихоходной передачи» с низкими частотами вращения и большим вращающим моментом. При движении на максимальных скоростях режим работы передачи приближается к типичному для «быстроходных» передач.

Температуры, при которых работают отечественные железные дороги, изменяются от +50 до -45 °С. Непосредственная близость таких источников тепла, как ТЭД и тормозные устройства, а также собственное выделение тепла, может существенно увеличивать верхний уровень рабочих температур тяговой передачи.

Вода, снег, пыль, содержащие значительное количество абразивных и химически активных веществ, постоянно присутствуют в микроатмосфере, окружающей элементы передачи, а значительные перепады давления, вызванные

аэродинамическими явлениями при движении на больших скоростях, способствуют их проникновению во внутренние полости. Кроме того тяговая передача является одним из немногих узлов локомотива, плохо поддающимся визуальному контролю не только в движении, но и на стоянке. В связи с нижеперечисленными причинами к передачам предъявляют ряд требований, определяемых данными эксплуатационными условиями работы локомотива. Наиболее важные из них следующие:

- упруго связывать якорь ТЭД с колесной парой;*
- иметь минимальный вес необрессоренных частей и вызывать минимальное воздействие на путь;*
- обеспечивать использование наиболее выгодной скорости ТЭД и его высокий КПД;*
- допускать такое расположение ТЭД, при котором они легко доступны для осмотра и ремонта и защищены от снега, сырости и пыли;*
- высокая безотказность в работе, так как тяговая передача не резервируется и отказ её практически приводит к отказу локомотива.*

Для повышения КПД необходимо уменьшать потери в зубчатой передаче (передача должна быть одноступенчатой и иметь надежные уплотнения), для уменьшения потерь в подшипниках следует использовать подшипники качения.

Очень важно, чтобы привод имел хорошую ремонтпригодность, чтобы замены дорогостоящих узлов были не часты и чтобы объем работ по демонтажу и монтажу при ремонте был небольшой.

8.4. Эволюция компоновочных схем тягового привода

Основным доводом в пользу создания локомотивов с электродвигателем был тот факт, что вращательное движение вала электродвигателя значительно проще преобразовать во вращательное движение колесной пары, чем возвратно-поступательное движение поршня парового двигателя.

Первоначально появилась идея создания безредукторного тягового привода, в котором якорь двигателя насажен непосредственно на ось колесной пары и на нее же опирается корпус двигателя. При этом кинематическая схема передачи была проста, так как валы двигателя и движителя - это ось

колесной пары. В 1889 г. такой привод применялся на первых электровозах Лондонского метрополитена. Однако, от такой схемы пришлось отказаться из-за того, что при скорости 50 км/ч полная неподдресоренность ТЭД постепенно приводила к разрушению как его самого, так и пути.

Более удачная конструкция была применена на электровозах фирмы «Дженерал Электрик» (США, 1906г.), в которой якорь насаживался на ось, а двухполюсный статор закреплялся жестко на подрессоренных частях локомотива. Статор мог перемещаться вертикально относительно якоря на величину деформаций рессорного подвешивания, что обусловило применение двигателя в двухполюсном исполнении и не позволило создать магнитную систему с оптимальным полюсным зазором. Кроме того, якорь оставался совершенно незащищенным от вибраций.

Простейшим приводом, который получил значительное распространение в начале прошлого столетия, явился **привод с опорно-осевым подвешиванием ТЭД**. Однако вследствие низкого уровня развития электромашиностроения оказалось невозможным вписать в подвагонный габарит двигатель мощностью более 250 - 330 кВт.

Наличие развитой паровозостроительной промышленности, для которой производство шатунно-кривошипных **передаточных механизмов** рамного типа не представляло трудностей, подталкивало конструкторов к созданию **группового тягового привода**, у которого тяговый двигатель приводит во вращение несколько движущих осей.

Появившиеся в 20-х годах прошлого века в США и ряде Европейских стран электровозы с одним-двумя ТЭД, установленными в кузове, и шатунно-кривошипной передачей имели значительно лучшие технико-экономические показатели и сцепные качества, более

высокую мощность (при той же нагрузке на ось), чем аналогичные локомотивы с индивидуальным приводом.

Дальнейшее развитие электромашиностроения, совершенствование технологии изготовления зубчатых передач позволили создать достаточно надежный индивидуальный тяговый привод, способный конкурировать с групповым. К тому же групповой привод с шатунно-кривошипной передачей сдерживал переход на появившиеся локомотивы тележечного типа. В результате к 40-м годам прошлого века электроподвижной состав был снова переориентирован на индивидуальный привод и в основном

на использование простейшей схемы с опорно-осевым подвешиванием ТЭД.

Послевоенные годы отмечены постепенным освоением все больших единичных мощностей локомотивов и ростом максимальных скоростей движения, что вызвало необходимость снижения неподрессоренных масс, в том числе и масс элементов тягового привода, обеспечение защиты последнего от возросших динамических воздействий пути.

Дальнейшим шагом была разработка и использование на серийном тяговом подвижном составе привода с рамным подвешиванием тяговых двигателей, впервые в СССР примененных на вагонах метрополитена, а затем на электропоездах серии ЭР (с 1958 г.). такие двигатели имели и поставляемые с 1956 г. пассажирские электровозы производства Чехословакии.

В связи с ростом скоростей во Франции, ФРГ, Италии был осуществлен переход на привод, у которого был подрессорен не только двигатель, но и редуктор. Этому способствовало создание ряда неприхотливых в эксплуатации конструкций тяговых муфт с резинометаллическими шарнирами (муфты французской фирмы «Альстом», «Эрликон» - Швейцария, муфта инж. Жакмена (Франция)).

В середине 60-х г. французские локомотивостроители вновь вернулись к идее группового привода (но уже применительно к тележечному локомотиву), в котором связь между отдельными колесами осуществляется с помощью зубчатых передач. Это направление, позволяющее использовать более высокие единичные мощности ТЭД, снизить их число на локомотиве, улучшить сцепление и сосредоточить массы в центре тележки, с целью уменьшения её воздействия на путь, стало определяющим для французского локомотивостроения. Этому направлению придерживаются специалисты ряда стран (Япония, Испания, Италия) в значительной степени оснащающих парк локомотивами с однодвигательными тележками.

Появление скоростных электро- и турбопоездов с электрической передачей, рассчитанных на скорости значительно превышающие 200 км/ч привело к

необходимости дальнейшего облегчения тележки, в результате чего появились конструкции, предусматривающие подвешивание ТЭД (французский электропоезд TGV) или ТЭД с редуктором (итальянский электропоезд ETR-500) на раме кузова.

Развитие силовой электроники позволило вернуться к идее использования в качестве тягового асинхронного двигателя. Его высокие энергетические показатели (даже при невысокой частоте вращения) создают реальную возможность возврата к безредукторному тяговому приводу.

Таким образом, тяговые передачи подвижного состава можно классифицировать по трем классам:

- **привод I класса** - опорно - осевое подвешивание ТЭД и редуктора;

- **привод II класса** - опорно - рамное подвешивание ТЭД и опорно - осевое редуктора;

- **привод III класса** - опорно - рамное подвешивание и ТЭД и редуктора.

Согласно [9], для высокоскоростного подвижного состава наметилось направление, связанное с переносом больших масс тягового привода на раму кузова.

8.5. Конструкции тяговых передач в приводах I класса

Конструктивные особенности тяговой передачи в приводе класса I в значительной мере определены тем, что тяговый двигатель одной стороной опирается на тележку, а другой - непосредственно на ось колесной пары. Появляющаяся при этом связь двигателя с колесной парой позволяет технически просто (с помощью моторно-осевых подшипников - МОП) обеспечить параллельность вала якоря двигателя и оси колесной пары и постоянства расстояния между ними.

Это в свою очередь дает возможность применить простейшую тяговую передачу, состоящую из шестерни и зубчатого колеса, жестко посаженных соответственно на вал двигателя и ось колесной пары.

При опорно-осевом подвешивании двигателя крепление его к раме тележки выполняют упругим, при этом различают **траверсное, маятниковое и люлечное подвешивание** [7, 8, 10, 14, 15].

На отечественных тепловозах и электровозе ВЛ60 ПК применено **траверсное** подвешивание (рис.8.2). Привод включает электродвигатель 1, опирающийся с одной стороны через моторно-осевые подшипники скольжения (МОП) на ось колесной пары 3, а с другой с помощью верхнего и нижнего приливов - на пружинный комплект 2 (вид А).

Последний состоит из четырех пружин, расположенных между двумя балками 7, стягиваемыми болтами 8. Пружинный комплект устанавливается между лапами кронштейна, приваренного к поперечной балке рамы тележки, с предварительным натягом, исключая деформацию пружин от реакции тягового момента. Его положение в кронштейне фиксируется двумя стержнями 9, проходящими через отверстия в лапах и балках (стержни удерживаются поперечными валиками 10).

Передача вращающего момента осуществляется односторонним редуктором, состоящим из ведущей шестерни 5, ведомого зубчатого колеса 6 и кожуха 4. В кожух зубчатой передачи заливается 4,5-5,5 л осерненной смазки или смазки СТП (летом марки Л, зимой З).

Для предотвращения её утечки кожух снабжен по горизонтальному разьему уплотнительными пазами, а на оси колесной пары со стороны зубчатой передачи - однокамерным лабиринтом (сечение II).

Кроме того, на подвижном составе существует более технологичное и конструктивно простое крепление на **маятниковой** подвеске с упругими резиновыми шайбами (рис.8.3), составляющими блок амортизаторов. Такая конструкция применена на электровозах ВЛ80. Кронштейн 6 коробчатого типа прикреплен болтами 7 к ТЭД 11 и расположен между резиновыми шайбами 1, которые зажаты с предварительным натягом гайкой 3 между стальными шайбами 2 и 5, надетыми на подвеску 4. Головка подвески с запрессованной втулкой 8 валиком 9 крепится к кронштейнам 10 рамы тележки.

При **люлечном** подвешивании [15] (рис.8.4) тягового двигателя электровозов серии К применяется конструкция, состоящая из балансира 8, подвесок 16, поддонов 6 и 12 приваренными к ним направляющими втулками, шаровых шарниров и верхних 7 и нижних 15 пружин. К корпусу тягового двигателя болтами крепится цапфа 10, на которую напрессовывается втулка 11. На цапфу заводится

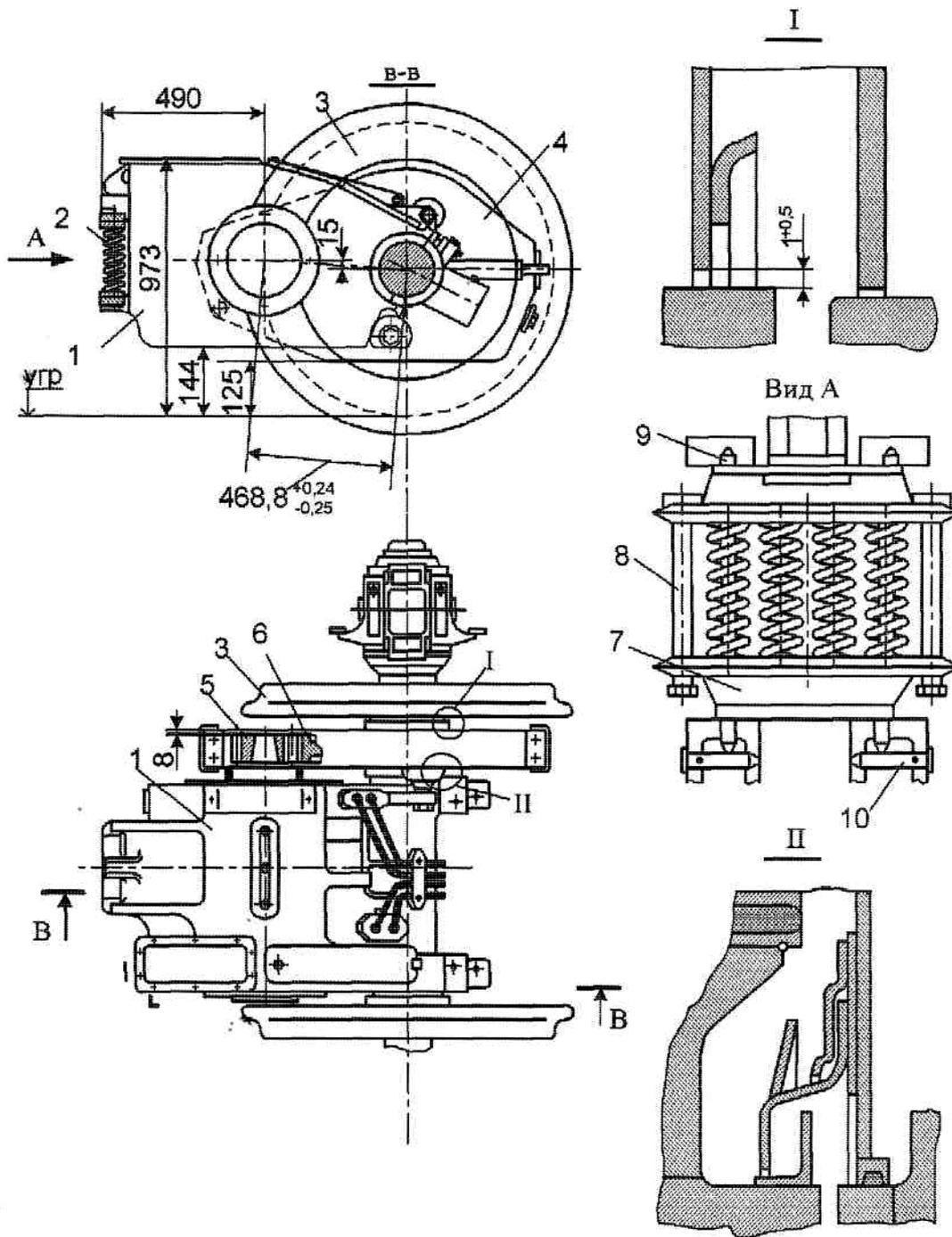


Рис.8.2 Колесно-моторный блок (привод I класса):
 1-ТЭД; 2-пружинный комплект; 3-колесо; 4-кожух; 5-
 ведущая шестерня; 6-зубчатое колесо; 7-балки-опоры
 пружинного комплекта; 8-стягивающие болты; 9-фиксирующие
 стержни; 10-поперечные валики

балансир 8 и крепится шайбой 9 и тремя болтами. Смазка трущихся поверхностей балансира и втулки осуществляется масленкой 17. Вес тягового двигателя через балансир передается на нижние пружины 15, поддоны 12, корончатые гайки 14, подвески 16 и корончатые гайки 3 на колпаки 2. Шаровое соединение подвесок 16 с кронштейном 1 поперечной балки рамы тележки состоит из двух полусфер: верхней 4 и нижней 5, поддона 6 и колпака 2. Подвеска 16 имеет диаметр 50 мм и выполнена из 25С2Мо4. Колпак изготавливается из стали СК45; его шаровая поверхность шлифуется. Полусферы 4 и 5 выполняются из стального графитизированного материала, не требующего смазки; они приклеиваются к стальным фланцам, которые помещаются в гнезда кронштейна. Корончатые гайки М48Х3 защищаются от отворачивания шплинтами 13.

8.6. Моторно осевые подшипники

Применение МОП объясняется тем, что в условиях очень больших динамических нагрузок, являющихся следствием сочетания высоких вертикальных ускорений колесной пары и большой массы двигателя, предлагаемые промышленностью подшипники качения не обеспечивают необходимой долговечности, а смена их крайне трудоемка, так как требует распрессовки колеса. Основное условие долговечности МОП - обеспечение хороших условий смазки.

Конструкция первых МОП (рис.8.5, а) состояла из правой и левой шапок, которые крепились к остову двигателя болтами. Шапки имели резервуары для заливки смазки и установки фитилей. Смазывание трущихся поверхностей подшипников и оси колесной пары осуществлялось шерстяными фитилями, нижние концы которых погружались в масляные резервуары шапок, а средние их части прижимались пластинами 5 и пружинами 2 к шейкам оси колесной пары 11. В каждую из шапок заливалось 1,2 л смазки. В расточке вкладышей имелась шпонка, предотвращающая их проворот.

Кроме МОП с фитильной системой смазки на подвижном составе нашли применение МОП с пальстерной системой смазки, с циркулярной системой смазки, а также МОП с постоянным уровнем смазки.

Пальстерный механизм (рис.8.5, б) состоит из остова 13, привинченного к днищу шапки и снабженного U – образными направляющими пластинками. Внутри направляющих расположена коробка 14 с закрепленным в

ней фитилем 6, собранным из трех пластин каркасного войлока или его заменителя. На верхней и нижней поверхностях коробки установлены пластинчатые пружины, которые скользят по U – образным направляющим. Фитиль прижимается к шейке оси двумя пружинами и рычагом 15, опирающимся на бурты поль-стерной коробки. Шапка МОП имеет увеличенный резервуар для смазки вместимостью 4 л, что обеспечивает пробег локомотива между очередными дозаправками не менее 1000 км. Предусмотрены также сливная пробка и щуп для контроля уровня смазки.

Циркуляционная система смазки (рис.8.5, в) имеет следующую конструкцию: в одной общей шапке размещены, кроме вкладышей, два польстера, маслосборник 17 вместимостью 35 л и шестеренчатый насос, приводимый в действие от разъемного зубчатого колеса, установленного на оси колесной пары.

Смазка от него по специальным каналам подается в правую и левую верхние камеры 16, где постоянно обеспечивается её необходимый уровень. В камерах установлены польстеры, с помощью которых смазка через окна во вкладышах поступает непосредственно в зону трения. Отработанная в подшипниках смазка, а также излишки её в камерах 16 по специальным каналам и через окно В сливаются непосредственно в маслосборник 17. Польстеры обеспечивают смазку МОП при трогании локомотива с места и малых скоростях движения, а также играют роль дублирующей системы смазки в случае выхода из строя шестеренчатого насоса.

Для предотвращения утечки смазки предусмотрены двухкамерные лабиринтные уплотнения, которые на первых образцах МОП выполнялись как единое целое с вкладышами. В результате МОП с циркуляционной системой смазки обеспечивают пробег локомотива между очередными дозаправками не менее чем 10 тыс. км.

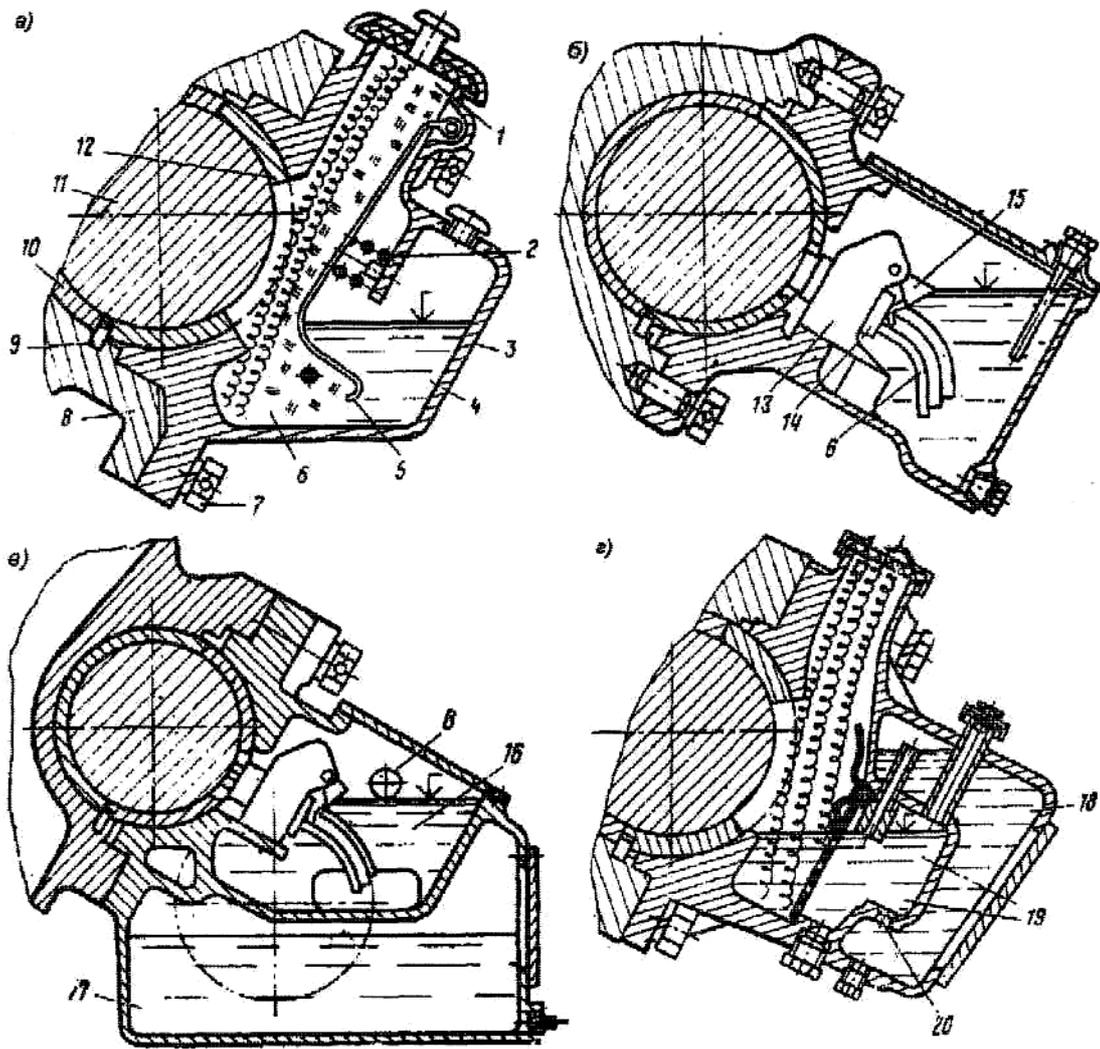


Рис.8.5. Моторно - осевые подшипники скольжения ТЭД в приводах класса I, с фитильной (а), пальстерной (б), циркуляционной системой (в) и с системой постоянного уровня смазки (г):

1-предохранительная набивка; 2-пружина; 3-корпус шапки; 4-смазка; 5-прижимная пластинами; 6-фитиль; 7-болт; 8-остов двигателя; 9-шпонка; 10,12-бabbитовые вкладыши; 11-ось колесной пары; 13-остов; 14-коробка; 15-рычаг; 16-верхние камеры; 17-маслосборник; 18,19-камеры; 20-отверстие;

На электровозах удельные нагрузки на вкладыши МОП вследствие симметрии двухсторонней зубчатой передачи значительно **ниже**, чем у тепловозов, поэтому на них с успехом применяют МОП с постоянным уровнем смазки (рис.8.5, г), которые имеют 2 камеры. В одной из камер - 19, находится шерстяная набивка. Уровень смазки в ней зависит от высоты нипеля соединяющего её с камерой 18. Система работает следующим образом: как только уровень в камере 19 понизится настолько, что смазка не будет касаться нипеля, воздух, находящийся в ней начнет поступать в камеру 18. Разрежение в последней уменьшится и масло будет поступать через отверстие 20 в камеру 19 до тех пор, пока не закроет ниппель. Пополнение смазки и поддержание её постоянного уровня будут продолжаться пока не израсходуется смазка из запасной камеры.

Заправка смазки в МОП с постоянным её уровнем осуществляется под давлением 0,35 мПа через специальный шланг с наконечником, вставляемым в коническое отверстие 20. После одной заправки обеспечивается пробег локомотива не менее 1000 км.

Для уменьшения вредного воздействия на путь необрессоренной части веса ТЭД при опорно - осевом подвешивании часто пытались поместить в МОП пружины, однако обеспечить неизменную централь не удавалось.

Не смотря на отмеченные достоинства конструкции МОП остаются трудоемкими в обслуживании и ремонте, требуют большого расхода смазки и цветных металлов; невозможность надежной герметизации ведет к загрязнению окружающей среды. В итоге наличие МОП можно рассматривать как довод в пользу отказа от применения приводов класса I. Еще одним доводом может служить и то, что в данном типе привода практически невозможно обеспечить герметичность кожуха редуктора.

Вместе с тем промышленное освоение мощных тиристорных преобразователей трехфазного тока регулируемой частоты открыло ряд направлений совершенствования привода при условии применения асинхронных тяговых двигателей, обладающих значительно большей удельной мощностью, чем двигатели постоянного тока. Практически двукратное снижение массы двигателя и меньшая восприимчивость к вибрациям, а также появление вибростойких подшипников качения делают в ряде случаев (в первую очередь для скоростей до 120 км/ч) оправданным возврат к приводу класса I с опиранием на ось через подшипники

качения. Так выполнены приводы тепловоза DE6400 для голландских железных дорог, рассматриваемого как прототип общеевропейского тепловоза 2000 года и электровоза для КНР, поставляемого рядом европейских фирм.

8.7. Зубчатая передача в приводах I класса

Зубчатая передача в приводах класса I выполняется в зависимости от передаваемой мощности **односторонней** или **двусторонней**. На отечественных грузовых электровозах привод имеет **двустороннюю** косозубую передачу с углом наклона зубьев 24° (рис.8.6). Равенство статических нагрузок с правой и левой стороны двусторонней зубчатой передачи обеспечивается противоположным наклоном зубьев.

На моторных вагонах электропоездов применяют **одностороннюю** зубчатую передачу.

Для нормальной работы зубчатого зацепления необходимо, чтобы расстояние между центрами (центрально) зубчатого колеса и шестерни не менялось. Работа зубчатой передачи не нарушается тогда, когда связь ТЭД с колесной парой неизменна, т.е. нет износа МОП.

Появляющиеся при работе односторонней передачи распорные силы вызывают неравномерную нагрузку и износ МОП и зубчатой передачи ТЭД, чем нарушают нормальную работу зубчатого зацепления (появляются перенапряжения и клиновидный износ зубчатых колес).

При двусторонней зубчатой передаче также наблюдается односторонний износ зубчатых колес. При двусторонней зубчатой передаче необходимо обеспечить одинаковую нагрузку обоих шестерен, что и достигается косозубым зацеплением, когда обе стороны выполняются с наклоном зубьев в противоположных направлениях. Если в результате неточностей монтажа в зацепление вступает шестерня одной стороны передачи, появляющаяся аксиальная составляющая от косоугольного зуба колес на шестерню заставляет якорь перемещаться до тех пор, пока не войдет в зацепление шестерня другой стороны.

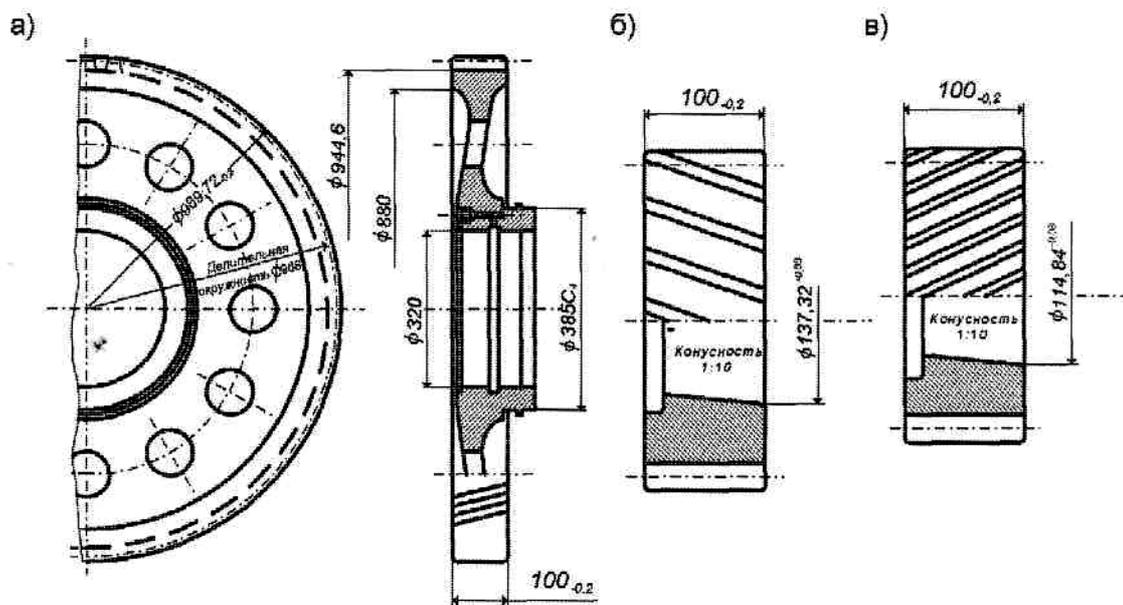


Рис.8.6 - Ведомое зубчатое колесо (а), шестерни грузовых электровозов ВЛ60, ВЛ80 (б), ВЛ80^К, ВЛ10 (в)

Одним из основных недостатков передачи при опорно-осевом подвешивании ТЭД является увеличение необрессоренного веса, что при прохождении колесной парой неровностей пути вызывает значительные напряжения в шестернях, возрастающие с увеличением инерции якоря. Для уменьшения воздействия пути на зубчатую передачу применяют зубчатые колеса с упругими венцами. Упругие венцы обеспечивают при двусторонней передаче более равномерное распределение усилий между обеими передачами, причем распределение зависит от жесткости упругого механизма венцов и начального их усилия.

В упругих зубчатых передачах применяются **листовые и цилиндрические пружины**.

Конструкция первого типа передачи представлена на рис.8.7. При передаче вращающего момента от двигателя венец 1 поворачивается относительно центра зубчатого колеса 2 и вызывает дополнительный изгиб упругих пластин 3. Чтобы не допустить выпадения пакетов, с обеих сторон центра зубчатого колеса устанавливают шайбы из листовой стали 4 и стягивают

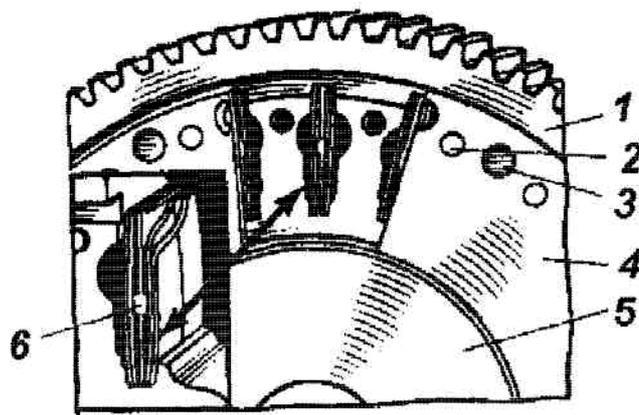
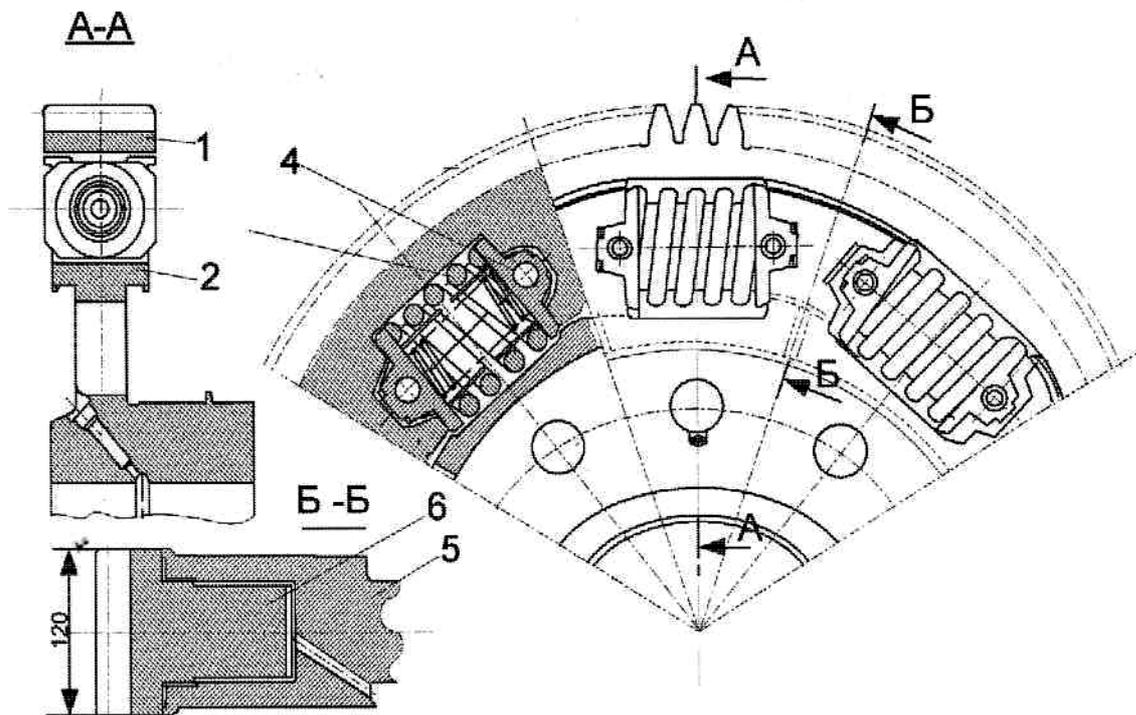


Рис.8.7 Упругая зубчатая передача с листовыми пружинами:
 1-зубчатый венец; 2-зубчатое колесо; 3-упругие пластины; 4-шайба; 5-
 центр колеса; 6-прокладка

их заклепками с потайными головками. Центр 5 имеет по внешней стороне в зависимости от передаточного числа от 22 до 25 пазов, в которые закладываются пакеты листовых пружин. Каждый пакет состоит из восьми пластин и прокладки 3. Пластины помещены в два ряда по четыре с каждой стороны прокладки, которая создает предварительный натяг. За состоянием пакетов наблюдают через отверстия 4 в шайбах.

Упругие венцы с рессорными пакетами имеют большую жесткость, поэтому при самом незначительном несоответствии в расположении зубьев шестерен и зубчатых колес на обеих сторонах колесной пары при движении в одном направлении передача часто работает одной стороной, а при движении в обратном - другой.

Венец с цилиндрическими пружинами получается менее жестким. Венец 1 зубчатого колеса электровоза Ф (рис.8.8) неразрезной, снабжен выступами 6, проходящими между парными выступами 5 в теле центра зубчатого колеса 2. Чтобы венец можно было надеть на центр, вырезы между выступами должны несколько превышать¹ выступы. После установки венца выступами против пазов в зубчатом колесе и поворота его таким образом, чтобы выступы венца оказались внутри парных



*Рис.8.8 Зубчатое колесо электровоза Ф
1-венец; 2- центр зубчатого колеса; 3-пружины; 4-упоры; 5-выступы в центре зубчатого колеса; 6-выступы венца*

выступов центра зубчатого колеса, в образовавшееся свободное пространство между выступами ставят пружины 3 с упорами 4.

Несмотря на улучшенные условия передачи тягового момента передача не нашла широкого распространения из - за сложности в ремонте.

Шестерни изготавливаются из стали 20ХНЗА или 37ХНЗА; после нарезки их цементируют, закаливают и шлифуют. Ведомые зубчатые колеса электровозов изготовляют из стали 55, заготовки подвергаются закалке и высокому отпуску. На их долговечность влияют не только технология, но и точность изготовления. При отклонении основного шага и профиля зацепления от нормы не происходит плавного пересопряжения зубьев, возникают удары, сила которых из-за больших частот пересопряжений и значительных взаимодействующих масс может измеряться десятками тонн. Вследствие этого в процессе работы передачи происходит износ зубьев, выкрашивание металла, появление усталостных трещин в основании зуба

и нарушение эвольвентного профиля; одновременно идет приработка зубьев, в процессе которой снижаются негативные последствия искажения профиля, и виброактивность зубчатой колесной пары может оставаться умеренной.

Одной из причин усталостных разрушений зубчатых колес является недостаточное поверхностное упрочнение их. Поэтому после механической обработки зубьев проводят поверхностную закалку токами высокой частоты. При этом время нагрева одного зуба составляет 12-15 сек, охлаждение 6 - 8 сек при температуре 50 °С в растворе соды и мыла. После закалки производится отпуск при нагреве до 200 °С с медленным воздушным охлаждением и шлифовка зубьев. С обеих сторон рабочей поверхности зубьев оставляют незакаленный слой на 2+1 мм до края. Впадину и головку также оставляют незакаленными. Толщина закаленного слоя составляет 1,5-4 мм.

Закалка только рабочей поверхности имеет тот недостаток, что в закаленном слое возникают сжимающие напряжения, а в месте перехода от закаленного к незакаленному слою - растягивающие, которые вместе с рабочими растягивающими напряжениями являются причиной образования трещин и усталостных разрушений. Во избежании этого можно рекомендовать механическое упрочнение (роликотом на специальном накатном станке) впадин между зубьями.

Хорошие результаты дает закалка токами высокой частоты по всему контуру, включая впадины, что исключает образование переходных зон.

Если по какой либо причине редуктор «распарен», т.е. одно из приработавшихся зубчатых колес заменено, то происходит резкое возрастание, даже если у вновь поставленного колеса рабочие поверхности зубьев не изношены.

Среди зубчатых колес стоит уделить внимание упругому самоустанавливающемуся колесу (рис.8.9). Оно состоит из зубчатого венца 1, ступицы 8, двух фланцев 6, соединенных со ступицей болтами 9. В соосных отверстиях венца и фланцев в чередующемся порядке установлены восемь эластичных 2 и восемь упорных 4 резинометаллических блоков. Блок в осевом направлении фиксируется стопорными кольцами 5 и упорными

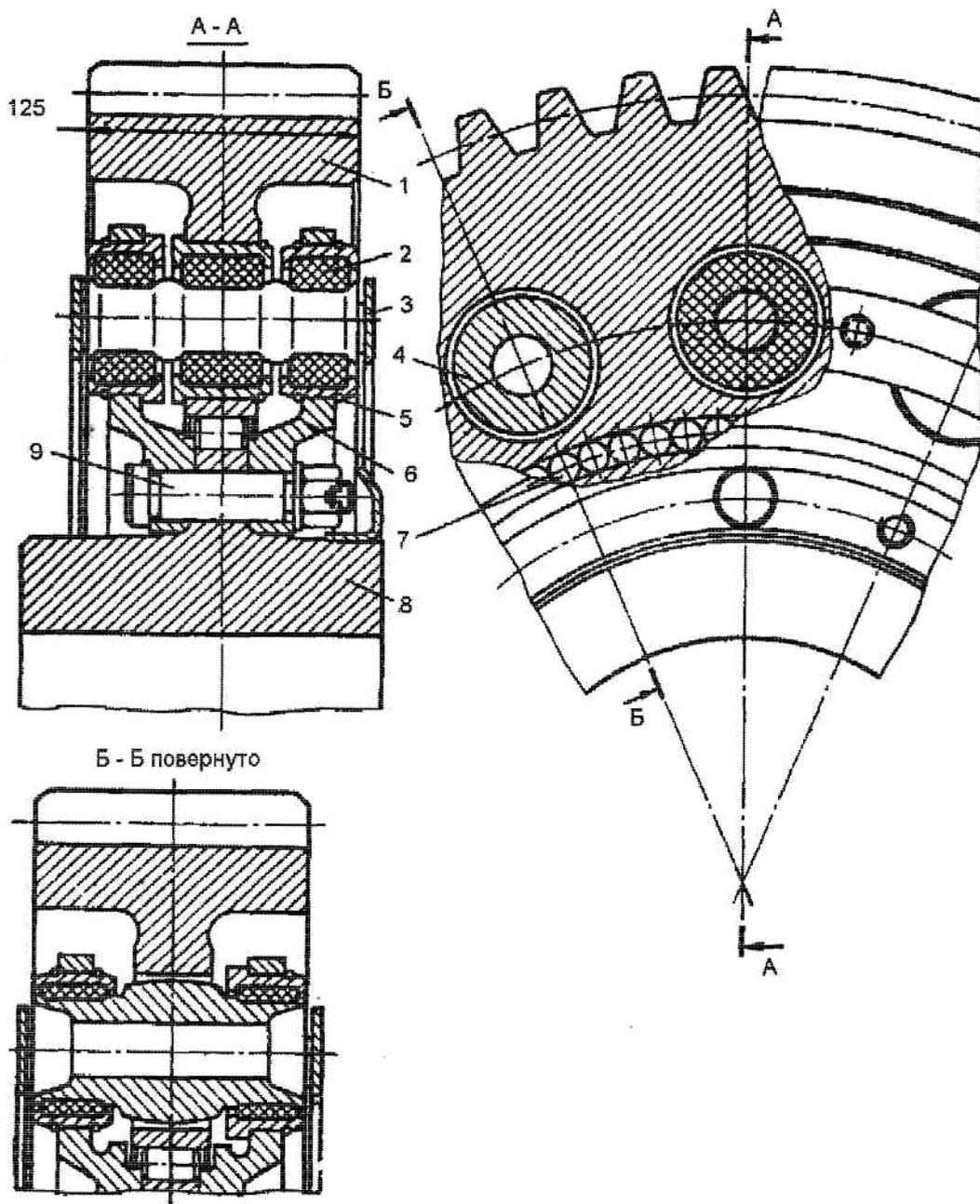


Рис. 8.9. Упругое самоустанавливающееся колесо

дисками 3, прикрепленными снаружи к боковым фланцам колеса. Венец опирается на ступицу через насыпной роликовый подшипник.

Эластичный резинометаллический блок состоит из трех резиновых элементов. При трогании локомотива с места и разгоне к зубчатому колесу приложен большой вращающий

момент. Под действием его венец поворачивается относительно ступицы, деформируя вначале эластичные, а затем и упорные резинометаллические блоки. С увеличением скорости движения вращающий момент уменьшается и упорные резинометаллические блоки выводятся из работы.

Применение данного типа передачи оказало положительное влияние на надежность работы ТЭД и других узлов привода: так более чем двукратное снижение динамических нагрузок в упругой тяговой передаче уменьшило её виброактивность, в результате чего уменьшились повреждения болтовых креплений кожуха редуктора к остову ТЭД. Уменьшилась склонность локомотива к боксованию, на 15 % снизилась интенсивность износа бандажей.

Несмотря на постоянное совершенствование конструкции, тяговые приводы первого класса обладают рядом неустраняемых недостатков, снижающих надежность, усложняющих эксплуатацию и ремонт:

1. Слабая виброзащищенность ТЭД и как следствие повреждаемость ТЭД из-за высокой вибронагруженности.

2. Высокий уровень вибрации в контакте колес с рельсами, обусловленный значительной неподрессоренной массой и высокими динамическими нагрузками в передаче, приводит к снижению реализуемого коэффициента сцепления и к увеличению интенсивности износа бандажа колесной пары и поверхности катания рельса.

3. Существенным конструктивным недостатком остается наличие МОП скольжения и невозможность обеспечить герметичность кожуха редуктора.

Так как двигатели коллекторные, то при больших вибрациях щетка может оторваться от коллектора, что нежелательно для его нормальной работы.

Контрольные вопросы

1. Что такое тяговый привод?
2. Какие элементы привода входят в его электрическую и механическую части?
3. Какие требования предъявляются к тяговым передачам?
4. Почему на первых конструкциях электровозов применялся групповой привод? Чем Вы это объясните?
5. По каким классам классифицируются приводы ТЭД?

6. При помощи каких подвесок крепится двигатель к раме тележки в приводе первого класса?

7. Что такое МОП? Каково их назначение?

8. Какие типы МОП нашли применение на подвижном составе?

9. Какие недостатки МОП Вам известны?

10. Какие зубчатые передачи применяются в приводах первого класса?

11. Перечислите недостатки передач при опорно-осевом подвешивании ТЭД.

12. Какие технологические мероприятия препятствуют усталостным разрушениям зубчатых колес?

13. Какие основные недостатки имеет привод первого класса?