

**С.А. Алябьев**

**Устройство и ремонт  
электровозов постоянного  
тока**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 656  
ББК 39.1  
С11

C11      **С.А. Алябьев**  
Устройство и ремонт электровозов постоянного тока / С.А. Алябьев – М.:  
Книга по Требованию, 2024. – 474 с.

**ISBN 978-5-458-38749-1**

В книге изложены устройство, работа и ремонт механического оборудования, тяговых электродвигателей, вспомогательных машин и аппаратуры, рассмотрены электрические цепи электровозов постоянного тока ВЛ10, ВЛ11, ВЛ18, ВЛ23, ЧС2 и ЧС2Т. Книга утверждена Главным управлением учебными заведениями МПС в качестве учебника для технических школ машинистов и помощников машинистов электровозов постоянного тока. Она может быть использована и в качестве пособия для локомотивных бригад, работников депо, отделений дорог и служб управлении дорог, занимающихся эксплуатацией и ремонтом электровозов.

**ISBN 978-5-458-38749-1**

© Издание на русском языке, оформление

«YOYO Media», 2024

© Издание на русском языке, оцифровка,

«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, кляксы, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



возную способность железных дорог. Использование управления несколькими электровозами с одного поста (система многих единиц) позволяет увеличить эти показатели в еще большей степени. Более высокие скорости движения обеспечивают ускорение доставки грузов и пассажиров к месту назначения и приносят дополнительный экономический эффект для народного хозяйства.

Электрическая тяга имеет более высокий к. п. д. по сравнению с тепловозной и особенно с паровой тягой. Средний эксплуатационный к. п. д. паровой тяги составляет 3—4%, тепловозной — около 21% (при 30-процентном использовании мощности дизеля), а электрической тяги — около 24%.

При питании электровоза от старых тепловых электростанций к. п. д. электрической тяги составляет 16—19% (при к. п. д. самого электровоза порядка 65%). Такой низкий к. п. д. системы при высоком к. п. д. электровоза получается вследствие больших потерь энергии в топках, котлах и турбинах электрических станций, к. п. д. которых составляет 25—26%.

Современные электрические станции с мощными и экономическими агрегатами работают с к. п. д. до 40%, и к. п. д. электрической тяги при получении энергии от них составляет 25—30%. Наиболее экономична работа электровозов и электропоездов при питании линии от гидростанции. При этом к. п. д. электрической тяги составляет 60—62%.

Нужно отметить, что паровозы и тепловозы работают на дорогое и высококалорийное топливо. Тепловые электрические станции могут работать на более низких сортах топлива — буром угле, торфе, сланцах, а также использовать природный газ. Эффективность электрической тяги возрастает также при питании участков от атомных электрических станций.

Электровозы более надежны в эксплуатации, требуют меньших затрат на осмотры и ремонты оборудования и позволяют поднять производительность труда на 16—17% по сравнению с тепловозной тягой.

Только электрическая тяга обладает свойствами перерабатывать запасенную в поезде механическую энергию в электрическую и отдавать ее при рекуперативном торможении в контактную сеть для использования ее другими электровозами или моторными вагонами, работающими в этот период в режиме тяги. При отсутствии потребителей энергию можно передать в энергосистему. За счет рекуперации энергии удается получить большой экономический эффект. Так, в 1976 г. за счет рекуперации было возвращено в сеть около 1,7 млрд. кВт·ч электроэнергии. Рекуперативное торможение позволяет повысить уровень безопасности движения поездов, уменьшить износ тормозных колодок и бандажей колес.

Все это дает возможность снизить себестоимость перевозок и сделать процесс перевозки грузов более эффективным.

За счет технической реконструкции тяги на железнодорожном транспорте сэкономлено примерно 1,7 млрд. т топлива, а эксплуатационные расходы уменьшились на 28 млрд. руб. Если предполо-

жить, что до сих пор на наших магистралях работали бы парово-зы, то, например, в 1974 г. потребовалось бы в их топках израсходовать треть добываемого в стране каменного угля.

Электрификация железных дорог способствует прогрессу народного хозяйства прилегающих районов, так как от тяговых подстанций получают питание промышленные предприятия, колхозы, совхозы и закрываются малоэффективные неэкономичные местные дизельные электростанции. Ежегодно спуще 17 млрд. кВт·ч энергии идет через тяговые подстанции для питания нетяговых потребителей.

При электрической тяге повышается производительность труда. Если при тепловозной тяге производительность труда возрастает в 2,5 раза по сравнению с паровой, то при электрической — в 3 раза. Себестоимость перевозок на электрифицированных линиях на 10—15% ниже, чем при тепловозной тяге.

## § 2. Классификация электровозов и их основные данные

Электровозом называют локомотив, который приводится в движение тяговыми двигателями, питаящимися от контактной сети. Электровозы могут также получать энергию от установленной на нем аккумуляторной батареи.

Электровозы классифицируют по роду тока, типу привода, роду службы и осевым формулам. В зависимости от рода применяемого тока электровозы бывают постоянного тока, переменного однофазного тока промышленной частоты (50 или 60 Гц), переменного однофазного тока повышенной частоты ( $16\frac{2}{3}$  или 25 Гц), трехфазного тока и многосистемные.

В нашей стране в соответствии с принятыми системами электрической тяги работают электровозы постоянного тока и переменного однофазного тока промышленной частоты.

По типу привода, т. е. типу передачи врачающего момента с вала тяговых двигателей на движущие колесные пары различают электровозы с индивидуальным и групповым приводом.

При индивидуальном приводе тяговый двигатель или два спаренных тяговых двигателя через зубчатую передачу соединены с одной движущей колесной парой. В случае группового привода от тягового двигателя врачающий момент передается на несколько движущих колесных пар через зубчатые передачи или спарники. В этом случае тяговый двигатель по своей мощности должен быть соответственно больше двигателей при индивидуальном приводе.

По роду службы электровозы подразделяют на грузовые, грузопассажирские, пассажирские и маневровые. Грузовые поезда обычно имеют большой вес. Для работы с ними требуются электровозы, развивающие большие силы тяги при сравнительно меньших скоростях движения. Они обычно имеют шесть—восемь и более движущих колесных пар. Наибольшие скорости их составляют 100—

110 км/ч. Пассажирские электровозы имеют меньшие силы тяги, но работают с большими скоростями — до 160—200 км/ч. Они имеют четыре и шесть осей и только сверхскоростные электровозы (на наибольшие скорости 200—250 км/ч) — восемь сцепленых осей.

Маневровые электровозы обладают меньшей мощностью и скоростью движения. Для работы на неэлектрифицированных линиях на них устанавливают аккумуляторные батареи или дизель-генераторные установки.

Оевые формулы характеризуют число движущих колесных пар и их расположение в тележках, а также схему передачи силы тяги от колесных пар на автосцепку. Движущие колесные пары устанавливают обычно в двухосных или трехосных тележках, на которые опирается кузов. Четырехосные электровозы имеют две двухосные тележки, шестисосные — две трехосные тележки, восьмисосные — четыре двухосные тележки. Тележки могут быть соединены между собой специальными сочленениями, через которые и передается сила тяги на автосцепки, установленные на концевых тележках. Такие тележки называют сочлененными. Бывают тележки несочлененные. В этом случае сила тяги от тележки передается на кузов и через него на автосцепки, установленные по концам кузова электровоза.

Для краткой записи числа колесных пар (осей) и типа тележек используют осевые формулы — цифровые обозначения и знаки. В этой формуле цифры показывают число осей в каждой тележке электровоза. Около этих цифр при индивидуальном приводе ставят индекс 0. Сочленение тележек отмечают знаком «+», при отсутствии сочленения знаком «—». Так осевая формула  $2_0 + 2_0 + 2_0 + 2_0$  показывает, что восьмисосный электровоз имеет четыре сочлененные двухосные тележки с индивидуальным приводом;  $3_0 - 3_0$  — шестисосный электровоз состоит из двух трехосных несочлененных тележек. Осевую формулу 2—2 имеет четырехосный электровоз, имеющий две двухосные несочлененные тележки с групповым приводом от тягового двигателя каждой тележки к двум колесным парам.

До Великой Отечественной войны выпускались только шестисосные электровозы. После войны выпускались шестисосные, а затем восьмисосные грузовые электровозы. В настоящее время на железных дорогах, электрифицированных на постоянном токе, наиболее распространены грузовые шестисосные электропоезда ВЛ23 и ВЛ22<sup>м</sup> и восьмисосные ВЛ10 и ВЛ8. В пассажирском движении используют чехословацкие электровозы шестисосные ЧС2 и ЧС2<sup>т</sup> (индекс т показывает наличие реостатного торможения) и четырехосные ЧС3 и ЧС1. На участках переменного тока работают грузовые шестисосные электровозы ВЛ60<sup>м</sup> и восьмисосные — ВЛ180<sup>м</sup> и ВЛ80<sup>т</sup> и в пассажирском движении чехословацкие электровозы ЧС4. Кроме того, для обслуживания соседних стыковых участков, электрифицированных один на постоянном, а другой на переменном токе, имеются электропоезда двойного питания ВЛ82, ВЛ82<sup>м</sup>, которые могут работать на постоянном и переменном токе.

Таблица 1

Показатели	Характеристики электровоза серии					
	ВЛ1	ВЛ10	ВЛ8	ВЛ23	ЧС200	ЧС27
Осьная формула	$3(2_0-2_0)$	$2_0-2_0-2_0-$ $-2_0$	$2_0+2_0+$ $+2_0+2_0$	$3_0+3_0$	$2_0-2_0-$ $-2_0-2_0$	$3_0-3_0$
Мощность при часовом режиме на валах тяговых двигателей, кВт	7800	5360	4200	3150	8400	4620
Сила тяги при часовом режиме на ободах колес, ктс	59250	39300	35200	26400	22000	19400
Передаточное число	88 : 23	88 : 23	82 : 21	82 : 21	—	77 : 44
Скорость при часовом режиме, км/ч	47,3	47,3	42,6	42,6	35	37,5
Скорость наибольшая, км/ч	120	100	100	100	200	160
Нагрузка от оси на рельсы, тс	23—25	23	23	23	19	20,5
Диаметр движущих колес, мм	1250	1250	1200	1203	1250	1250
Тип тягового двигателя	ТЛ-2К1	ТЛ-2К1	ТБ-406	ТБ-406	—	АЛ-4816сТ
Электрическое торможение	Рекуперативное	—	Нет	Реостатное	Нет	Нет

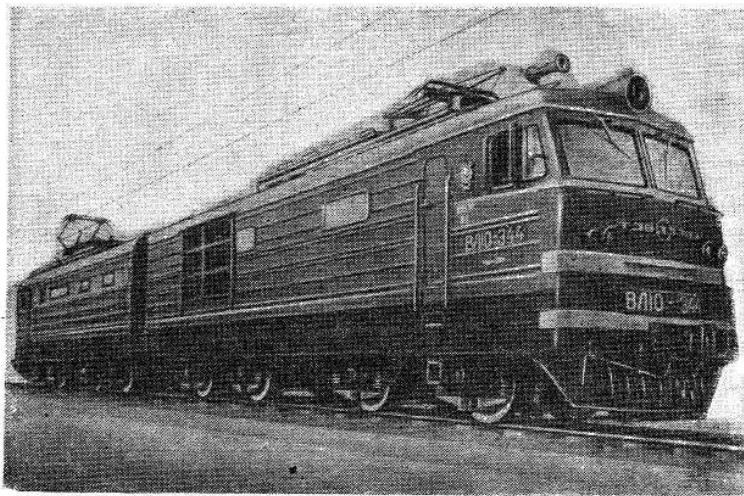


Рис. 1. Электровоз ВЛ6

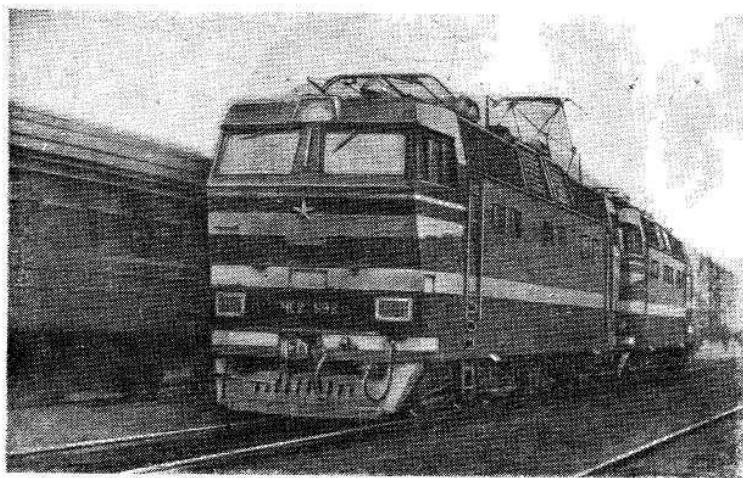


Рис. 2. Электровоз ЧС2т

В настоящее время наши заводы для участков постоянного тока серийно выпускают только восьмисекционные грузовые электровозы ЗЛ10 (рис. 1) и ВЛ82<sup>м</sup>. Заводы Чехословацкой Социалистической Республики поставляют электровозы ЧС2<sup>г</sup> (рис. 2).

Электровозы состоят из механического, электрического и пневматического оборудования. К механической части относят кузов с тележками, к электрической — тяговые двигатели, вспомогательные машины, электрические аппараты и аккумуляторные батареи. К пневматическому оборудованию относят компрессоры, приборы, трубы, клапаны, трубопроводы, резервуары тормозной и воздушной систем.

Принципиально электровозы постоянного и переменного тока отличаются основным электрическим оборудованием.

Электровозы постоянного тока включают в себя тяговые двигатели и пуско-регулирующую аппаратуру — пусковые резисторы — аппараты, с помощью которых управляют работой тяговых двигателей и вспомогательных машин.

На электровозах двойного питания установлены трансформатор выпрямитель, работающие на участках переменного тока, и пусковые резисторы для пуска и разгона тяговых двигателей на участках переменного и постоянного тока.

В табл. 1 приведены основные технические данные наиболее распространенных и намечаемых к выпуску электровозов постоянного тока.

В перспективе электровозостроительные заводы намечают выпускать еще более мощные, более совершенные и надежные восьмисекционные электровозы.

## МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

### § 3. Общие сведения о механической части

Механическая часть электровоза предназначена для размещения электрического, пневматического и тормозного оборудования и пультов управления; восприятия и передачи горизонтальных продольных и поперечных сил; передачи и распределения вертикальных нагрузок от массы электровоза на путь и обеспечения движения электровоза по рельсовому пути. Она состоит из кузова и тележек. Тележки могут быть сочлененными, т. е. механически связанными между собой посредством сочленения, и несочлененными (свободными). Если автосцепные устройства размещены на рамках тележек, то сочленение предназначено для передачи продольных сил (тяги, торможения) и кузов продольные силы не воспринимает и не передает (электровозы ВЛ8, ВЛ23). В тех случаях когда автосцепные устройства установлены на раме кузова, то применяют несочлененные тележки (электровозы ВЛ10, ВЛ11, ВЛ12) или тележки с упругой поперечной связью (ЧС2, ЧС2<sup>г</sup>), рама кузова воспринимает от тележек и передает горизонтальные продольные силы на автосцепные устройства.

Основные узлы тележки: рама 1 (рис. 3 и 4), колесные пары 3 с буксами и буксовое подвешивание 4. На тележках устанавливают тяговые двигатели 2 с тяговыми передачами и тормозное оборудование 5 (тормозные цилиндры, тормозные рычажные передачи и колодки).

Между кузовом и рамами тележек расположены опоры кузова (жесткие или упругие) или система люлечного подвешивания 6 (см. рис. 4) кузова, а также устройства для передачи продольных и поперечных сил от тележек на кузов (при несочлененных тележках или тележках, имеющих поперечную упругую связь) и противоразгрузочные устройства.

Для уменьшения воздействия электровоза на путь необходимо уменьшать массу тех частей электровоза, которые жестко взаимодействуют с верхним строением пути, т. е. массу неподрессоренных частей. С этой целью осуществляют разделение масс механической части и между отдельными массами (кузовом и тележками, тележками и колесными парами) вводят упругие связи. Вертикальные упругие связи, находящиеся между буксами и рамами тележек, образуют первую ступень подвешивания (или буксовое подвешивание), а вертикальные связи, имеющиеся между кузовом и тележка-

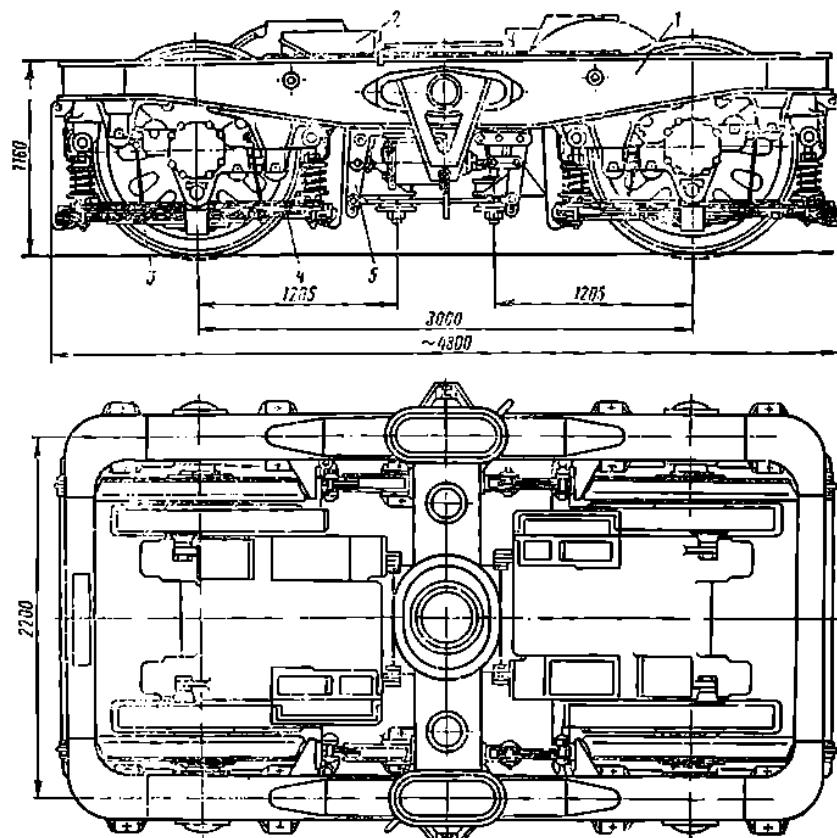


Рис. 3. Тележка электровоза ВЛ10 с боковыми опорами кузова

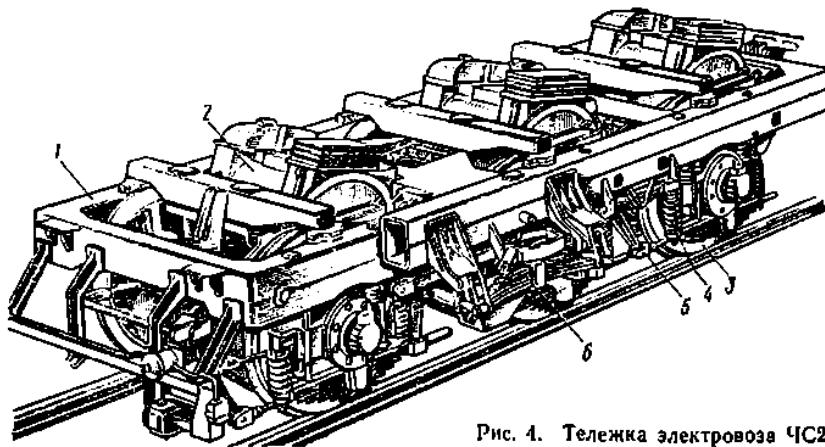


Рис. 4. Тележка электровоза ЧС2

ми, — вторую ступень подвешивания. Для уменьшения горизонтальных поперечных сил взаимодействия электровоза с рельсами применяют горизонтальные упругие поперечные связи (горизонтальное подпрессоривание) между кузовом и рамами тележек (противоотносительные устройства, люлечное подвешивание), а также между рамами тележек и колесными парами (упругие элементы в буксовых поводках). Связи, кроме упругости, необходимой для смягчения (амортизации) ударов, должны обладать определенными демпфирующими характеристиками, чтобы препятствовать росту колебаний масс. Поэтому в системах подвешивания устанавливают гидравлические гасители колебаний (демпферы); гашению колебаний способствует также трение в опорах кузова и элементах подвешивания.

#### § 4. Рамы тележек

**Типы рам.** Рамы тележек предназначены для передачи и распределения вертикальных нагрузок между колесными парами с помощью подвешивания, восприятия и передачи сил тяги и торможения, а также горизонтальных поперечных сил, обеспечения правильной установки колесных пар, крепления тяговых двигателей, элементов подвешивания и тормозного оборудования.

Основными элементами рамы тележки являются продольные балки (боковины) и поперечные шкворневые (или средние) и концевые балки (брюсья). Концевые поперечные балки рам сочлененных тележек, служат для размещения автосцепного устройства или крепления сочленения. У несочлененных тележек концевые балки обеспечивают необходимую жесткость рамы, к ним крепят детали тормозного оборудования, на них воздействует ролик противовзгрозочного устройства.

В зависимости от конструктивного выполнения различают сварные, литые и брусковые рамы. На электровозах ВЛ10, ВЛ11 и ЧС2 применены тележки со сварными рамами, на ВЛ8 — с литыми, а на ВЛ23 — с брусковыми.

Сварная рама представляет собой неразборную конструкцию, изготовленную с применением сварки из балок замкнутого профиля; балки сварены из штампованных, гнутых или образованных из отдельных листов профилей. Шкворневые балки, имеющие сложную конфигурацию, часто выполняют литыми. Прочность и надежность сварных рам зависят от соблюдения правила конструирования сварных конструкций и технологии сварки. Сварные рамы характеризуются малой массой, хорошим распределением и использованием металла.

Цельнолитые рамы также неразборные. Их изготавливают отливкой из углеродистой стали марки 25Л-II; к качеству литья предъявляются повышенные требования. На изготовление форм требуются большие затраты труда, однако объем механической обработки цельнолитых рам очень мал, а слой кремнезема, остающийся после удаления формовочной земли, предохраняет раму от корро-

зии. Толщина стенок балок рамы двухосной тележки 16—20 мм. Рама обладает высокой прочностью, жесткостью и надежностью; однако масса литьей рамы велика: 5600—5900 кг у электровоза ВЛ8 по сравнению с 3130 кг у сварной рамы тележки электровоза ВЛ10.

Брусковые рамы разборные; они состоят из массивных продольных балок (боковин), изготовленных из листового проката, и поперечных литых балок, соединенных с продольными призонными (коническими) болтами. Сложная технология изготовления продольных балок, большие отходы металла, высокая трудоемкость и плохое использование металла характерны для брусковых рам. Брусковые рамы имеют высокую прочность и надежность. Брусковая рама в 2 раза тяжелее сварной; нерациональное распределение металла в раме является одной из причин тяжелого воздействия электровозов на путь.

**Рамы тележек электровозов ВЛ10 и ВЛ11.** Рама (рис. 5) тележки электровоза с люлечным подвешиванием кузова представляет собой замкнутую конструкцию прямоугольной (в плане) формы и состоит из двух продольных 3, шкворневой 9 и двух концевых 12 балок. Продольные балки изготовлены из четырех листов стали марки М16С: двух вертикальных толщиной 10 мм и двух горизонтальных толщиной 14 мм. К нижнему листу продольной балки приварены большие 4 и малые 1 кронштейны буксовых поводков, отлитые из стали 12ГТ-II; верхний лист в средней части имеет усиливющую накладку. К каждой продольной балке снаружи приварены по два кронштейна 6 люлечных подвесок и кронштейн 7 для установки гидравлических гасителей колебаний, а с внутренней стороны — кронштейны 11 для подвесок тормозной рычажной передачи.

Шкворневая балка литая. Она состоит из двух частей: собственно балки и приваренной к ней коробки шарового шарнира шкворня. В средней части имеется отверстие для шкворня, на боковых поверхностях — кронштейны 8 для тормозных цилиндров и кронштейны 10 для подвесок тормозной передачи. Корпус шарового шарнира имеет приливы 5 для крепления валиков подвески тягового двигателя. Соединение шкворневой балки с продольными выполнено с помощью цилиндрических цапф, которые проходят через отверстия в продольных балках. К концевым балкам, имеющим прямоугольное сечение, приварены кронштейны подвесок тормозной передачи и накладки 2 под ролик противоразгрузочного устройства.

Рамы тележек электровозов ВЛ10 с боковыми опорами кузова отличаются конструкцией коробки шарового шарнира шкворня и отсутствием кронштейнов люлечных подвесок; у этих рам к усиливющей накладке продольной балки приварены наливник под скользун опоры и обечайка масляной ванни.

**Рамы тележек электровозов ЧС2 и ЧС2<sup>т</sup>.** Рама (рис. 6) трехосной тележки имеет продольные балки 7, сваренные из двух П-образных штампованных профилей из стали толщиной 12 мм, причем концы балок сужены для увеличения расстояния между ними и ра-