

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра вагонов

В. В. ПИГУНОВ, А. В. ПИГУНОВ

КОНСТРУКЦИЯ ХОДОВЫХ ЧАСТЕЙ ВАГОНОВ

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия
для студентов учреждений высшего образования
по специальности «Подвижной состав
железнодорожного транспорта»*

Гомель 2018

УДК 624.4.027.1(075.8)
ББК 38.112
ПЗ2

Рецензенты: директор – главный конструктор УП «НТПЦ «Белком-
мунмаш» *О.В. Быцко*;
заведующий кафедрой «Тракторы» УО «Белорусский
национальный технический университет», д-р техн.
наук, профессор *В.П. Бойков*

Пигунов, В. В.

ПЗ2 Конструкция ходовых частей вагонов : учеб. пособие / В. В. Пи-
гунов, А. В. Пигунов ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь,
Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2018. – 386 с.
ISBN 978-985-554-794-6

Рассматриваются тележки грузовых и пассажирских вагонов эксплуатационного парка, а также вагонов нового поколения и перспективных вагонов, приводятся их конструктивные особенности и основные требования, предъявляемые к тележкам и их составным частям.

Предназначено для студентов всех форм обучения специальности «Подвижной состав железнодорожного транспорта», слушателей Института повышения квалификации и переподготовки руководителей и специалистов транспортного комплекса Республики Беларусь и может быть использовано инженерно-техническими работниками в их практической деятельности.

УДК 624.4.027.1(075.8)
ББК 38.112

ISBN 978-985-554-794-6

© Пигунов В. В., Пигунов А. В., 2018
© Оформление. БелГУТ, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1 Колесные пары	7
1.1 Назначение, конструкция и классификация колесных пар	7
1.2 Вагонные оси	19
1.3 Вагонные колеса	38
1.4 Формирование колесной пары	53
1.5 Основные контролируемые параметры колесной пары	57
1.6 Составные колеса	61
1.7 Колесные пары для высокоскоростного подвижного состава	65
1.8 Совершенствование конструкции повышение надежности и улучшение взаимодействия колесных пар с рельсами	70
1.9 Основные термины и определения	74
2 Буксовые узлы	76
2.1 Назначение, классификация и основные требования	76
2.2 Типовые буксовые узлы с роликовыми цилиндрическими подшипниками	78
2.3 Буксовые узлы с роликовым цилиндрическим двоярным подшипником	90
2.4 Конические подшипниковые узлы и их конструктивное исполнение	93
2.5 Корпусные буксы с коническими подшипниковыми узлами грузовых вагонов	101
2.6 Бескорпусные буксы с коническими подшипниковыми узлами грузовых вагонов	106
2.7 Буксы с коническими подшипниковыми узлами пассажирских вагонов	114
2.8 Монтаж буксовых узлов	119
2.9 Повышение эксплуатационной надежности буксовых узлов	129
2.10 Основные термины и определения	134
3 Рессорное подвешивание	139
3.1 Назначение, состав и классификация рессорного подвешивания	139
3.2 Упругие элементы, возвращающие и стабилизирующие устройства	140
3.3 Гасители колебаний	153
3.4 Упругие свойства элементов рессорного подвешивания	161
3.5 Основные схемы и параметры рессорного подвешивания	166
3.6 Основные направления совершенствования конструкции рессорного подвешивания	173
3.7 Основные термины и определения	174
4 Тележки вагонов	175
4.1 Назначение и классификация	175
4.2 Требования, предъявляемые к тележкам	178
4.3 Тележки грузовых вагонов эксплуатационного парка	186

4.4 Новые и перспективные тележки грузовых вагонов для осевой нагрузки 230,5 кН	218
4.5 Новые и перспективные тележки грузовых вагонов для осевой нагрузки 245 кН	254
4.6 Новые и перспективные тележки грузовых вагонов для осевой нагрузки 265 кН и более	279
4.7 Новые и перспективные тележки грузовых вагонов с диагональными связями	284
4.8 Новые и перспективные тележки грузовых вагонов с буксовым рессорным подвешиванием и жесткой сварной рамой	293
4.9 Тележки пассажирских вагонов люточного типа	297
4.10 Тележки пассажирских вагонов нового поколения безлюточного типа	316
4.11 Тележки зарубежных пассажирских вагонов, адаптированные к условиям эксплуатации железных дорог стран СНГ	343
4.12 Тележки высокоскоростных поездов	360
4.13 Основные термины и определения	379
Список литературы	383

ВВЕДЕНИЕ

Ходовыми частями современных вагонов являются тележки, которые служат связующим звеном между кузовом вагона и железнодорожным путем, воспринимая воздействия всех дефектов пути.

Тележки обеспечивают безопасность движения, требуемые ходовые качества вагонов и снижают динамические воздействия, передаваемые на кузов и железнодорожный путь. При этом конструкция тележки должна удовлетворять двум противоречивым критериям: иметь достаточную прочность при минимально возможной массе.

Тележки являются наиболее важными компонентами вагонов с точки зрения безопасности, комфорта и скорости и во многом определяют его технический уровень. Конструкция тележек обеспечивает в первую очередь надежность вагонов.

Основные тенденции мирового вагоностроения направлены на повышение надежности и межремонтных пробегов вагонов. С учетом этих тенденций ведется разработка тележек для вагонов нового поколения. В частности, конструкции перспективных тележек грузовых вагонов должны обеспечить значительное снижение динамических нагрузок и напряжений в несущих элементах вагона и пути, а межремонтный пробег перспективных ходовых систем должен достигать уровня 1 млн км.

Концепция создания новых тележек предусматривает разработку и внедрение тележек:

- базового варианта с осевой нагрузкой 230,5 (23,5) и 245 кН (25 тс) для скоростей движения до 120 км/ч;
- для скоростного движения (до 140 км/ч) с осевой нагрузкой 196 кН (20 тс);
- с повышенной до 294 кН (30 тс) осевой нагрузкой и уменьшенной скоростью движения до 90–100 км/ч.

Учебное пособие написано в соответствии с действующей программой по курсу «Конструкция, теория и расчет вагонов».

Острая потребность в подготовке и издании настоящего учебного пособия обусловлена:

– изменением практически всех нормативных документов, определяющих требования к конструкциям грузовых и пассажирских вагонов и их составным частям;

– появлением новых и перспективных тележек грузовых и пассажирских вагонов, возникшей необходимостью в описании их конструкций.

В пособии рассматриваются тележки грузовых и пассажирских вагонов эксплуатационного парка, а также вагонов нового поколения и перспективных, приводятся их конструктивные особенности и основные требования, предъявляемые к тележкам и их составным частям.

Основными составными частями любой тележки являются колесные пары с буксовыми узлами, рессорное подвешивание, рама, надрессорная балка и тормозное оборудование. Рассмотрению конструкции колесных пар, буксовых узлов и рессорного подвешивания посвящены первые три раздела пособия. Конструкция рам, надрессорных балок и тормозного оборудования, размещенного на тележке, рассматривается в четвертом разделе при изложении материала о тележках грузовых и пассажирских вагонов в целом. Отдельного раздела, посвященного тормозному оборудованию тележек, нет, поскольку устройство и работа тормозного оборудования подробно излагается в учебной дисциплине «Автоматические тормоза подвижного состава».

Учебное пособие может быть использовано студентами всех форм обучения специальности «Подвижной состав железнодорожного транспорта», учащимися колледжей железнодорожного транспорта, слушателями курсов повышения квалификации, а также инженерно-техническими работниками в их практической деятельности.

Авторы выражают благодарность Ширяеву Алексею Валерьевичу за помощь и содействие в подготовке материалов для учебного пособия.

1 КОЛЕСНЫЕ ПАРЫ

1.1 Назначение, конструкция и классификация колесных пар

Назначение колесных пар. Колесные пары служат для направления движения вагона по рельсовому пути, восприятия нагрузок от вагона на рельсы и обратно и реализации силы тяги (торможения), развиваемой в зоне контакта колесной пары и рельса. Они относятся к наиболее ответственным элементам ходовых частей вагона.

В связи с этим колесные пары должны:

- *обладать достаточной прочностью* – для обеспечения безопасности движения;
- *иметь небольшую массу* – для снижения массы вагона и уменьшения динамического воздействия на путь;
- *обладать упругостью* – для смягчения динамических сил, возникающих при движении вагона.

Конструкция и техническое состояние колесных пар влияет на безопасность движения (устойчивость против схода с рельсов, прочность, надежность), величину сил взаимодействия колеса с рельсом и сопротивление движению.

Колесные пары условно можно разделить на типовые (традиционной конструкции) и нетиповые.

Конструкция типовых колесных пар. Типовая колесная пара – колесная пара с неподвижными колесами, установленными на оси.

В соответствии с ГОСТ 4835–2013 – это сборочная единица, состоящая из оси, неподвижно закрепленных двух колес, дисковых тормозов (при наличии), буксовых узлов и других деталей, которые не могут быть демонтированы без расформирования колесной пары (рисунок 1.1).

Колесные пары с неподвижно закрепленными колесами используются в вагонах магистральных железных дорог.

В состав колесной пары грузового вагона входят ось 1, с закрепленными на ней колесами 2 и буксовыми узлами 3 (рисунок 1.2, а). Это обязательные составные части при любом варианте конструктивного исполнения колесной пары грузового или пассажирского вагона.

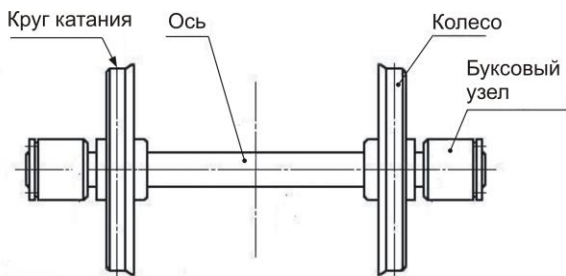
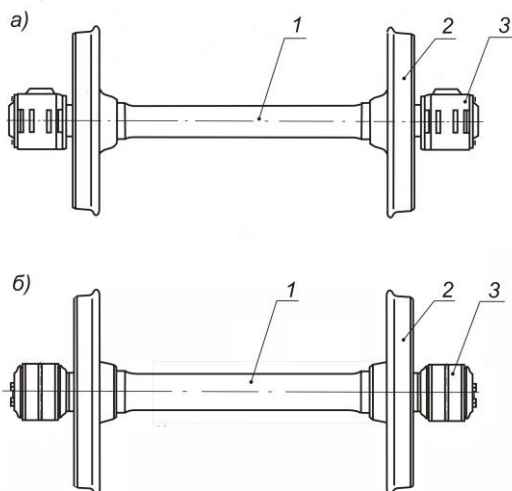


Рисунок 1.1 – Колесная пара с неподвижно закрепленными колесами и буксовыми узлами

Рисунок 1.2 – Колесные пары грузовых вагонов: а – с корпусными буксовыми узлами; б – то же с бескорпусными; 1 – ось; 2 – колесо; 3 – буксовый узел



В состав колесной пары пассажирского вагона *дополнительно могут входить* также тормозные диски 3 и редуктор б привода подвагонного генератора (рисунок 1.3), а также другие детали, расположенные на оси или на колесах и предусмотренные конструкцией колесной пары. Например, на дисковой части колес дополнительно могут быть установлены тормозные диски (рисунок 1.4), а на оси – ведущий шкив привода подвагонного генератора (рисунок 1.5).

Тормозные диски и редуктор имеют колесные пары пассажирских вагонов, оборудованных соответственно дисковыми тормозами и приводом подвагонного генератора от средней части оси для вагонов с кондиционирова-

нием воздуха. Их устанавливаются на оси между колесами. Число тормозных дисков может быть иным по сравнению с рисунком 1.3.

Обратите внимание

Собственно *колесная пара состоит из оси и двух колес, укрепленных на ней*. Это простейший вариант конструктивного исполнения колесной пары. ГОСТ 4835–2013 определяет термин «колесная пара» более широко, учитывая, что колесная пара в обязательном порядке оборудуется буксовыми узлами и дополнительно – другими деталями и сборочными единицами (если это предусмотрено конструкцией).

В соответствии с ГОСТ 4835–2013 колесная пара с неподвижными колесами, установленными на оси, – это сборочная единица, состоящая из оси, неподвижно закрепленных двух колес, дисковых тормозов (при наличии), буксовых узлов и других деталей, которые не могут быть демонтированы без расформирования колесной пары.

Рисунок 1.3 – Колесные пары пассажирского вагона:
а – с тормозными дисками;
б – с тормозными дисками и редуктором;
1 – ось; *2* – колесо;
3 – тормозной диск;
4 – буксовый узел; *б* – редуктор

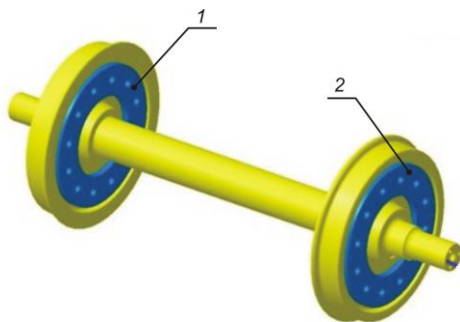
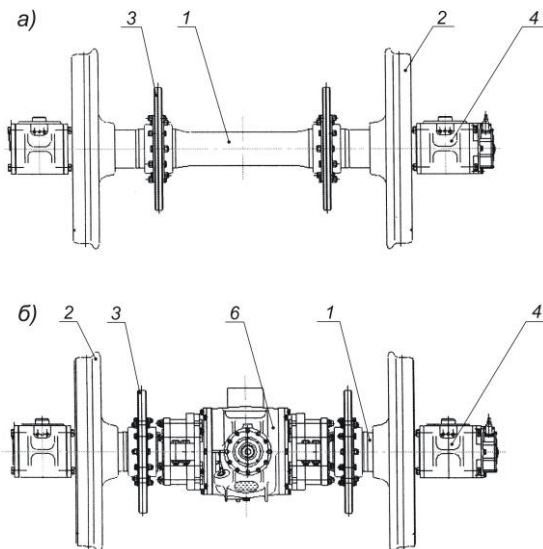


Рисунок 1.4 – Колесная пара пассажирского вагона с колесными тормозными дисками: *1* – тормозной диск на внутренней стороне диска колеса; *2* – то же на внешней

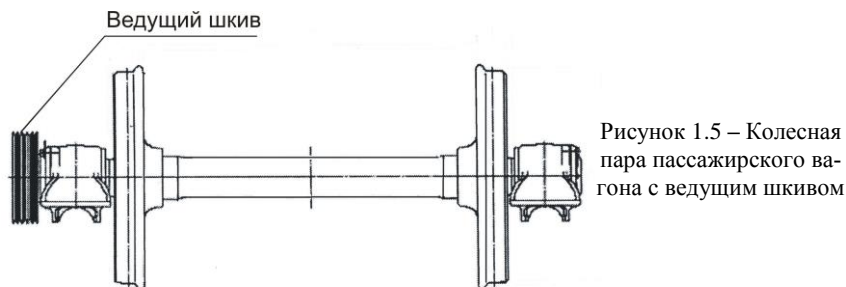


Рисунок 1.5 – Колесная пара пассажирского вагона с ведущим шкивом

Типы колесных пар. Колесные пары различаются типами. Типы колесных пар, основные размеры и технические требования к ним устанавливаются ГОСТ 4835–2013, а обслуживание и ремонт в эксплуатации – Правилами технической эксплуатации железных дорог, Инструкцией по осмотру, освидетельствованию и формированию вагонных колесных пар и соответствующими Руководящими документами.

Примечание – ГОСТ 4835–2013 распространяется на вновь изготавливаемые колесные пары с буксовыми узлами и колесные блоки грузовых и пассажирских вагонов, немоторных вагонов моторвагонного подвижного состава (электропоездов, дизель-поездов и рельсовых автобусов).

Тип колесной пары определяется типом оси, диаметром колес и типом вагона, под который подкатывается колесная пара.

Схема условного обозначения типа колесной пары показана на рисунке 1.6. Например, колесная пара типа *PВ2Ш-957-Г* – это колесная пара для грузового вагона с осью типа *PВ2Ш* и колесами с номинальным диаметром 957 мм.



Рисунок 1.6 – Схема условного обозначения типа колесной пары:

тип вагона:

Г – грузовой, П – пассажирский, ПЧ – почтовый, Б – багажный, НВ – немоторный вагон электропоезда, дизель-поезда и рельсовых автобусов

ГОСТ 4835–2013 устанавливает семь типов колесных пар (таблица 1.1), которые используют для грузовых и пассажирских вагонов локомотивной тяги и немоторных вагонов моторвагонного подвижного состава

(электропоездов, дизель-поездов и рельсовых автобусов). Они различаются типом вагона, конструкционной скоростью и максимальной расчетной статической нагрузкой от колесной пары на рельсы. В эксплуатации находятся также колесные пары устаревших типов *РУ1Ш-957-П* и *РУ1Ш-957-Г*, которые сняты с производства.

Таблица 1.1 – Типы и основные параметры серийных колесных пар

Тип колесной пары	Тип вагона	Конструктивная скорость, км/ч	Максимальная расчетная статическая нагрузка от колесной пары на рельсы, кН (тс)
<i>Для вагонов локомотивной тяги</i>			
<i>РУ1Ш-957-Г</i>	Грузовой	120	230,5 (23,5)
<i>РУ1Ш-957-П</i>	Пассажирский	160	176,6 (18,0)
<i>РВ1Ш-957-П</i>	”	160	176,6 (18,0)
<i>РВ2Ш-957-Г</i>	Грузовой	120	245,2 (25,0)
<i>РВ3Ш-957-П</i>	Пассажирский	160	176,6 (18,0)
<i>Для немоторных вагонов моторвагонного подвижного состава</i>			
<i>РУ1Ш-957-Э</i>	Немоторный электропоезда	130	186,4 (19,0)
<i>РУ1Ш-957-Д</i>	Немоторный дизель-поезда	120	186,4 (19,0)

Колесные пары типов *РУ1Ш-957-Г* и *РВ2Ш-957-Г* показаны на рисунках 1.2, *а*, и 1.2, *б*, соответственно, *РУ1Ш-957-П* – рисунке 1.5, *РВ1Ш-957-П* – рисунке 1.3.

Условное обозначение колесных пар. Схема условного обозначения колесных пар приведена на рисунке 1.7.



Рисунок 1.7 – Схема условного обозначения колесных пар:
тип вагона:

Г – грузовой, П – пассажирский, ПЧ – почтовый, Б – багажный, НВ – немоторный вагон электропоезда, дизель-поезда и рельсовых автобусов

Например, условное обозначение для колесной пары с колесами по кругу катания 957 мм грузового вагона с максимальной осевой нагрузкой 206 кН, с буксовыми узлами, изготовленной по ГОСТ 4835–2013 и по чертежу:

Колесная пара 957 – Г – 206 – Б – ГОСТ 4835–2013 (РУ1Ш) – обозначение чертежа

То же для колесной пары без буксовых узлов:

Колесная пара 957 – Г – 206 – ГОСТ 4835–2013 (РУ1Ш) – обозначение чертежа

Примечание – В скобках приводятся обозначения для серийных колесных пар.

Требования к колесным парам. При движении с большими скоростями важное значение имеет у р а в н о в е ш е н н о с т ь колесной пары. Для снижения инерционных сил, возникающих из-за неуравновешенности (дисбаланса), колесные пары вагонов, эксплуатируемых со скоростью свыше 140 км/ч, подвергают динамической балансировке на специальном балансировочном оборудовании.

Повышенная величина допустимого динамического дисбаланса колесной пары приводит к дополнительному динамическому воздействию как на колесную пару, так и на инфраструктуру пути, что приводит к снижению их срока службы.

Требования к параметрам колесной пары регламентированы ГОСТ 4835–2013, основные из них рассмотрены в подразд. 1.6.

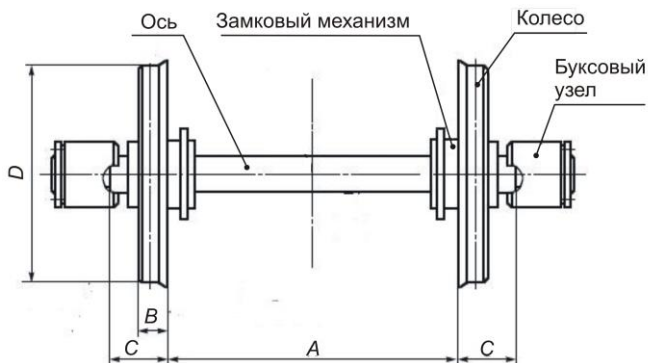
Конструкция нетиповых колесных пар. Помимо типовых колесных пар, используемых серийно, ГОСТ 4835–2013 предусматривает применение колесных пар с подвижно закрепленными колесами, а также колесных блоков.

Колесная пара с подвижно закрепленными колесами состоит из оси, *двух подвижных в осевом направлении колес, замковых механизмов для фиксации колес на оси*, двух буксовых узлов, дисковых тормозов (при их наличии) и других деталей, которые не могут быть демонтированы без расформирования колесной пары (рисунок 1.8).

Колесные пары с подвижно закрепленными колесами (раздвижные колесные пары) обеспечивают возможность перехода с колеи 1520 мм на колею 1435 мм и обратно. Поэтому их применяют для вагонов, допущенных к эксплуатации в международном сообщении из стран СНГ в страны ЕС. Такие колесные пары имеют увеличенную массу и более сложную конструкцию.

Создание вагонов, оборудованных колесными парами с раздвижными колесами, для следования по железнодорожным путям с разной шириной колеи относится к перспективным направлениям развития подвижного состава. Вагоны с такими колесными парами не требуют замены тележек или перегруза при переходе с одной ширины колеи на другую.

Рисунок 1.8 –
Колесная пара
с подвижно
закрепленными
колесами



При переходе вагона с одной ширины колеи на другую колеса перемещаются вдоль оси, занимая разные положения по ее длине с фиксацией в одном из них. Раздвижка колес осуществляется автоматически в режиме передвижения вагона по специальному переводному пути с минимальной затратой времени.

В России и за рубежом (Испания, ФРГ, Япония, Болгария, Польша) разрабатываются и испытываются различные системы перевода подвижного состава с одной колеи на другую. Дальше всех в этом направлении продвинулись в Испании и Польше.

Раздвижная колесная пара *SUW-2000*, разработанная польским инженером Сувальским, прошла апробацию в поездах, обращающихся на отдельных направлениях между Польшей, Украиной и Литвой (рисунки 1.9 и 1.10). Рассматривалась возможность использования этих колесных пар на железных дорогах России.

Колесная пара *SUW-2000* (см. рисунок 1.10) состоит из оси 1, цельнокатаных колес 2, блокирующих механизмов 3, типовых буксовых узлов 4, внешних 5 и внутренних 6 кожухов колес, опорных колец 7 и контрагаек 8. Блокирующие механизмы (муфты), размещенные с внутренней стороны колес, автоматически блокируют колеса в нужном положении.

Изменение расстояния между колесами в колесной паре *SUW-2000* происходит во время движения через путевой перестановочный пункт, который располагается на стыке путей разной ширины.

Перестановочный пункт оборудован двумя рабочими (ходовыми) рельсами, по которым катятся колесные пары, двумя контррельсами, которые взаимодействуют с блокирующими механизмами колесных пар, и предохранительными рельсами (внешними и внутренними), находящимися по обе стороны от рабочих рельсов.



Рисунок 1.9 – Общий вид колесной пары с подвижно закрепленными колесами *SUW-2000*

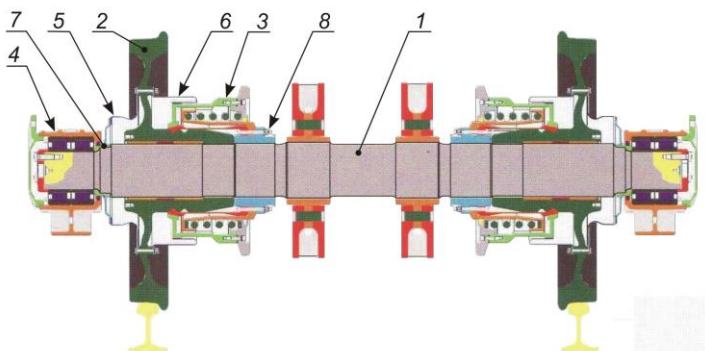
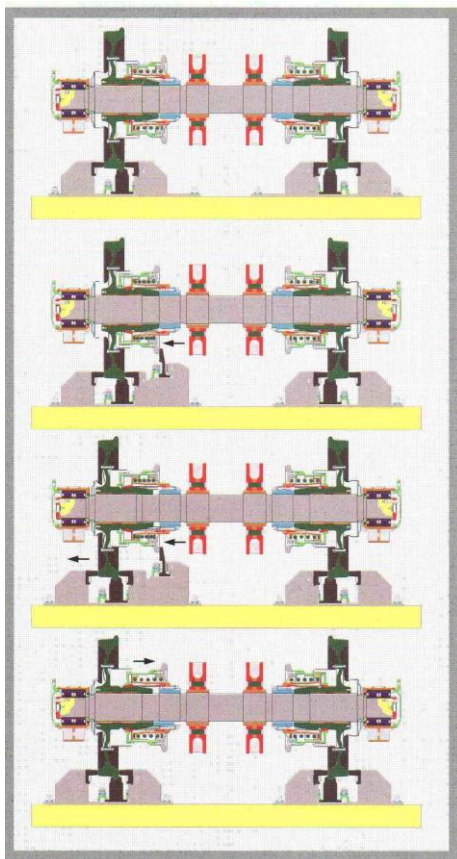


Рисунок 1.10 – Схема колесной пары с подвижно закрепленными колесами *SUW-2000*

Во время прохождения колесной пары через такой пункт блокирующий механизм взаимодействует с соответствующей частью устройства и на некоторое время разблокирует одно колесо для возможности его перемещения вдоль оси. Проходя очередной участок переводного устройства, указанное колесо сдвигается, после чего блокирующий механизм блокирует его на оси в новом положении. Далее аналогичные операции осуществляются с другим колесом, и автоматическая процедура изменения ширины колеи завершается. При прохождении путевого перестановочного пункта скорость поезда составляет 5–10 км/ч. Расстояние между колесами изменяется автоматически за 15–20 мин, в то время как обычная перестановка занимает ориентировочно

ровочно 2,5 ч. Основные этапы изменения расстояния между колесами при прохождении перестановочного пункта показаны на рисунке 1.11.



1 Выезд колесной пары SUW-2000 на перестановочный путевой пункт со стороны колеи 1435 мм. Колеса заблокированы, направляемые в желобчатых рельсах бортами.

2 Выезд левого фланца на разблокирующий рельс вызывает перемещение блокирующей втулки и отпуск блокады нажимной втулки, освобождая тем самым левое колесо. Заблокированное правое колесо выполняет функцию ведения колесной пары.

3 Освобожденное левое колесо перемещается благодаря расходящемуся желобчатому рельсу до половины ширины пути 1520 мм. Нажимная втулка во время перемещения колеса, упруго перескакивает в другой желоб. Заблокированное правое колесо выполняет функцию ведения колесной пары.

4 Съезд фланца с разблокирующего рельса вызывает надвижку блокирующей втулки на нажимную втулку, блокируя колесо в положении половины ширины пути 1520 мм. В этот момент левое колесо принимает на себя функцию ведения колесной пары. Цикл от позиции 2 до позиции 4 повторяется для правого колеса, после чего колесная пара занимает свое положение на пути шириной 1520 мм.

Рисунок 1.11 – Этапы автоматического изменения расстояния между колесами колесной пары SUW-2000 на перестановочном пункте

По сравнению с колесными парами с неподвижно закрепленными колесам прочность соединения колес с осью в раздвижной колесной уменьшена. Потому при использовании таких колесных пар для торможения используют тормозные диски, закрепленные на средней части оси.

Смещение колес в раздвижных колесных парах с использованием технологии *Talgo RD* осуществляется следующим образом.

При проходе через установку смены колеи с малой скоростью (около 10 км/ч) тележки и опирающиеся на них кузова вагонов вывешиваются, нагрузка с колес снимается и замки (блокировочные устройства), фиксирующие колеса, открываются.

За счет силового воздействия механизма перевода колеса свободно передвигаются по оси и устанавливаются в положение, соответствующее новому значению ширины колеи. Замки, фиксирующие колеса, закрываются. Таким образом, весь состав переводится на новую колею в течение 20–30 мин. Более подробно этапы смещения колес с использованием технологии *Talgo RD* применительно к колесным блокам рассмотрены ниже.

К о л е с н ы й б л о к (рисунок 1.12) состоит из двух независимых колесных узлов, прикрепленных к раме колесного блока, с возможностью движения по колее постоянной ширины или со сменой ширины колеи.

Колесный узел (рисунок 1.13) включает короткую ось (полуось), неподвижно закрепленное колесо с тормозными дисками, буксовые узлы (наружный и внутренний) и другие детали, закрепленные на колесном узле. В данном случае в качестве колесной пары выступает колесный блок, состоящий из двух колесных узлов, установленных относительно друг друга в жесткой раме с обеспечением требуемой ширины.



Рисунок 1.12 – Колесный блок

Колесными блоками (см. рисунок 1.12) обо-

рудованы вагоны сочлененного типа скоростных пассажирских поездов локомотивной тяги серии «Стриж», разработанные испанской компанией *Patentes Talgo S.L.* («Тальго»). Эти поезда представляют собой вариант испанского поезда *Talgo 250*, адаптированный к условиям России. Скорость движения поезда – 200 км/ч. Конструкция колесного блока поезда будет рассмотрена в разд. 5. При эксплуатации таких поездов в международном сообщении предусмотрена возможность автоматического изменения ширины колеи, обеспечивающей безостановочное проследование с колеи 1520 мм на колею 1435 мм и обратно. Для изменения ширины колеи применяется специальное стационарное устройство.

Система автоматического перехода на другую колею выполняется за счет перемещения каждой полуоси с колесом в поперечном направлении

вместе с буксовыми узлами, клещевым механизмом и рычажной передачей тормозной системы. Специальные замковые устройства фиксируют колесный узел в одном из положений, соответствующих ширине колеи 1520 или 1435 мм соответственно.

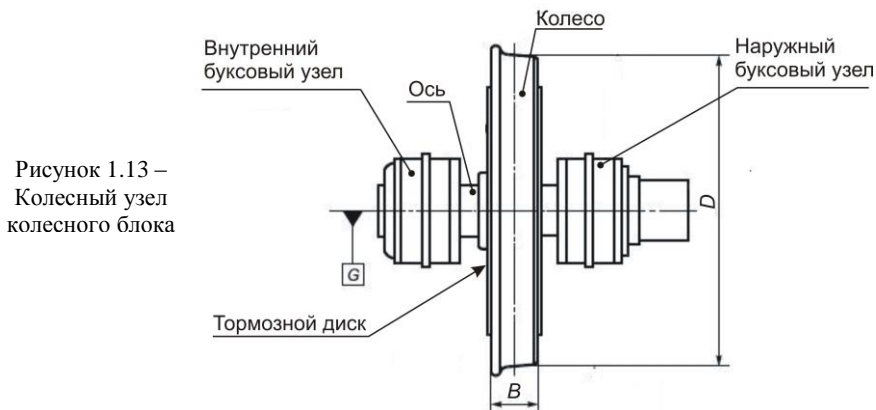


Рисунок 1.13 – Колесный узел колесного блока

Смена ширины колеи выполняется при проходе каждого колесного блока по специальному стационарному переводному устройству «*Talgo RD Systems*», которое смонтировано между путями с разной ширины колеи. Изменение ширины колеи при этом осуществляется в пять этапов (рисунок 1.14).

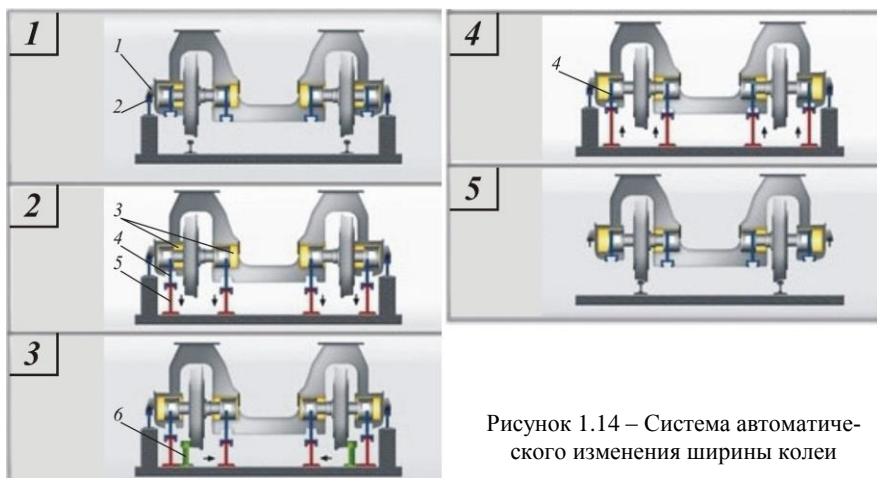


Рисунок 1.14 – Система автоматического изменения ширины колеи

Этап 1. Опорные скользуны 1 на раме колесного блока опираются на наружные направляющие 2 и скользят по ним. При этом *колесный блок*, плавно переходя в подвешенное состояние, *освобождается от нагрузки*.

Этап 2. В специальные штанги 4 блокирующих замков 3, фиксирующих колесные блоки, вставляются направляющие с головкой Т-образной формы 5. В процессе движения *замки открываются* вследствие выхода штанги и колеса.

Этап 3. *Колеса сдвигаются и устанавливаются в новом положении* за счет плавного скольжения по косому контррельсу б.

Этап 4. Специальные штанги 4 блокирующих устройств поднимаются и *колеса фиксируются в новом положении*.

Этап 5. *Колеса опускаются на путь*, принимая нагрузку, процесс движения продолжается.

Таким образом, смещение колес возможно только в ненагруженном состоянии, то есть вагон не опирается на колесо, а вывешивается на специальных опорных кронштейнах при движении через переводное устройство. При этом полностью исключается возможность самопроизвольного изменения ширины колеи вне переводного устройства. Процесс смены колеи происходит на скорости до 15 км/ч в абсолютно автоматическом режиме без высадки пассажиров из вагонов.

Технология автоматического изменения ширины колеи системы «*Talgo*» на сегодняшний день является единственной в мире, надежно зарекомендовавшей себя в эксплуатации.

Гарантии изготовителя. Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие колесных пар требованиям ГОСТ 4835 при соблюдении условий эксплуатации, транспортирования и хранения колесных пар, соответствующих области применения данного стандарта.

Колесные пары должны быть в климатическом исполнении УХЛ по ГОСТ 15150. Детали колесной пары, предназначенные для сборки, должны соответствовать следующим требованиям: оси – ГОСТ 33200, подшипники качения – ГОСТ 520, колеса цельнокатаные – ГОСТ 10791.

Надежность колесных пар характеризуется следующими показателями:

1 Вероятность безотказной работы колесной пары по прочности прессовых соединений колес с осью должна быть 100 % в течение всего срока службы колесной пары (ГОСТ 4835–2013).

2 Гарантийный срок эксплуатации колесной пары по прочности прессовых соединений колес с осями от *момента формирования колесной пары* – 15 лет (ГОСТ 4835–2013).

3 Гарантийный срок эксплуатации колесных пар с буксами (ГОСТ 4835–2013):

а) *с подшипниками с цилиндрическими роликами, со сдвоенными подшипниками с цилиндрическими роликами* – до первого полного освидетель-

ствования колесных пар, но не более четырех лет для пассажирских вагонов, немоторных вагонов электропоездов и дизель-поездов, но не более пяти лет для грузовых вагонов. Для колесных пар электропоездов и дизель-поездов указанные сроки устанавливаются при гарантийной наработке не более 600 тыс. км;

б) *с подшипниками двухрядными коническими кассетного типа – до первого демонтажа с оси*, но не более 8 лет или после пробега 1 млн 200 тыс. км для пассажирских вагонов и 800 тыс. км – для грузовых вагонов и немоторных вагонов электропоездов.

4 Гарантийный срок эксплуатации колесных пар по качеству сборки торцевого крепления подшипников – *с момента монтажа буксовых узлов до первого демонтажа крепления*, но не более сроков, указанных в п. «а» и «б».

При эксплуатации грузовых вагонов допускается по согласованию с владельцем инфраструктуры повышение статических нагрузок от колесной пары на рельсы не более (ГОСТ 4835–2013):

– 235,4 кН (24,0 тс) – для типа РУ1Ш-957-Г при скоростях движения до 80 км/ч;

– 264,9 кН (27,0 тс) – для типа РВ2Ш-957-Г при скоростях движения до 90 км/ч.

1.2 Вагонные оси

Назначение. Вагонная ось – элемент колесной пары, представляющий собой стальной брус круглого переменного по длине поперечного сечения.

Ось – наиболее ответственный элемент не только колесной пары, но и ходовых частей вагона. На оси монтируются (размещаются) колеса, буксовые узлы, а также тормозные диски, редуктор или ведущий шкив привода подвагонного генератора, если они предусмотрены конструкцией колесной пары. Конструкция осей, их размеры и технические требования к ним, а также область применения регламентированы ГОСТ 33200.

Классификация. Оси различаются:

– размерами основных элементов – в зависимости от значения воспринимаемой нагрузки;

– способом крепления подшипников на шейке оси – торцевой гайкой или шайбой;

– формой поперечного сечения – сплошные или полые;

– технологией изготовления – кованные, штампованные, катаные и др.

Кроме этих признаков, определяющих конструкцию и технологию изготовления, оси классифицируются в зависимости от требований к ним при изготовлении:

– по точности изготовления – на классы 1 и 2;

– по металлургическому качеству – на категории *A* и *B*.

Классы изготовления осей различаются требованиями по допускам формы и расположения поверхностей, а также по параметрам шероховатости, категории по металлургическому качеству – уровнем загрязненности стали неметаллическими включениями.

Оси колесных пар грузовых и пассажирских вагонов по точности изготовления относят к классу 1, по металлургическому качеству – к категории *B*.

В соответствии с ГОСТ 33200–2014 для вагонов локомотивной тяги применяют оси четырех типов: *PV1Ш*, *PB1Ш*, *PB2Ш* и *PB3Ш*. При этом для грузовых вагонов используют оси типов *PV1Ш* и *PB2Ш*, для пассажирских – типов *PV1Ш*, *PB1Ш* и *PB3Ш*. Все они предназначены для размещения подшипников качения.

В эксплуатации имеются также оси типа *PV1* по ГОСТ 22780, которые с 1993 года уже не выпускаются. Они используются под грузовыми и пассажирскими вагонами с конструкционной скоростью до 120 и 160 км/ч соответственно.

Примечание – ГОСТ 33200–2014 распространяется на черновые и чистовые оси исполнения УХЛ по ГОСТ 15150 для колесных пар грузовых и пассажирских вагонов, локомотивов, моторвагонного подвижного состава, специального железнодорожного подвижного состава и подвижного состава метрополитена.

Расшифровка обозначения типа оси:

– *PV1* – роликовая унифицированная (универсальная), т.е. для колесных пар грузовых и пассажирских вагонов, 1-го типа;

– *PB2* – роликовая вагонная 2-го типа;

– *Ш* – торцевое крепление подшипников приставной шайбой (при отсутствии буквы «Ш» в обозначении оси имеет место торцевое крепление подшипников гайкой).

Таким образом, ось типа *PB3Ш* представляет собой ось роликовую вагонную 3-го типа с торцевым креплением подшипников шайбой, ось типа *PV1* – роликовую унифицированную 1-го типа с торцевым креплением подшипников гайкой.

Область применения осей. Рекомендуемая область применения осей в зависимости от типа вагона, максимальной расчетной статической нагрузки от колесной пары на рельсы (далее – осевой нагрузки) и конструкционной скорости приведена в таблице 1.2. Оси колесных пар пассажирских вагонов имеют меньшую осевую нагрузку. Уменьшение допускаемых нагрузок для осей пассажирских вагонов по сравнению с осями грузовых вагонов обосновано более высокими скоростями движения пассажирских вагонов и повышенными требованиями безопасности движения.

Для грузовых вагонов с повышенными осевыми нагрузками (245,2 и 264,8 кН) используется колесная пара с усиленной осью типа *PB2Ш*.

Таблица 1.2 – Рекомендуемая область применения осей для грузовых и пассажирских вагонов локомотивной тяги

Тип оси	Тип вагона	Конструкционная скорость, км/ч	Максимальная расчетная осевая нагрузка, кН (тс)
<i>РУ1Ш</i>	Грузовой	$v_k \leq 120$	230,5 (23,5)
	Пассажирский	$v_k \leq 160$	176,6 (18,0)
<i>РВ1Ш</i>	Пассажирский	$120 < v_k \leq 160$	176,6 (18,0)
		$160 < v_k \leq 200$	166,8 (17,0)
<i>РВ2Ш</i>	Грузовой	$v_k \leq 120$	245,3 (25,0)
		$v_k \leq 120$	264,9 (27,0)
<i>РВ3Ш</i>	Пассажирский	$v_k \leq 160$	176,6 (18,0)
<p>Примечания [ГОСТ 33200–2014]</p> <p>1 Для осей колесных пар грузовых вагонов с осевой нагрузкой 294,2 кН (30,0 тс) конструкция осей – по конструкторской документации, согласованной с заказчиком и владельцем инфраструктуры.</p> <p>2 Допускается применение осей других конструкций по конструкторской документации, согласованной с заказчиком и владельцем инфраструктуры.</p>			

Конструкция осей. Вагонная ось (рисунки 1.15–1.17) имеет две шейки 1, две предподступичные 2 и две подступичные 3 части, а также среднюю часть 4.

Шейки предназначены для размещения подшипников, *предподступичные части* – задних уплотняющих деталей букс (лабиринтных или упорных колец), *подступичные части* – ступиц колес. Все они имеют цилиндрическую форму. *Средняя часть* оси связывает подступичные части.

Это обязательные составные части каждой оси. Кроме того, оси типа *РУ1* дополнительно имеют *резьбовые части* 5 для установки (навинчивания) гаек М110 торцевого крепления подшипников на шейках оси, а оси типов *РВ1Ш* и *РВ3Ш* – *посадочные поверхности (подступичные части)* 6 для установки ступиц тормозных дисков.

Обозначения на рисунках 1.15–1.17:

l_1, d_1 – длина и диаметр шейки;

l_2, d_2 – длина и диаметр предподступичной части;

l_3, d_3 – длина и диаметр подступичной части;

d_4 – диаметр средней части;

L_1 – длина оси;

L_2 – расстояние между серединами шеек оси;

L_3 – расстояние между торцами предподступичных частей оси.

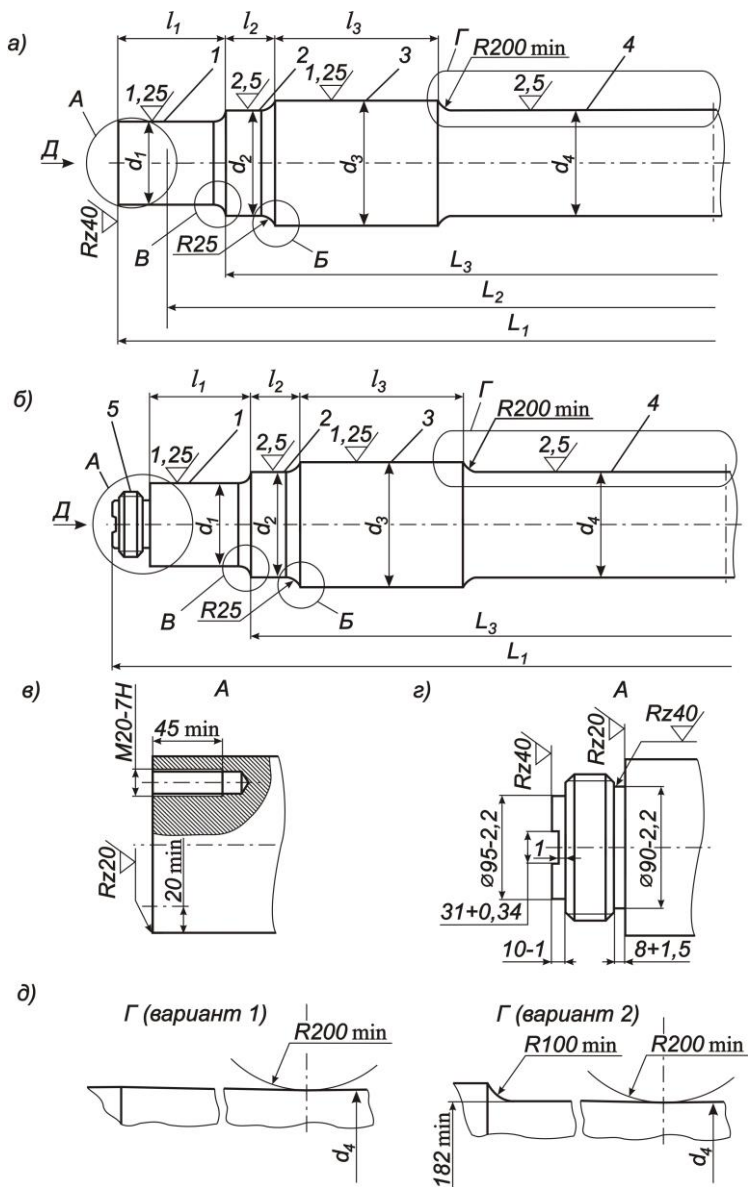


Рисунок 1.15 – Вагонные оси:

а, б – оси типа РУШ и РУ1 соответственно; в, г – концевые части осей типа РУШ и РУ1 соответственно; д – варианты конструктивного исполнения средней части осей

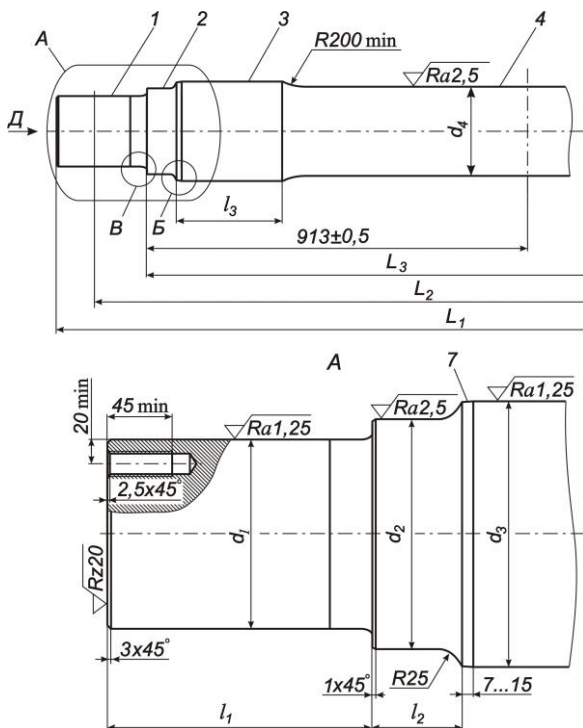


Рисунок 1.16 – Ось типа *PB2Ш*

Виды Б, В и Д, обозначенные на рисунках 1.15–1.17, пояснены ниже рисунками 1.18–1.20.

Среднюю часть выполняют цилиндрической (оси *PB1Ш* и *PB2Ш*) или конической (ось типа *PB3Ш*). В осях типов *PV1Ш* и *PV1* средняя часть может выполняться цилиндрической или конической. На конической средней части оси типа *PB3Ш* редукторной колесной пары имеются посадочные диаметры для установки резиновых колец редуктора.

Все части осей различаются диаметрами поперечных сечений по длине в зависимости от усилий, возникающих в них. Наименьший диаметр имеют шейки, наибольший – подступичные части, на которые установлены колеса, или посадочные поверхности для тормозных дисков (при их наличии). В местах изменения диаметров оси делают плавные переходы – *галтели*, выполненные определенным радиусом (см. виды Б, В и Г на рисунках 1.15–1.17). Это необходимо для снижения концентрации напряжений в этих местах. Профили галтелей шеек и предподступичных частей показаны на рисунках 1.18 и 1.19. Уменьшение концентрации напряжений, вызванных по-

садкой подшипников качения, обеспечивается также *разгружающей канавкой* (см. рисунок 1.18), расположенной в конце галтели шейки оси.

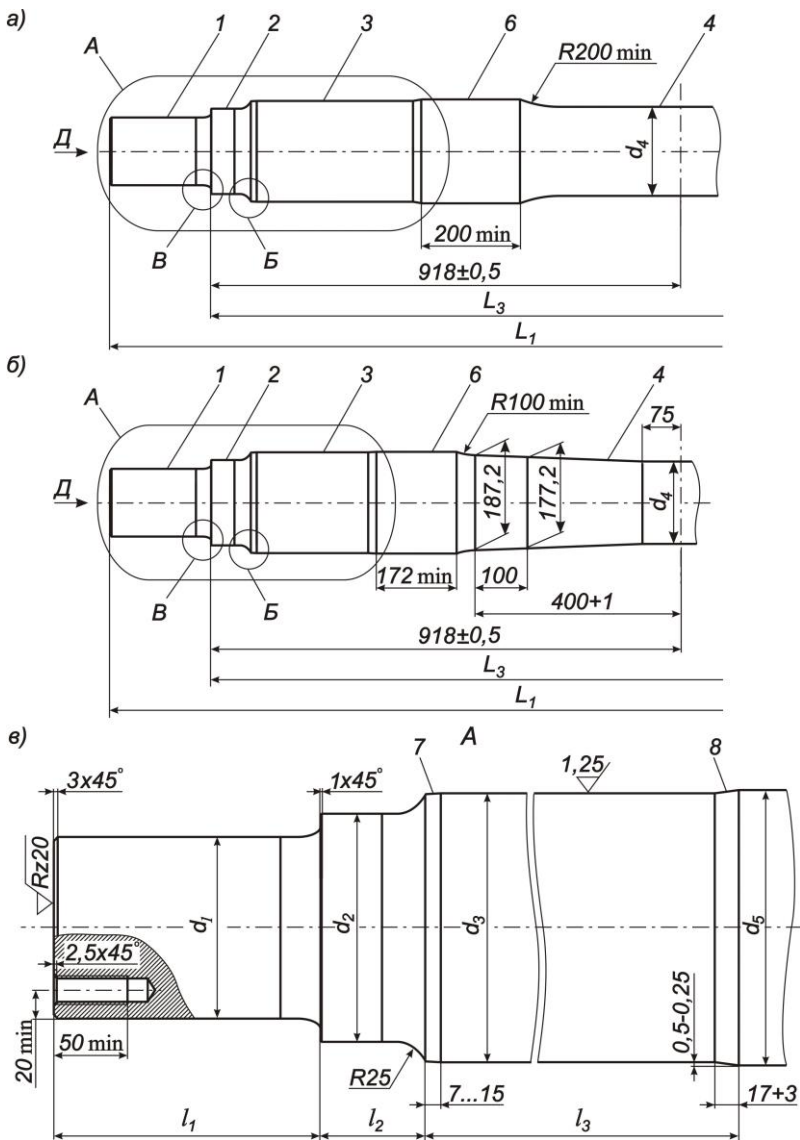
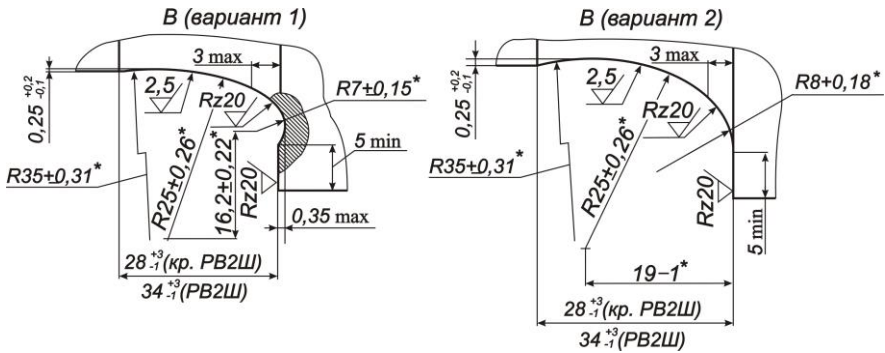
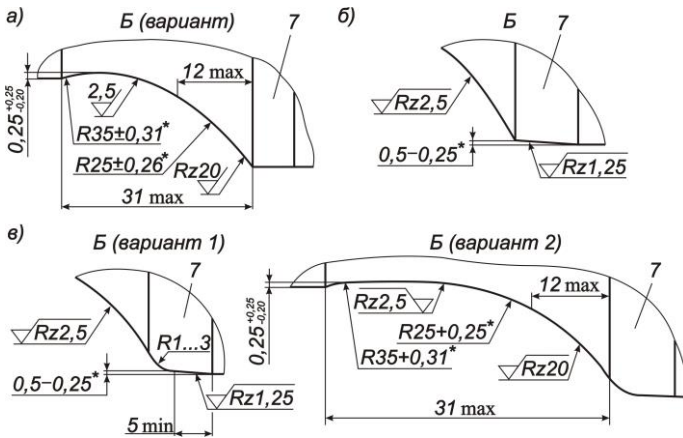


Рисунок 1.17 – Вагонные оси:
а, б – оси типа РВ1Ш и РВ3Ш соответственно; в – концевая часть осей



Рисунки 1.18 – Профили галтелей шеек (вид В на рисунках 1.15–1.17)



Рисунки 1.19 – Профили предподступичных частей (вид Б на рисунках 1.15– 1.17):
а – типа РУ1Ш и РУ; б, в – типов РВ1Ш, РВ2Ш и РВ3Ш

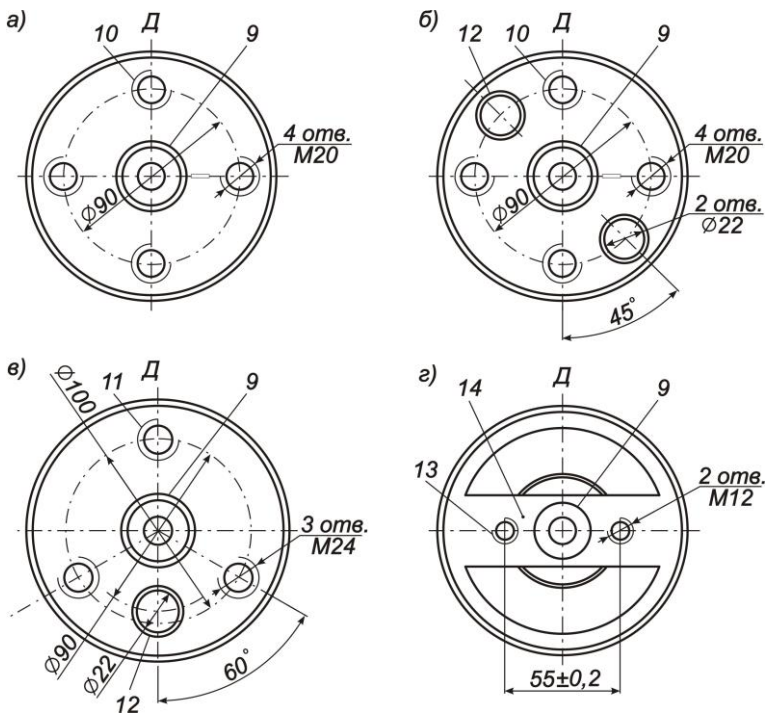
Оси различаются размерами и конструктивным исполнением. В зависимости от способа торцевого крепления подшипников различают два варианта конструктивного исполнения концевых частей оси.

Первый вариант конструктивного исполнения оси характерен для серийных осей типов РУ1Ш, РВ1Ш, РВ2Ш и РВ3Ш (см. рисунки 1.15, а, в и 1.16, 1.17). Особенность конструкции – торцевое крепление подшипников на оси шайбой. На торцах осей РУ1Ш, РВ1Ш и РВ3Ш имеются четыре резьбовых отверстия М20 для крепления приставной шайбы болтами (рисунок 1.20, а, б), на оси РВ2Ш – три резьбовых отверстия М24 (рисунок 1.20, в)

или четыре отверстия М20. Три резьбовых отверстия М20 выполнялись и на осях типа *РУ1Ш*, изготовленных до 1983 года.

Примечание – Термин «*шайба*» в данном случае является обобщающим, поскольку торцевое крепление подшипников на шейке оси осуществляется либо *шайбой тарельчатой* – элемента конструкции буксового узла с двумя роликовыми цилиндрическими подшипниками и сдвоенным либо *крышкой передней* – элемента конструкции буксового узла с коническим подшипником кассетного типа.

Второй вариант конструкции соответствует оси типа *РУ1*. Особенность конструкции – торцевое крепление подшипников на оси гайкой. Поэтому данный вариант характеризуется наличием на концах оси резьбовых частей 5 для гаек М110 (см. рисунок. 1.15, б, з), а на торцах – пазов 14 с двумя резьбовыми отверстиями М12 (см. рисунок 1.20, з) для размещения стопорных планок и крепления их болтами. За счет введения резьбовых частей ось имеет увеличенную длину.



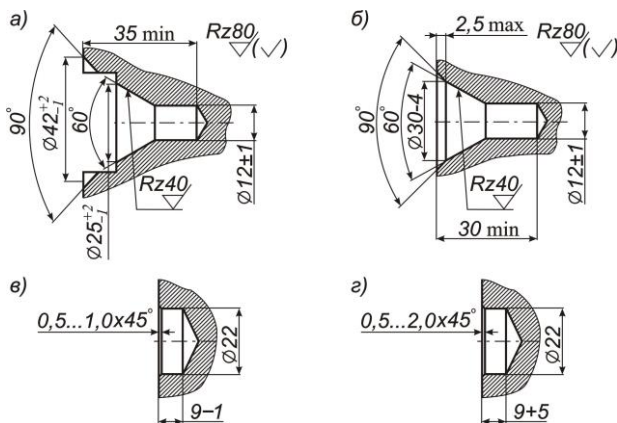
Рисунки 1.20 – Торцы осей (вид Д на рисунках 1.15–1.17):

- а – типа *РУ1Ш*; б – типов *РВ1Ш* и *РВ3Ш*; в – типа *РВ2Ш*; з – типа *РУ1*;
 9 – центровое отверстие; 10 – резьбовое отверстие М20; 11 – резьбовое отверстие М24;
 12 – водильное отверстие; 13 – резьбовое отверстие М12; 14 – торцевой паз

На торцах осей имеются *центровые отверстия* для закрепления оси или сформированной колесной пары в центрах токарных станков при механической обработке элементов. Форма и размеры центровых отверстий установлены стандартом и должны соответствовать рисункам 1.21.

Кроме резьбовых и центровых отверстий на торцах осей выполняются дополнительные *водильные (поводковые) отверстия* 12 (см. рисунок 1.21, в, г) для обеспечения вращения оси при обработке на металлорежущих станках.

Примечание – *Водильные отверстия* – отверстия для водил металлорежущего станка.



Рисунки 1.21 – Центровые и водильные отверстия осей (к рисункам 1.15–1.17):
 а, б – центровые отверстия осей с креплением подшипников гайкой и шайбой соответственно;
 в – водильные отверстия осей *РВ1Ш* и *РВ3Ш*; г – водильное отверстие оси *РВ2Ш*

Основной деформацией в оси является деформация изгиба. Как известно, напряжения, обусловленные поперечным изгибом, распределяются неравномерно по сечению оси, достигая наибольшего значения в наружных волокнах и наименьшего – во внутренних. В результате создаются возможности замены сплошного сечения полым без увеличения габаритных размеров.

По сравнению со сплошными осями полые оси имеют массу на 100–110 кг меньше, в результате сокращается расход металла на заготовку оси на 15 %. Вагоны с такими осями имеют меньшую необрессоренную массу ходовых частей, а следовательно, и меньшую массу тары вагона, а также улучшенные динамические качества.

Колесные пары с полыми осями широко применяют, в частности, в вагонах скоростных и высокоскоростных поездов.

Конструкция полых осей показана на рисунке 1.22.

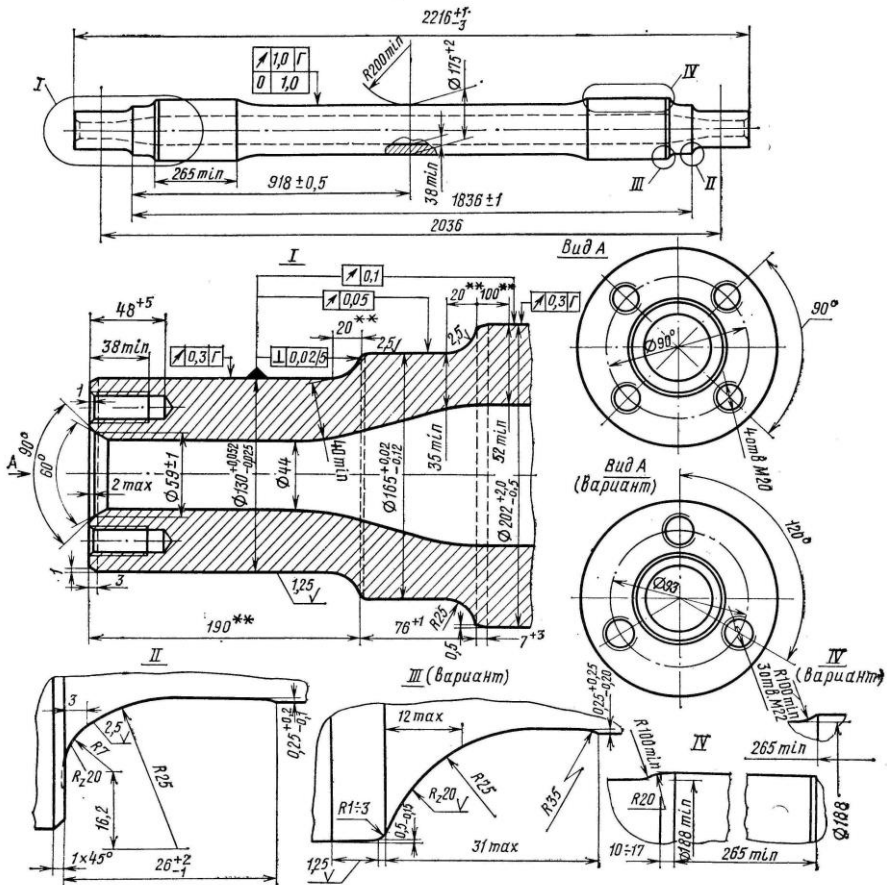


Рисунок 1.22 – Конструкция полых осей

Ось имеет увеличенный диаметр подступичной части, что позволяет повысить прочность соединения колеса с осью. На основании положительных результатов опытно-конструкторских работ, всесторонних исследований и длительных эксплуатационных испытаний полых осей под грузовыми вагонами допущено применение таких осей в эксплуатации.

Колесная пара, а следовательно, и ось работает в наиболее неблагоприятном жестком динамическом режиме нагружения и поэтому должна обладать достаточной усталостной прочностью.

Для повышения усталостной прочности поверхность оси подвергают поверхностному упрочнению (упрочняющей накатке роликами) по всей длине, включая галтели. Поверхности шеек и предподступичных частей затем шлифуют под посадку подшипников и лабиринтных колец подшипников.

Размеры осей. Основные размеры осей для колесных пар грузовых и пассажирских вагонов локомотивной тяги по ГОСТ 33200 должны соответствовать рисункам 1.15–1.17 и таблице 1.3.

Примечание – Допускается изготавливать по чертежам, согласованным с заказчиком, оси:

– типа *РУ1Ш* с цилиндрическим участком на средней части длиной от 130 до 150 мм (с допуском симметрии относительно середины оси не более 10 мм) и диаметром, равным диаметру d_4 ;

– типа *РУ1Ш* с удлиненными галтелями шеек;

– типа *РВ2Ш* с диаметром $d_4 = 185$ мм, четырьмя резьбовыми отверстиями М20, с поводковыми (или водильными) отверстиями 26 мм;

– всех типов с другой длиной подступичной части l_3 , с одним, двумя поводковыми отверстиями или без них.

Таблица 1.3 – Основные геометрические размеры осей для грузовых и пассажирских вагонов

Обозначение показателя	Типы осей							
	РУ1Ш		РВ2Ш		РВ1Ш		РВ3Ш	
	Номинальный размер	Предельное отклонение	Номинальный размер	Предельное отклонение	Номинальный размер	Предельное отклонение	Номинальный размер	Предельное отклонение
d_1	130	+0,052 +0,025	150	+0,090 +0,065	130	+0,052 +0,025	130	+0,052 +0,025
d_2	165	+0,20 +0,12	185	+0,165 +0,091	165	+0,20 +0,12	165	+0,20 +0,12
d_3	194 ¹⁾	+2,0 –0,5	210	+2,0 –0,5	194	+2,0 –0,5	194	–0,5
d_4	172 ²⁾	+3,0	180	+3,0	172	+3,0	166	–1,0
R_2	25	–	25	–	25	±1,0	25	±1,0
l_1	190 ^{3,4)}	–	210 ^{3,4)}	–	188	–1,85	188	–1,85
l_2	76	±1,0	71	+0,5 –1,5	76	±1,0	76	±1,0
l_3	250 min	–	250 min	–	310	±2,0	240	±2,0

Окончание таблицы 1.3

Обозначение показателя	Типы осей							
	РУ1Ш		РВ2Ш		РВ1Ш		РВ3Ш	
	Номинальный размер	Предельное отклонение	Номинальный размер	Предельное отклонение	Номинальный размер	Предельное отклонение	Номинальный размер	Предельное отклонение
L_1	2216	+1,0 -3,0	2246	+1,0 -3,0	2212	–	2212	–
L_2	2036	–	2036	–	–	–	–	–
L_3	1836	±1,0	1826	±1,0	1836	±1,0	1836	±1,0
<p>Примечания</p> <p>1 Допускается предельное отклонение $+4,0$ $-0,5$.</p> <p>2 $d_4 = 165^{+5,0}$ при исполнении узла В по вариантам 1 или 2 (см. рисунок 1.15, д).</p> <p>3 Размер для справок.</p> <p>4 Разность длин шеек l_1 на одной оси не должна превышать 2 мм.</p>								

Ось типа *РУ2Ш*, предназначенная для грузовых вагонов с повышенной осевой нагрузкой, имеет увеличенные диаметры всех частей: шейки – 150 мм; предподступичной – 185 мм, подступичной – 210 мм и средней – 180 мм. Увеличена также длина шейки и оси в целом.

Оси типа *РУ1* изготавливались по ГОСТ 22780 с размерами, соответствующими линейным размерам оси типа *РУ1Ш*, кроме размеров $l_1 = 176^{+1,0}_{-0,5}$ мм и $L_1 = 2294^{+1,0}_{-3,0}$ мм. За счет наличия резьбовых частей по концам ось данного типа длиннее.

Материал, используемый для изготовления осей. В качестве материала для изготовления осей локомотивов и вагонов согласно ГОСТ 4728–2010 применяется *сталь марки ОС* мартеновского, кислородно-конвертерного или электропечного производства. Она должна быть подвергнута внепечной обработке и вакуумированию.

Сталь марки ОС имеет следующий химический состав (в %): углерод – 0,42–0,50; марганец – 0,60–0,90; кремний – 0,15–0,35; фосфор – не более 0,035; сера – не более 0,035; хром – более 0,30; никель – не более 0,30; медь – не более 0,25.

Механические свойства металла образцов в нормализованном состоянии согласно ГОСТ 4728–2010 должны соответствовать нормам, указанным в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Механические свойства металла образцов в нормализованном состоянии

Временное сопротивление при растяжении σ_B , МПа	Относительное удлинение δ , %	Ударная вязкость KCU при плюс 20° С, Дж/см ²	
		среднее значение	минимальное значение
580–615	20,0	49	34
620–645	19,0	39	29
650 и более	18,0	34	29

Технические требования к осям. Стандарт (ГОСТ 33200) предусматривает получение черновой оси, а затем уже чистовой.

Черновые оси изготавливают из осевых заготовок по ГОСТ 4728 непосредственно из слитков или непрерывно литых заготовок методами горячего формообразования: свободной ковкой, штамповкой, винтовой прокаткой и радиально-ротационной ковкой.

Степень укова или обжатия металла при изготовлении черновых осей должна быть не менее 3 мм.

После формообразования черновые оси должны быть подвернуты термической обработке – нормализации или нормализации с последующим отпуском.

Механические свойства термообработанных черновых осей из стали по ГОСТ 4728 должны соответствовать ГОСТ 33200.

Правку черновых осей проводят в горячем состоянии после нагрева под нормализацию или после отдельного нагрева до температуры не выше 700 °С без последующей термообработки. Температура осей в конце процесса правки должна быть не ниже 600 °С.

Поверхность черновых осей должна быть очищена от окалины, глубина залегания дефектов не должна превышать 75 % одностороннего фактического припуска на механическую обработку оси.

Макроструктура черновых осей должна соответствовать ГОСТ 4728, а загрязненность стали черновых осей неметаллическими включениями по ГОСТ 1778 не должна превышать значений, приведенных в ГОСТ 33200.

Микроструктура металла черновых осей, изготовленных из стали по ГОСТ 4728 и прошедших термическую обработку, должна быть однородной перлитно-ферритной.

Черновые оси должны быть подвернуты ультразвуковому контролю на прозвучиваемость с одного торца и на отсутствие внутренних дефектов с обоих торцов.

При контроле осей на прозвучиваемость на частоте от 2 до 2,5 МГц разница между амплитудой эхо-сигнала от противоположного торца оси и ам-

плитудой эхо-сигнала от плоской (донной) поверхности на глубине 59 мм в СО-2 по ГОСТ 14782 не должна превышать 40 дБ.

При контроле осей на внутренние дефекты с торца продольными волнами в осевом направлении не допускаются дефекты, амплитуды эхо-сигналов от которых равны или превышают амплитуды эхо-сигнала от плоскодонного отражателя, залегающего на той же глубине, что и дефект.

На каждой черновой оси на средней части или на шейке оси должны быть нанесены методом горячего деформирования знаки маркировки.

Чистовые оси изготавливают из черновых осей. На поверхности чистовых осей не допускаются дефекты в виде черновин, трещин, раскатанных газовых пузырей.

Требования к недопустимым и допустимым размерам и количеству волосин на поверхности чистовых осей для колесных пар вагонов с конструкционной скоростью до 160 км/ч указаны в таблице 3 ГОСТ 33200.

На цилиндрической поверхности чистовых осей не должно быть забоин. На поверхности средней части чистовых осей для грузовых и пассажирских вагонов допускаются забоины глубиной не более 1 мм, плавно зачищенные в направлении вдоль оси, если они не выводят ось за пределы допускаемых отклонений на размеры.

На поверхности подступичных частей чистовых осей для грузовых и пассажирских вагонов допускаются продольные риски глубиной не более 0,03 мм, плавно зачищенные в направлении вдоль оси. Место зачистки должно быть проверено магнитопорошковым методом на отсутствие дефектов.

Чистовые оси должны быть подвернуты ультразвуковому контролю на внутренние дефекты и структурную неоднородность с цилиндрической поверхности.

При контроле осей на внутренние дефекты продольными волнами в радиальном направлении и поперечными волнами в осевом направлении не допускаются дефекты, амплитуды эхо-сигналов от которых равны или превышают амплитуды эхо-сигналов от эталонных отражателей.

При проведении контроля осей на структурную неоднородность продольными волнами в радиальном направлении на частоте от 4 до 5 МГц разница амплитуд донных эхо-сигналов в пределах одной зоны оси не должна превышать 6 дБ.

Чистовые оси после механической обработки должны быть подвергнуты упрочнению поверхности накатыванием роликами по поверхности шеек, предподступичных, подступичных и средней частей, а также галтелей перехода от одних к другим.

Увеличение твердости поверхности чистовых осей из стали по ГОСТ 4728, упрочненных накатыванием роликами, должно составлять не менее 22 %.

Глубина поверхностного слоя металла с повышенной твердостью после накатывания роликами чистовых осей из стали по ГОСТ 4728 должна составлять не менее $0,02d$ (d – диаметр упрочняемого сечения оси).

После упрочнения накатыванием роликами допускается *шлифование цилиндрических поверхностей шейки и предподступичной части оси* с припуском не более 0,4 мм на радиус цилиндрической части оси.

Требования к технологическим режимам, используемому оборудованию и порядку проведения упрочнения накатыванием роликами осей для колесных пар грузовых и пассажирских вагонов локомотивной тяги – в соответствии с ГОСТ 33200.

Для осей класса точности изготовления 2 параметры шероховатости Ra поверхностей чистовых осей должны быть следующими: шейки, подступичной части и зоны посадки дискового тормоза – 1,25, остальных цилиндрических частей – 2,5, центрального отверстия полой оси – 6,3.

При выявлении дефектов в упрочненном накатыванием поверхностном слое чистовой оси (наплывов, трещин, расслоений и других дефектов) допускается проводить исправление указанных дефектов зачисткой или механической обработкой, если это не выводит диаметр оси за пределы допустимых отклонений. При этом обработанная поверхность оси должна пройти повторное упрочнение накатыванием роликами и магнитопорошковый контроль.

Затем на торцы каждой оси наносятся знаки маркировки и клейма.

Маркировка осей. Маркировке подлежат как черновые, так и чистовые оси.

Маркировка черновых осей производится на средней части или шейке. Знаки маркировки через тире или с промежутками должны быть нанесены методом горячего деформирования.

На черновые оси, изготовленные из осевых заготовок, наносят арабскими цифрами маркировку, включающую:

- две последние цифры года изготовления;
- номер плавки;
- порядковый номер оси по системе нумерации предприятия-изготовителя, начинающийся с условного номера предприятия-изготовителя.

Перед однозначным условным номером предприятия-изготовителя ставят три нуля, перед двухзначным – два нуля, перед трехзначным – один нуль. Для черновых осей, изготовленных методом винтовой прокатки, нули перед условным номером предприятия-изготовителя не ставят.

Пример маркировки черновой оси, изготовленной в 2011 году из плавки с номером 17248 на предприятии с условным номером 5, имеющей порядковый номер 30085:

11 17248 0005 30085

Аналогичную маркировку наносят на черновые оси, изготовленные непосредственно из слитков или непрерывно литых заготовок. Отличие в

обозначении условного номера предприятия-изготовителя (без подстановки нулей).

Дополнительно на головных концах черновых осей, изготовленных из слитков, наносят в холодном состоянии литеры А – на осях, изготовленных из головной (верхней) части слитка; В – на осях, изготовленных из части слитка, следующей за головной.

Каждая черновая ось должна иметь клейма службы технического контроля предприятия-изготовителя и представителя заказчика или владельца инфраструктуры, для нанесения которых должно быть оставлено место или площадка на цилиндрической части или на торце оси.

Маркировка чистовых осей проводится под наблюдением службы технического контроля предприятия-изготовителя и заключается в переносе маркировки с необработанной цилиндрической поверхности черновой оси на торец чистовой оси.

На торце каждой чистовой оси должны быть нанесены методом холодного деформирования знаки маркировки и клейма. Расположение знаков маркировки и клейм на торце чистовой оси должно соответствовать примеру, указанному на рисунке 1.23. Высота знаков маркировки должна соответствовать 6 мм.

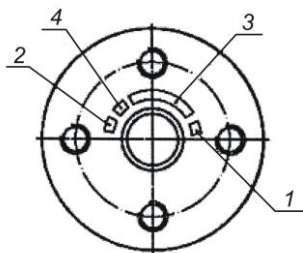


Рисунок 1.23 – Расположение знаков маркировки и клейм на торце чистовой оси:

1 – приемочные клейма (в виде знаков «Ключ и молоток» и «Серп и молот»); 2 – условный № предприятия-изготовителя чистовой оси по ГОСТ 33200; 3 – № оси, включающий условный номер предприятия-изготовителя черновой оси (по ГОСТ 33200) – 4 знака, порядковый № черновой оси – до 6 знаков, две последние цифры года изготовления черновой оси – 2 знака; 4 – клеймо службы технического контроля предприятия-изготовителя чистовой оси

Условное обозначение черновой и чистовой осей. Схема условного обозначения черновой оси показана на рисунке 1.24. Например, обозначение «Ось ОС – В – ГОСТ 33200 – Номер чертежа» соответствует оси из стали марки ОС, категории уровня загрязненности стали неметаллическими включениями В, изготовленной по ГОСТ 33200 и по номеру чертежа.

Схема условного обозначения чистовой оси приведена на рисунке 1.25. Например, обозначение «Ось РУ1Ш – ОС – В – 2 – ГОСТ 33200 – Номер чертежа» соответствует оси типа РУ1Ш из стали марки ОС, категории уровня загрязненности стали неметаллическими включениями В, класса точности изготовления 2, изготовленной по ГОСТ 33200 и по номеру чертежа.

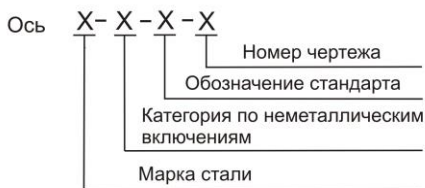


Рисунок 1.24 – Схема условного обозначения черновой оси

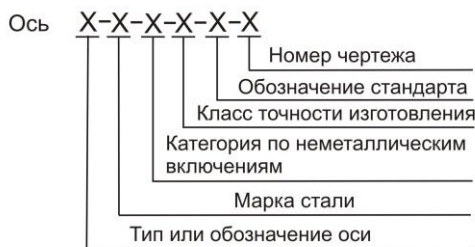


Рисунок 1.25 – Схема условного обозначения чистовой оси

Правила приемки. Оси подвергают проверке на соответствие требованиям ГОСТ 33200 при проведении приемо-сдаточных, периодических и типовых испытаний по ГОСТ 15.309.

Приемо-сдаточные испытания проводят для черновых и чистовых осей в объеме, определяемом ГОСТ 33200.

При приемо-сдаточных испытаниях черновых осей должны быть представлены документы с номерами плавок, порядковыми номерами осей и результатами химического анализа стали.

Черновые и чистовые оси, принятые службой технического контроля предприятия-изготовителя должны быть предъявлены для приемки представителю заказчика.

Черновые оси грузовых и пассажирских вагонов локомотивной тяги предъявляют на приемо-сдаточные испытания партиями с количеством осей не более 150 шт. с контролем следующих показателей: размеры, допуски формы и расположения поверхностей; химический состав стали; механические свойства; качество поверхности; макроструктура; загрязненность неметаллическими включениями; микроструктура и величина зерна; внутренние дефекты и прозвучиваемость – ультразвуковой контроль; маркировка.

Приемо-сдаточные испытания проводят для каждой *чистой оси* с контролем показателей: размеры, допуски формы и расположения поверхностей; качество поверхности; внутренние дефекты и структурная неоднородность – ультразвуковой контроль; параметры шероховатости поверхности; маркировка.

Принятые черновые и чистовые оси маркируют клеймами службы технического контроля предприятия-изготовителя и приемочными клеймами в соответствии с ГОСТ 33200.

Каждую партию черновых и чистовых осей, предназначенную для отправки заказчику, сопровождают документом о качестве, подписанном службой технического контроля предприятия-изготовителя и представителя заказчика, удостоверяющем соответствие осей требованиям ГОСТ 33200.

Периодические испытания выполняют для чистовых осей, прошедших приемо-сдаточные испытания. Проверяется качество упрочнения накатыванием роликами. Объем испытаний – одна ось от каждых 1000 шт., изготовленных на каждом из станков осей, но не реже одного раза в месяц при объеме изготовления осей 1000 шт. и более в месяц и не реже одного раза в три месяца при объеме изготовления осей менее 1000 шт. в месяц.

Типовые испытания проводят по ГОСТ 15.309 в случае изменения технологии изготовления осей, конструкции осей или марки сталей осей на соответствие требованиям ГОСТ 33200.

Объем выборки для испытаний – три оси. Оси отбираются из одной партии методом случайной выборки по ГОСТ 18321. Порядок проведения типовых испытаний и оценка их результатов – как при приемо-сдаточных испытаниях.

Методы контроля. *Ультразвуковой контроль* черновых осей на *прозвучиваемость* проводят со стороны торца, а *чистой оси* на *структурную неоднородность* – со стороны цилиндрической поверхности *зеркально-теплым методом* по ГОСТ 21120.

Для полых осей контроль на *прозвучиваемость* проводят до выполнения центрального отверстия.

Ультразвуковой контроль на внутренние дефекты черновых осей проводят со стороны торца, а чистовых осей – со стороны цилиндрической поверхности *эхо-импульсивным методом* по ГОСТ 21120.

Предел выносливости чистовых осей определяют при усталостных испытаниях с приложением циклической нагрузки к оси. Предел выносливости чистовых осей при усталостных испытаниях с симметричным циклическим нагружением на базе пяти миллионов циклов должен составлять не менее 195 МПа.

Трещиностойкость (вязкость разрушения) стали *чистой оси* определяют при испытаниях с циклическим нагружением на 6 образцах. Образцы

вырезают в продольном направлении из шейки оси, а для полой оси – из подступичной части.

Трещиностойкость (вязкость разрушения) стали оси при циклическом нагружении должна составлять не менее: $60 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ – для подвижного состава с конструкционной скоростью до 200 км/ч; $80 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ – для подвижного состава с конструкционной скоростью более 200 км/ч.

Гарантии изготовителя. Изготовитель гарантирует соответствие черновых и чистовых осей требованиям ГОСТ 33200. Изготовитель черновой оси гарантирует качество стали на весь срок службы оси. Изготовитель чистовой оси гарантирует качество поверхности и качество стали на весь срок службы оси.

Гарантийный срок эксплуатации чистовой оси для железнодорожного подвижного состава составляет 8,5 года со дня формирования колесной пары.

Технологический процесс изготовления осей. Черновые оси изготавливают из осевых заготовок методами горячего формообразования: свободной ковкой, штамповкой, винтовой прокаткой и радиально-ротационной ковкой.

Рассмотрим процесс изготовления черновых осей поперечно-винтовой прокаткой на специальных станах. Этот метод позволяет получать заготовку, размеры которой близки к размерам готовой чистовой оси.

Технологический процесс изготовления черновой оси состоит в следующем.

1 *Нагрев заготовок в газовой кольцевой печи до температуры 1180...1220 °С и подача нагретых заготовок в трехвалковый стан винтовой прокатки при температуре 1180...1220 °С.*

2 *Формирование профиля черновой оси прокаткой.* Вначале выполняется прокатка переднего технологического конца заготовки. Затем этот конец захватывается механизмом осевого натяжения и осуществляется прокатка заготовки с натяжением. В процессе прокатки валки с помощью копировальной системы перемещаются по заданной программе, формируя профиль черновой оси (заготовки).

3 *Отрезка переднего и заднего технологических концов заготовки пилами горячей резки.*

4 *Горячее клеймение обрезанных заготовок и передача их на холодильники для охлаждения до температуры 450...500 °С.*

5 *Нормализация черновых осей в кольцевой печи с вращающимся полом.* При этом оси нагревают до температуры 850...980 °С и выдерживают в течение 2,5–3 ч. После этого производят правку осей на прессе и выполняют их полное охлаждение.

6 *Дробеструйная очистка поверхности черновых осей от окалины в камере дробеметной очистки.*

7 Фрезерование торцов оси на торцефрезерных станках и осуществление ультразвукового контроля.

После изготовления черновых осей производится их механическая обработка.

Технологический процесс механической обработки оси предусматривает следующие операции:

1 Отрезка концов оси, сверление и зенковка центровых отверстий с помощью центrovально-отрезного полуавтомата.

2 Перенос клейм маркировки со средней части оси на торец.

3 Черновое обтачивание поверхности оси на гидрокопировальном полуавтомате.

4 Ультразвуковая проверка оси.

5 Сверление отверстий под резьбу M20 и нарезание резьбы.

6 Чистовое обтачивание поверхности оси на гидрокопировальном полуавтомате.

7 Накатывание поверхности оси роликами с помощью накатного полуавтомата.

8 Обтачивание галтелей, фасок и резьбовых канавок на токарном станке.

9 Шлифование шеек и предподступичных частей на бесцентрово-шлифовальном автомате.

10 Окончательный контроль готовой оси.

1.3 Вагонные колеса

Назначение и классификация колес. Вагонное колесо – элемент колесной пары, передающий статические и динамические нагрузки от вагона на рельсы и обеспечивающий движение подвижного состава. *Колесо – наиболее динамически нагруженный элемент ходовых частей.*

Вагонные колеса различаются:

– конструкцией – цельные и составные (бандажные), т.е. состоящие из колесного центра, бандажа и предохранительного кольца;

– формой диска – плоскоконические и криволинейные;

– размерами диаметра колеса (950 и 957 мм) и отверстия ступицы (175, 190 и 205 мм);

– способом изготовления – катаные, кованные и литые;

– материалом.

Колеса в зависимости от требований к ним при изготовлении классифицируют:

– по маркам колесной стали – 1, 2, Т, Л;

– точности изготовления – на классы 1 и 2;

– величине допускаемых внутренних дефектов, выявляемых при ультразвуковом контроле (УЗК), и уровню загрязненности стали неметаллическими включениями – на категории *A, B, C*;

– видам дополнительной обработки – *П* (с полнопрофильной механической обработкой) и *Б* (с балансировкой).

Конструкция типовых колес. Стандартом (ГОСТ 10791–2011) предусмотрено изготовление цельнокатаных колес диаметром по кругу катания 957 мм с плоскоконическим или криволинейным дисками.

Допускается применение колес других конструкций по специальной конструкторской документации.

Колеса с плоскоконическим диском (рисунок 1.26) используют в тележках грузовых вагонов с осевой нагрузкой 230,5 кН и в тележках скоростных пассажирских вагонов с конструкционной скоростью $v_k > 160$ км/ч, колеса с криволинейным диском (рисунок 1.27) – в тележках грузовых вагонов с повышенной осевой нагрузкой (245 кН и более) и тележках пассажирских вагонов с конструкционной скоростью $v_k \leq 160$ км/ч.

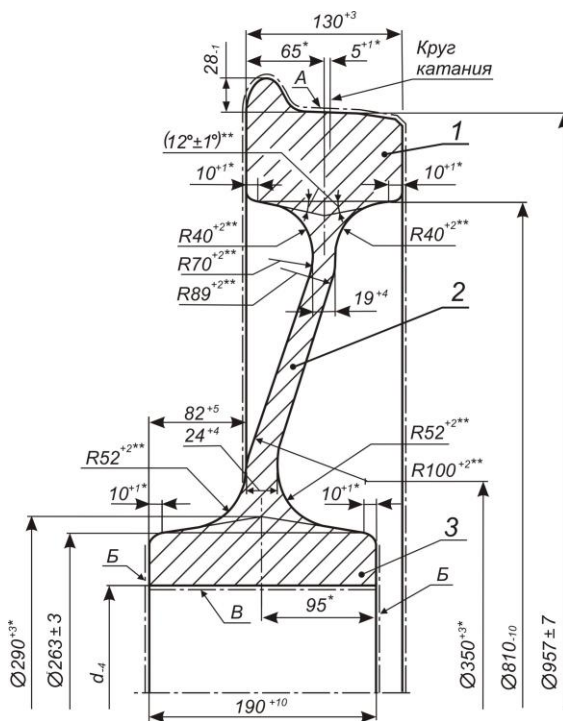


Рисунок 1.26 – Колесо с плоскоконическим диском

Примечания к рисункам 1,26 и 1,27: одной звездочкой обозначены размеры для справок; двумя звездочками – обеспечиваемые инструментом.

Как следует из рисунка 1.27, стандарт предусматривает три варианта конструктивного исполнения колес с криволинейной формой диска. Все варианты являются взаимозаменяемыми.

Основные части цельнокатаного колеса: 1 – обод; 2 – диск; 3 – ступица (см. рисунки 1.26 и 1.27).

Обод колеса – периферийная утолщенная изнашиваемая часть колеса с поверхностью, предназначенной для контакта с рельсом. Обод имеет гребень, коническую поверхность, внутреннюю (базовую) и наружные грани (см. рисунок 1.30). Номинальный размер ширины обода составляет 130 мм.

Ступица колеса – центральная часть колеса с отверстием для установки его на подступичную часть оси колесной пары.

Диск колеса – часть цельнокатаного колеса, соединяющая ступицу с ободом. Диски колес должны иметь осесимметричную изогнутую форму (наклонную плоскоконическую или криволинейную) – для придания колесу некоторой упругости в передаче нагрузки от обода к ступице. Переход от диска к ступице и ободу должен быть возможно более плавным.

В колесе с плоскоконическим диском (см. рисунок 1.26) диск расположен под некоторым углом к ободу и ступице, что придает колесу упругость и способствует снижению уровня динамических сил во время движения вагона. Диск слегка конусный: у ступицы его толщина больше, чем у обода. Такая форма распределения металла наиболее рациональна, т. к. обеспечивает равнопрочность колеса относительно поперечных толчков.

В наиболее сложных условиях нагружения находится обод колеса. При качении колес по рельсам их ободья испытывают сложные виды нагружения: контактные и ударные нагрузки, трение от соприкосновения с рельсами и тормозными колодками (при их наличии). Соприкасаясь с рельсом малой поверхностью, колесо передает ему значительные статические и динамические нагрузки. В результате этого в зонах соприкосновения колес с рельсами возникают большие контактные напряжения. В процессе торможения между колесами и колодками создаются большие силы трения, вызывающие нагрев обода, что способствует образованию в нем ряда дефектов. Удары колес на стыках рельсов могут вызвать появление трещин в ободу.

Металл обода поэтому должен обладать большой прочностью, ударной вязкостью и износостойкостью; металл ступицы и диска – необходимой вязкостью (упругостью). Ободья колес для удовлетворения указанным требованиям подвергают после механической обработки упрочняющей термической обработке путем прерывистой закалки и отпуска.

Поверхность обода колеса, соприкасающаяся с рельсом, (рабочая поверхность колеса) называется *поверхностью катания*. Поверхность катания обеспечивает устойчивое положение колесной пары на рельсовой

наклона наружной грани гребня увеличен до 65° . В результате таких изменений повышается устойчивость движения колесной пары, снижаются контактные напряжения, уменьшается износ гребня и повышается срок службы колес. Плавность хода вагонов с колесами, имеющими такой профиль, значительно выше, чем вагонов с колесными парами, имеющими обычный стандартный профиль.

Диаметр колеса, толщину обода и прокат ввиду конической поверхности обода измеряют по кругу катания – в плоскости, находящейся на расстоянии 70 мм от внутренней боковой поверхности обода.

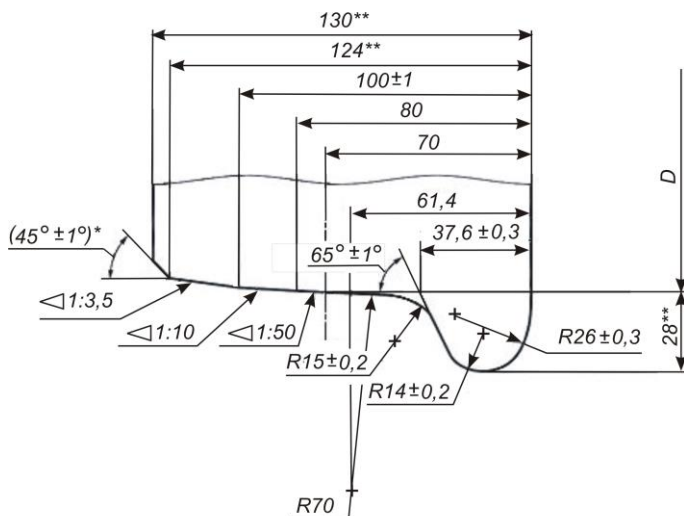


Рисунок 1.29 – Объединенный профиль поверхности катания колеса

Толщина обода, поверхность которого в эксплуатации интенсивно изнашивается, определяет срок службы колеса. Новое колесо имеет номинальный размер толщины обода 73,5 и 77,5 мм в зависимости от варианта конструктивного исполнения. Такая толщина обеспечивает возможность по мере износа многократно обтачивать обод колеса, восстанавливая стандартный профиль поверхности катания, до тех пор, пока толщина обода не уменьшится до предельно допустимой по условиям прочности. Контролируемые параметры обода колеса приведены на рисунке 1.30.

Для контроля минимальной толщины обода колес скоростных вагонов ($v_k \geq 200$ км/ч) на наружном торце обода наносится кольцевая проточка в виде канавки (рисунок 1.31).

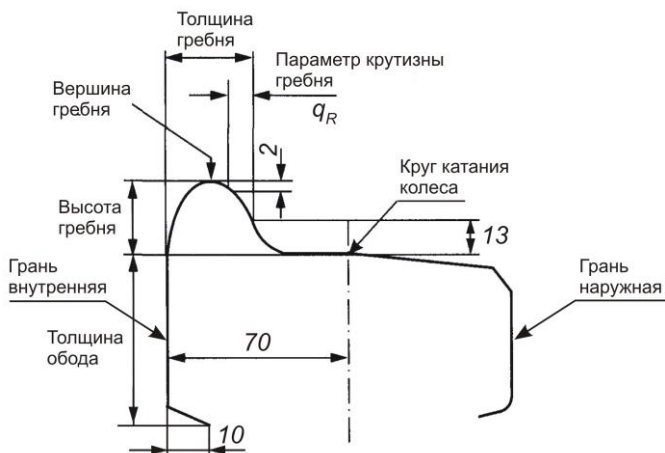


Рисунок 1.30 – Контролируемые параметры обода колеса

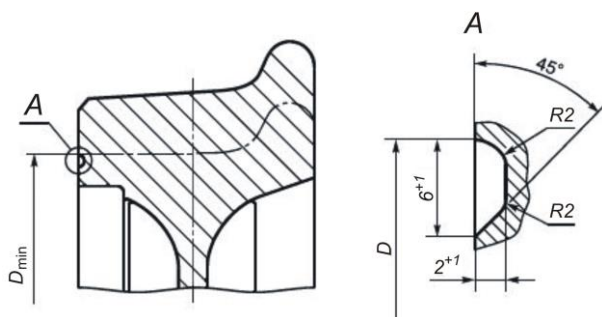


Рисунок 1.31 – Кольцевая проточка

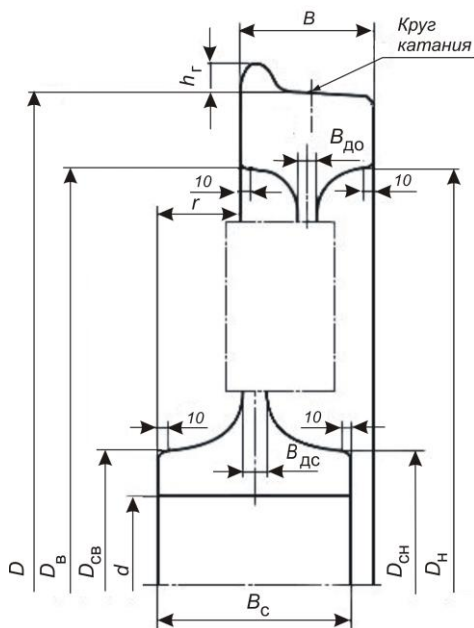
Размеры колес. Обозначения основных размеров колес приведены на рисунке 1.32.

Отметим, что высоту гребня h_r измеряют от его вершины до горизонтальной линии, проходящей через точку пересечения круга катания с профилем.

Общими размерами для конструкций колес, показанных на рисунках 1.26, 1.27, являются размеры: $D = 957 \pm 7$ мм; $B = 130^{+3}$ мм; $h_r = 28_{-1}$ мм; $B_c = 190^{+10}$ мм; $r = 82^{+5}$ мм.

Рисунок 1.32 – Основные размеры колес:

D – диаметр по кругу катания;
 D_n , D_b – диаметр внутренней поверхности обода соответственно с наружной и внутренней стороны колеса; B – ширина обода; h_r – высота гребня;
 $D_{сн}$, $D_{св}$ – диаметр наружной поверхности ступицы соответственно с наружной и внутренней стороны колеса;
 d – диаметр отверстия ступицы колеса;
 B_c – длина ступицы колеса; r – расстояние от торцевой поверхности ступицы до боковой поверхности обода с внутренней стороны колеса; $B_{до}$, $B_{дс}$ – толщина диска соответственно у обода и ступицы колеса



Основные переменные геометрические размеры колес приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Основные размеры колес с плоскоконическим и криволинейными дисками

Обозначение показателя	Конструкция колес							
	1		2		3		4	
	Номинальный размер	Предельное отклонение	Номинальный размер	Предельное отклонение	Номинальный размер	Предельное отклонение	Номинальный размер	Предельное отклонение
D_n	810	-10	802	+8	802	+8	810	-10
D_b				-2		-2		
$D_{сн}$	263	±3	273	±3	285	+5	290	±3
$D_{св}$	263	±3	273	±3	273	±3	273	±3
d	175/190	-4	190/205	-4	190/205	-4	190/205	-4
$B_{до}$	19	+4	20	+4	19	+4	22	+4
$B_{дс}$	24	+4	25	+6	25	+4	25	+6

Как следует из таблицы 1.5, размеры диаметров отверстия ступицы d для колес с плоскоконическим и криволинейными ободьями различаются.

Для колес грузовых вагонов с осевой нагрузкой до 230,5 кН (23,5 тс) и пассажирских вагонов с конструкционной скоростью до 200 км/ч диаметр отверстия ступицы должен быть 190 мм. Увеличенный до 205 мм диаметр отверстия ступицы используют для колес грузовых вагонов с осевой нагрузкой более 230,5 кН (23,5 тс) и до 264,9 кН (27,0 тс). Допускается изготавливать колеса для вагонов с осевой нагрузкой до 230,5 кН (23,5 тс) диаметром ступицы 175 мм, а с осевой нагрузкой более 230,5 кН (23,5 тс) и до 264,9 кН (27,0 тс) включительно – 190 мм.

Диаметр отверстия ступицы колес других конструкций для колесных пар пассажирских вагонов с конструкционной скоростью более 200 км/ч, а также грузовых вагонов с осевой нагрузкой более 264,9 кН (27,0 тс), устанавливают в чертежах, согласованных с владельцем инфраструктуры.

Материалы, используемые для изготовления колес. Для изготовления колес грузовых вагонов предусмотрены *стали марок 2 и Т*, колес пассажирских вагонов – *стали марок 1, 2 и Л* (ГОСТ 10791–2011). Допускается применение стали других марок по специальным техническим условиям.

Сталь для колес выплавляется кислородно-конвертерным, мартеновским или электродуговым методами. Она должна быть подвергнута внепечной обработке и вакуумированию.

Характеристика марок стали для колес (содержание углерода и механические свойства) приведена в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Характеристика марок стали колес (сводная)

Марка стали	Содержание углерода, %	Временное сопротивление обода, Н/мм ²	Относительное удлинение (сужение) обода, %	Ударная вязкость КСU, Дж/см ²		Твердость обода на глубине 30 мм, НВ
				обода и диска при +20 °С	диска при -60 °С	
				не менее		
<i>1</i>	0,44–0,52	880–1080	12 (21)	30	20	≥ 248
<i>2</i>	0,55–0,63	910–1110	8 (14)	20	15	≥ 255
<i>Т</i>	0,62–0,70	≥ 1020	9 (16)	18	15	≥ 320
<i>Л</i>	0,48–0,54	≥ 930	12 (21)	30	20	280–320

Твердость ободьев колес в таблице 1.6 приведена после упрочняющей термической обработки.

При выборе марок сталей, используемых для изготовления колес пассажирских и грузовых вагонов, учитываются особенности их эксплуатации.

Условия эксплуатации пассажирских вагонов характеризуются высокими скоростями движения, частыми и интенсивными торможениями, в результате чего на поверхности катания колес появляются участки с измененной структурой. Поэтому для колес пассажирских вагонов локомотивной тяги, предусмотрены стали, менее склонные к закалке – *сталь марки 1* с содержанием углерода 0,44–0,52 % и *сталь марки Л* с содержанием углерода 0,48–0,54 %. Колеса же грузовых вагонов, особенно с увеличенной осевой нагрузкой, работают в условиях более высоких напряжений в контакте колеса и рельса, поэтому для таких колес применяют сталь с увеличенным содержанием углерода – *сталь марки Т*.

Сталь марки 2 – универсальная – используют для колес грузовых вагонов с осевой нагрузкой не более 230,5 кН и колес пассажирских вагонов с конструкционной скоростью не более 160 км/ч.

Колеса, выполненные из сталей марок *Т* и *Л* с твердостью обода до 320 НВ включительно, имеют повышенную износостойкость.

Область применения колес. Область применения колес для пассажирских и грузовых вагонов в соответствии с требованиями, предъявляемыми к ним при изготовлении, указана в таблицах 1.7 и 1.8 соответственно.

Таблица 1.7 – Область применения колес пассажирских вагонов

Конструкционная скорость v_k , км/ч	Допускаемые марки стали	Класс точности	Категория по дефектам и загрязненности	Виды дополнительной обработки	Конструкция колес
$v_k \leq 160$	<i>1, 2, Л</i>	2	<i>В</i>	–	С плоскоконическим и криволинейными дисками
$160 < v_k \leq 200$	<i>1, Л</i>	1	<i>А</i>	П, Б	С плоскоконическим диском
$v_k > 200$	<i>Л</i>				

Таблица 1.8 – Область применения колес грузовых вагонов

Максимальная осевая нагрузка, кН (тс)	Допускаемые марки стали	Класс точности	Категория по дефектам и загрязненности	Конструкция колеса
230,5 (23,5)	<i>2, Т</i>	2	<i>В</i>	С плоскоконическим диском
245,3 (25,0)	<i>Т</i>	2	<i>В</i>	С криволинейными дисками
264,9 (27,0)				
294,3 (30,0)				

Колеса класса точности изготовления 1 используют только для колесных пар пассажирских вагонов с $v > 160$ км/ч.

Условное обозначение колеса. Схема условного обозначения колеса показана на рисунке 1.33. Например, обозначение для колеса диаметром по кругу катания 957 мм, с отверстием ступицы диаметром 190 мм, из стали марки 1, категории дефектов при УЗК и уровню загрязненности стали А, класса точности 1, изготовленного по ГОСТ 10791–2011 и по чертежу, имеет вид: *Колесо 957 – 190 – 1 – А – 1 ГОСТ 10791-2011 – обозначение чертежа*

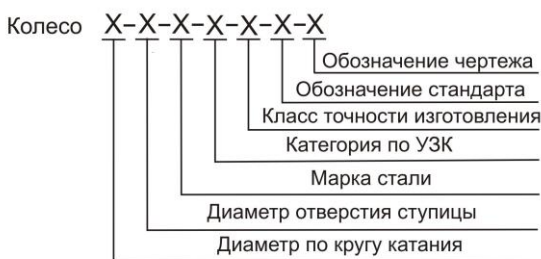


Рисунок 1.33 – Схема условного обозначения колеса

Технические требования к колесам. Колеса изготавливают в соответствии с требованиями ГОСТ 10791–2011 по утвержденной технологической документации из непрерывнолитых заготовок или слитков.

Колеса должны быть без флокенов, расслоений, трещин, корочек, остатков усадочных раковин и недопустимых ликваций.

При ультразвуковом контроле внутренних дефектов колес не допускаются дефекты, амплитуда эхо-сигналов от которых равна или превышает амплитуду эхо-сигналов от эталонного плоскодонного отражателя, расположенного в том же месте относительно ультразвукового преобразователя, что и дефект.

Загрязненность стали ободьев колес неметаллическими включениями не должна превышать значений, указанных в ГОСТ 10791–2011.

Ободья колес подвергают упрочняющей термической обработке путем закалки и отпуска.

Механические свойства стали колес, подвергнутых упрочняющей термической обработке, должны соответствовать значениям, указанным в таблице 1.6.

Поверхность колес должна быть без дефектов в виде плен, закатов, трещин, раскатанных загрязнений. Для устранения дефектов допускается механическая обработка поверхностей, которую проводят как до, так и после термической обработки, но перед операцией упрочнения дисков дробью.

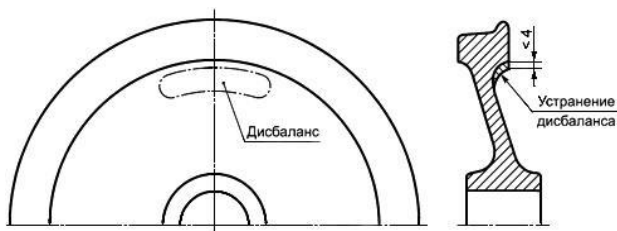
Окалина на поверхности дисков и переходов диска в обод и ступицу колес не допускается. На остальных поверхностях допускается неотделяющаяся пленка окислов.

Колеса, предназначенные для эксплуатации в колесных парах пассажирских вагонов локомотивной тяги с конструкционной скоростью более 160 км/ч, подвергают проверке на остаточный дисбаланс. Поскольку они являются основным источником дисбаланса колесной пары ввиду того, что дисковая часть колес не проходит механическую обработку.

Допускаемый остаточный дисбаланс колес в зависимости от конструкционной скорости не должен превышать значений: 125 г·м – для $100 < v_k \leq 160$ км/ч; 75 г·м – для $160 < v_k \leq 200$ км/ч; 50 г·м – для $v_k > 200$ км/ч.

Корректировку дисбаланса проводят удалением металла в месте перехода диска в обод с внутренней стороны колеса (рисунок 1.34).

Рисунки 1.34 – К корректировке дисбаланса колеса



На каждое колесо наносят маркировку.

Диски колес должны быть подвергнуты упрочнению дробью. Упрочнению дробью подвергают колеса, прошедшие термическую обработку, на окончательном этапе изготовления колес или перед нанесением антикоррозионного покрытия.

Упрочнение поверхности дисков колес производят на специализированных дробеметных или дробеструйных установках. Обработке дробью подвергают поверхность диска и зоны перехода диска в обод и ступицу с наружной и внутренней сторон колес.

Предел выносливости диска колес для колесных пар грузовых и пассажирских вагонов локомотивной тяги при усталостных испытаниях с циклическим нагружением коэффициентом асимметрии 0,1 на базе пяти миллионов циклов должен составлять, кН, не менее: 400 – для вагонов с осевой нагрузкой 230,5 кН (23,5 тс); 450 – с осевой нагрузкой 245,3 кН (25 тс); 510 – с осевой нагрузкой 264,9 кН (27 тс); 600 – с осевой нагрузкой 294,3 кН (30 тс).

Трещиностойкость (вязкость разрушения), МПа, м^{1/2}, стали обода колеса на расстоянии 20 мм от поверхности катания при статическом нагружении должна составлять, не менее: 50 – для подвижного состава с кон-

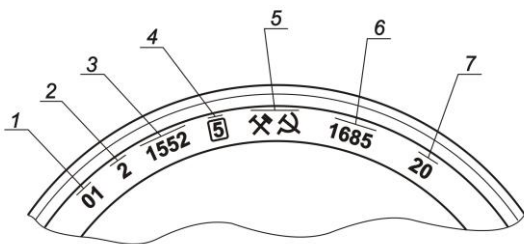
струкционной скоростью до 200 км/ч; 70 – для подвижного состава с конструкционной скоростью более 200 км/ч.

Маркировка колес. На каждое изготовленное колесо наносят маркировку. Специальные знаки и клейма наносят в горячем состоянии на боковую поверхность обода колеса с наружной стороны в следующем порядке (рисунок 1.35):

- год изготовления (две последние цифры);
- марка стали колеса;
- номер плавки;
- условное обозначение предприятия-изготовителя (номер или торговая марка);
- приемочные клейма заказчика (наносятся на специальной площадке с углублением для клейм);
- порядковый номер колеса по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- дополнительный код, обозначающий собственность колес и наносимый на площадках в двух местах: первое клеймо – на расстоянии 150–200 мм от основной маркировки, второе – с противоположной стороны.

Изменение порядка маркировки не допускается.

Гарантии изготовителя. Изготовитель гарантирует соответствие колес требованиям ГОСТ 10791 при соблюдении условий эксплуатации, хранения, транспортирования и монтажа.



Рисунки 1.35 – Знаки и клейма на наружной грани обода колеса:

- 1 – год изготовления; 2 – марка стали колеса; 3 – номер плавки; 4 – условное обозначение предприятия-изготовителя; 5 – приемочные клейма; 6 – порядковый номер колеса; 7 – дополнительный код

Изготовитель гарантирует качество стали и отсутствие дефектов технологического происхождения на поверхности катания на весь срок службы колес со дня получения заказчиком. Изготовитель не несет ответственности за дефекты эксплуатационного происхождения типа ползунов, наваров и кольцевых выработок на поверхности катания колес.

Гарантийный срок эксплуатации чистой оси для железнодорожного подвижного состава составляет 8,5 года со дня формирования колесной пары.

Технологический процесс изготовления колес. Для изготовления колес используют стальные слитки массой 3,5–4,0 т. Слитки разрезают на мерные исходные заготовки (по 6–7 шт.), используя специальные пилы. На каждую заготовку (рисунок 1.36, а) ставятся клейма с номером плавки.

Последовательность процесса изготовления колес из полученных заготовок следующая (см. рисунок 1.36).

1 *Двухступенчатый нагрев заготовки под прокатку.* Последовательный нагрев заготовки до температуры 1000 и 1280 °С в двух кольцевых печах с вращающимся подом. Двухступенчатый нагрев позволяет сформировать необходимые структуру и свойства металла перед отправкой заготовки на прокатку. Затем заготовка поступает в камеру гидросбива окалины, где раскаленная заготовка окатывается водно-воздушной смесью. Приобретая в результате нагрева необходимые свойства, заготовка поступает последовательно на три прессы.

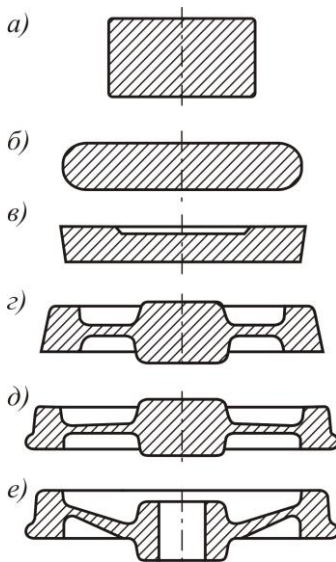
2 *Предварительное обжатие (осадка) нагретой заготовки* (см. рисунок 1.36, б) на гидравлическом прессе мощностью 2000 т до уменьшения ее высоты в два раза и удаление окалины.

3 *Окончательное обжатие заготовки в калибровочном кольце с разгонкой металла* (см. рисунок 1.36, в) фигурной плитой на гидравлическом прессе мощностью 5000 т.

4 *Предварительная формовка заготовки колеса* (см. рисунок 1.36, г) на гидравлическом прессе мощностью 10 000 т. Производится формовка ступицы колеса, предступичной части диска и предварительная формовка обода.

5 *Прокатка заготовки колеса* (см. рисунок 1.36, д). Раскатка на колесопрокатном шестивалковом стане заготовки по диаметру (раскатка диска у обода и обода), прокатка (выкатка) гребня и поверхности катания. В результате прокатки на стане формируется поверхность катания и гребень колеса. Температура колеса после прокатки 1020...1040 °С.

6 *Выгибка диска, прошивка отверстия ступицы* (см. рисунок 1.36, е) и *маркировка обода.* Гибку диска с целью формирования его геометрии производят усилием 30 МН на гидравлическом прессе мощностью 3500 т, имеющем верхний и нижний выгибные штампы.



Рисунки 1.36 – Техпроцесс изготовления колес

Одновременно на наружной грани обода колеса выштамповывают знаки и клейма.

7 *Изотермическая выдержка колеса* в специальных печах. В результате сталь освобождается от возможных примесей водорода, приобретая запланированные физико-механические, и избавляется от ненужных напряжений.

8 *Контроль основных размеров черного колеса.*

9 *Предварительная механическая обработка колеса* на станках с ЧПУ. Обработке подвергают поверхности обода и наружный торец ступицы.

10 *Контроль основных размеров колеса.*

11 *Термическая обработка ободьев колес.* Для получения требуемых физико-механических свойств ободья колес подвергают упрочняющей термической обработке путем закалки и отпуска. Для этого колеса загружают в кольцевые печи и нагревают до температуры аустенизации (*нагрев под закалку*). *Закалку* проводят в вертикальной закалочной машине. Нагретое колесо вращается в вертикальной плоскости. Одновременно его обод с трех сторон охлаждается водой, имеющей температуру 30...40 °С. Затем колеса с закаленной поверхностью катания подвергают *отпуску* в отпускных печах для снятия остаточных напряжений и получения необходимых свойств обода колеса. После этого колеса извлекают из печи и охлаждают.

Механические свойства стали колес, подвергнутых упрочняющей термической обработке, должны соответствовать значениям, указанным в таблице 1.6.

12 *Упрочнение дисков колес дробью* на специализированных дробеметных или дробеструйных установках, что позволяет повысить предел выносливости диска на 30–40 %. Обработке дробью подвергают поверхность диска и зоны перехода диска в обод и ступицу с наружной и внутренней сторон колес.

13 *Отбор проб* от каждой партии колес для проведения промежуточных испытаний.

14 *Окончательная механическая обработка колес* обода, внутренней грани ступицы и расточка ступицы, а также при необходимости и диска.

15 *Отбор проб* от каждой партии колес для проведения приемосдаточных испытаний.

16 *Окончательный контроль и испытания готовых колес.* Перечень контролируемых характеристик колес установлен приемосдаточными испытаниями. В процессе контроля готовых колес осуществляют проверку основных размеров и химического состава стали, определение твердости обода, выявление поверхностных дефектов, определение механических свойств металла партии колес. Выполняют механические и копровые испытания образцов. В обязательном порядке осуществляют ультразвуковой неразрушающий контроль внутренних дефектов элементов колес и контроль готовой продукции.

1.4 Формирование колесной пары

Формирование колесной пары – технологический процесс установки на ось двух колес и тормозных дисков. Посадка колес на ось должна производиться прессовым способом, тормозных дисков – прессовым или тепловым способом.

Соединение колеса с осью показано на рисунке 1.37.

Колеса и тормозные диски, насаженные на ось, удерживаются на ней благодаря наличию натяга Δ ,

$$\Delta = d_{\text{п}} - d_{\text{ст}},$$

где $d_{\text{п}}$ – диаметр посадочной поверхности оси;

$d_{\text{ст}}$ – диаметр отверстия ступицы колеса или тормозного диска.

Натяг – это разность между диаметрами посадочной поверхности оси $d_{\text{п}}$ и отверстия ступицы колеса или тормозного диска $d_{\text{ст}}$.

От величины натяга Δ существенно зависит прочность соединения колес и тормозных дисков с осью, а следовательно, надежность работы колесной пары и безопасность движения поездов: недопустимы как завышенные, так и заниженные натяги.

Рассмотрим, как производится установка на ось колес.

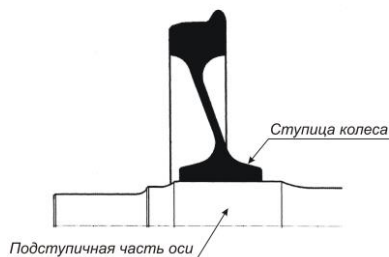
Подготовка колес и оси к запрессовке. Перед запрессовкой колеса должны быть подобраны по размеру диаметра ступицы, а ось – по диаметру подступичной части с учетом натяга.

Посадочные поверхности отверстий ступиц колес и подступичные части оси должны быть тщательно очищены, насухо протерты и покрыты ровным слоем натуральной олифы или термообработанного растительного масла (льняного, конопляного или подсолнечного).

Колеса и ось перед запрессовкой должны иметь одинаковую температуру. Допускается разница температур не более 10 °С при условии превышения температуры колеса над температурой оси (ГОСТ 4835–2013).

Запрессовка колес. Запрессовка на ось колеса производится на гидравлическом прессе со скоростью движения плунжера прессы не более 3 мм/с с записью процесса на бумажную ленту или компьютер.

Процесс запрессовки колес на ось выполняется следующим образом. Подготовленное колесо и ось подвешивают на балке прессы



Рисунки 1.37 – Соединение колеса с осью

так, чтобы геометрические оси отверстия ступицы, плунжера пресса и вагонной оси совпадали. Для обеспечения соосности колес и оси, а также защиты от повреждения шеек оси посадка колес на ось должна производиться с применением втулки. Конец оси вставляют в отверстие ступицы, а торец другого конца оси упирают в торец плунжера. Включают электродвигатель пресса, что обеспечивает продвижение плунжера с установленной скоростью (до 3 мм/с), что необходимо для качественной запрессовки. После посадки одного колеса ось поворачивается, и процесс повторяется.

Контроль качества запрессовки. Качество запрессовки – прочность соединения деталей с осью – проверяется по диаграмме запрессовки, которая показывает изменение усилия запрессовки по длине сопрягаемых поверхностей.

Основными контролируемыми параметрами диаграммы запрессовки являются:

- форма кривой;
- значения конечного усилия запрессовки $P_{зк}$;
- длина сопряжения L .

Прочность соединения деталей с осью проверяют по форме и длине диаграммы запрессовки и ее соответствию заданным конечным усилиям запрессовки;

Форма кривой нормальной диаграммы запрессовки – это плавно нарастающая по всей длине, несколько выпуклая вверх кривая (рисунок 1.38).

Значение конечного усилия запрессовки $P_{зк}$ на диаграмме определяется уровнем верхней точки кривой, соответствующей концу процесса запрессовки (см. рисунок 1.38).

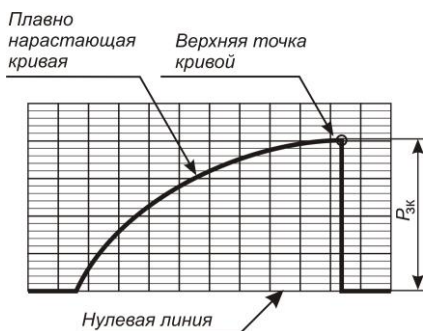


Рисунок 1.38 – Нормальная по форме диаграмма

При расположении диаграммы выше или ниже нулевой линии (рисунок 1.39) прессовая посадка не бракуется. Конечные усилия будут в этом случае определяться уровнем точки диаграммы, соответствующей концу запрессовки P_k с учетом величины смещения P_c (величины давления холостого хода) от нулевой линии.

Значения конечных усилий запрессовки и натягов колес различаются в зависимости от конструкционной скорости вагонов (ГОСТ

4835–2013). Например, для вагонов с конструкционной скоростью $v_k < 160$ км/ч

значения конечных усилий запрессовки колес на каждые 100 мм диаметра подступичной части оси должны быть в пределах 382,6–569,0 кН (39–58 тс) и 421,8–569,0 кН (43–58 тс) при шероховатости поверхности отверстия ступицы колеса соответственно $Rz \leq 20$ мкм и $Rz \leq 30$ мкм. Значения *натягов* колес на оси должны быть при этом в пределах от 0,10 до 0,25 мм.

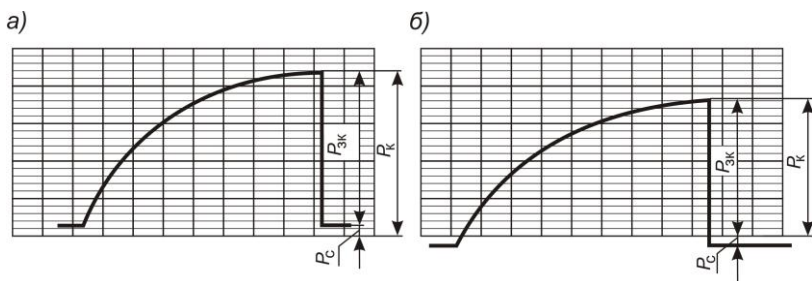


Рисунок 1.39 – Расположение диаграммы выше и ниже нулевой линии

Такие значения конечных усилий и натягов обеспечивают необходимую прочность соединения и не позволяют допустить перенапряжения в ступице колеса и подступичной части оси.

Длина сопряжения L на диаграмме определяется размером возрастающей ветви, т.е. расстоянием от начала до точки перехода в горизонтальную или наклонную прямую в конце (рисунок 1.40, а).

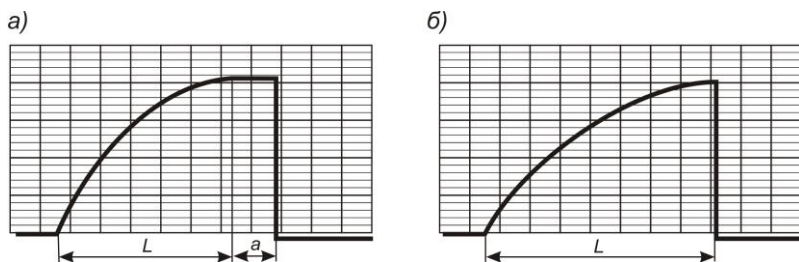


Рисунок 1.40 – Длина сопряжения L на диаграмме:

a – при наличии горизонтального участка a в конце кривой; b – при его отсутствии

Минимально допустимая длина сопряжения L , определяемая по диаграмме запрессовки, должна быть не менее $145i$, где i – масштаб диаграммы по длине (передаточное число индикатора) (ГОСТ 4835–2013). При отсутствии горизонтального или наклонного участка в конце диаграммы длина сопряжения равна ее длине (рисунок 1.40, б).

На каждую формируемую колесную пару индикатор вычерчивает две диаграммы – для левого и правого колес. Годные диаграммы хранятся 15 лет.

В случае получения неудовлетворительной диаграммы (по форме, длине сопряжения или несоответствию нормам конечного усилия запрессовки) прессовое соединение бракуют и распрессовывают.

Распрессованное колесо разрешается повторно насаживать на тот же или другой конец оси или на другую ось без дополнительной механической обработки оси при условии, что на посадочных поверхностях подступичной части оси и отверстия ступицы нет задиров.

Маркировка колесной пары. Маркировка в холодном состоянии наносится на каждую принятую службой технического контроля колесную пару.

На торце оси правой стороны колесной пары должны быть выбиты следующие знаки и клейма (рисунок 1.41, а):

- 1 – знак формирования (буква «Ф» в круге);
- 2 – клеймо службы технического контроля;
- 3 – условный номер предприятия, сформировавшего колесную пару;
- 4 – приемочные клейма представителя потребителя;
- 5 – дата формирования: месяц (римскими цифрами) и год формирования (арабскими цифрами);
- 6 – клейма, относящиеся к изготовлению оси.

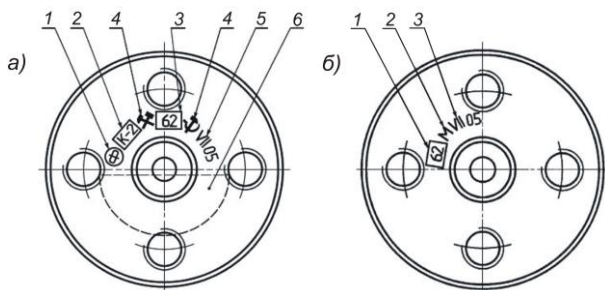


Рисунок 1.41 – Торцы оси правой (а) и левой (б) колесной пары с нанесенными знаками и клеймами

Правой стороной колесной пары считается сторона, на торце шейки которой выбиты знаки и клейма, относящиеся к изготовлению оси.

При монтаже буксовых узлов на предприятиях, которые не производят формирование колесных пар, знаки и клейма о производстве монтажа должны быть выбиты на торце левой шейки оси (рисунок 1.41. б):

- 1 – условный номер предприятия, производившего монтаж буксовых узлов;
- 2 – знак монтажа буксовых узлов;
- 3 – дата монтажа.

Расположение знаков и клейм на торце полой оси колесной пары для $v_k < 200$ км/ч должно соответствовать указанному на рисунке 1.42:

А – условный номер предприятия-изготовителя осей;

Б – месяц и год изготовления заготовки (ммгг);

В – порядковый номер оси с началом отсчета от D00001;

Г – клеймо контроля качества изготовителя чистой оси;

Д – товарный знак изготовителя осей;

Е – номер плавки;

Ж – марка стали и термическая обработка;

При сборке колесной пары:

З – символ метода сборки колес (прессовый метод);

И – товарный знак изготовителя колесных пар;

К – месяц и год изготовления колесной пары (ммгг);

Л – клеймо контроля качества изготовления колесных пар;

М – знак изготовления редуктора;

Н – клеймо приемщика-потребителя.

Колесные пары, подвергшиеся динамической балансировке, должны иметь клеймо «Б», которое выбивают в холодном состоянии на наружной боковой поверхности обода каждого колеса перед маркировкой, предусмотренной ГОСТ 10791.

Испытания колесных пар. Колесные пары подвергают приемо-сдаточным, периодическим и типовым испытаниям по ГОСТ 15.309 и испытаниям на подтверждения соответствия.

1.5 Основные контролируемые параметры колесной пары

Колесная пара обеспечивает непосредственный контакт вагона и пути. От точности геометрических размеров и других параметров колесной пары в значительной мере зависит безопасность движения и ходовые качества вагона. Поэтому **основные параметры новой колесной пары** (рисунок 1.43) регламентированы стандартом (ГОСТ 4835–2013).

У вновь изготовленной колесной пары контролируются следующие основные параметры:

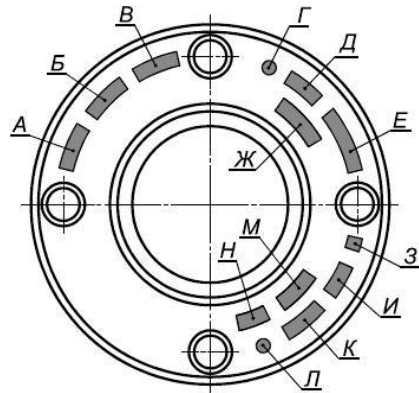


Рисунок 1.42 – Торцевая часть полой оси колесной пары с нанесенными знаками и клеймами

1 Расстояние между внутренними боковыми поверхностями ободьев колес в одной колесной паре (размер A). Это основной геометрический параметр колесной пары, определяющий безопасность движения вагона по рельсовому пути. Его определяют специальным измерительным инструментом, как разность наибольшего и наименьшего расстояний, измеренных в четырех точках, расположенных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (рисунок 1.44, *a*).

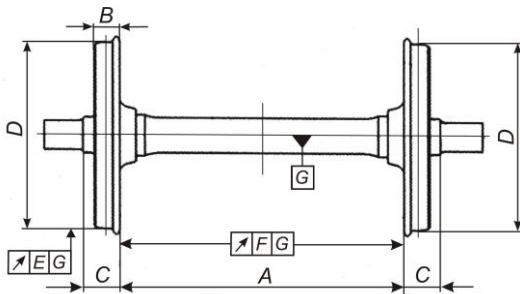


Рисунок 1.43 – Колесная пара (без букс, дисков и редуктора) с основными размерами:

A – расстояние между внутренними боковыми поверхностями ободьев колес; B – ширина обода колеса; C – расстояние между упорным торцом предподступичной части оси и внутренней боковой поверхностью обода колеса; D – диаметр колеса по кругу катания; E – допуск радиального биения круга катания колеса; F – допуск торцевого биения внутренней боковой поверхности обода колеса; G – геометрическая ось колесной пары

Размер A определяет величину зазора между гребнем колеса и рельсом, а следовательно, разбега (поперечного смещения) колесной пары в рельсовой колее.

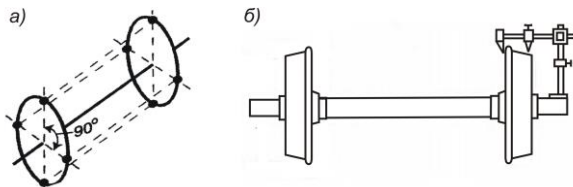
Поэтому для колес скоростных вагонов предусмотрены меньшие отклонения от номинального размера.

В результате уменьшения поперечного смещения колесной пары относительно рельсов снижаются боковые силы, передаваемые от колес на рельсы, износ колес и пути, сопротивление движению, повышается устойчивость колесной пары от схода с рельсов, улучшается плавность хода вагона.

Рисунок 1.44 – К определению размеров колесной пары: *a* – размера A ; *б* – отклонение от соосности круга катания колес

Рисунок 1.44 – К определению размеров колесной пары:

a – размера A ; *б* – отклонение от соосности круга катания колес



Для вагонов с неподвижно закрепленными колесами на колею 1520 мм $A = 1440_{-1}^{+2}$ мм – для колесных пар с конструкционной скоростью $v_k \leq 160$ км/ч,

$A = 1440 \pm 1$ мм – для колесных пар с $v_k > 160$ км/ч, на колею 1435 мм – $A = 1360 + 2$ мм.

Для вагонов с раздвижными колесами с $v_k < 200$ км/ч $A = 1360 + 2$ мм – на колею 1435 мм, $A = 1440 \pm 1$ мм – на колею 1520 мм.

2 *Разность расстояний между внутренними боковыми поверхностями ободьев колес* в одной колесной паре ΔA (разность размеров A).

Разность размеров A определяют как разность наибольшего и наименьшего расстояний, измеренных в четырех точках, расположенных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Для вагонов с конструкционной скоростью $v_k \leq 160$ км/ч ΔA должна быть не более 1,5 мм.

3 *Разность расстояний от внутренних боковых поверхностей ободьев колес до торцов предподступичных частей оси* ΔC (разность размеров C).

При напрессовке колес на ось возможна их неточная установка по отношению к торцам оси при строго выдержанном размере A . Для уменьшения неравенства размеров консолей в колесной паре обязательно регламентируется их разность.

Разность консолей ΔC колесной пары должна быть, не более:

- 3,0 мм – для вагонов с $v_k \leq 160$ км/ч;
- 2,0 мм – для вагонов с $160 < v_k \leq 200$ км/ч;
- 1,0 мм – для вагонов с $v_k > 200$ км/ч.

Чем меньше ΔC , тем более симметрично расположены колеса на оси и, следовательно, более равномерно передается нагрузка на буксы, колеса и рельсы.

Разность размеров C определяют аналогично разности размеров A , как разность наибольшего и наименьшего расстояний, измеренных в четырех точках, расположенных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

4 *Допустимые отклонения от номинального значения диаметра по кругу катания* D колес для колесных пар вагонов с конструкционной скоростью $v_k \leq 160$ км/ч должны соответствовать ГОСТ 10791, для вагонов с $v_k > 160$ км/ч – +2 мм.

5 *Разность диаметров колес по кругу катания* в одной колесной паре ΔD (разность размеров D).

Колеса, укрепленные на одной оси, должны иметь разность диаметров по кругу катания ΔD , не более:

- 1,0 мм – для колесных пар с $v_k \leq 160$ км/ч;
- 0,5 мм – для колесных пар с $160 < v_k \leq 200$ км/ч;
- 0,3 мм – для колесных пар с $v_k > 200$ км/ч.

Чем меньше ΔD , тем меньше перекося колесной пары и меньше интенсивность проскальзывания колес по рельсам при движении.

Размеры диаметров (абсолютные) и разности диаметров определяют как среднее арифметическое результатов не менее трех измерений в точках, равноудаленных по соответствующим окружностям (ГОСТ 4835–2013).

6 *Отклонение от соосности круга катания колес относительно оси шеек* под буксовые подшипники для колесных пар вагонов с $v_k \leq 160$ км/ч должно быть не более 1 мм.

Отклонение от соосности круга катания колес вызывает перекося колес колесной пары. Чтобы ограничить этот перекося, на каждую пару колес задают допуск соосности относительно их общей базовой оси (геометрической оси колесной пары).

Отклонение от соосности круга катания колес в диаметральной измерении относительно базовой оси проверяют индикатором или средствами автоматического контроля (ГОСТ 4835–2013). Определяется разностью наибольшего и наименьшего из радиальных зазоров в одной плоскости при измерении от поверхности шейки или подступичной части оси до наружной поверхности обода колеса в плоскости круга катания (рисунок 1.44, б).

7 *Допуск радиального биения круга катания колес (величина E) относительно базовой оси G* (геометрической оси колесной пары) должен быть:

– 0,5 мм – для колесных пар вагонов с $160 < v_k \leq 200$ км/ч;

– 0,3 мм – для колесных пар вагонов с $v_k > 160$ км/ч.

Радиальное биение необходимо проверять индикатором или средствами автоматического контроля (ГОСТ 4835–2013).

8 *Допуск торцевого биения внутренних боковых поверхностей ободьев колес (величина F) относительно базовой оси G* должен быть:

– 0,5 мм – для колесных пар вагонов с $160 < v_k \leq 200$ км/ч;

– 0,3 мм – для колесных пар вагонов с $v_k > 160$ км/ч.

Торцевое биение, как и радиальное, проверяют индикатором или средствами автоматического контроля (ГОСТ 4835–2013).

9 *Остаточный динамический дисбаланс колесной пары*, предназначенной для вагонов с конструкционной скоростью более 140 км/ч, должен быть проверен на балансировочном стенде, который оборудован соответствующими измерительными датчиками и регистрирующей аппаратурой. Колесная пара базируется на призмы балансировочного станка по шейкам оси. Место и величина дисбаланса каждого колеса определяются в автоматическом режиме.

Значения остаточного динамического дисбаланса колесной пары определяют измерением динамического воздействия сил инерции вращающихся масс колесной пары с заданной скоростью вращения их значения и направ-

ления в плоскости колес. Полученные значения остаточного динамический дисбаланса колесной пары сравнивают с допускаемыми значениями.

Допускаемый остаточный динамический дисбаланс колесной пары должен быть не более:

- 25 кг·см – для вагонов с $140 < v_k \leq 160$ км/ч;
- 7,5 кг·см – для вагонов с $160 < v_k \leq 200$ км/ч;
- 5,0 кг·см – для вагонов с $v_k > 200$ км/ч.

При превышении допускаемого значения остаточного динамического дисбаланса его устраняют местной обточкой колеса с последующей повторной проверкой (ГОСТ 4835–2013).

1.6 Составные колеса

Типовыми вагонными колесами являются цельными, однако за рубежом достаточно широко применяются **составные колеса**.

Составные (бандажные) колеса состоят из колесного центра, бандажа (обода) и предохранительного (укрепляющего) кольца (рисунок 1.45).

В таких колесах проще реализовать требования, предъявляемые к металлу их составных частей. Так, металл обода колеса, обеспечивающего контакт с рельсом, должен обладать большой прочностью, ударной вязкостью и износостойкостью; металл ступицы и диска – необходимой вязкостью (упругостью).

В цельных колесах для удовлетворения указанным требованиям ободья после механической обработки подвергают упрочняющей термической обработке путем прерывистой закалки и отпуска.

В составном колесе *бандаж* можно вы-

полнять из стали повышенной прочности и твердости, а *колесный центр* – из более вязкой стали. При этом при достижении предельного износа в эксплуатации бандаж может быть заменен без смены колесного центра. Однако составные колеса по сравнению с цельными менее прочны и надежны, имеют большую массу, а формирование колесной пары при этом более трудо-

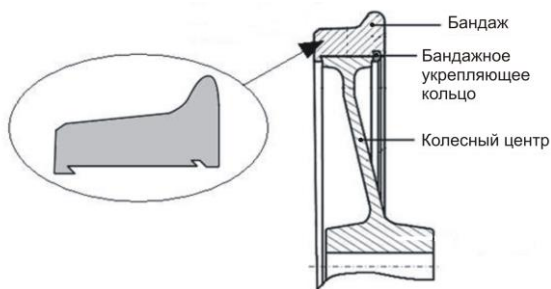


Рисунок 1.45 – Составное колесо

емко. Поэтому в практике вагоностроения наибольшее распространение получили конструктивно более надежные цельные колеса.

Составные колеса могут быть *цельностальными*, когда бандаж и колесный центр стальные, и с колесным центром *из алюминиевого сплава*. Недостатком составных стальных колес является то, что их масса примерно на 80 кг тяжелее стальных цельнокатаных. В то же время по данным зарубежных источников применение колес с колесным центром из алюминиевого сплава позволяет уменьшить массу колеса примерно на 25 %. Колеса с колесными центрами из алюминиевого сплава проходили испытания еще в 70-е годы в России и США.

Рассматривается возможность применения колесных центров *из армированных композитов*. Образцы таких колес были разработаны компанией Radsatzfabrik (ФРГ).

Составные колеса конструктивно выполняют в двух вариантах:

- колеса, у которых стальной бандаж непосредственно насажен на колесный центр (неподрессоренные колеса);
- упругие колеса (частично подрессоренные колеса).

С о с т а в н ы е у п р у г и е к о л е с а. Это колеса, в которых между бандажом и колесным центром размещают упругие резиновые элементы (колеса с резиновой амортизацией).

Колеса с резиновой амортизацией обеспечивают снижение шума, неподрессоренной массы и сил взаимодействия между колесом и рельсом. В то же время наличие резиновых элементов ограничивает осевую нагрузку и грузоподъемность подвижного состава.

Все варианты колес с резиновой амортизацией можно условно разделить на четыре группы [69]:

- с одним резиновым кольцом (рисунок 1.46, а);
- с двумя и более резиновыми кольцами (рисунок 1.46, б);
- с пневмоамортизацией (рисунок 1.46, в);
- полностью подрезиненное колесо (рисунок 1.46, г).

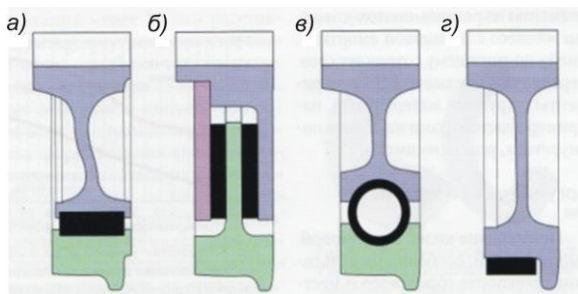


Рисунок 1.46 – Конструктивное исполнение колес с резиновой амортизацией

В конструкциях колес с одним резиновым кольцом радиальный упругий прогиб, вызываемый преимущественно силами сжатия амортизирующих устройств, не превышает, как правило, 1 мм.

У колес с двумя и более резиновыми кольцами радиальный упругий прогиб, обусловленный преимущественно силами сдвига амортизирующих устройств, может достигать 5 мм и более. Такие колеса можно использовать в тележках без первичного рессорного подвешивания.

В колесах с пневмоамортизацией между стальным ободом и колесным центром располагается пневматический элемент. Эти варианты колес получили ограниченное применение.

Колеса со сплошным резиновым ободом, контактирующим с рельсом, только в редких случаях способны воспринимать требуемую нагрузку.

Примером колес первой группы являются колеса с резиновой амортизацией типов *Bo 54* и *Bo 84* (рисунок 1.47), разработанные в техническом центре г. Бохум (Германия). Эти колеса состоят из двух стальных деталей (колесного центра *3* и бандажа *1*), между которыми находится упругое кольцо *2*, выполненное из отдельных резиновых элементов. Различаются они тем, что в конструкции колеса типа *Bo 54* (см. рисунок 1.47, *а*) резьбовые крепежные детали отсутствуют. В колесе типа *Bo 84* (см. рисунок 1.47, *б*) имеется запорное кольцо *4* бандажа, которое для дополнительной страховки крепится к диску болтами *5*. Такое соединение надежно удерживает все детали колеса. Поэтому колеса типа *Bo 84* получили широкое распространение, в том числе их применяли на высокоскоростном подвижном составе.

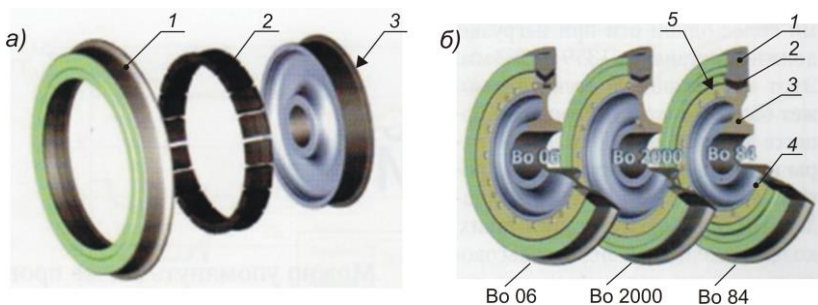


Рисунок 1.47 – Конструкции колес с одним резиновым кольцом:
а – типа *Bo 54*; *б* – типов *Bo 06*, *Bo 2000* и *Bo 84*

К колесам второй группы можно отнести колеса болтовой и сварной (безболтовой) конструкции (рисунок 1.48). Колесо, показанное на рисунке 1.48, *а*, применялось в вагонах метрополитена. В этом колесе упругие элементы в виде восьми резиновых вкладышей *б* (расположенных в два ряда и образующих условно два кольца) размещены между центральным диском *7*

и колесным центром 11. Нажимная шайба 3 фиксируется штифтами 4 и болтами 5. Однако болтовое крепление элементов недостаточно надежно. В плане надежности более предпочтительна сварная конструкция упругого колеса (рисунок 1.48, б).

Примером колес третьей группы может служить колесо, показанное на рисунке 1.49.

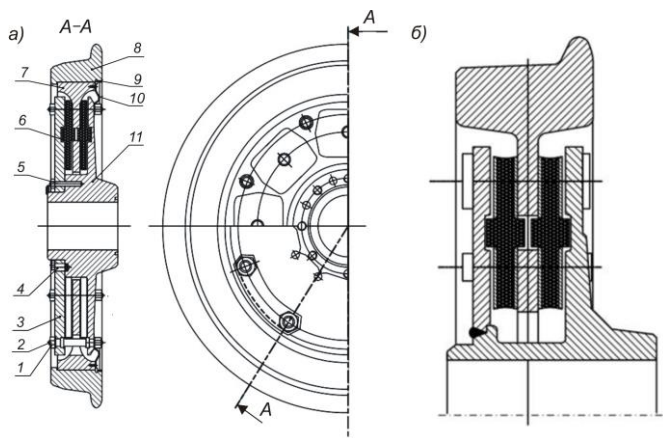


Рисунок 1.48 – Конструкции колес с двумя резиновыми кольцами:

а – болтовой конструкции; *б* – сварной конструкции;

1 – гайка; 2 – шпилька; 3 – шайба нажимная; 4 – штифт; 5 – болт; 6 – резиновый вкладыш;

7 – центральный диск; 8 – бандаж; 9 – предохранительное кольцо; 10 – шунт;

11 – колесный центр

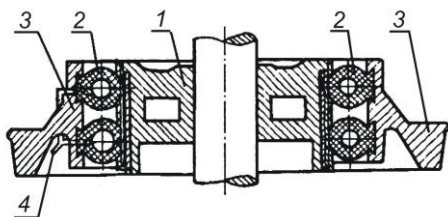


Рисунок 1.49 – Упругое колесо с пневматическими шинами:

1 – колесный центр; 2 – шина пневматическая;

3 – бандаж; 4 – кольцо металлическое

Колеса с резиновым амортизатором и колесным центром из алюминиевого сплава. Это колеса с промежуточным амортизирующим элементом между алюминиевым колесным центром и стальным бандажом. Применение таких колес, имеющих меньшую массу, чем аналогичные цельнокатанные, весьма актуально.

В Германии было создано колесо типа ВА65 диаметром 920 мм с колесным центром из алюминиевого сплава [68]. Сравнительная характери-

стика геометрии колеса типа ВА65 с колесным центром из алюминиевого сплава и из стали показана на рисунке 1.50. Бандаж 2 и резиновые кольца 3 у этих колес идентичны, изменилась геометрия диска 5. В колесе с центром из алюминиевого сплава она плоская. Алюминиевый диск – плоский с закруглениями большого радиуса. Закрепление бандажного запорного кольца 1 в колесном центре выполнено сквозной шпилькой 4. Для изготовления колесного центра используется сплав AlMgSiCu, имеющий наиболее высокую прочность. Бандажное кольцо катают из сплава AlMgSi.

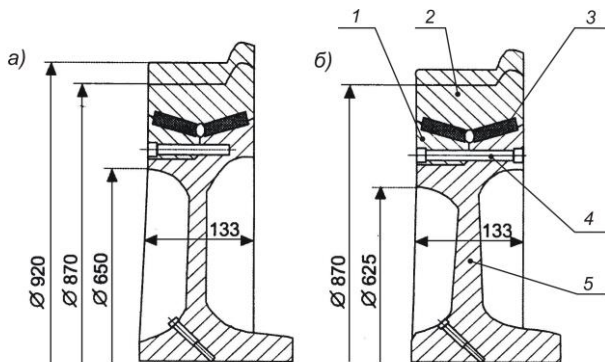


Рисунок 1.50 – Колеса типа ВА65 с колесным центром, выполненным из алюминиевого сплава (а) и из стали (б)

1.7 Колесные пары для высокоскоростного подвижного состава

Совершенствование конструкции колесных пар высокоскоростных поездов осуществляется по следующим основным направлениям [70]:

- разработка новой конструктивной схемы с оптимизацией формы колес для повышения сопротивляемости механическим нагрузкам и создания условий для оптимизации тормозной системы;

- повышение безопасности за счет улучшения конструкции колесных пар в целях обеспечения удобства осмотра, контроля, обнаружения дефектов и наблюдения за их развитием;

- улучшение экологических характеристик за счет снижения уровня шума при движении поездов;

- удлинение общего жизненного цикла колесных пар с целью снижения общих затрат на приобретение, эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт.

На рисунке 1.51 показана колесная пара поддерживающей (немоторной) тележки высокоскоростного поезда TGV.

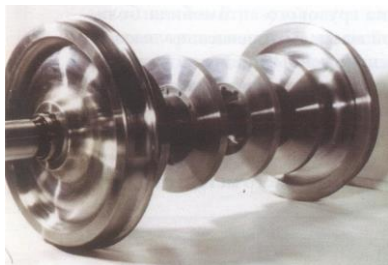


Рисунок 1.51 – Колесная пара поддерживающей тележки высокоскоростного поезда TGV

Колеса. Для высоких скоростей движения необходимо применять колеса, обладающие повышенной прочностью, особенно усталостной, возможно меньшей массой и малой шумностью.

Облегченные колеса. За рубежом для вагонов высокоскоростных поездов разработаны колеса с облегченным волнистым и равнонапряженным дисками.

Колеса с облегченным волнистым диском (рисунок 1.52, а) обладают повышенной сопротивляемостью напряжениям изгиба, возникающим под действием поперечных сил, и уменьшенной на 80 кг массой колеса с диаметром поверхности катания 920 мм.

Колеса с равнонапряженным диском (рисунок 1.52, б) относятся к облегченным малозумным колесам и используются для вагонов с дисковым тормозом. В колесах прежних конструкций поперечные силы, вызывающие появление больших напряжений изгиба в критических местах, создавали резкий перепад напряжений в месте перехода от диска к ступице. Положение этих критических мест зависело от конфигурации диска.

Новые колеса характеризуются плавным изменением толщины диска от ступицы к ободу. Равномерное распределение напряжений в диске позволяет исключить появление перепа-

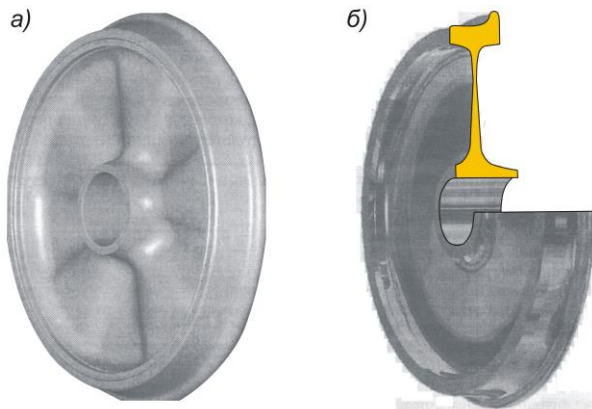


Рисунок 1.52 – Облегченные колеса:
а – с волнистым диском;
б – с равнонапряженным диском

дов и опасных концентраций напряжений, а также обеспечить рациональное использование материала. В результате обеспечиваются требуемые прочностные характеристики при одновременном уменьшении массы колеса. Так, общую массу колесной пары за счет применения колес новой конструкции удалось снизить на 100 кг.

Малозумные колеса. Шум считается одним из существенных факторов отрицательного воздействия на окружающую среду. Значение этого фактора еще более возрастает по мере повышения скоростей движения поездов. Анализ излучаемого шума показывает, что колеса являются одним из основных его источников. В диапазоне скоростей движения поездов от 80 до 300 км/ч доминирующим является шум от качения колеса по рельсу. Каждое колесо излучает шум в свойственном этому колесу спектре частот, определяемом конструкцией. В зависимости от конкретных особенностей конструкции преобладающие частоты шума лежат в диапазоне 1,0–6,3 кГц.

К малозумным относятся колеса, излучающие шум с преобладающей частотой менее 1 кГц. Излучаемый ими шум оказывает меньшее воздействие на окружающую среду, чем шум на более высоких частотах. К категории малозумных относятся колеса с шумопоглощающими накладками, составные упругие колеса, а также, как правило, колеса с равнонапряженными дисками.

Основным направлением снижения шума, излучаемого при качении колес по рельсам, является разработка шумогасящих конструктивных элементов, вводимых в конструкцию колес, и поиск эффективных вибропоглощающих материалов.

Колеса с поглотителями шума находят эффективное применение в высокоскоростных поездах. Колесными шумопоглотителями типов VSG и MAN-GHN на железных дорогах Германии были оборудованы высокоскоростные поезда семейства ICE. Эти устройства позволяют снизить уровень шума на 5–8 дБ в зависимости от скорости. В результате их применения уровень шума, создаваемого поездом ICE1 при скорости 280 км/ч, не выше, чем у поезда Intercity при скорости 200 км/ч. В высокоскоростных поездах семейства ICE используются шумопоглотители типа VSG и MAN-GHN.

Поглотители шума и вибраций типа VSG (рисунок 1.53) представляют собой несколько пластин из нержавеющей стали, разделенных прокладками из абсорбирующего (звукопоглощающего) материала на базе силиконовых смол. Комплект пластин и прокладок образует пакет, который крепится на общей монтажной пластине. Резонансные частоты поглотителей шума и вибраций настраиваются в соответствии с собственной частотой колебаний оснащаемых ими колес.

Колесная пара с колесными шумопоглотителями типа MAN-GHN показана на рисунке 1.54, а [72].

Колеса со звуковыми амортизаторами. В целях создания препятствий для распространения шума от колеса ему придается обтекаемая форма за счет закрытия диска двумя противозумными приспособлениями (так называемыми звуковыми амортизаторами) (рисунок 1.54, б) [70]. Такое решение эквивалентно шумозащитным стенкам-экранам, устанавливаемым вдоль пути. В ходе испытаний на высокоскоростном поезде TGV установлено, что использование звуковых амортизаторов позволяет снизить уровень шума на 6–7 дБ(А).

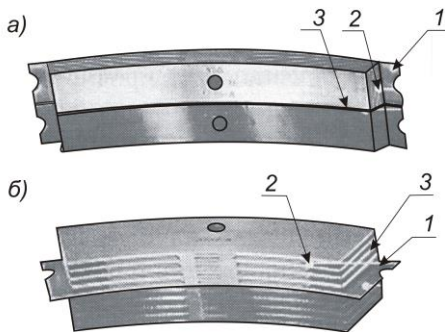


Рисунок 1.53 – Поглотители шума и вибраций:

a – осевой; *б* – радиальный;
 1 – монтажная пластина; 2 – поглощающая прокладка; 3 – пластина из нержавеющей стали

достигается за счет увеличения их массы приблизительно на 15 %.

Исследования на колесах высокоскоростных поездов семейства TGV показали, что за счет оптимизации формы обода можно снизить уровень шума от колес на 2,5 дБ(А) без увеличения их массы.

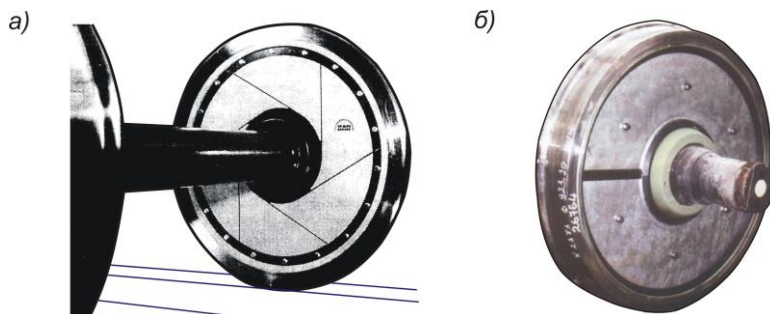


Рисунок 1.54 – Малошумные колеса:

a – с колесными шумопоглотителями типа MAN-GHN; *б* – со звуковыми амортизаторами

Составные упругие колеса. Одно из основных требований к высокоскоростному подвижному составу – снижение неподрессоренной массы. Одним из путей решения проблемы является использование в подвижном составе составных упругих колес. Такие колеса, характеризующиеся меньшей неподрессоренной массой и дополнительной (хотя и жесткой) ступенью поддрессирования между бандажом и колесным центром, уменьшают динамические нагрузки на путь и снижают уровень излучаемого шума.

В Германии разработаны два варианта составных колес с резиновыми амортизаторами (резиновыми демпферами), которыми были оборудованы высокоскоростные поезда семейства ICE (рисунок 1.55). Уровень создаваемого ими шума не выше, чем у цельных колес с шумопоглотителями. Уменьшаются также расходы на техническое обслуживание в течение срока службы. Однако эти колеса имеют более высокую стоимость, чем типовые.

Еще большее снижение неподрессоренной массы дает использование упругих колес с колесными центрами из алюминиевых сплавов, конструкция которых рассмотрена в подразд. 1.5.

Колеса с тормозными дисками. Не менее значимым является шум, излучаемый при торможении. Для снижения этого шума в высокоскоростных поездах отказались от колодочных тормозов в пользу дисковых, что позволило снизить уровень шума примерно на 10 дБ(А). Тормозные диски устанавливаются на средней части оси колесной пары (см. рисунок 1.3) или на диске колеса (см. рисунок 1.4). В колесных парах с тормозными дисками на колесах диски колес имеют отверстия для крепления с двух сторон тормозных дисков (рисунок 1.56, а).

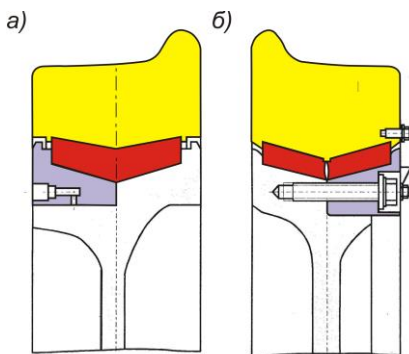


Рисунок 1.55 – Колеса с резиновыми демпферами компаний VSG (а) и MAN-GHN (б)

Для крепления и центрирования фрикционного диска на колесе, а также для передачи тормозного момента используются шлицевые пробки 7 и стяжные болтовые крепления 4 и 6 с противоразгрузочными втулками 5 (см. рисунок 1.56, б, в) [31].

Использование колесных дисков с отверстиями совместно с прифланцованными тормозными дисками позволило снизить уровень шума.

Оси. Оси колесных пар в силу своих конструктивных особенностей имеют существенно меньший потенциал совершенствования по сравнению с колесами. Возможности для улучшений значительно снижены ввиду имеющих разрывных и массовых ограничений.

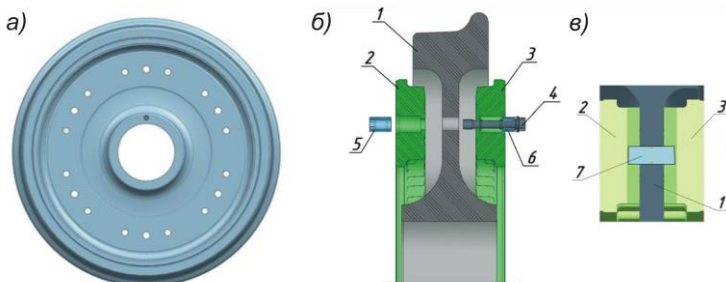


Рисунок 1.56 – Элементы крепления тормозных дисков на колесе:
a – колесо под тормозные диски ; *б, в* – крепление стяжными болтами и шлицевыми втулками;
1 – цельнокатаное колесо; *2* – наружный фрикционный диск; *3* – внутренний фрикционный диск; *4* – стяжной болт; *5* – противоусталостная втулка; *6* – втулочная гайка; *7* – шлицевая пробка

В качестве путей облегчения осей и, следовательно, колесных пар рассматривают использование:

- полых осей (рисунок 1.57), более трудных в изготовлении, но позволяющих существенно уменьшить массу оси;
- более прочных и термически обрабатываемых сталей, особенно в сочетании с новыми методами (например, клеевыми) закрепления на осях колес и тормозных дисков.

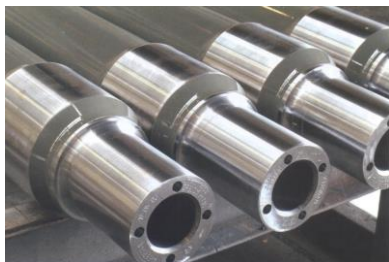


Рисунок 1.57 – Полые оси колесных пар, изготовленные компанией GHN-Bonatrans

1.8 Совершенствование конструкции, повышение надежности и улучшение взаимодействия колесных пар с рельсами

Колесная пара в эксплуатации подвергается суммарному воздействию эксплуатационных динамических, технологических (от закалки обода колеса), монтажных (от посадки колеса на ось) и тепловых (при наличии колодочного тормоза) нагрузок. Она является критическим элементом конструкции подвижного состава и поэтому к ней предъявляются высокие требования по прочности и надежности.

Современные условия эксплуатации, характеризующиеся увеличением скоростей движения и осевых нагрузок, делают весьма актуальными задачи дальнейшего совершенствования конструкции колесных пар, повышения надежности их работы и улучшения взаимодействия с рельсами.

Решение этих задач идет в направлениях совершенствования формы и размеров колес и осей; применения сталей новых марок с повышенными механическими характеристиками; улучшения качества металла осей и колес; совершенствования технологии изготовления элементов колесных пар и улучшения содержания колесных пар в эксплуатации.

Повышение надежности колесных пар. Работы по созданию колесных пар для вагонов нового поколения направлены на дальнейшее уменьшение контактно-усталостных дефектов и доведения ресурса колеса до 1,5 млн км пробега. Поэтому для колесных пар вагонов нового поколения разработаны конструкции осей и колес повышенной надежности.

Одно из важнейших направлений повышения надежности колесной пары – *улучшение качества осей и колес* обеспечивается изготовлением их из непрерывнолитой вакуумированной стали, в которой за счет многоступенчатой очистки удалось снизить ее газонасыщенность по кислороду и водороду, уменьшить загрязненность неметаллическими включениями. Улучшению качества способствует также применение технологии сплошного неразрушающего контроля внутренних и наружных дефектов. Отметим, что вакуумирование осевой стали увеличивает коэффициент запаса усталостной прочности шейки оси в 1,5 раза.

Колеса вагонов нового поколения – это колеса повышенного качества, твердости и ресурса. Твердость обода таких колес повышена до 320–360 НВ (твердость по Бринеллю) на глубине 30 мм от поверхности катания. Необходимость такого повышения обусловлена тем, что твердость колес эксплуатационного парка (см. таблицу 1.6) существенно уступает твердости рельсов (401 НВ), что способствует интенсивному износу колес и ускоренному их выходу из строя. Новые колеса имеют увеличенный межремонтный пробег при сниженном воздействии на путь. Стойкость колес с повышенной твердостью обода к возникновению дефектов выше, чем у стандартных колес.

Рассматривается вопрос увеличения межремонтного пробега за счет использования колес с регламентированной твердостью обода на глубине 50 мм (вместо 30 мм) не ниже 320 НВ.

Активно ведется работа по созданию колес для вагонов с повышенной осевой нагрузкой 245–294 кН (25–30 тс). В таких колесах термообработка ободьев должна гарантировать твердость в пределах 360–390 НВ.

Для повышенной осевой нагрузки разработаны колеса нового поколения:

- с криволинейным диском и повышенной твердостью обода;

- с повышенной износостойкостью из стали марки *Б*;
- из бейнитной стали для вагонов с нагрузкой на ось 245–265 кН (25–27 тс);
- из стали марки *С* с максимально возможным легированием;
- низконапряженной конструкции с нагрузкой на ось 245–294 кН (25–30 тс).

Колеса с криволинейным диском и повышенной твердостью обода характеризуются большей усталостной прочностью и эксплуатационной стойкостью по сравнению с колесами с плоскоконическим диском.

Колеса из стали марки Б имеют высокие характеристики износостойкости по всей глубине рабочего слоя обода вплоть до его предельного износа по толщине.

Колеса из бейнитной стали по комплексу свойств (сочетание прочности, пластичности и вязкости) не имеют аналогов в России. В ней практически не развиваются раковины и трещины. За счет этого колеса из бейнитной стали имеют больший срок службы.

Колеса из стали марки С позволяют получать требуемые характеристики твердости обода за счет максимально возможного легирования. Продолжается отработка режимов термообработки таких колес.

Колеса низконапряженной конструкции обладают меньшей (на 20–30 кг) массой. Это позволяет уменьшить неподрессоренную массу вагона. Выбранная форма диска обеспечивает низконапряженное состояние колеса от действия эксплуатационных нагрузок. Благодаря особенностям формы диска колеса обладают высоким сопротивлением усталости и имеют вдвое меньший уровень жесткости в радиальном направлении по сравнению со стандартными колесами с криволинейным диском.

Для пассажирских вагонов нового поколения разработаны колеса из микролегированной стали марки *Л*. Такие колеса имеют преимущества по стойкости стали к дефектам контактно-усталостного происхождения и по среднему ресурсу в 1,5 раза.

Ведутся работы по созданию высокотехнологичных колес для скоростных пассажирских вагонов.

Выполненные исследования показали, что добавка в сталь для колес ванадия увеличивает срок их службы на 30 %. В настоящее время эта сталь рекомендована к внедрению. Кроме того, разработаны и утверждены технические условия на выпуск колес из стали следующего поколения с карбонитридным упрочнением.

Рассматривается возможность *оборудования* тележек *литыми колесами*. Положительный опыт эксплуатации таких колес имеется на железных дорогах США и Канады. Технология отливки в форму более проста по сравнению с многостадийной технологией деформирования. На базе ОАО «ВНИИЖТ» был проведен комплекс сравнительных предварительных испытаний (лабораторных, стендовых и копровых) литых колес из сталей AAR C и AAR B (США) и цельнокатаных марки Т. Результаты выполненного сравнительно-

го анализа позволяют рассматривать литые колеса в качестве объекта для дальнейших испытаний с целью апробации применения литых колес на сети железных дорог РФ.

Нестационарный режим нагружения при вращении колесной пары вызывает в оси и колесах переменные напряжения с амплитудами изменяющейся величины, что требует *применения специальных мер, повышающих усталостную прочность оси и колес.*

Одним из перспективных путей повышения усталостной прочности вагонных осей является комбинированный способ поверхностного упрочнения, сочетающий закалку токами высокой частоты с поверхностным пластичным деформированием путем обкатывания роликами. Диски колес с целью повышения усталостной прочности подвергают дробеструйному наклепу. В колесах скоростных и высокоскоростных вагонах предусматривается возможность механической обработки всех поверхностей, включая дисковую часть колеса. Это позволит не только повысить усталостную прочность колеса, но и реализовать снижение величины допускаемого остаточного динамического дисбаланса.

Улучшение взаимодействия колесных пар с рельсами. Активно ведутся работы по совершенствованию профиля поверхности катания и формы диска, а также по созданию новых конструкций колес.

Совершенствование профиля поверхности катания обеспечивает снижение контактных напряжений, улучшение плавности хода и повышение устойчивости колесной пары на рельсах. Поэтому исследования по совершенствованию профиля колес продолжают постоянно. Для скоростных вагонов, к которым предъявляются повышенные требования по плавности хода, применяется *объединенный профиль* поверхности катания (см. рисунок 1.29). Улучшение плавности хода реализуется за счет введения в профиле дополнительной конусности 1:50, что позволило уменьшить частоту колебаний виляния, особенно существенных при больших скоростях движения. Эффективно применение *криволинейного профиля* поверхности катания, соответствующего приработанному (изношенному) очертанию. Такие профили, кроме уменьшения частоты колебаний виляния, обеспечивают также снижение контактных напряжений за счет увеличения поверхности контакта колес с рельсами.

Конструктивно цельнокатаные колеса отличаются в основном формой диска. *Форма диска* оказывает влияние на его упругость, массу и напряженное состояние колеса, а также на уровень шума.

В грузовых вагонах нового поколения, особенно зарубежных, широко используются колеса с криволинейным диском. *Криволинейный диск*, работая, как мембрана, существенно снижает динамические воздействия на путь, шейку оси и буксовый узел. Криволинейные диски обладают большим запасом усталостной прочности по сравнению с плоскоконическими дисками.

Это позволяет использовать их под вагонами с повышенными осевыми нагрузками. Эти колеса рассчитаны на осевую нагрузку до 294 кН (30 тс).

Для *высоких скоростей движения* применяют облегченные и малошумные колеса, обладающие повышенной прочностью (см. подразд. 1.7).

Для улучшения взаимодействия колесной пары и пути за счет снижения сил, обусловленных необрессоренными массами, улучшения плавности хода вагона и уменьшения шума разработаны конструкции составных *упругих колес*, рассмотренные в подразд. 1.6.

1.9 Основные термины и определения

Колесные пары. Колесная пара с неподвижными колесами, установленными на оси, – сборочная единица, состоящая из оси, неподвижно закрепленных двух колес, дисковых тормозов (при наличии), буксовых узлов и других деталей, которые не могут быть демонтированы без расформирования колесной пары (ГОСТ 4835–2013).

Колесная пара с подвижными колесами, установленными на оси, – сборочная единица, состоящая из оси, подвижных в осевом направлении двух колес, дисковых тормозов (при наличии), замковых механизмов для фиксации колес на оси, буксовых узлов и других деталей, которые не могут быть демонтированы без расформирования колесной пары (ГОСТ 4835–2013).

Колесный блок – сборочная единица, состоящая из двух независимых колесных узлов, прикрепленных к раме колесного блока с возможностью движения по колее постоянной ширины или со сменой ширины колеи (ГОСТ 4835–2013).

Колесная пара грузового вагона – элемент ходовой части (тележки) подвижного состава, состоящий из цельнокатаных колес, напрессованных в холодном состоянии на ось, и буксовых узлов, воспринимающий и передающий статическую и динамическую нагрузки от вагона на рельсы и служащий для направления его движения по рельсовому пути [25].

Формирование колесной пары – технологический процесс установки методом прессовой посадки на ось ступицы колес и (или) прессовой (тепловой) посадки на ось ступицы тормозных дисков (ГОСТ 4835–2013).

Вагонные колеса. Колесо цельнокатаное:

– колесо, изготавливаемое из цельной заготовки методом деформирования в нагретом состоянии (горячего деформирования) и состоящее из обода, диска и ступицы (ГОСТ 10791–2011);

– элемент колесной пары, состоящий из ступицы, диска и обода, передающий статические и динамические нагрузки от вагона на рельсы и обеспечивающий движение подвижного состава [25, 26].

Обод колеса:

– периферийная утолщенная часть колеса с поверхностью, имеющей специальный профиль, предназначенный для контакта с рельсом (ГОСТ 10791–2011);

– изнашиваемая часть цельнокатаного колеса, контактирующая с рельсом при движении подвижного состава [25, 26].

Поверхность катания обода колеса – поверхность специального профиля, обеспечивающая устойчивое положение колесной пары на рельсовой колее и определяющая направление движения подвижного состава [25, 26].

Гребень – часть обода колеса, удерживающая колесную пару от схода с рельсовой колеи [25, 26].

Ступица колеса или тормозного диска – центральная часть колеса или тормозного диска с отверстием для установки его на оси колесной пары (ГОСТ 10791–2011).

Тормозной диск – часть дискового тормоза, установленная на боковых сторонах диска колеса или ступицы тормозного диска (ГОСТ 10791–2011).

Диск колеса – часть цельнокатаного колеса, соединяющая ступицу с ободом [25, 26].

Вагонные оси. Ось – элемент колесной пары подвижного состава, представляющий собой цельную деталь круглого поперечного сечения, имеющую разные диаметры по длине в зависимости от частей и усилий, возникающих в них (ГОСТ 33200–2014).

Заготовка осевая – заготовка квадратного или круглого сечения, подвергаемая горячему деформированию и предназначенная для изготовления черновой оси (ГОСТ 33200–2014).

Черновая ось (профильная заготовка) – ось, полученная методом горячего деформирования из осевой заготовки, подвергнутая термической обработке, имеющая припуски для окончательной механической обработки и прошедшая неразрушающий контроль (ГОСТ 33200–2014).

Чистовая ось – ось, прошедшая окончательную механическую обработку, подвергнутая упрочнению поверхности накатыванием роликами и прошедшая неразрушающий контроль (ГОСТ 33200–2014).

Шейка оси – часть оси, служащая для размещения на ней подшипников [25, 26].

Подступичная часть оси – часть оси, на которую напрессовывают колесо [25, 26].

Предподступичная часть оси – часть оси, служащая переходом от шейки к подступичной части оси [25, 26].

2 БУКСОВЫЕ УЗЛЫ

2.1 Назначение, классификация и основные требования

Назначение и состав. Б у к с о в ы й у з е л – конструктивный узел колесной пары, предназначенный для соединения оси колесной пары с рамой тележки (напрямую или через систему подпрессоривания), передачи нагрузки от тележки на шейку оси и обеспечивающий вращение колесной пары. Он состоит из корпуса или адаптера, подшипников (или подшипника), элементов торцевого крепления, уплотнений и смазки.

Буксовые узлы установлены на шейках оси колесной пары и относятся к наиболее ответственным элементам ходовых частей вагона. Они преобразуют вращательное движение колесной пары в поступательное движение вагона, участвуют в передаче нагрузки от кузова на вращающиеся шейки осей, а также ограничивают продольные и поперечные перемещения колесной пары относительно рамы тележки при движении вагона. Буксовый узел неподрессорен и жестко воспринимает динамические нагрузки от рельсового пути, возникающие при движении вагона.

Надежная работа буксовых узлов во многом определяет безопасность движения поездов.

Основные функции буксовых узлов – обеспечение вращения колесных пар и восприятие большей части массы экипажа.

Классификация. Буксовые узлы классифицируют в зависимости от типа вагона – для грузовых и пассажирских вагонов и типа применяемых подшипников – с подшипниками качения или скольжения.

Буксовые узлы современных конструкций отечественных и зарубежных вагонов оборудованы исключительно *подшипниками качения*, работающими по принципу трения качения, что обусловлено их преимуществами перед подшипниками скольжения:

- существенное сокращение случаев грения букс в эксплуатации (в 10 раз меньше по сравнению с подшипниками скольжения);
- снижение сопротивления движению вообще и при трогании с места в частности в 7–10 раз;
- сокращение объема работ по обслуживанию букс в эксплуатации.

Как следствие, возможность увеличения скорости движения или массы поезда, что обеспечивает повышение пропускной и провозной способности железных дорог.

В подшипниках качения в качестве тел качения применяют шарики или ролики. Наибольшее распространение в отечественных и зарубежных вагонах получили подшипники качения, в которых в качестве тел качения используются ролики (цилиндрические или конические), т.е. роликовые цилиндрические или роликовые конические подшипники.

Буксовые узлы с подшипниками качения различаются:

- типом роликовых подшипников – цилиндрические, сферические и конические;
- методом посадки подшипников на шейку оси – втулочная, тепловая и прессовая;
- количеством подшипников на шейке оси – с одним, двумя или тремя подшипниками;
- типом торцевого крепления подшипников на шейке оси – креплением гайкой или шайбой;
- конструкцией корпуса – с опорами под рессорные комплекты (для пассажирских вагонов) и без опор под рессорные комплекты (для грузовых вагонов);
- наличием или отсутствием упругих элементов;
- наличием или отсутствием корпуса – корпусные (буксовые узлы типа А) и бескорпусные (буксовые узлы типа Б). В буксовых узлах типа А подшипники качения размещаются в корпусе буксы, в узлах типа Б функцию корпуса выполняет полубукса (адаптер), устанавливаемая непосредственно на конический подшипниковый узел.

Используют три вида посадки подшипников на шейку оси: втулочная, тепловая и прессовая.

Для установки подшипников на шейке оси в качестве основной используется холодная прессовая посадка. Для роликовых цилиндрических подшипников допускается применение тепловой посадки. Втулочная посадка, применявшаяся ранее для сферических подшипников, в буксовых узлах современных конструкций вагонов не используется.

Основные требования. Основными требованиями, предъявляемыми к буксовым узлам, являются: безотказность и долговечность работы в существующих условиях эксплуатации в течение установленных сроков службы; небольшая собственная масса; взаимозаменяемость и унификация деталей; простота выполнения монтажа и демонтажа узлов при ремонте и хорошая герметизация буксового узла.

Типы буксовых подшипников, применяемых в колесных парах различных типов, приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Типы буксовых подшипников, применяемых в колесных парах различных типов

Тип колесной пары	Типы применяемых подшипников	Габаритные размеры подшипников, мм	Тип нагружателя подшипника
<i>РУ1-957-Г,</i> <i>РУ1-957-П</i>	Роликовые цилиндрические	130×250×80	Корпус буксы
	Сдвоенные	130×250×160	
<i>РУ1Ш-957-П,</i> <i>РУ1Ш-957-Г</i>	Роликовые цилиндрические	130×250×80	
	Сдвоенные	130×250×160	
<i>РУ1Ш-957-П</i>	Конические марки « <i>Brenko</i> »	130×250×160	
<i>РУ1Ш-957-Г</i>	Конические марок « <i>Brenko</i> », « <i>Timken</i> » и <i>SKF</i>	130×250×160	
		130×250×160, 130×230×150	Адаптер
<i>РВ1Ш-957-П</i>	Конические марки « <i>Brenko</i> »	130×230×150	Корпус буксы
<i>РВ2Ш-957-Г</i>	Конические марок « <i>Brenko</i> », « <i>Timken</i> » и <i>SKF</i>	150×250×160	Адаптер
<i>РВ3Ш-957-П</i>	Конические марки « <i>Brenko</i> »	130×230×150	Корпус буксы

2.2 Типовые буксовые узлы с роликовыми цилиндрическими подшипниками

Конструкция типового буксового узла. Типовой буксовый узел – буксовый узел с двумя роликовыми цилиндрическими подшипниками размером 130×250×80 мм, которыми оснащаются пассажирские и грузовые вагоны эксплуатационного парка. Визуально буксовые узлы грузовых и пассажирских вагонов различаются конструктивным исполнением корпуса буксы.

Типовые буксовые узлы грузового (рисунок 2.1, *а*) и пассажирского (рисунок 2.1, *б*) вагонов устанавливают на колесные пары с осями типов РУ1 и РУ1Ш. На рисунке 2.1, *а* показан вариант установки буксового узла на ось типа РУ1, на рисунке 2.1, *б* – на ось типа РУ1Ш.

В состав типового буксового узла входят: корпус 1, два роликовых цилиндрических подшипника – передний 2 и задний 3, крепежная 8 и смотровая 9 крышки, лабиринтное кольцо 5, элементы уплотнения и торцевого крепления подшипников.

Примечание – Подшипник, расположенный у галтели шейки оси, называют задним, а у торца шейки – передним.

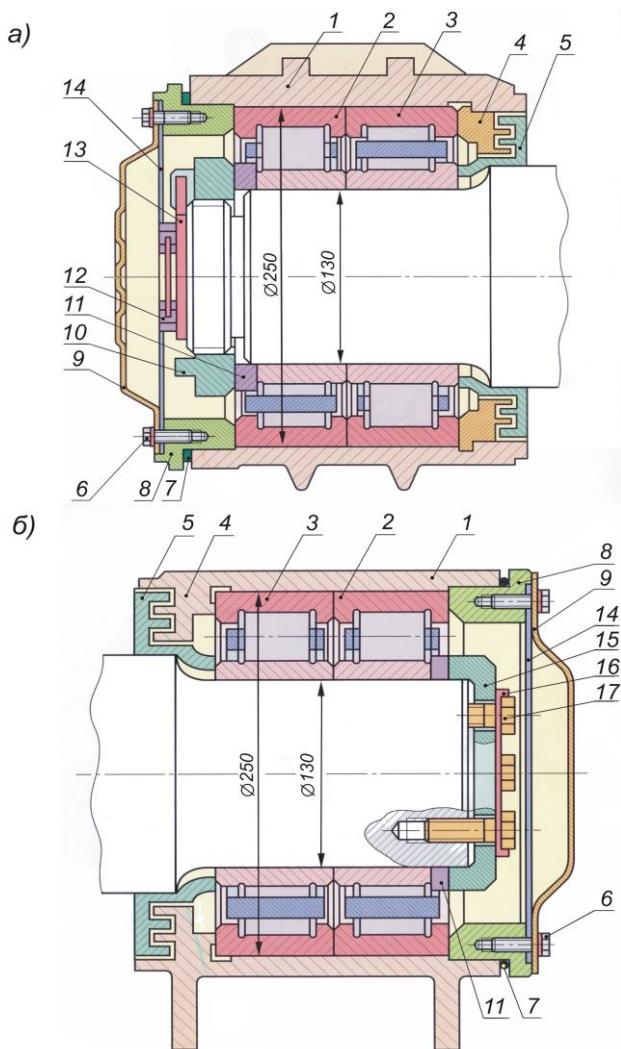


Рисунок 2.1 – Типовая букса вагона:

а – грузового; *б* – пассажирского;

- 1 – корпус буксы; 2, 3 – передний и задний подшипники; 4 – лабиринт отъемный корпуса буксы (*а*) или лабиринтная часть корпуса буксы (*б*); 5 – кольцо лабиринтное; 6 – болт М12 крышки смотровой с шайбой пружинной; 7 – кольцо резиновое уплотнительное; 8, 9 – крепительная и смотровая крышки; 10 – гайка торцевая М110; 11 – кольцо упорное переднего подшипника; 12 – болт М12 с шайбой пружинной и вязальной проволокой; 13 – планка стопорная; 14 – прокладка резиновая; 15 – шайба тарельчатая крепительная; 16 – шайба стопорная; 17 – болт М20 шайбы тарельчатой

Для герметизации буксового узла между корпусом и крепительной крышкой устанавливается уплотнительное резиновое кольцо 7, а между смотровой и крепительной крышками – резиновая прокладка 14.

Буксовые узлы различаются вариантами торцевого крепления подшипников на шейке оси – гайкой или шайбой. К элементам торцевого крепления в первом случае (см. рисунок 2.1, а) относятся корончатая гайка 10, стопорная планка 13 и два болта 12, крепящие планку, во втором (см. рисунок 2.1, б) – тарельчатая 15 и стопорная 16 шайбы, а также болты 17, закрепляющие шайбу. Все вновь изготавливаемые буксовые узлы имеют крепление подшипников шайбой. Крепление гайкой имеет место в буксовых узлах колесных пар вагонов эксплуатационного парка с осями типа РУ1.

Назначение и конструкция составных элементов. Корпус буксы предназначен для размещения элементов буксового узла и смазки, а также передачи нагрузки от тележки на колесную пару. Представляет собой опорный переходник замкнутой формы, устанавливаемый на наружные кольца роликовых подшипников (подшипника).

Конструкция корпуса буксы определяется схемой опирания рамы тележки на буксовый узел и различается также конструктивным оформлением лабиринтной части.

В вагонах применяют корпус букс двух типов:

– *цельные* – с направляющими пазами для челюстей боковой рамы тележки – для грузовых вагонов (рисунок 2.2);

– *бесцельные* – с опорными кронштейнами под пружины рессорных комплектов – для пассажирских вагонов (рисунок 2.3).

Корпуса букс могут быть *цельными* – когда корпус выполнен заодно целое с лабиринтной частью 4 (см. рисунок 2.1, б) и *составными* – с отъемной впрессованной лабиринтной частью 4 (см. рисунок 2.1, а). Лабиринтная часть корпуса буксы выполняет функцию уплотнения буксового узла.

Буксы грузовых вагонов имеют как цельные, так и составные корпуса, буксы пассажирских вагонов – цельные.

Корпуса букс (цельные) грузовых и пассажирских вагонов показаны на рисунках 2.2 и 2.3 соответственно.

В передней торцевой части корпусов букс грузового и пассажирского вагонов имеются резьбовые отверстия 1 под болты М20 для установки крепительной крышки. Лабиринтная часть корпуса 3, расположенная в его задней части, выполнена в виде двух кольцевых лабиринтных канавок 2.

Внутренняя часть корпуса имеет цилиндрическую поверхность Б, которая предназначена для посадки наружных колец подшипников.

Корпус буксы грузового вагона (см. рисунок 2.2) по бокам имеет приливы 4, которые образуют направляющие пазы, предназначенные для соединения с боковой рамой тележки. Внутренние боковые стенки Д приливов являются ограничителями боковых перемещений корпуса буксы относи-

тельно боковой рамы тележки. Ограничителями продольных перемещений служат упорные стенки Г ребер 6.

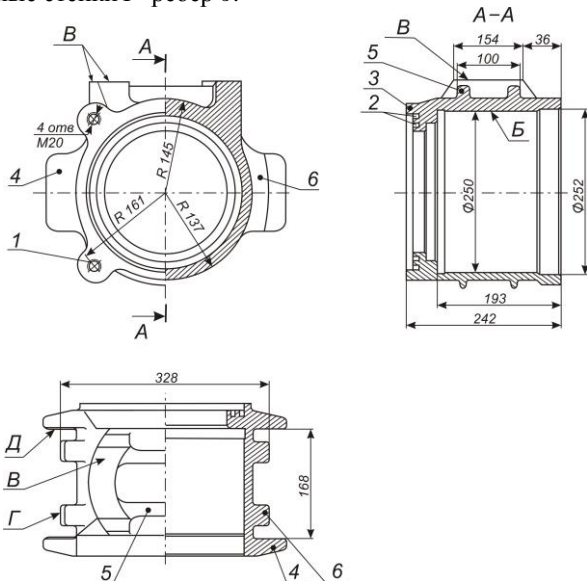


Рисунок 2.2 – Корпус буксы грузового вагона, выполненный за одно целое с лабиринтной частью:

- 1 – резьбовое отверстие M20; 2 – кольцевые лабиринтные канавки; 3 – лабиринтная часть;
- 4 – прилив; 5, 6 – ребра; Б, В – опорные поверхности под подшипник и под боковую раму;
- Г – упорные стенки ограничителей продольных перемещений;
- Д – ограничители боковых перемещений

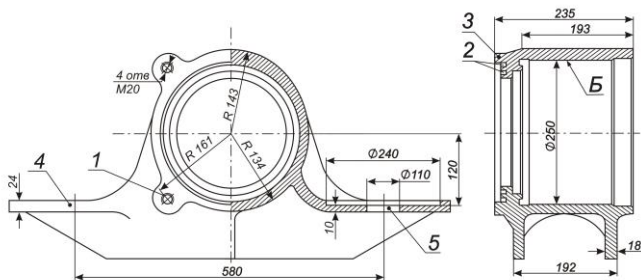


Рисунок 2.3 – Корпус буксы пассажирского вагона:

- 1 – резьбовое отверстие M20; 2 – кольцевые лабиринтные канавки; 3 – лабиринтная часть;
- 4 – кронштейн; 5 – отверстие; Б – опорная поверхность под подшипник

Верхняя поверхность *B* корпуса является опорной под боковую раму тележки. Ребра 5, расположенные в верхней части корпуса над серединами подшипников, существенно повышают жесткость корпуса в зоне ребер и обеспечивают тем самым равномерное распределение нагрузки между роликами и вдоль образующей роликов и колец.

Корпус буксы изготавливают из конструкционной нелегированной стали марки 15Л К20 по ГОСТ 977. Допускается применение других марок стали по согласованию с заказчиком.

Корпус буксы пассажирского вагона (см. рисунок 2.3) в нижней части с обеих сторон имеет кронштейны 4 с отверстиями 5 для шпинтонов рамы тележки. На кронштейны опираются пружины буксового подвешивания, а на них – рама тележки. Корпус буксы выполнен как единое целое с лабиринтной частью. Для обеспечения рационального распределения нагрузки на ролики подшипников свод корпуса букс имеет переменное сечение, что позволяет снизить нагрузку на центральные ролики. Буксу с корпусом такой конструкции называют иногда «букса-балансир».

В верхней части корпуса буксы с наружной стороны делается несквозное отверстие с резьбой М16×1,5 для установки термодатчика системы контроля температуры нагрева букс (СКНБ) при движении поезда. В нижней части корпуса буксы предусмотрены два дренажных отверстия диаметром 16 мм.

Корпус буксы изготавливают из конструкционной нелегированной стали марки 15Л по ГОСТ 977. Допускается применение других марок стали по согласованию с заказчиком

Л а б и р и н т н о е к о л ь ц о (рисунок 2.4, *a*) – элемент уплотнения буксового узла, размещаемый на предподступичной части оси и предотвращающий проникновение в корпус буксы воды, пыли и грязи.

Лабиринтное кольцо имеет две кольцевые канавки. Вращаясь вместе с осью, кольцо образует с неподвижной лабиринтной частью корпуса *четырёхкамерное бесконтактное уплотнение* (см. рисунок 2.1). Бесконтактность уплотнения обеспечивается тем, что кольцевые выступы лабиринтной части корпуса входят с зазорами в кольцевые канавки лабиринтного кольца. Кроме герметизации корпуса с внутренней стороны, кольцо служит упором для внутреннего кольца заднего роликового подшипника и фиксирует положение корпуса буксы на оси. Кольцо лабиринтное изготавливают из сталей марок: ОС – по ГОСТ 4728; Ст3 сп, Ст5 пс, Ст5 сп – по ГОСТ 535 и 10, 35, 40 – по ГОСТ 1050.

Кольцо запрессовывают на предподступичную часть оси или насаживают в горячем состоянии при температуре 125...150 °С. После остывания кольцо удерживается на оси за счет натяга 80–150 мкм.

К р е п и т е л ь н а я к р ы ш к а (рисунок 2.4, *б*) герметизирует совместно с резиновым уплотнительным кольцом корпус буксы с наружной стороны, фиксирует наружные кольца подшипников в буксе и осуществляет

передачу осевых нагрузок на корпус. Устанавливается в переднюю торцевую часть корпуса буксы и закрепляется болтами М20. Крышка изготавливается из стали марки Ст3 по ГОСТ 535.

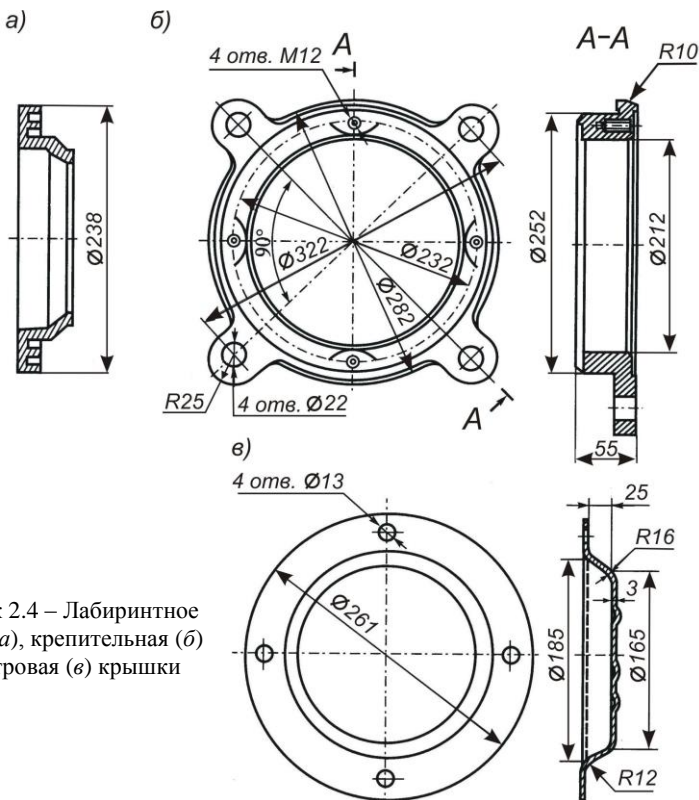


Рисунок 2.4 – Лабиринтное кольцо (а), крепительная (б) и смотровая (в) крышки

Смотровая крышка (рисунок 2.4, в) предназначена для упрощения осмотра передней части буксового узла и его уплотнения, а также обточки колесной пары без демонтажа букс. Смотровую крышку присоединяют к торцевой части крепительной через резиновую прокладку при помощи четырех болтов М12. Крышку изготавливают штамповкой из стали марки Ст10 кп по ГОСТ 16523.

Резиновые уплотнительные элементы – прокладка 14 и кольцо уплотнительное 7 (см. рисунок 2.1) – предназначены для предотвращения проникновения в корпус буксы воды, пыли и грязи. Прокладка

устанавливается между крепительной и смотровой крышками, *кольцо уплотнительное* – между крепительной крышкой и корпусом буксы.

Роликовые цилиндрические подшипники размещаются внутри корпуса буксы и предназначены для восприятия постоянных и переменных нагрузок и обеспечения вращения колесной пары. Это основные составные части буксового узла.

Подшипники для типовых букс грузовых и пассажирских вагонов магистральных железных дорог единые. Это *роликовые радиальные подшипники с короткими цилиндрическими роликами* (далее роликовые цилиндрические подшипники), предназначенные для восприятия в основном радиальной нагрузки.

Примечание – Короткие цилиндрические ролики – это цилиндрические ролики, у которых отношение длины к диаметру меньше или равно 2,5.

Задний подшипник выполнен с однобортовым внутренним кольцом, а передний – с безбортовым внутренним кольцом и плоским упорным приставным кольцом *11* (см. рисунок 2.1), выполняющем функцию борта.

Подшипники, имеющие один упорный борт на внутреннем кольце или оборудованные приставным кольцом, хорошо воспринимают радиальную нагрузку (направленную перпендикулярно оси вращения подшипников), а осевую – ограниченной величины – только со стороны борта или приставного кольца.

В качестве передних подшипников используют подшипники типов 30-232726Е2М, 36-232726Е2М, в качестве задних – типов 30-42726Е2М и 36-42726Е2М. В обозначении типа подшипника различают основное условное обозначение (сочетание цифр между знаком «тире» и первой прописной буквой справа) и дополнительные знаки. Основное условное обозначение переднего подшипника 232726, заднего – 42726. По этим обозначениям можно судить о размерах подшипника и его конструктивных разновидностях. Габаритные размеры подшипников 130×250×80 мм. Это размеры диаметра отверстия, наружного диаметра и ширина подшипника. Подшипники должны соответствовать ГОСТ 520 и ГОСТ 18572.

Конструктивное исполнение роликовых цилиндрических подшипников, используемых в типовом буксовом узле, показано на рисунках 2.5 и 2.6.

Цилиндрический подшипник (см. рисунок 2.5) состоит из наружного *1* и внутреннего *3* колец, между которыми находятся ролики *2*. Последние удерживаются в сепараторе *4* на одинаковом расстоянии друг от друга.

Внутреннее кольцо подшипника устанавливается на шейку оси с натягом и вращается вместе с ней, а наружное в корпус буксы – свободно. Вращение шейки оси вместе с внутренним кольцом подшипника вызывает вращение роликов вокруг своих осей и перекатывание по дорожкам качения

между наружным и внутренним кольцами. Свободное перемещение роликов обеспечивается наличием радиального и осевого зазоров.

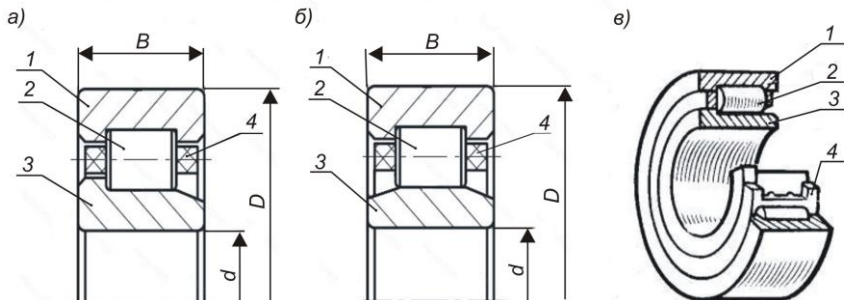


Рисунок 2.5 – Конструктивное исполнение цилиндрических роликовых подшипников:

a – с однобортовым внутренним кольцом; *б* – с безбортовым внутренним кольцом; *в* – общий вид

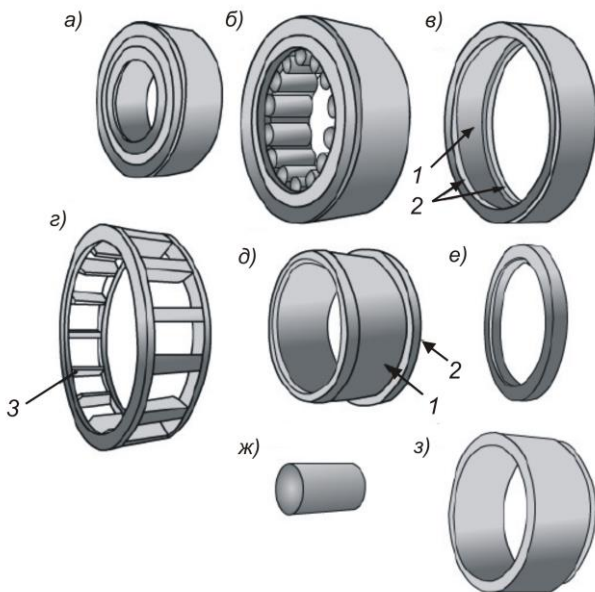


Рисунок 2.6 – Роликовый цилиндрический подшипник:

a – подшипник в сборе; *б* – наружный блок подшипника; *в* – наружное кольцо; *г* – сепаратор; *д, з* – внутренние кольца заднего и переднего подшипников; *е* – приставное упорное кольцо; *ж, з* – цилиндрический ролик; *1* – дорожки качения; *2* – борта; *3* – расчеканка

Радиальный зазор измеряется в свободном от нагрузки подшипнике и представляет собой сумму зазоров между дорожками качения колец и роликом. *Осевой зазор* измеряется между торцами роликов и бортами колец. Для новых подшипников на тепловой посадке радиальный зазор 115–170 мкм, а осевой зазор – 70–150 мкм (ГОСТ 18572). Причем меньшие значения зазоров рекомендуются для грузовых вагонов, а большие – для пассажирских.

Цилиндрические подшипники, применяемые в вагонах, выполнены разъемными: наружное кольцо, сепаратор, ролики образуют отдельный блок, который свободно снимается и надевается на внутреннее кольцо. Такая конструкция упрощает технологию монтажа и демонтажа буксового узла, поэтому она находит широкое применение в вагоностроении.

Неподвижность крепления внутренних колец на шейке оси достигается соответствующей их посадкой – прессовой или тепловой. Обе посадки представляют собой способ установки подшипника с натягом внутренних колец на шейку оси. Для обеспечения натяга диаметр отверстия внутреннего кольца должен быть меньше диаметра шейки.

Прессовая посадка производится с использованием гидравлического пресса. *Тепловая посадка* обеспечивается нагревом внутренних колец до температуры 100...120 °С, в результате чего кольца расширяются и свободно надеваются на шейку. После остывания они плотно обхватывают шейку.

Для изготовления колец и роликов применяют сталь регламентированной прокаливаемости марки ШХ4, которая обладает высокой твердостью поверхностного слоя и достаточной вязкостью внутренних волокон, что обеспечивает высокую устойчивость хрупкому разрушению. Используют также хромистые стали марок ШХ15, ШХ15СГ, ШХ15СГ-Ш и другие марки сталей по согласованию с заказчиком.

Ролики (рисунок 2.7) – тела качения цилиндрического подшипника – имеют форму цилиндра, образующая наружной поверхности которого представляет прямую линию, параллельную оси вращения подшипника и перпендикулярную радиальной нагрузке. Поэтому радиальная нагрузка распределяется по длине и хорошо воспринимается цилиндрической поверхностью тел качения, а осевая – лишь торцами роликов.

Ролики – короткие цилиндрические, поскольку отношение длины к диаметру меньше 2,5.

Для предупреждения вредного влияния перекоса буксы и прогиба шейки оси на работу цилиндрических подшипников ролики изготавливают со скосами (рисунок 2.7, а) или придают ролику легкую выпуклость (этот прием называют бомбинированием), что устраняет повышенные кромочные напряжения. *Бомбинированные ролики* (рисунок 2.7, б) обеспечивают рациональный, модифицированный контакт «бомбиной» с дорожками качения колец подшипника и применяют в подшипниках, устанавливаемых в типовой буксовый узел.

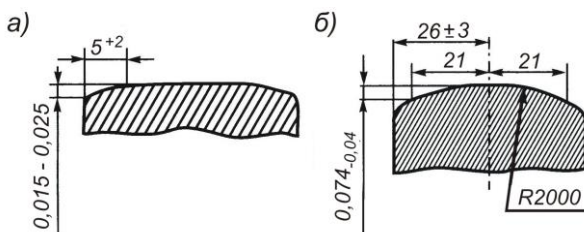


Рисунок 2.7 – Конструктивное исполнение цилиндрических роликов

Сепаратор представляет собой кольцо, изготовленное из латуни или полиамида с наличием окон для установки роликов. В подшипниках, используемых в типовых буксах, используют в основном полиамидные сепараторы. Полиамидные сепараторы изготовляют из полиамида РА66 или РА6, упрочненного стекловолокном (ГОСТ 18572). В латунных сепараторах ролики удерживаются в гнездах расчеканкой перемычек, в полиамидных сепараторах на перемычках имеются специальные утолщения. Число роликов в подшипнике с полиамидным сепаратором увеличено с 14 до 15.

Элементы торцевого крепления подшипников служат для закрепления внутренних колец подшипников в осевом направлении.

В буксах колесных пар типа РУ1-957-Г и РУ1-957-П к элементам торцевого крепления подшипников относят торцевые гайки, стопорные планки и болты М12 для крепления планки (см. рисунок 2.1, а).

Торцевая гайка М110×4 5Н6Н (см. рисунок 2.8, а), навинчиваемая на резьбовую часть оси, предназначена для торцевого крепления роликовых цилиндрических подшипников на шейке оси. Гайки обычно изготавливают шестигранными с одиннадцатью пазами для постановки стопорной планки.

Стопорная планка (см. рисунок 2.8, б) предназначена для фиксации затянутой гайки М110 и предотвращает ее самоотворачивание. Планку укрепляют в пазу торца оси двумя болтами М12, скрепляемыми вязальной проволокой. Торцевую гайку и планку изготавливают из стали марок Ст5 пс и Ст5 пс2 по ГОСТ 535 соответственно.

В буксах колесных пар типа РУ1Ш-957-Г и РУ1Ш-957-П для торцевого крепления подшипников применяют тарельчатые и стопорные шайбы, которые закрепляются в осевом направлении болтами М20 (см. рисунок 2.1, б).

Шайба тарельчатая предназначена для передачи усилия затяжки болтов торцевого крепления на внутренние кольца подшипников. Шайбы бывают двух разновидностей: с тремя или четырьмя отверстиями для постановки болтов М20 (рисунок 2.9). Более современной является конструкция с четырьмя болтами. Изготавливают шайбы из конструкционной хромистой стали марок 40Х, 45Х и хромокремниевой стали марки 38ХС по ГОСТ 4553.

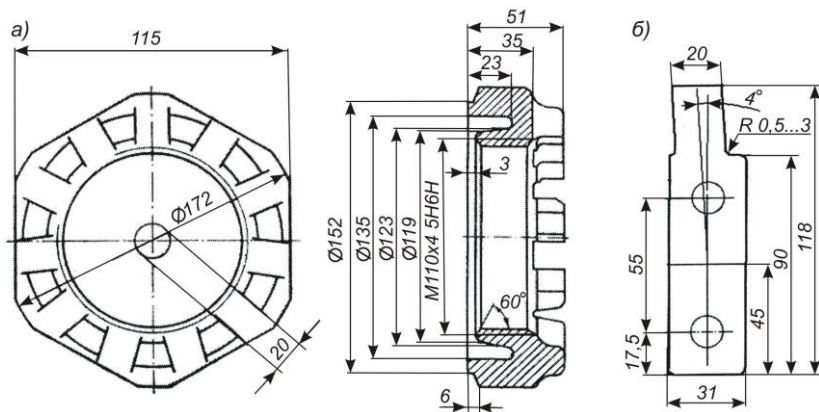


Рисунок 2.8 – Элементы торцевого крепления подшипников на шейке оси типа РУ1:
а – торцевая гайка; *б* – стопорная планка

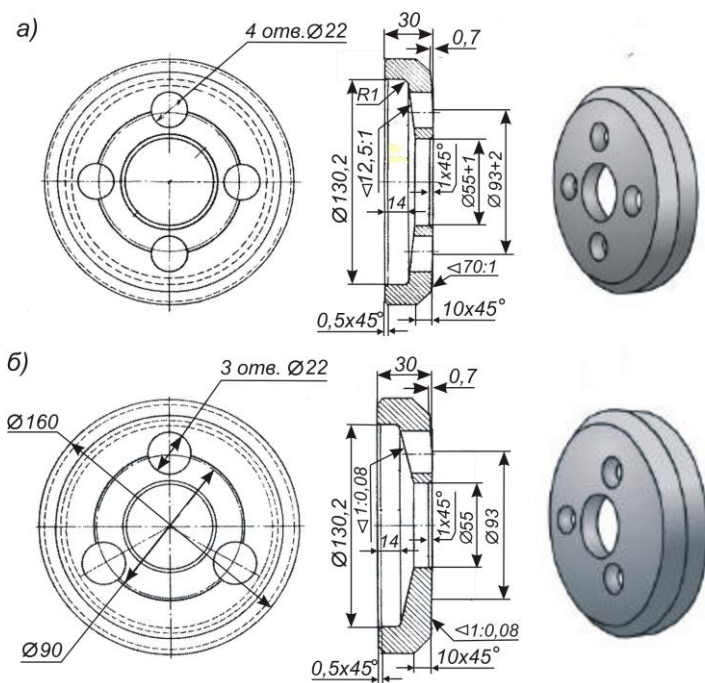


Рисунок 2.9 – Тарельчатые шайбы:
а – для крепления четырьмя болтами; *б* – для крепления тремя болтами

Для стопорения болтов от самоотворачивания используется *стопорная отгибная шайба* (рисунок 2.10). Стопорение осуществляется отгибкой лепестков. Материалом для изготовления стопорной шайбы является сталь марки 10 кп по ГОСТ 16523.

В центре шайб тарельчатой и стопорной предусмотрено отверстие большого диаметра, обеспечивающее доступ к центровому отверстию оси.

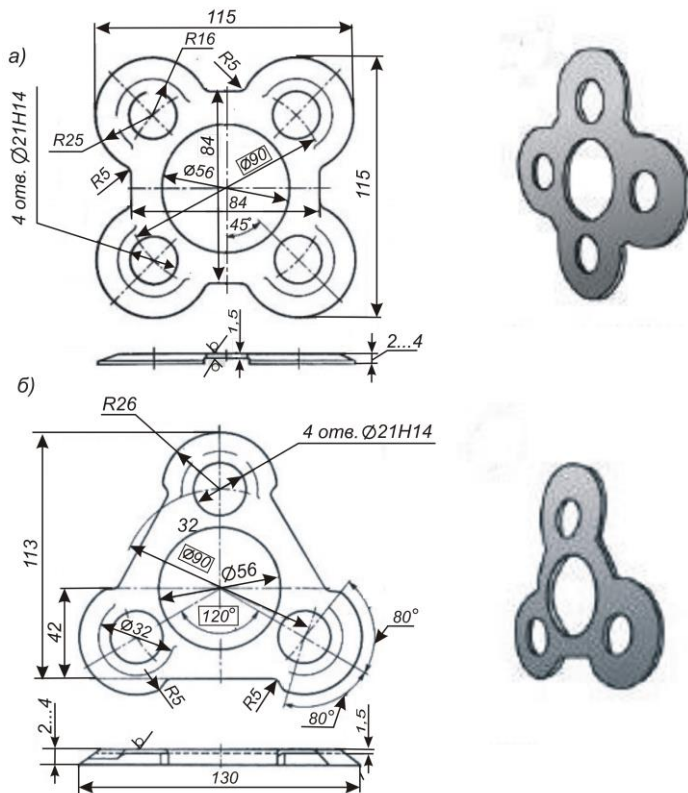


Рисунок 2.10 – Стопорные шайбы:

a – для крепления четырьмя болтами; *б* – для крепления тремя болтами

Смазочные материалы. После монтажа буксового узла внутреннюю его часть заправляют смазками железнодорожными ЛЗ-ЦНИИ (γ) или Буксол. В буксах грузовых вагонов применяют также смазку ЗУМ.

Смазка ЛЗ-ЦНИИ (γ) имеет хорошие противоизносные и противозадирные свойства, надежно защищают роликовые подшипники даже в усло-

виях высоких скоростей и ударных нагрузок. Работоспособна при температурах $-60...+100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Однако при попадании в буксу воды ее качества снижаются, что отражается на работоспособности подшипников.

Этих недостатков лишена влагостойкая литиевая смазка *Буксол*, обладающая высокими противозадирными и противоизносными свойствами как при нормальных, так и при обводненных условиях работы. Работоспособна при температурах $-60...+60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Смазка ЗУМ обладает высокой прочностью, низким процентом испаряемости при высоких температурах, отсутствием в ней вредного компонента воды и более высокой вязкостью при низких температурах. Эти параметры позволяют в ходе эксплуатации снизить износ деталей подшипника.

Ресурс работы смазок ЛЗ-ЦНИИ (у), Буксол и ЗУМ по времени – до 5 лет, по пробегу – 450 тыс. км.

2.3 Буксовые узлы с роликовым цилиндрическим сдвоенным подшипником

Основная часть грузовых и пассажирских вагонов эксплуатируется на колесных парах, оснащенных буксовыми узлами с цилиндрическими роликовыми подшипниками типов 36-42726Е2М и 36-232726Е2М.

К конструктивным недостаткам типовых буксовых узлов с цилиндрическими роликовыми подшипниками можно отнести наличие в конструкции переднего подшипника типа 36-232726Е2М отъемного упорного кольца. Это приводит к снижению надежности торцевого крепления подшипников на шейке оси. Особенно это проявляется в буксах, в которых торцевое крепление подшипников выполняется при помощи гайки.

С целью повышения надежности буксового узла и увеличения его межремонтного пробега на базе серийно выпускаемых подшипников разработана безремонтная конструкция сдвоенного подшипника без упорного отъемного кольца.

Сдвоенный подшипник представляет собой конструкцию закрытого типа с защитными шайбами, подобранную по зазорам и заправленную смазкой на заводе-изготовителе (рисунок 2.11). Устанавливается сдвоенный подшипник в буксовые узлы грузовых (рисунок 2.12) и пассажирских (рисунок 2.13) вагонов вместо комплекта подшипников 36-42726Е2М и 36-232726Е2М. Для установки подшипника на шейку оси используется холодная прессовая посадка.

Подшипники сдвоенные в габаритных размерах $130\times 250\times 160$ мм должны соответствовать ГОСТ 520, ГОСТ 18572, ТУ ВНИПП.048-1-00 и ТУ ВНИПП.072-01.

Подшипники сдвоенные размером $130\times 250\times 160$ мм используют в колесных парах типов *РУШ-957-Г*, *РУ1-957-Г* и *РУШ-957-П*, *РУ1-957-П*.

Подшипники поставляются на вагоноремонтные предприятия в виде изделий, готовых к монтажу методом прессовой посадки.

Подшипник сдвоенный типов Н6-882726Е2К1МУС43, 46-882726Е2МС43, Н6-882726Е2К1МУС44 или Н6-882726Е2К2МУС43 состоит из двух подшипников типа 36-42726Е2М (с бортовыми внутренними кольцами), соединенных между собой по внутренним кольцам специальным кольцом крепежным. При этом подшипник представляет собой единое целое (рисунок 2.14). На внешних торцах наружных колец выполнены специальные проточки, в которые устанавливаются защитные шайбы, предотвращающие вытекание смазки и попадания внутрь подшипника посторонних предметов. Подшипники заправлены смазкой и подобраны по радиальным и осевым зазорам, а также по диаметрам отверстий колец внутренних.



Рисунок 2.11 – Подшипник сдвоенный

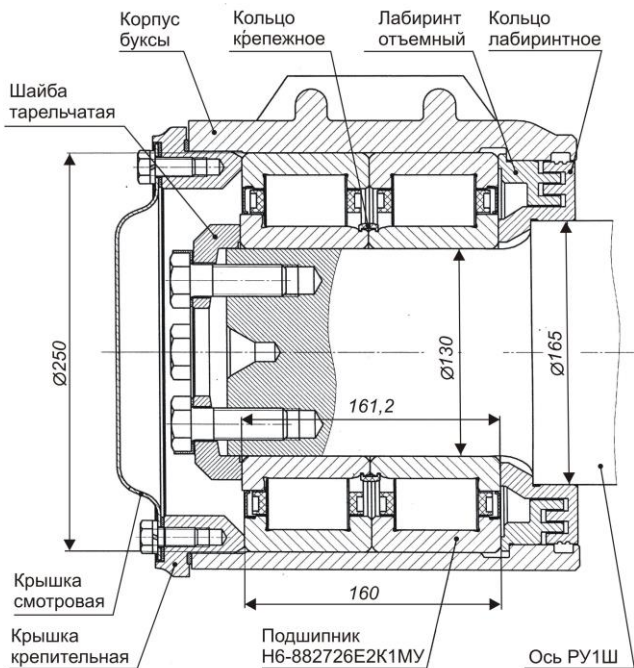


Рисунок 2.12 – Буксовый узел грузового вагона со сдвоенным подшипником

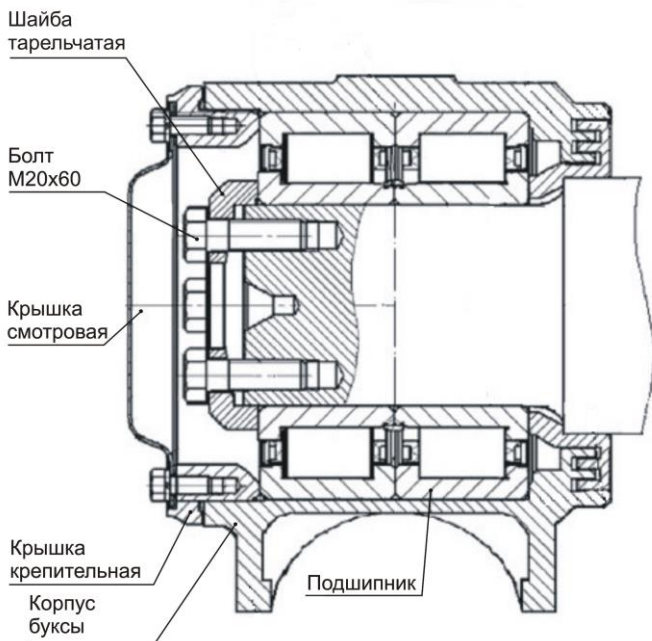


Рисунок 2.13 – Буксовый узел пассажирского вагона со сдвоенным подшипником

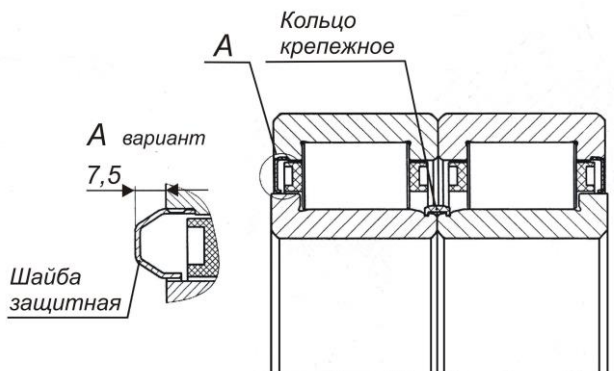


Рисунок 2.14 – Конструктивное исполнение сдвоенного подшипника

Подшипник сдвоенный устанавливается в корпус буксы и вместе с корпусом буксы и кольцом лабиринтным запрессовывается на ось колесной

пары. Крепление сдвоенного подшипника на шейке оси колесной пары типа *РУ1Ш-957-Г* осуществляется при помощи шайбы тарельчатой и четырех (или трех) болтов М20, а на оси колесной пары типа *РУ1-957-Г* – гайки торцевой М110х4, стопорной планки и двух болтов М12. Корпус буксы закрывается крышками крепительной и смотровой.

Отличительной особенностью сдвоенных подшипников является наличие в маркировке на торцевой поверхности колец наружных дополнительных букв «П» или «З», соответствующих переднему или заднему ряду подшипника.

Внешними отличительными признаками буксового узла (рисунок 2.15) со сдвоенным подшипником являются:

а) на крышке смотровой – надпись «СП» для подшипников ОАО «ХАРП» (Харьковский подшипниковый завод) или «СПС» для подшипников ОАО «СПЗ» (Саратовский подшипниковый завод) и АО «СПЗ» (Степногорский подшипниковый завод) высотой 100–150 мм, нанесенная белой краской;

б) на бирке, установленной под левым верхним болтом М20 крышки крепительной с правой стороны колесной пары – дополнительное клеймо «СП» или «СПС» высотой 10 мм и шириной 5 мм.

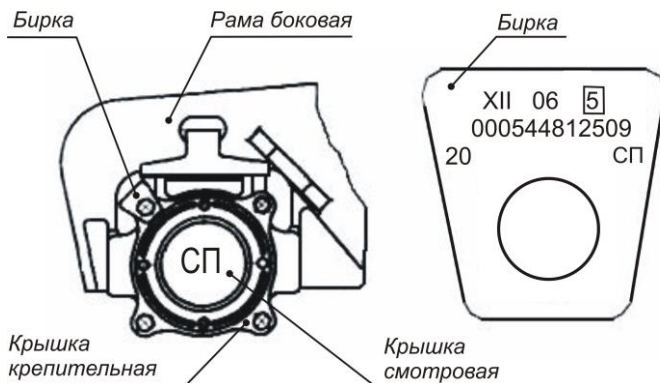


Рисунок 2.15 – Внешние отличительные признаки буксового узла со сдвоенным подшипником для грузового вагона

2.4 Конические подшипниковые узлы и их конструктивное исполнение

Устройство конических подшипниковых узлов. Отечественный и многолетний зарубежный опыт показывает, что многие из неисправностей, присущих цилиндрическим роликовым подшипникам, могут быть устране-

ны при переходе на конические подшипниковые узлы, составной частью которых являются конические подшипники.

Как известно, уже с конца 1950-х годов страны с развитой железнодорожной сетью перешли на конические подшипники, которые выпускают такие известные фирмы, как «Timken», «Brenko» (США), SKF (Швеция), FAG (Германия).

Достоинства конических подшипников:

– *хорошее восприятие значительной по величине комбинированной радиально-осевой нагрузки* за счет конической формы рабочих поверхностей качения (рисунок 2.16);

– *высокая устойчивость к развитию трещин* за счет цементации поверхностного слоя;

– *низкие показатели трения* за счет точной геометрии профилей роликов и дорожек качения;

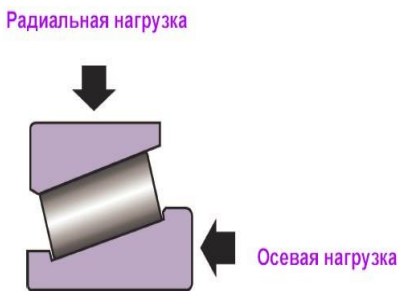


Рисунок 2.16 – Нагрузки, действующие на роликовый конический подшипник

Все это обеспечивает высокий ресурс (и надежность) работы этих подшипников.

В настоящее время конические подшипниковые узлы используют в буксах вагонов нового поколения. При этом буксовый узел выполнен в виде закрытой буксы или в виде конического подшипникового узла со специальным нагрузителем – адаптером.

Буксовый узел в вагонах нового поколения – это конструктивный узел колесной пары, включающий конический подшипниковый узел и служащий для передачи постоянных и переменных нагрузок (ГОСТ 32769–2014).

Конический подшипниковый узел (конический двухрядный подшипник кассетного типа) – подшипниковый узел ресурсного смазывания, состоящий из базового подшипника, упорного кольца, уплотнений, полимерной прокладки, передней крышки, компенсационных колец, болтов торцевого крепления, стопорной шайбы и заглушки (ГОСТ 32769–2014). Иначе – это базовый подшипник и комплект присоединенных к нему деталей.

В зависимости от вариантов исполнения конический подшипниковый узел может не включать какие-либо составляющие: переднюю крышку, полимерную прокладку, компенсационные кольца, упорное кольцо, болты торцевого крепления, стопорную шайбу и заглушку.

Обязательными составными частями при любом варианте исполнения конического подшипникового узла являются базовый подшипник, смазочный материал и уплотнение. То есть простейший конический подшипниковый узел – это базовый подшипник с собственным уплотнением и заложеной внутрь смазкой.

В качестве *базового подшипника* применяют роликовый *конический двухрядный подшипник* (рисунок 2.17) с отрегулированным осевым внутренним зазором, состоящий из наружного кольца, двух рядов конических роликов, двух сепараторов и двух внутренних колец, между которыми расположено дистанционное кольцо.

Внутреннее кольцо 4 подшипника с сепаратором 3 и роликами 2 образуют блок (внутренний подузел), который может быть свободно отделен от базового подшипника. Базовый подшипник состоит из единого наружного кольца 1 и двух блоков (подузлов).

Дистанционное кольцо предназначено для получения требуемого осевого внутреннего зазора в базовом подшипнике при его изготовлении. Это – плоское кольцо, специально подобранное по ширине и устанавливаемое между внутренними кольцами базового подшипника.

На рисунке 2.17 представлен вариант роликового конического подшипника, у которого ширина подшипника определяется шириной наружного кольца.

С двух сторон базового подшипника устанавливают *уплотнения*, которые удерживают смазочный материал и препятствуют проникновению внутрь подшипникового узла воды, пыли и грязи и других инородных частиц. В конических подшипниковых узлах используют контактные и гидродинамические уплотнения. На рисунке 2.18 показаны фрагменты буксовых узлов без крепительных и передних крышек.

Конструктивное исполнение гидродинамического уплотнения, используемого в конических подшипниковых узлах марок SKF и «Timken», показано на рисунке 2.19. В уплотнении типа Eco Turn («Timken») (см. рисунок 2.19, б) исключен контакт между эластомерными губками и сопрягающейся с ними поверхностью. Вместо контакта используется тончайший слой смазки, удерживаемый с помощью «лабиринта», напоминающего вид зубьев пилы. «Лабиринт» располагается на внутренней поверхности наружного элемента уплотнения и сконструирован так, что отталкивает смазку в сторону тел качения подшипника. Снижение трения обеспечивается зазором, образующимся при динамическом сдвиге смазки во время вращения подшипника.

Основная особенность гидродинамического лабиринтного уплотнения типа HDL [71], разработанного компанией «Timken», является наличие трехлепестковой манжеты, обеспечивающей пять ступеней защиты. Функцию первой ступени защиты выполняет бесконтактный отсечной лепесток

манжеты 1, второй ступени – полость 2 между отсечным лепестком 1 и лепестком вторичного уплотнения 3, заполненная консистентной смазкой. Третья ступень защиты обеспечивается лепестком вторичного уплотнения 3, который с некоторым усилием прижат к нижней части кассеты, четвертая ступень – пространством 4 между лепестком вторичного уплотнения 3 и основным зазором манжеты 5, заполненную консистентной смазкой. Пятая ступень реализуется сочетанием основного зазора 5 и гидродинамического эффекта механизма нагнетания б, который достигается за счет призматических вырезов в эластомерном кольце и вертикальной стенке кассеты, в зазоре между которыми находится смазка. Эффект нагнетания направлен внутрь буксы и создает противодействие по отношению к внутреннему пространству буксы.

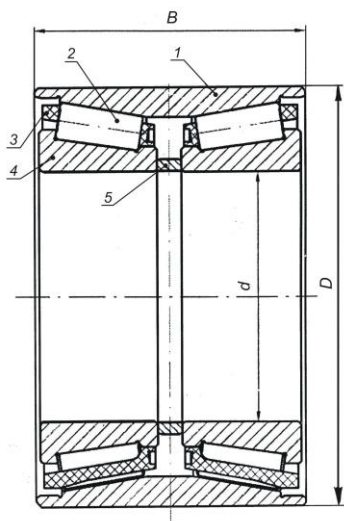


Рисунок 2.17 – Роликовый конический двухрядный подшипник

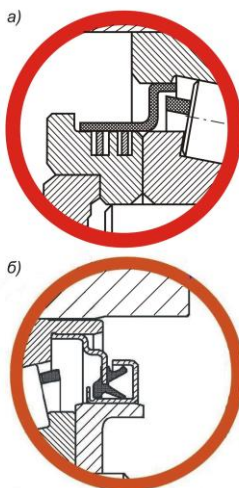


Рисунок 2.18 – Виды уплотнений конических подшипников:
а – контактное уплотнение; б – гидродинамическое

В коническом подшипниковом узле используют, так называемое, *ресурсное смазывание*, под которым понимают одноразовое смазывание подшипникового узла в процессе его сборки на предприятии-изготовителе на весь срок его службы. Работоспособное состояние конического подшипникового узла должно обеспечиваться при температурах окружающей среды от минус 60 до плюс 55 °С.

Особенности некоторых вариантов конструктивного исполнения конического подшипникового узла представлены на рисунках 2.20, 2.21.

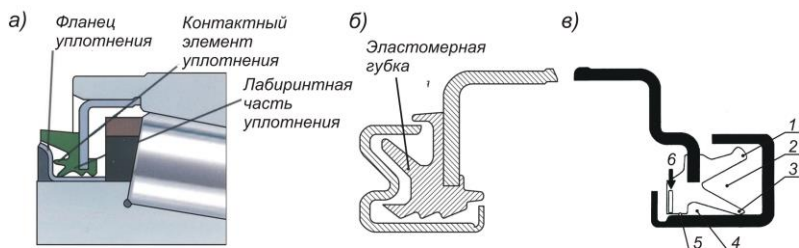


Рисунок 2.19 – Уплотнения роликовых конических подшипников марок SKF (а) и «Timken» типов Eco-Turn (б) и HDL (в):
 1 – отсечной лепесток манжеты (без контакта); 2, 4 – кольцевые полости с консистентной смазкой; 3 – лепесток вторичного уплотнения; 5 – основной зазор (без контакта);
 б – механизм нагнетания

Назначение деталей конических подшипниковых узлов. Детали конических подшипниковых узлов, приведенных на рисунках 2.20, 2.21, имеют следующее назначение.

Лабиринтное кольцо – упорное кольцо, имеющее элементы лабиринтного и канавочного уплотнений (ГОСТ 32769–2014).

Упорное кольцо – деталь крепления конического подшипникового узла, монтируемая на цилиндрическую поверхность предподступичной части оси колесной пары и фиксирующая конический подшипниковый узел в осевом направлении, предотвращая контакт внутреннего кольца базового подшипника с галтелью оси колесной пары (ГОСТ 32769–2014).

Компенсационное кольцо – кольцо, сопряженное с уплотнением и установленное между передней крышкой и одним внутренним кольцом базового подшипника, а также между упорным кольцом и другим внутренним кольцом базового подшипника (ГОСТ 32769–2014).

Передняя крышка, стопорная шайба и болт – детали крепления конического подшипникового узла на шейке оси колесной пары в осевом направлении, при этом стопорная шайба предотвращает самопроизвольное отвинчивание болтов торцевого крепления.

Заглушка – деталь, закрывающая центральное отверстие в передней крышке, служащее для доступа к центральным отверстиям оси колесной пары (ГОСТ 32769–2014).

Маркировка конического подшипникового узла. Условное обозначение конического подшипникового узла состоит из основного и дополнительного обозначений.

Основное условное обозначение включает:

- буквенные знаки «TBU» (TBU – аббревиатура английского названия конического подшипникового узла);
- цифровые знаки, обозначающие габариты базового подшипника, в мм: диаметр отверстия, наружный диаметр и ширина наружного кольца, разделенные знаком умножения.

Пример – TBU 130×230×150.

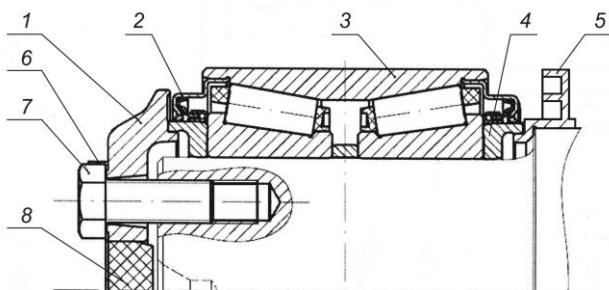


Рисунок 2.20 – Вариант исполнения конического подшипникового узла, применяемого в корпусе буксы:

- 1 – передняя крышка; 2 – уплотнение; 3 – базовый подшипник; 4, 5 – компенсационное и лабиринтное кольца; 6 – стопорная шайба; 7 – болт торцевого крепления; 8 – заглушка

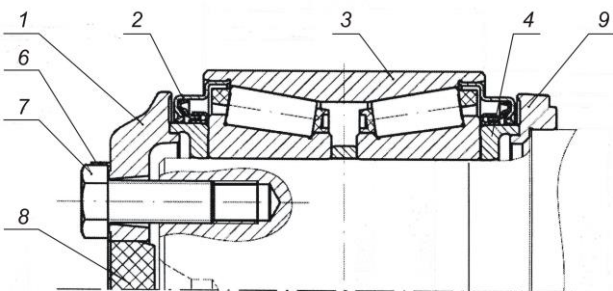


Рисунок 2.21 – Вариант исполнения конического подшипникового узла, применяемого с адаптером:

- 1 – передняя крышка; 2 – уплотнение; 3 – базовый подшипник; 4 – компенсационное кольцо; 6 – стопорная шайба; 7 – болт торцевого крепления; 8 – заглушка; 9 – упорное кольцо

Дополнительное обозначение определяет вариант исполнения, располагают его справа от основного обозначения через пробел.

Пример – *TBU 130×230×150 DP-201925-1A ГОСТ 32769–2014*.

Маркировку наносят по центру цилиндрической поверхности наружного кольца и на широкие торцы внутренних колец.

Конструктивное исполнение букс с коническими подшипниковыми узлами. В общем случае, буксы с коническим подшипниковым узлом включает на груз а т е л ь (корпус буксы или адаптер) и сам конический подшипниковый узел, запрессованный в холодном состоянии на ось.

Различают следующие в а р и а н т ы конструктивного исполнения букс с коническими подшипниковыми узлами в зависимости от на груз а т е л я:

– *корпусные буксы* – при размещении конических подшипниковых узлов в корпусе буксы, который выполняет функцию на груз а т е л я;

– *бескорпусные буксы* – при использовании конических подшипниковых узлов совместно с на груз а т е л е м специальной конструкции – адаптером.

В бескорпусных буксовых узлах роль корпуса буксы выполняет адаптер совместно с наружным кольцом базового подшипника.

В РЖД используются конические подшипниковые узлы марок «Бренко», SKF и «Тимкен». Наиболее широкое применение получили подшипниковые узлы марок «Бренко» и SKF в габаритных размерах 130×250×160, 130×230×150 и 150×250×160 мм. Они должны соответствовать ГОСТ 32769, а также ТУ БРЕНКО 840-462869-567-09 или ТУ SKF.СТВU.001-2010.

Преимущества буксовых узлов с коническими подшипниковыми узлами:

– *уменьшенная масса* (особенно важно, что это необрессоренная масса), *особенно в варианте бескорпусной буксы*. Поэтому бескорпусной вариант применяется в в обязательном порядке в вагонах с осевой на груз к ой 245 кН (25 тс) и более. Например, масса бескорпусной буксы с адаптером равна 55 кг по сравнению со 100 кг у стандартной, а количество заправляемой смазки в два раза меньше;

– *эффективная герметизация* при минимальном дополнительном трении от использования гидродинамических бесконтактных уплотнений;

– *снижение динамических нагрузок* в колесных парах и рельсах (на 20 %);

– *ускоренный процесс монтажа и демонтажа* (для монтажа двух подшипников на шейку оси требуется 2 мин);

– *сервисное обслуживание букс* (централизованная система технического обслуживания силами заводов-изготовителей);

– *высокие ресурсные показатели*, обеспечивающие *пробег без осмотра и обслуживания до 1 млн км* (безремонтный срок службы 8 лет) и выше как при больших осевых нагрузках в грузовом движении, так и в условиях эксплуатации высокоскоростных пассажирских поездов.

Эксплуатация конических буксовых подшипников позволит увеличить интервалы между работами по техническому обслуживанию и снизит затраты жизненного цикла вагонов.

Конические подшипниковые узлы поставляются на вагоностроительные и вагоноремонтные предприятия в виде изделий, готовых к монтажу методом холодного прессования. Они отрегулированы по осевым зазорам, диаметрам отверстий внутренних колец, заправлены смазкой и имеют встроенные уплотнения, предотвращающие проникновение внутрь подшипников воды, пыли, грязи. Поверхности конических подшипниковых узлов защищены слоем фосфатного покрытия, предохраняющим их от коррозионных повреждений.

Область применения и основные размеры базовых подшипников марок «Brenko», «Timken» и SKF приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Область применения и основные размеры базовых подшипников марок «Brenko», «Timken» и SKF

Габаритные размеры подшипника, мм	Тип колесной пары	Тип нагрузителя подшипника	Основные размеры базового подшипника, мм				Ga, мм
			<i>d</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>d</i> ₁	
130×250×160	РУ1Ш-957-Г	Корпус буксы	130	250	160	165	0,57–0,70 «Brenko», 0,58–0,68 SKF, 0,39–0,54 «Timken»
	РУ1Ш-957-Г	Адаптер					0,57–0,70 «Brenko»
	РУ1Ш-957-П	Корпус буксы					0,57–0,70 «Brenko»
130×230×150	РУ1Ш-957-Г	Адаптер	130	230	150	165	0,57–0,70 «Brenko», 0,55–0,65 SKF
	РВ1Ш-957-П	Корпус буксы					0,57–0,70 «Brenko»
	РВ3Ш-957-П						0,57–0,70 «Brenko»
150×250×160	РВ2Ш-957-Г	Адаптер	150	250	160	185	0,57–0,70 «Brenko», 0,65–0,75 SKF, 0,55–0,68 «Timken»
<p>Примечания <i>d</i> – действительное среднее значение диаметра отверстия внутреннего кольца подшипника; <i>D</i> – действительное среднее значение диаметра наружного кольца подшипника; <i>d</i>₁ – действительное среднее значение диаметра посадочного отверстия заднего упорного кольца; <i>C</i> – длина наружного кольца подшипника; <i>Ga</i> – осевой внутренний зазор в свободном состоянии.</p>							

Конические подшипники, используемые в буксах вагонов, производят в России на двух предприятиях:

ООО «СКФ Тверь», г. Тверь – подшипники марки SKF;

ООО «ЕПК-Бренко», г. Саратов – совместное предприятие компаний «Brenko» и «Европейская подшипниковая корпорация» (ЕПК) – подшипники марки «Brenko» (ЕПК-Brenko).

2.5 Корпусные буксы с коническими подшипниковыми узлами грузовых вагонов

Конструктивное исполнение букс. В корпусных буксах грузовых вагонов для размещения конического подшипникового узла с базовым подшипником размером $130 \times 250 \times 160$ мм марок «Brenko» (рисунок 2.22), SKF (рисунок 2.23) и «Timken» (рисунок 2.24) используется серийный корпус буксы.

Характерные особенности букс с коническими подшипниковыми узлами марок:

– «Brenko» («Бренко») – наличие компенсационных колец 4 (см. рисунок 2.22), сопряженных с уплотнениями базового подшипника;

– SKF (СКФ) – наличие прокладки полимерной 4 (см. рисунок 2.23), которая изолирует внутреннее кольцо базового подшипника от упорного или лабиринтного кольца, предотвращая образование фреттинг-коррозии;

– «Timken» («Тимкен») – отсутствие крышки смотровой (см. рисунок 2.24).

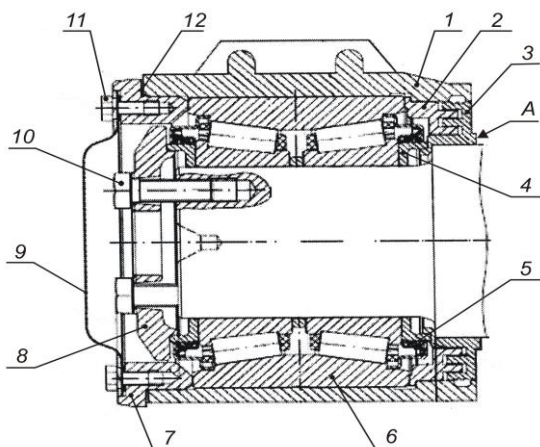


Рисунок 2.22 – Буксовый узел грузового вагона с коническим подшипником касетного типа в габаритных размерах $130 \times 250 \times 160$ мм марки «Brenko»:

1 – корпус буксы; 2 – лабиринт отъемный; 3, 4 – кольца лабиринтное и компенсационное; 5 – уплотнение; 6 – подшипник; 7–9 – крышки крепительная, передняя (подшипника) и смотровая; 10, 11 – болты M20 и M12; 12 – уплотнения резиновые

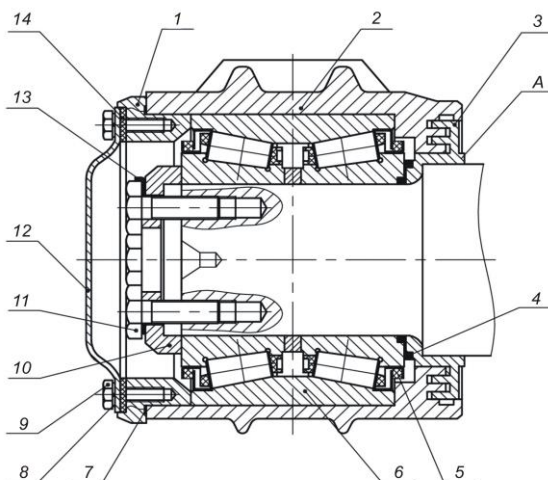


Рисунок 2.23 – Буксовый узел грузового вагона с коническим подшипником кассетного типа в габаритных размерах 130×250×160 мм марки SKF:
 1 – крышка крепительная; 2 – корпус буксы; 3 – кольцо лабиринтное; 4 – прокладка полимерная; 5 – уплотнение; 6 – подшипник; 7 – кольцо уплотнительное; 8 – шайба пружинная; 9 – болт M12; 10 – крышка передняя (подшипника); 11 – болт M20; 12 – крышка смотровая; 13 – шайба стопорная; 14 – прокладка

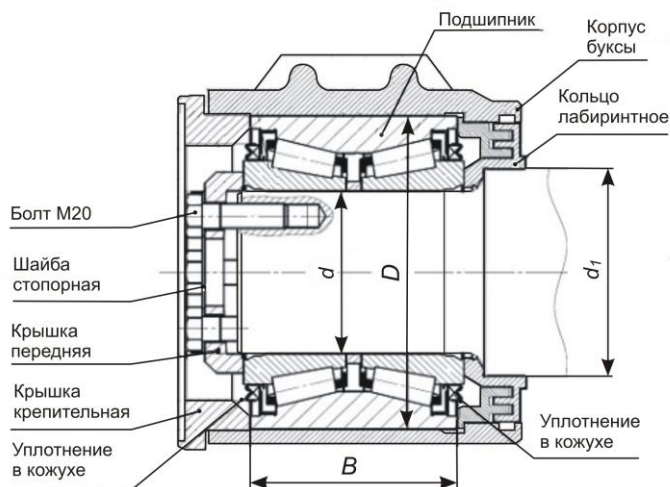


Рисунок 2.24 – Буксовый узел грузового вагона с коническим подшипником кассетного типа в габаритных размерах 130×250×160 мм марки «Timken»

Конический подшипник с уплотнениями (SKF, «Timken») или уплотнениями и компенсационными кольцами («Brenko») устанавливается в серийный корпус буксы и вместе с корпусом буксы и лабиринтным кольцом запрессовывается на ось колесной пары типа *РУ1Ш-957-Г*.

Крепление подшипника на шейке оси осуществляется при помощи крышки передней, а также стопорной шайбы и четырех болтов М20.

Корпус буксы торговых марок «Brenko» и SKF закрывается крышками крепительной и смотровой, марки «Timken» – крышкой крепительной.

В эксплуатации имеются вагоны АО «НПК «Уралвагонзавод», колесные пары которых укомплектованы кассетными подшипниками ЕПК (Европейская подшипниковая компания), созданными в 1998 году специалистами Волжского подшипникового завода (рисунок 2.25).

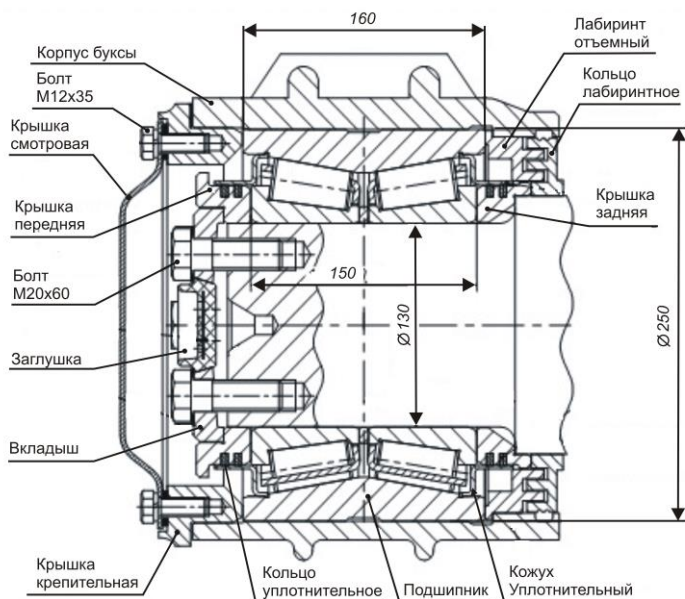


Рисунок 2.25 – Буксовый узел грузового вагона с коническим подшипником кассетного типа в габаритных размерах 130×250×160 мм производства ЕПК – Европейской подшипниковой компании

В таком буксовом узле для фиксации внутренних колец на шейке оси имеются передняя и задняя крышки с кольцевыми канавками. В качестве уплотнения подшипника используются уплотнительные кожухи, вставленные в наружное кольцо подшипника, а также уплотнительные кольца, уста-

новленные в кольцевые канавки передней и задней крышек. Это характерное конструктивное исполнение контактного уплотнения конических касетных подшипников.

Маркировка подшипников. Маркировка роликовых конических двухрядных подшипников марки «Brenco» нанесена на цилиндрической поверхности кольца наружного.

Пример маркировки:

BRENCO ® *RUM6L02-USA-H-11-12345*, где

BRENCO ® – товарный знак (завод-изготовитель наружного кольца подшипника);

RUM6L02 – обозначение кольца наружного соответствующего габарита (*RUM6L02* – 130×250×160 мм, *RUM6S02* – 130×230×150 мм, *RUM202* – 150×250×160 мм);

USA, RUSSIA, RU – страна-изготовитель кольца наружного;

H – код месяца выпуска кольца наружного (*A* – январь, *B* – февраль, *C* – март, *D* – апрель, *E* – май, *F* – июнь, *G* – июль, *H* – август, *J* – сентябрь, *K* – октябрь, *L* – ноябрь, *M* – декабрь, *I* – нет);

11 – две последние цифры год выпуска кольца наружного;

12345 – серийный номер кольца наружного.

Год изготовления подшипника указывается в паспорте на подшипник.

Маркировка роликовых конических двухрядных подшипников марки *SKF* нанесена на цилиндрической поверхности кольца наружного и на торцевых поверхностях колец внутренних со стороны рабочего борта.

На кольцо наружное подшипника нанесены следующие буквы и цифры:

SKF OR-7030AA/VA3882 01-07 12345 E-0001 RUSSIA T G;

на кольца внутренние –

SKF IR-7095/VA3882 01-07 12345 E-0001 RUSSIA T G,

где *OR-7095/VA3882, IR-7095/VA3882* – обозначение колец наружного и внутреннего соответствующего габарита [(*7095, 7095A* – 130×250×160 мм, *7097B* – 130×230×150 мм, *7030AA* (*7071* – для внутреннего кольца) – 150×250×160 мм)];

01-07 – дата изготовления кольца (месяц и год);

12345 – порядковый номер кольца (номер наружного кольца считается порядковым номером подшипника);

E-0001 – номер партии кольца (может отсутствовать);

RUSSIA или *ITALY* – страна-производитель;

T или *V* – код завода (ООО «СКФ Тверь» или *SKF Industrie S.p.A.*);

G – код материала кольца (может отсутствовать).

Пример маркировка конических подшипников марки «Timken»:

– на наружном кольце – *TIMKEN* ® *NP335917-8*1C1 1115 124563A RU*;

– на внутреннем кольце – *TIMKEN* ® *NP506043 1115 RU*,

где TIMKEN ® – фирменный знак компании «The Timken Company» (США);

NP335917 – артикул наружного кольца подшипника в габаритных размерах 150×250×160 мм;

8*1C1 – технологическая маркировка;

NP506043 – артикул внутреннего кольца подшипника в габаритных размерах 150×250×160 мм;

1115 – месяц и две последние цифры года изготовления наружного или внутреннего кольца подшипника;

RU – страна предприятия-изготовителя наружного или внутреннего кольца подшипника;

124563A – серийный номер подшипника (на наружном кольце).

Внешние отличительные признаки букс. Идентификация изготовителя конических подшипников, устанавливаемых в корпусе буксы, осуществляется визуально, без демонтажа смотровой крышки буксы.

Буксы с коническими подшипниковыми узлами имеют следующие отличительные признаки (рисунок 2.26):

– наличие на лабиринте выступающего у основания кольцевого бортика А (см. рисунки 2.22 и 2.23) шириной 4 мм и наружным диаметром 185 мм;

– на крышке смотровой буксового узла – надпись «К» (SKF) или «К-1» («Brenko») или «К-2» («Timken») высотой 100–150 мм, нанесенная белой краской;

– на бирке, установленной под левым верхним болтом М20 крышки крепительной буксового узла правой стороны колесной пары – дополнительное клеймо «К» (SKF) или «К-1» («Brenko») или «К-2» («Timken») высотой 10 мм и шириной 5 мм.

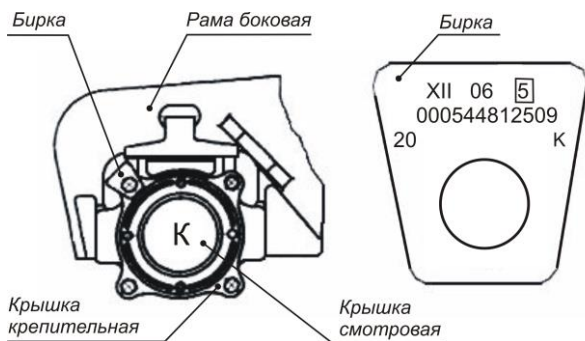


Рисунок 2.26 – Внешние отличительные признаки буксового узла с коническим подшипником в габаритных размерах 130×250×160 мм торговой марки SKF

Обозначения на бирке поясним для буксового узла с подшипником касетного типа SKF (см. рисунок 2.26):

- верхняя строка (XII – 06 – 5) – дата производства последнего полного освидетельствования или формирования колесной пары и код предприятия;
- вторая строка (000544812509) – индивидуальный номер колесной пары;
- 20 – код страны – собственника колесной пары;
- К – использование в буксовом узле подшипника касетного типа SKF.

2.6 Бескорпусные буксы с коническими подшипниковыми узлами грузовых вагонов

Особенность конструкции. В тележках грузовых вагонов нового поколения для осевой нагрузки 230,5 (23,5) и 245 кН (25 тс) и выше эффективно применение колесных пар, оборудованных бескорпусными буксами с коническими подшипниковыми узлами, не требующих технического обслуживания и обеспечивающих межремонтный пробег 1 млн км. Для тележек с повышенной осевой нагрузкой применение таких букс является обязательным условием.

Бескорпусной буксовый узел включает конический подшипниковый узел и адаптер. Адаптер свободно устанавливается на наружное кольцо подшипника и выполняет роль верхней части корпуса буксы (рисунок 2.27).

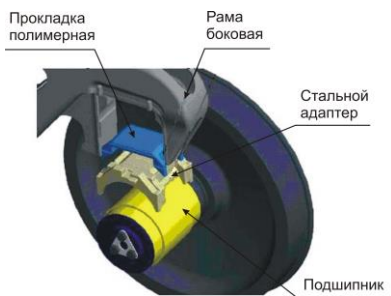


Рисунок 2.27 – Соединение боковой рамы с коническим подшипниковым узлом через составной адаптер

А д а п т е р – деталь или сборочная единица буксового узла – опорный переходник незамкнутой формы, устанавливаемый на подшипник и предназначенный для передачи на него нагрузки от боковой рамы (ГОСТ 9246–2013).

Различают *цельные и составные* адаптеры. Варианты их конструктивного исполнения показаны на рисунках 2.28 и 2.29. *Составной адаптер* состоит из адаптера и установленного или закрепленного на нем элемента (элементов), предназначенных для передачи нагрузок и/или защиты контактирующих поверхностей между адаптером и опорными и/или упорными

поверхностями проемов для колесных пар в боковых рамах.

Элемент (элементы) могут быть выполнены неметаллическими, металлополимерными или металлическими.

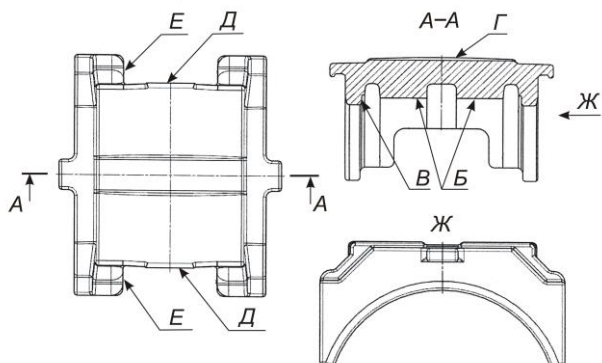


Рисунок 2.28 – Конструктивное исполнение цельного адаптера:
 Б, В – опорная и упорная поверхности под подшипник; Г – опорная поверхность под боковую раму; Д – упорные стенки ограничителей продольных перемещений; Е – ограничители боковых перемещений

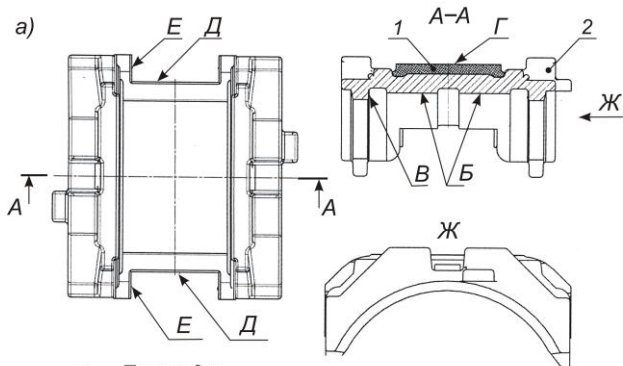


Рисунок 2.29 – Конструктивное исполнение составного адаптера:

а – схема; *б* – общий вид;

1 – неметаллическая, металлическая или металлополимерная вставка; 2 – адаптер;
 Б, В – опорная и упорная поверхности под подшипник; Г – опорная поверхность под боковую раму; Д – упорные стенки ограничителей продольных перемещений; Е – ограничители боковых перемещений

Наиболее эффективно применение адаптеров с упругими элементами. Упругие элементы обеспечивают упругую связь боковой рамы с колесной парой, предотвращают износ опорной поверхности и направляющих буксового проема, а также корпуса адаптера, снижают динамическое воздействие на путь.

Использование бескорпусных конических подшипниковых узлов с нагрузателем в виде адаптера позволяет уменьшить неподрессоренную массу тележки и, следовательно, снизить динамическое воздействие на путь. Поэтому их применение наиболее эффективно в вагонах с повышенной осевой нагрузкой. Такие буксовые узлы имеют существенные преимущества перед обычным узлом. К ним относятся компактность конструкции, уменьшенная масса, повышенная ремонтпригодность и увеличенная эксплуатационная надежность.

Один из вариантов конструктивного исполнения цельного адаптера показан на рисунке 2.30. В зависимости от модели тележки грузового вагона возможны другие варианты адаптеров.

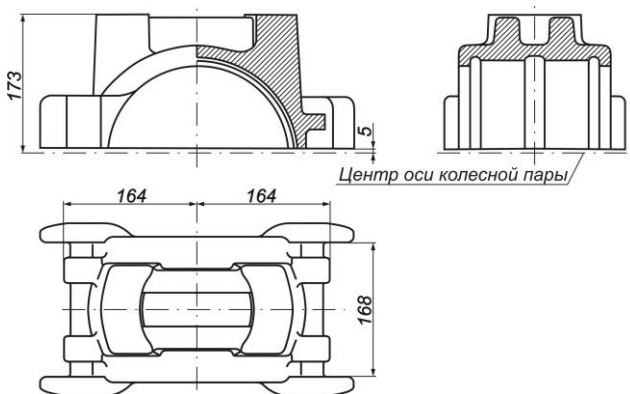


Рисунок 2.30 – Вариант конструктивного исполнения адаптера

Адаптер имеет опорную цилиндрическую поверхность для установки на конический подшипниковый узел. Верхняя часть адаптера является опорной поверхностью для боковой рамы тележки и схожа с опорной поверхностью корпуса буксы.

В бескорпусных буксовых узлах используют конические подшипники трех типоразмеров: два с внутренним диаметром подшипника 130 мм (размерами 130×250×160 мм и 130×230×150 мм) для вагонов с осевой нагрузкой 230,5 кН (23,5 тс) и один – 150 мм (размером 150×250×160 мм) для вагонов с осевой нагрузкой 245 кН (25 тс) и выше.

Конструктивное исполнение бескорпусных буксовых узлов. Конические подшипниковые узлы с подшипниками размером $130 \times 250 \times 160$ и $130 \times 230 \times 150$ мм под адаптер марок «Brenko» и SKF запрессовываются на ось колесной пары типа *РУ1Ш-957-Г*, размером $150 \times 250 \times 160$ мм – на ось колесной пары типа *РВ2Ш-957-Г*. При этом крепление подшипников на оси осуществляется при помощи крышки передней, шайбы стопорной и четырех болтов М20 для колесной пары типа *РУ1Ш-957-Г* и трех болтов М24 или четырех болтов М20 для колесной пары типа *РВ2Ш-957-Г* (рисунки 2.31–2.33).

Кроме того, конические подшипниковые узлы с подшипниками в габаритных размерах $150 \times 250 \times 160$ мм поставляет в Российской Федерации компания «Timken» (рисунок 2.34). В этих буксах предусмотрена установка под задним упорным кольцом стопорного кольца.



Рисунок 2.31 – Конический подшипниковый узел бескорпусной

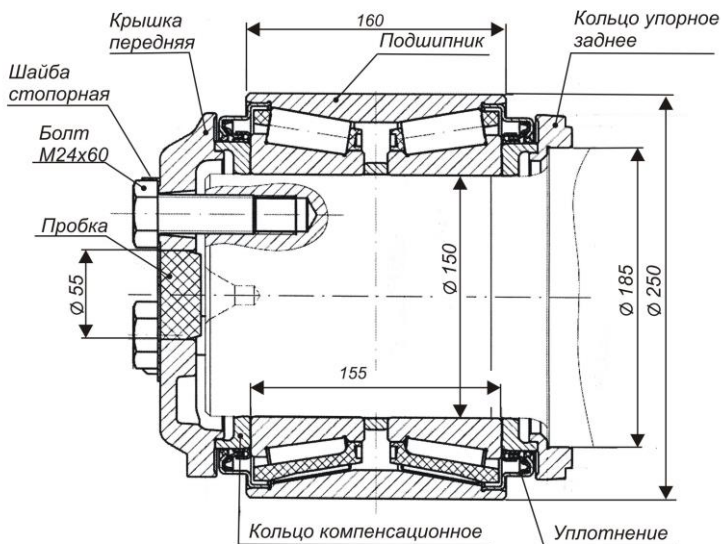


Рисунок 2.32 – Конический подшипниковый узел под адаптер с базовым подшипником в габаритных размерах $150 \times 250 \times 160$ мм марки «Brenko» для оси типа РВ2Ш

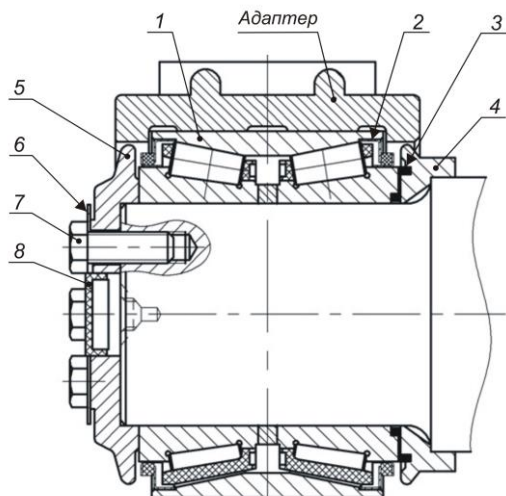


Рисунок 2.33 – Конический подшипниковый узел с адаптером с базовыми подшипниками в габаритных размерах 130×230×150, 130×250×160 и 150×250×160 мм марки SKF:

- 1 – подшипник; 2 – уплотнение; 3 – прокладка полимерная; 4 – кольцо упорное заднее;
5 – крышка передняя; 6 – шайба стопорная (пластинчатая); 7 – болт M24 (или M20);
8 – заглушка

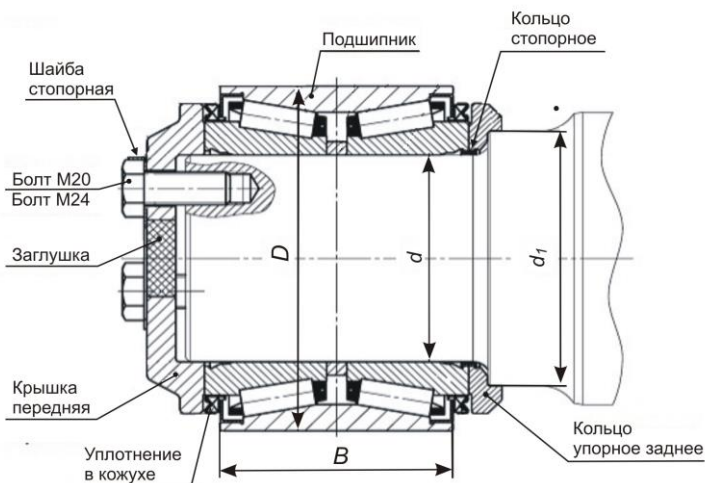


Рисунок 2.34 – Конический подшипниковый узел под адаптер с базовым подшипником в габаритных размерах 150×250×160 мм марки «Timken»

Конструктивное исполнение компактных бескорпусных букс. Для грузовых вагонов нового поколения компания SKF разработала новые компактные буксовые узлы «*Компакт TBU*» (*CTBU*) (рисунок 2.35):

– для осевой нагрузки 230,5 кН (23,5 тс) – буксовый узел *CTBU 130×250×160*, который может работать в экстремальных климатических условиях и обеспечивает пониженные затраты жизненного цикла. Этот узел испытывался в зимних условиях на линии Воркута–Череповец, где температура опускалась до минус 60 °;

– для осевой нагрузки 245 кН (25 тс) – компактный буксовый узел *CTBU 150×250×160*.

Новый компактный буксовый узел *CTBU* содержит меньшее число деталей, чем обычные буксы. Кроме того, уменьшены его масса и размеры, упрощена геометрия корпуса буксы, например в зоне лабиринтного уплотнения.

Основные элементы подшипника: одно наружное кольцо, два внутренних кольца, два ряда конических роликов с полимерными сепараторами. *Сепараторы из армированного полимера* отличаются уникальными свойствами – незначительным трением, низкой температурой нагрева при эксплуатации, высокими надежностью и безопасностью.

Основные элементы конического подшипникового узла (см. рисунок 2.35): двухрядный конический подшипник; заднее опорное кольцо; полимерное промежуточное кольцо; встроенные контактные уплотнения низкого трения; передняя крепительная крышка и крепящие ее болты.

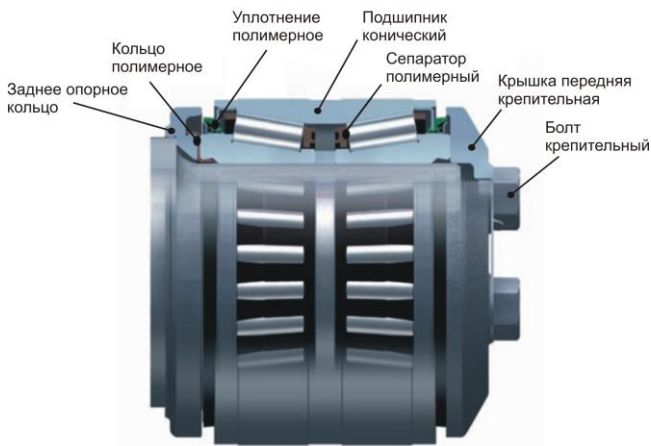


Рисунок 2.35 – Компактный буксовый узел *CTBU* марки SKF

Особенности конструкции компактного буксового узла *CTBU* показаны на рисунке 2.36.

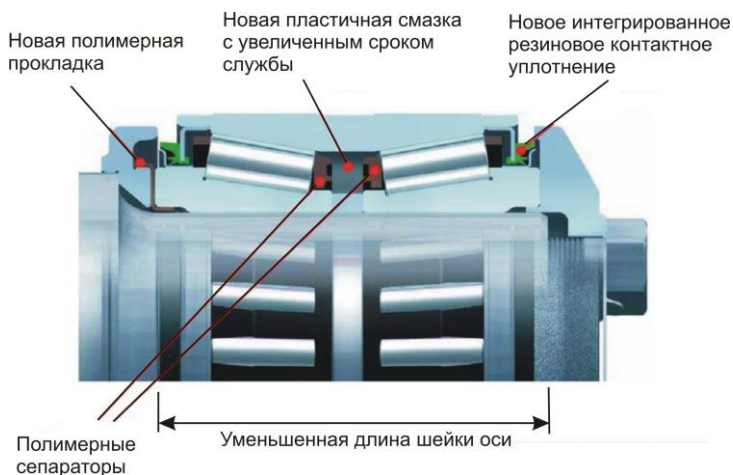


Рисунок 2.36 – Особенности конструкции компактного буксового узла *CTBU* марки SKF

Полимерное промежуточное кольцо (рисунок 2.37) установлено в зоне перехода от заднего опорного кольца к внутреннему кольцу подшипника для устранения фрикционной коррозии за счет замены контактной пары сталь–сталь парой сталь–полимер.

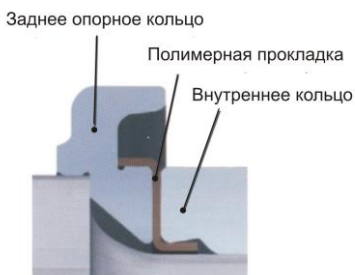


Рисунок 2.37 – Установка полимерного промежуточного кольца

Уплотнения с малым трением встроены в буксу между внутренним и наружными кольцами, а именно на запястье внутреннего кольца (см. рисунок 2.19, *a*). Оно представляет собой сочетание лабиринтного уплотнения, контактирующей губки и маслоразбрызгивающей шайбы. Уплотнение обеспечивает надежную защиту от загрязнений и повышает срок службы подшипника.

Маркировка и внешние отличительные признаки. М а р к и р о в к а роликовых конических двухрядных подшипников марок «Brenko», SKF и «Timken» под адаптер аналогична корпусным буксовым узлам.

Внешние отличительные признаки бескорпусных букс коническими подшипниковыми узлами:

– отсутствие корпуса буксы, вместо которого используется адаптер, бирка при этом отсутствует;

– дополнительное клеймо «К» (SKF), «К-1» («Brenko»), «К-2» («Timken») и код страны – собственника колесной пары, нанесенные на шайбе стопорной с правой стороны колесной пары (рисунок 2.38). На рисунке показан вариант обозначения для подшипников марки «Timken».

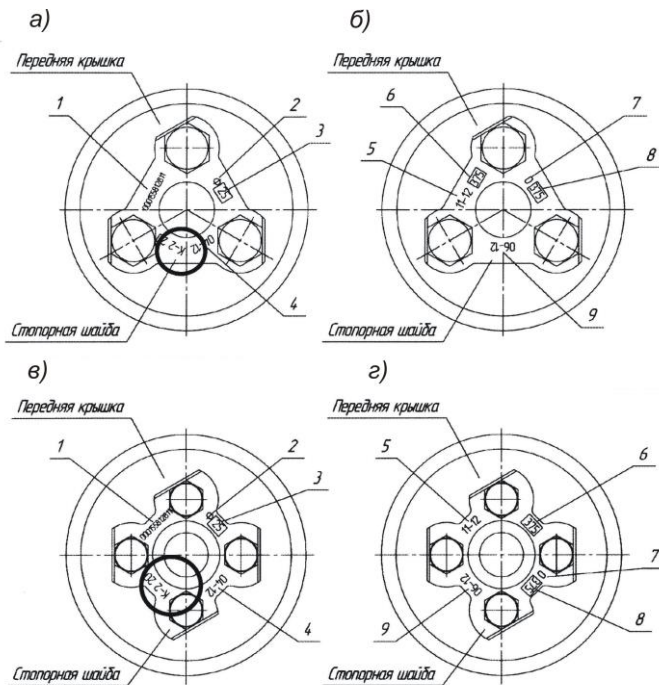


Рисунок 2.38 – Внешний отличительный признак конических подшипниковых узлов под адаптер:

а, б – стопорные шайбы для правой и левой сторон колесной пары при креплении тремя болтами; в, г – то же при креплении четырьмя болтами; 1 – индивидуальный номер колесной пары; 2 – знак формирования; 3 – код предприятия, сформировавшего колесную пару; 4 – дата формирования колесной пары; 5 – дата полного освидетельствования колесной пары; 6 – код предприятия, производившего последнее полное освидетельствование колесной пары; 7 – знак отточки колесной пары; 8 – код предприятия, производившего отточку колесной пары без демонтажа буксовых узлов; 9 – дата проведения отточки колесной пары без демонтажа буксовых узлов; 20 – код страны-собственника колесной пары; К-2 – использование в буксовом узле подшипника кассетного типа марки «Тимкен».

2.7 Буксы с коническими подшипниковыми узлами пассажирских вагонов

В пассажирских вагонах используют корпусные буксовые узлы с коническими подшипниками размерами $130 \times 250 \times 160$ и $130 \times 230 \times 150$ мм. Подшипники в габаритах $130 \times 250 \times 160$ мм устанавливаются в корпуса букс колесных пар тележек люлечного типа вагонов эксплуатационного парка, в габаритах $130 \times 230 \times 160$ мм – в корпуса букс колесных пар тележек безлюлечного типа.

Конструктивное исполнение букс для тележек люлечного типа. В корпусных буксах пассажирских вагонов эксплуатационного парка конический подшипниковый узел с базовым подшипником размером $130 \times 250 \times 160$ мм марок «Brenko» и ЕПК размещают в серийном корпусе буксы (рисунки 2.39 и 2.40). Установка в корпус и запрессовка на ось аналогична корпусной буксе грузового вагона.

Конструктивное исполнение букс для тележек безлюлечного типа. Конические подшипниковые узлы с подшипником размером $130 \times 230 \times 150$ мм запрессовывают на оси колесных пар типа *РВ1Ш-957-П* и *РВ3Ш-957-П*, а затем устанавливают в специальные корпуса букс новой конструкции.

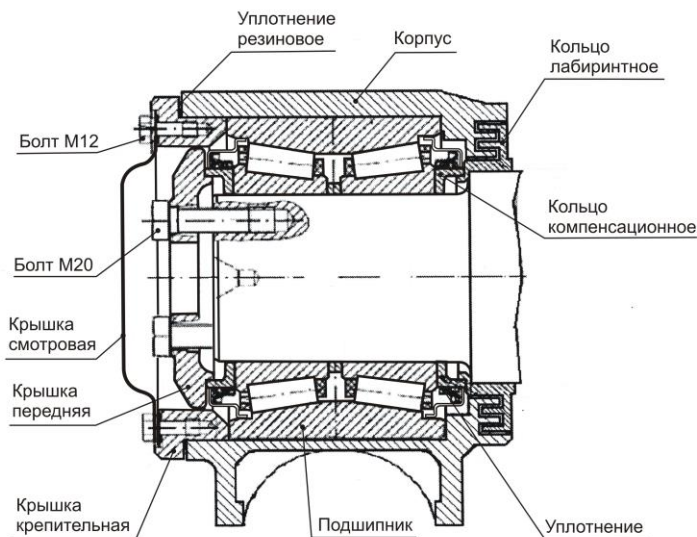


Рисунок 2.39 – Буксовый узел пассажирского вагона с коническим подшипником кассетного типа в габаритных размерах $130 \times 250 \times 160$ мм марки «Brenko»

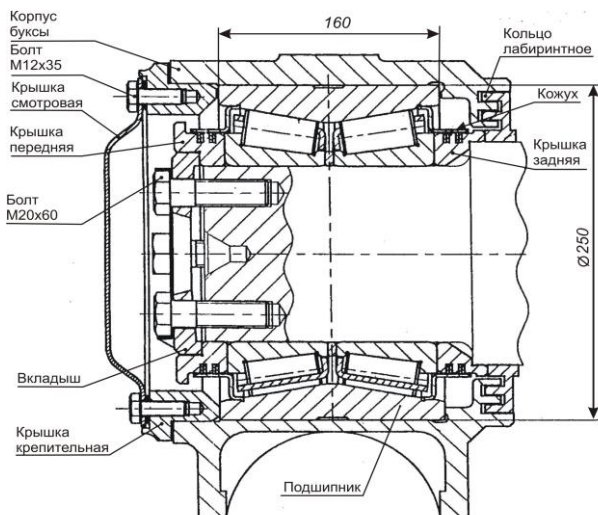


Рисунок 2.40 – Буксовый узел пассажирского вагона с коническим подшипником кассетного типа в габаритных размерах 130×250×160 производства ЕПК – Европейской подшипниковой компании

Используют два вида корпусов (рисунок 2.41):

- с кронштейном под буксовый гидравлический гаситель колебаний – для вагонов со скоростями свыше 160 км/ч (тележки моделей 68-4075/68-4076);
- без кронштейна – для вагонов со скоростями до 160 км/ч (тележки моделей 68-4095/68-4096).

Специальный корпус буксы тележек моделей 68-4075/68-4076, предназначенных для движения с конструкционной скоростью 200 км/ч, показан на рисунке 2.42.

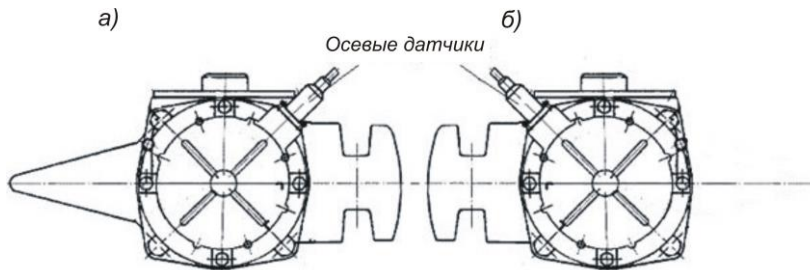


Рисунок 2.41 – Левые буксовые узлы со специальными корпусами:
а – тележек моделей 68-4075/68-4076; *б* – тележек моделей 68-4095/68-4096

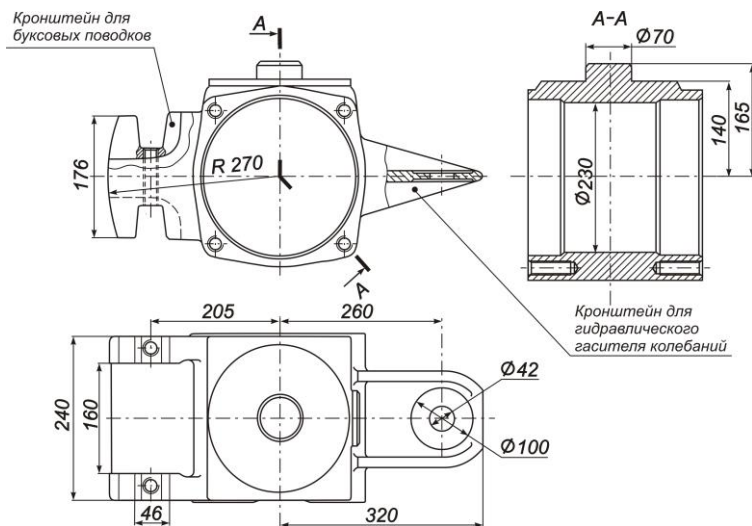


Рисунок 2.42 – Корпус буксы для тележек моделей 68-4075/68-4076

На рисунке 2.43 показаны конструкции правого и левого буксовых узлов тележек моделей 68-4095/68-4096, на рисунке 2.44 – моделей 68-4075/68-4076. Левые буксовые узлы отличаются от правых наличием противоюзного датчика.

Примечание – Правым считается буксовый узел, на котором под верхними болтами передней крепительной крышки установлены бирки в соответствии с рисунком 2.45 с нанесенной на них маркировкой.

Буксовые узлы, приведенные на рисунке 2.43, состоят из корпуса буксы 1, двухрядного роликового конического подшипника 2 с уплотнениями и компенсационными кольцами, упорного заднего кольца 5, а также задней 3 и передней 4 крышек, фиксирующих внутренние кольца подшипника на шейке оси в осевом направлении.

Передняя крышка подшипника 4 и шайба стопорная 8 фиксируются на оси болтами 7, поджимая внутренние кольца подшипника. Наружное кольцо подшипника фиксируется в корпусе буксы при помощи задней 11 и передней 12 крепительных крышек. Последняя закрепляется на корпусе буксы болтами 13.

На левый буксовый узел каждой колесной пары для регулирования работы дискового тормоза и предотвращения юза колесной пары устанавливается импульсный датчик 14. Датчик бесконтактно снимает сигналы ферромагнитного ротора – зубчатого колеса 15, которое монтируется на передней крышке 4 с помощью четырех болтов 16 и дистанционных шайб 17.

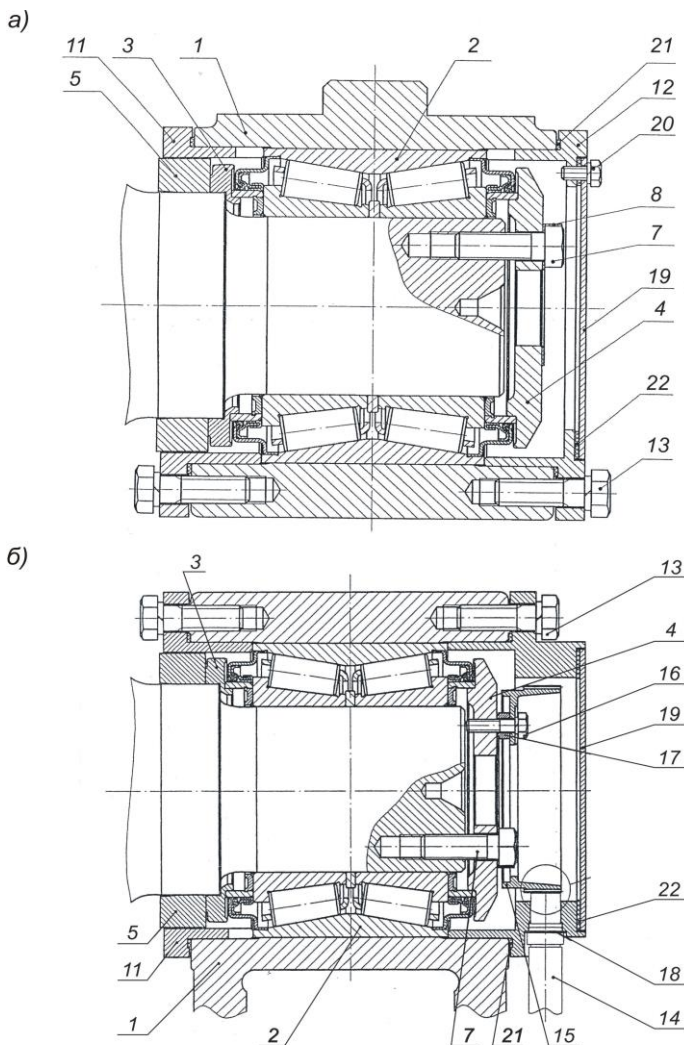


Рисунок 2.43 – Буксовые узлы тележек моделей 68-4095/68-4096 пассажирских вагонов с коническим подшипником кассетного типа в габаритных размерах 130×230×160 мм марки «Brenko»:

- a* – правый; *б* – левый с противоюзным датчиком «Knorr-Bremse»;
 1 – корпус буксы; 2 – подшипник; 3, 4 – задняя и передняя крышки;
 5 – кольцо упорное заднее; 7 – болт M20; 8 – шайба стопорная; 11, 12 – крышки крепительные задняя и передняя; 13 – болт; 14 – датчик противоюзный; 15 – колесо зубчатое; 16 – болт;
 17 – шайба дистанционная; 18 – прокладка регулировочная; 19 – крышка смотровая; 20 – болт;
 21, 22 – прокладки уплотнительные

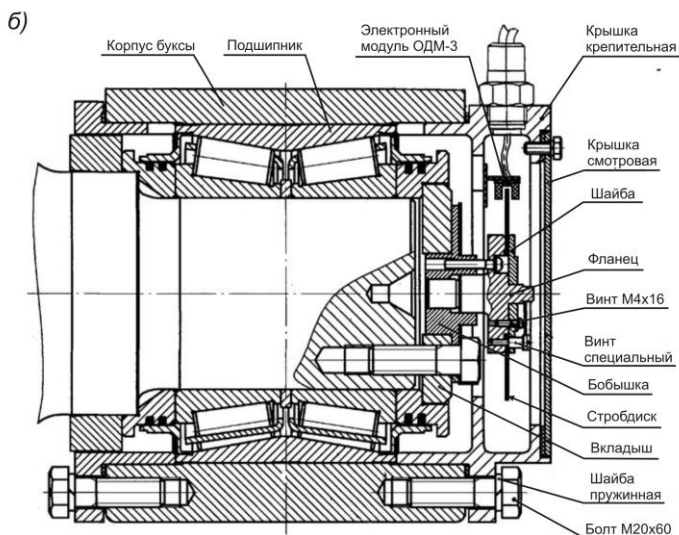
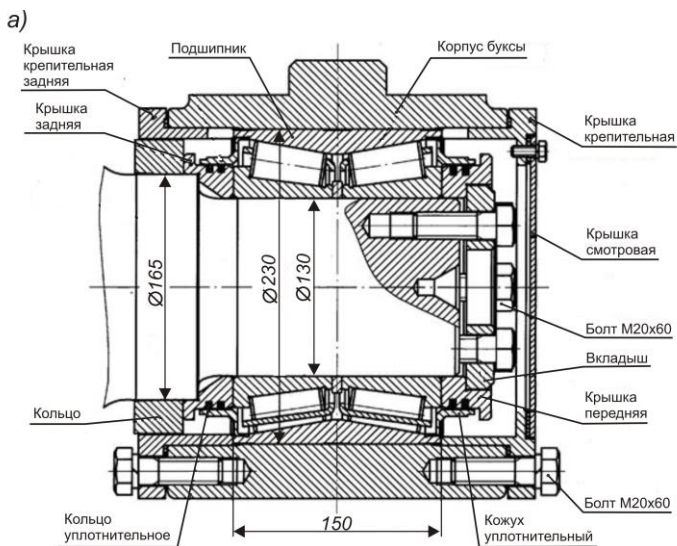


Рисунок 2.44 – Буксовые узлы тележек моделей 68-4075 и 68-4076 пассажирских вагонов с коническим подшипником кассетного типа в габаритных размерах 130×230×160 мм производства ЕПК – Европейской подшипниковой компании:

a – правый; *б* – левый с противоюзным электронным модулем ОДМ-3

Импульсный датчик осуществляет бесконтактный контроль числа оборотов колеса и выдает пропорциональный сигнал частоты на прибор управления электронной системы вагона. Расстояние между ротором и импульсным датчиком ($0,9 \pm 0,5$) мм обеспечивается подбором регулировочных прокладок 18.

Буксовые узлы закрываются смотровой крышкой 19 с помощью болтов 20.

Для предотвращения попадания в буксовый узел влаги и пыли между крепительной и смотровой крышками, а также крепительной крышкой и корпусом буксы устанавливаются уплотнительные прокладки 21 и 22.

На каждом буксовом узле и редукторе размещается по одному термодатчику для контроля перегрева при возникновении неисправности в контролируемых узлах.

Посадка внутренних колец подшипника на шейку оси, а также кольца 5 и задней крышки 3 на предподступичную часть оси – прессовая.

Составные части буксовых узлов тележек моделей 68-4075/68-4076 показаны на рисунке 2.32.

Маркировка роликовых конических двухрядных подшипников марки «Brenko» и внешние отличительные признаки букс с коническими подшипниковыми узлами рассмотрены в подразд. 2.5. Букса пассажирского вагона с отличительными признаками подшипника кассетного типа марки «Brenko» показана на рисунке 2.45.

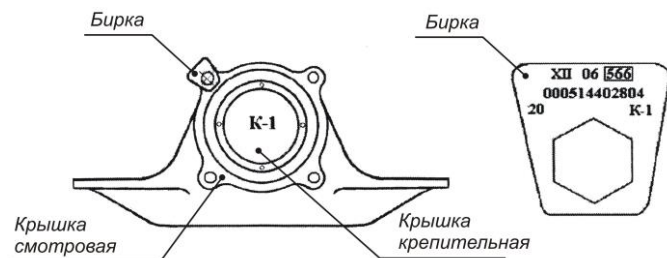


Рисунок 2.45 – Внешние отличительные признаки буксового узла пассажирского вагона с подшипником кассетного типа марки «Brenko»

2.8 Монтаж буксовых узлов

Монтаж буксовых узлов выполняют согласно требованиям соответствующих нормативных документов [25, 26].

Подготовка деталей для монтажа буксовых узлов. Перед монтажом буксовых узлов колесные пары, корпуса букс и их детали, а также подшипники роликовые цилиндрические должны быть обмыты и протерты насухо.

Подшипники сдвоенные и конические подшипниковые узлы поставляются в готовом к монтажу виде с паспортом, в котором указаны их геометрические размеры. Поэтому обмывку и измерение деталей данных подшипников не проводят, а геометрические параметры, в том числе радиальные и осевые зазоры, определяют из паспортов.

При измерениях роликовых цилиндрических подшипников у каждого из них должны быть определены величины посадочных диаметров внутренних колец подшипников, радиальных и осевых зазоров. Величина радиального зазора подшипников роликовых цилиндрических в свободном состоянии должна составлять 0,111–0,180 мм, осевого зазора – 0,070–0,150 мм.

Измерение диаметров шеек и предподступичных частей осей производят электронно-механическими приборами. Диаметры шеек осей замеряют в двух сечениях, соответствующих серединам внутренних колец, и в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Диаметры же предподступичных частей осей замеряют в одном сечении в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Измерение посадочного диаметра лабиринтного кольца производят индикаторным или микрометрическим нутромером в двух взаимно перпендикулярных направлениях. По результатам измерений определяют средние диаметры шеек и предподступичных частей осей, а также посадочный диаметр лабиринтных колец. Значение посадочного диаметра лабиринтного кольца должно быть меньше значения диаметра предподступичной части оси на величину допускаемого натяга, равного 0,020–0,186 мм.

Роликовые цилиндрические подшипники, устанавливаемые на одну шейку оси колесной пары (парные подшипники), должны подбираться:

- по величине радиальных зазоров так, чтобы разность радиальных зазоров у двух подшипников не превышала 0,02 мм;
- по диаметру отверстий внутренних колец так, чтобы разность диаметров не превышала 0,008 мм.

Подбор сдвоенных цилиндрических и конических подшипников не производится. Посадочный диаметр и отклонения формы внутренней цилиндрической части корпуса должны соответствовать нормам – $250_{+0,015}^{+0,200}$ мм.

Общие требования к монтажу буксовых узлов. К монтажу буксовых узлов допускают подшипники и колесные пары, имеющие одинаковую температуру с окружающей средой. Разность температур должна быть не более 3 °С.

Посадка подшипников и присоединенных к ним деталей буксовых узлов (лабиринтных колец, лабиринтов и упорных колец конических подшипниковых узлов) на ось должна быть прессовой и производиться на гидравлических прессах, обеспечивающих скорость движения плунжера от 2,5 до 4,0 мм/с и конечное усилие запрессовки всего комплекта колец:

- 245–294 кН (25–30 тс) – на осях типов РУ1Ш, РВ1Ш и РВ3Ш;
- 343–392 кН (35–30 тс) – на оси типа РВ2Ш.

Допускается производить монтаж внутренних колец роликовых цилиндрических подшипников и лабиринтных колец способом (методом) тепловой посадки.

Независимо от конструкции и типоразмера подшипников значения натягов посадки должны составлять:

- внутренних колец подшипников на шейки осей – 0,045–0,110 мм;
- присоединенных к ним деталей (лабиринтных колец, лабиринтов и упорных колец подшипников кассетного типа) на неподступичные части осей – 0,020–0,186 мм.

Посадочные поверхности шеек и неподступичных частей оси, внутренних колец подшипников и присоединенных деталей должны быть тщательно очищены, насухо протерты и покрыты ровным слоем пасты ЭМПи-4.

Запрессовка на ось внутренних колец роликовых цилиндрических и конических подшипников, а также присоединенных к ним деталей буксовых узлов (всего комплекта) производится за один ход плунжера пресса.

Усилие запрессовки должно прикладываться только к внутреннему кольцу подшипника (или через компенсационное кольцо уплотнения подшипников кассетного типа марки «Бренко»).

При продвижении в процессе запрессовки подшипников всех типов вдоль оси производится проворачивание корпуса буксы или наружного кольца в разные стороны на угол 45°. В ходе запрессовки подшипников вращение должно быть легким, без заеданий.

Буксовые узлы с роликовыми цилиндрическими подшипниками и подшипниками сдвоенными проверяют на наличие осевого разбега в пределах 0,680–1,380 мм путем сдвижки корпуса буксы вдоль шейки оси.

Монтаж буксовых узлов с роликовыми цилиндрическими подшипниками. Монтаж буксовых узлов с роликовыми цилиндрическими подшипниками (рисунок 2.46) производится с соблюдением условий, рассмотренных выше, в следующей последовательности (рисунок 2.47) [25, 26].

1 Выполняется запрессовка лабиринтного кольца 12 на неподступичную часть оси 16 и внутренних колец подшипников 10 и 11 на шейку оси 13.

2 После запрессовки колец производится контроль плотности их прилегания друг к другу и внутреннего заднего кольца к лабиринтному кольцу. Контроль производят щупом, при этом пластина щупа толщиной не более 0,04 мм может войти в зазор между кольцами на участке длиной не более 1/3 окружности.

3 Перед установкой блоков наружных колец с роликами и сепараторами в корпус буксы, ролики, дорожки качения и бортики наружных колец, а также посадочную поверхность корпуса буксы смазывают препаратом-модификатором ЭМПи-1.

4 В корпус буксы последовательно вставляют блоки (наружные кольца с роликами и сепараторами) заднего 7 и переднего 6 подшипников. При этом

сторона наружного кольца заднего подшипника с маркировкой должна быть обращена к лабиринтной части корпуса буксы, а торец с маркировкой наружного кольца переднего подшипника – к передней части корпуса буксы.

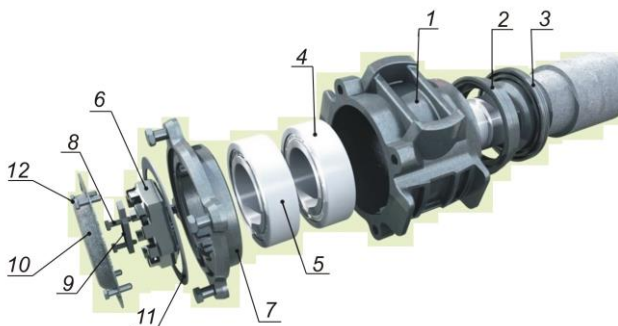


Рисунок 2.46 – К монтажу типового буксового узла с цилиндрическими подшипниками:

- 1 – корпус буксы; 2 – отъемный лабиринт корпуса буксы; 3 – лабиринтное кольцо; 4, 5 – задний и передний подшипники; 6 – торцевая гайка M110; 7, 10 – крепительная и смотровая крышки; 8 – болты M12×35 стопорной планки с пружинной шайбой; 9 – стопорная планка; 11 – резиновая прокладка; 12 – болт M12×35 смотровой крышки с пружинной шайбой

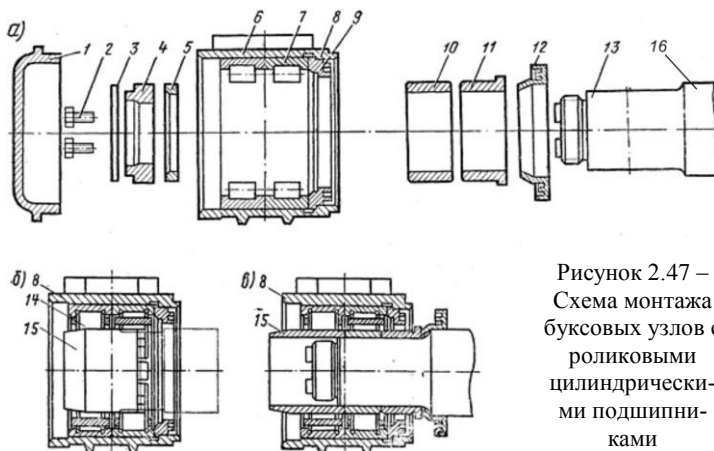


Рисунок 2.47 – Схема монтажа буксовых узлов с роликовыми цилиндрическими подшипниками

5 Закладывают смазку ЛЗ-ЦНИИ (у) или Буксол, или ЗУМ в подшипники, в пространство между лабиринтной частью корпуса буксы и задним подшипником, а также в проточки лабиринтного кольца по всему периметру.

6 Производят установку (надвижку) корпуса буксы 8 с блоками подшипников на смонтированный на оси комплект внутренних колец.

7 После этого на шейку оси устанавливают упорное кольцо 5 переднего подшипника маркировкой, обращенной к передней части корпуса буксы.

8 Осуществляют торцевое крепление подшипников на шейке оси с помощью тарельчатой шайбы и болтов М20. Под болты устанавливают стопорную шайбу, концы которой загибают на грань головки каждого болта.

Крепление подшипников на шейке оси типа РУ1 производят следующим образом. На резьбовую часть оси навинчивают торцевую гайку 4, гайку затягивают до соприкосновения с упорным кольцом переднего подшипника и туго поджимают. В паз на торце оси устанавливают стопорную планку 3 таким образом, чтобы ее хвостовик был введен в шлиц гайки. Устанавливают болты 2 М12 стопорной планки с пружинными шайбами. Болты М12 увязывают мягкой (отожженной) проволокой, проходящей через отверстия в их головках. Проволока должна быть увязана по форме цифры «8».

9 Выполняют закладку смазки ЛЗ-ЦНИИ (у) или Буксол или ЗУМ в переднюю часть буксового узла.

10 Производят сборку крепительной и смотровой крышек. При этом между ними устанавливают резиновую прокладку толщиной 3 мм. Внутреннюю поверхность смотровой крышки, а также цилиндрическую посадочную поверхность крепительной крышки и соответствующую поверхность корпуса буксы смазывают тонким слоем препарата-модификатора ЭМПи-1. Аналогично смазывают болты М20 и М12, а также отверстия под них.

Крепительную и смотровую крышки скрепляют между собой четырьмя болтами М12, под которые устанавливают шайбы пружинные. Затяжку болтов производят с применением гайковерта (стенда).

11 Буксу закрывают крышкой крепительной в сборе со смотровой 1 при помощи болтов М20, под которые устанавливают шайбы пружинные. При этом между торцом корпуса буксы и фланцем крышки крепительной размещают резиновое кольцо, имеющее сечение диаметром 4 мм.

Затягивание болтов должно быть равномерным. Предварительно фланцевую поверхность крышки крепительной покрывают смазкой ЛЗ-ЦНИИ (у) или Буксол, или ЗУМ из расчета заполнения всего зазора между этой поверхностью и торцом корпуса буксы после затяжки болтов.

Тепловая посадка внутренних колец роликовых цилиндрических подшипников и лабиринтных колец на ось. Как отмечалось выше, допускается производить монтаж внутренних колец роликовых цилиндрических подшипников и лабиринтных колец способом (методом) тепловой посадки. Последовательность монтажа при этом следующая [25, 26].

1 Посадочные поверхности шеек и предподступичных частей оси, внутренних и лабиринтных колец тщательно очищают и протирают насухо. Проверяют соответствие величин натягов внутренних и лабиринтных колец на ось требуемым значениям.

2 Лабиринтное кольцо *12* (см. рисунок 2.47) нагревают до температуры 125...150 °С. Нагрев может производиться в электропечи с помощью индукционного нагревателя или в масляной ванне, где в качестве нагреваемой жидкости используется трансформаторное масло. При нагреве лабиринтного кольца в электропечи или индукционным нагревателем предподступичную часть оси покрывают тонким слоем трансформаторного, промышленного или веретенного масла.

4 Устанавливают нагретое лабиринтное кольцо на предподступичную часть оси с помощью специальной монтажной втулки, торцом которой наносят по лабиринтному кольцу удары, постепенно усиливающиеся по мере его остывания до получения чистого металлического звука.

5 Проверяют отклонение от перпендикулярности заплечика торцевой поверхности лабиринтного кольца к посадочной поверхности шейки оси с помощью лекального угольника в четырех диаметрально противоположных точках. Щупом измеряют зазор между торцевой поверхностью лабиринтного кольца и угольника. Пластина щупа толщиной 0,04 мм не должна проходить в зазор. Контроль производится при разности температур между лабиринтным кольцом и осью не более 3 °С.

6 Внутренние кольца *10* и *11* подшипников нагревают до температуры 100...120 °С. Нагрев может производиться в электропечи или масляной ванне, где в качестве нагреваемой жидкости используется масло трансформаторное.

7 Перед установкой на шейку оси внутренних колец к торцу оси прикрепляют специальный направляющий стакан *15*, который в зависимости от конструкции оси либо навинчивается на резьбу М110, либо прикрепляется к торцу оси технологическими болтами М20.

8 Нагретые внутренние кольца подшипников устанавливают на шейку оси, предварительно смазанную тонким слоем трансформаторного, промышленного или веретенного масла в такой последовательности: первым надевают кольцо заднего подшипника бортом вперед, вторым – кольцо переднего подшипника, так чтобы его сторона со скосом от дорожки качения была обращена к середине шейки оси.

9 После установки колец на шейку оси направляющий стакан снимают, надевают плоское упорное кольцо и производят поджатие внутренних колец:

– на оси типа РУ1Ш – тарельчатой шайбой и четырьмя (тремя) болтами М20, по мере остывания колец болты подтягивают;

– на оси типа РУ1 – гайкой М110: гайку затягивают и подтягивают по мере остывания внутренних колец инерционным или гаечным ключом с применением ударного инструмента (молотка) массой от 3 до 5 кг.

В поджатом состоянии внутренние кольца должны находиться до полного остывания.

10 Плотность прилегания внутренних колец друг к другу и к лабиринтному кольцу контролируют при разности температур между кольцами и окружающей средой не более 3 °С. Контроль производят щупом, при этом пластина щупа толщиной не более 0,04 мм может войти в зазор между кольцами на участке длиной не более 1/3 окружности. Плотность посадки внутренних колец проверяют прибором контроля натяга колец подшипников согласно инструкции по его эксплуатации.

Монтаж буксовых узлов с роликовыми цилиндрическими подшипниками сдвоенными. Последовательность монтажа следующая [25, 26].

1 Устанавливают лабиринтное кольцо в лабиринтную часть корпуса буксы, предварительно заложив в проточки лабиринтного кольца по всему периметру смазку Буксол или ЗУМ.

2 Перед установкой сдвоенных подшипников в корпус буксы посадочную поверхность корпуса и поверхность наружного кольца подшипника смазывают препаратом-модификатором ЭМПи-1.

3 Подшипник вставляют в корпус буксы, при этом маркировка на наружном кольце с буквой «П» должна быть обращена в сторону крепительной крышки. Подшипник фиксируют крепительной крышкой и двумя болтами М20, затянутыми предварительно и расположенными по диагонали.

4 Посадочные поверхности шеек и предподступичных частей оси, поверхности отверстий внутренних и лабиринтных колец тщательно очищают, протирают насухо и покрывают тонким слоем пасты ЭМПи-4.

5 Выполняют запрессовку на ось подшипника вместе с корпусом буксы и установленным в нем лабиринтным кольцом за один ход плунжера пресса. При этом лабиринтное кольцо придерживают рукой для предотвращения выпадения его из лабиринтной части корпуса буксы. Усилие запрессовки прикладывается только к внутреннему кольцу подшипника. При упоре лабиринтного кольца в торец предподступичной части оси конечное усилие запрессовки должно находиться в пределах 245–294 кН (25–30 тс) и выдерживаться в течение не менее 3 с.

6 Торцевое крепление подшипников на шейке оси осуществляют аналогично пункту 8 последовательности монтажа букс с роликовыми цилиндрическими подшипниками.

7 Сборку крышек крепительной и смотровой, а также их установку на корпус буксы производят аналогично пунктам 10, 11 последовательности монтажа букс с роликовыми цилиндрическими подшипниками, при этом в

пространство между фланцевыми поверхностями крепительной крышки и корпуса буксы смазка не закладывается.

8 Инструментальный контроль осевых и радиальных зазоров после напрессовки подшипника сдвоенного с корпусом буксы на шейку оси не производится.

Монтаж корпусных букс с коническими подшипниковыми узлами.

Конический подшипниковый узел с базовым подшипником в габаритах 130×250×160 мм марки «Бренко» поставляется с лабиринтом (лабиринтным кольцом), впрессованным в заднее компенсационное кольцо уплотнения, марки SKF – с полимерной прокладкой и лабиринтом (рисунок 2.48).

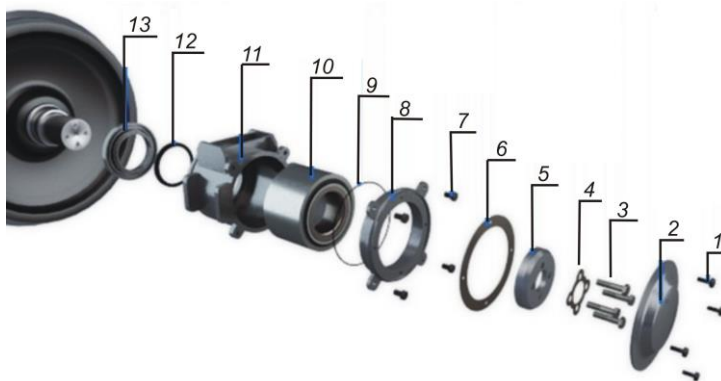


Рисунок 2.48 – К монтажу корпусного конического подшипникового узла:

1, 7 – болты М12 и М20 с шайбой; 2, 5, 8 – смотровая, передняя и крепительная крышки; 3 – болт М20; 4 – стопорная шайба; 6, 9 – уплотнительные кольца; 10 – конический подшипник; 11 – корпус буксы; 12 – прокладка полимерная; 13 – лабиринтное кольцо

Перед монтажом буксового узла лабиринт извлекают из компенсационного кольца («Бренко») или снимают с подшипника (SKF).

Последовательность монтажа [25, 26].

1 Роликовый конический подшипник в габаритах 130×250×160 мм с уплотнениями (SKF) или уплотнениями и компенсационными кольцами («Бренко») устанавливают в корпус буксы и фиксируют подшипник крышкой крепительной и двумя болтами М20.

2 Лабиринт устанавливают в лабиринтную часть корпуса буксы, предварительно заполнив проточки лабиринта смазкой Буксол или ЗУМ (использование смазки ЛЗ-ЦНИИ запрещается). При этом для буксы с подшипником марки SKF полимерная прокладка должна находиться на лабиринте.

3 Посадочные поверхности шеек и предподступичных частей оси, поверхности отверстий колец внутренних и колец лабиринтных тщательно очищают, протирают насухо и покрывают тонким слоем пасты ЭМПи-4.

4 Подшипник вместе с корпусом буксы и установленным в него лабиринтом запрессовывают на ось за один ход плунжера пресса. При этом лабиринт придерживается рукой для предотвращения выпадения из лабиринтной части корпуса буксы. Усилие запрессовки прикладывается только к внутреннему кольцу подшипника через компенсационное кольцо уплотнения. При упоре лабиринтного кольца в торец предподступичной части оси конечное усилие запрессовки должно находиться в пределах 245–294 кН (25–30 тс) и выдерживается в течение не менее 3 с.

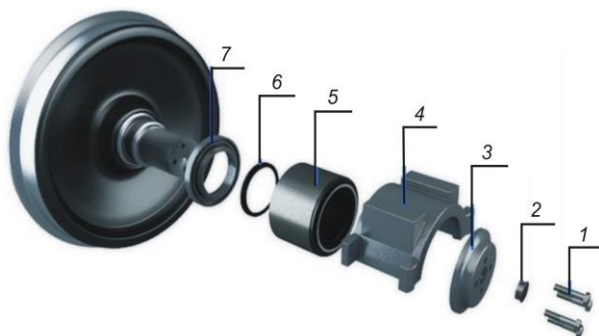
5 Выполняют монтаж торцевого крепления подшипников. На торец оси устанавливают крышку переднюю с шайбой стопорной и закрепляют их четырьмя болтами М20. Момент затяжки болтов М20 на шейке оси должен составлять 230–250 Н·м (23–25 кгс·м). После их затяжки лепестки стопорной (пластинчатой) шайбы загибаются на одну грань головки каждого болта.

6 Устанавливают смотровую и крепительную крышки. При этом внутренняя поверхность смотровой крышки должна быть покрыта тонким слоем минерального масла любой марки.

7 Для букс пассажирских вагонов производится установка противоюзных датчиков, если это предусмотрено конструкцией буксового узла. Противоюзные датчики монтируются на переднюю крепительную крышку левого буксового узла колесной пары. При установке колесных пар в тележке направление датчиков должно быть внутрь тележки и вверх (см. рисунок 2.41).

Монтаж бескорпусных букс с коническими подшипниковыми узлами. Конические подшипниковые узлы с базовыми подшипниками в габаритах 150×250×160 и 130×230×150 мм поставляются с задним упорным кольцом, впрессованным в заднее компенсационное кольцо уплотнения («Бренко») или с кольцами – полимерным и задним упорным (SKF) (рисунок 2.49).

Рисунок 2.49 – К монтажу бескорпусных букс с коническими подшипниковыми узлами:
1 – болт М24 (или М20);
2 – заглушка; 3 – крышка передняя; 4 – адаптер; 5 – подшипник; 6 – прокладка полимерная; 7 – кольцо упорное



Последовательность монтажа [25].

1 Конический подшипниковый узел в сборе (базовый подшипник с присоединенными деталями) запрессовывается на ось за один ход плунжера

пресса. Для подшипника марки «Бренко» к присоединенным деталям относятся уплотнения с компенсационными кольцами и заднее упорное кольцо, марки SKF – уплотнения, полимерная прокладка и заднее упорное кольцо.

Конечные усилия запрессовки подшипников на шейках осей должны составлять в габаритах 150×250×160 мм – 343–392 кН (35–40 тс), в габаритах 130×230×150 мм – 245–294 кН (25–30 тс) и выдерживается в течение не менее 3 с.

2 Осуществляют монтаж торцевого крепления подшипников. На торец оси устанавливают переднюю крышку с стопорной шайбой и закрепляют их четырьмя болтами М20 (ось типа РУ1Ш) или тремя болтами М24 (ось типа РВ2Ш). Моменты затяжки болтов торцевого крепления на шейке оси должны составлять: болтов М24 – 320–360 Н·м (32–36 кгс м); болтов М20 – 230–250 Н м (23–25 кгс м). После их затяжки лепестки стопорной (пластинчатой) шайбы загибаются на одну грань головки каждого болта.

3 Проверяют вращение подшипников на легкость от руки и контролируют наличие осевого зазора в подшипнике. Осевой внутренний зазор подшипника проверяется с помощью индикатора часового типа. Величины осевых зазоров должны составлять 0,01–0,38 мм.

Установка противоюзных датчиков. Противоюзные датчики монтируются на переднюю крепительную крышку левого буксового узла колесной пары. При установке колесных пар в тележке направление датчиков должно быть внутрь тележки и вверх (см. рисунок 2.41).

Установка противоюзного электронного модуля ОДМ-3 (см. рисунок 2.44, б) производится в следующем порядке [26]:

- стрободиск крепится на торец вкладыша подшипника винтами М4×16 с помощью специальной бобышки и фланца;

- на крепительную переднюю крышку буксы устанавливается электронный модуль;

- регулируются зазоры между торцами стрободиска и паза датчика электронного модуля путем поворота фланца (минимальный односторонний зазор должен быть не менее 0,5 мм);

- устанавливаются крепительная и смотровая крышки согласно п. 5 монтажа буксовых узлов с роликовыми цилиндрическими подшипниками;

- электромонтаж электронного модуля производится после установки колесной пары в тележку.

Установка противоюзного импульсного датчика «Knorr-Bremse» (см. рисунок 2.43, б) производится в следующем порядке [26]:

- индуктор крепится на торец вкладыша подшипника болтами М8×15 ГОСТ 7798;

- в отверстие крепительной передней крышки устанавливается импульсный датчик;

– регулируется зазор 0,4–1,4 мм между пяткой датчика и зубчатым венцом за счет установки стальных прокладок разной толщины на опорную плоскость датчика;

– устанавливается смотровая крышка согласно п. 5 монтажа буксовых узлов с роликовыми цилиндрическими подшипниками;

– электромонтаж импульсного датчика производится после сборки тележки.

Установка противоюзных датчиков иных моделей производится в соответствии с эксплуатационной документацией, согласованной в установленном порядке.

2.9 Повышение эксплуатационной надежности буксовых узлов

В условиях увеличения скоростей движения и осевых нагрузок безопасность движения во многом зависит от безотказности и долговечности буксовых узлов. Уровень надежности буксовых узлов современных вагонов должен соответствовать существующим и перспективным условиям эксплуатации и обеспечивать увеличенный межремонтный пробег (для грузовых вагонов до 1 млн км пробега).

Повышение эксплуатационной надежности буксовых узлов ведется исследователями и конструкторами по следующим направлениям: переход на безремонтные конструкции букс с повышенным ресурсом; повышение надежности типовых буксовых узлов; уменьшение динамических нагрузок, действующих на подшипники; обеспечение эффективного контроля за состоянием букс в поездах.

Использование безремонтных конструкций букс с повышенным ресурсом. Основная задача, стоящая перед специалистами железнодорожного транспорта, – переход на конструкции буксовых узлов безремонтного типа с гарантированной надежностью. К ним относятся буксы с коническими подшипниковыми узлами и с цилиндрическим сдвоенным подшипником.

Как правило, во всех отраслях промышленности подшипники относятся к невосстанавливаемым и неремонтируемым изделиям. При отказе или достижении предельного состояния они не ремонтируются, а заменяются новыми. В то же время вагонные цилиндрические подшипники демонтируются с колесной пары при проведении полной ревизии и подвергаются ремонту. Вновь собранный на вагоноремонтном предприятии буксовый узел представляет собой совершенно новую конструкцию. Вероятность отказов такой конструкции в начальный период эксплуатации увеличивается.

Безремонтная концепция предполагает, что все операции по изготовлению, сборке и заправке смазкой подшипника осуществляются на заводе-

изготовителе, а потребителю (вагоностроительному заводу или вагоноремонтному предприятию) требуется только произвести монтаж такого подшипника на шейку оси колесной пары. Предусматривается сервисное обслуживание подшипников в специализированных центрах.

Буксы с коническими подшипниковыми узлами широко используются за рубежом и находят все большее применение в грузовых и пассажирских вагонах в России. В основу конструкции таких буксовых узлов заложена концепция модуля, запроленного смазкой, уплотненного и готового к монтажу и не требующего обслуживания в течение всего срока эксплуатации.

Буксовые узлы с коническими подшипниковыми узлами имеют увеличенный ресурс и повышенную надежность. Во многом за счет того, что конические подшипники обеспечивают хорошее восприятие радиальных и осевых сил в режиме трения качения.

В странах СНГ нельзя напрямую использовать конические подшипники зарубежный фирм-производителей, поскольку эти подшипники предназначены для климатических условий не ниже минус 40 °С. Например, для условий эксплуатации Российской Федерации необходимы смазка, полиамидный сепаратор и металл, работающие при температурах до минус 60 °С.

Первый опыт применения таких буксовых узлов с подшипниками германской фирмы «FAG» был в период 1983–1987 гг. Они устанавливались под опытные грузовые вагоны с осевой нагрузкой 245 и 265 кН (25 и 27 тс).

В пассажирских вагонах конические подшипники впервые были применены в 2001 г. в поезде «Невский экспресс». Это были подшипники ЕПК (Европейская подшипниковая компания), созданные на Волжском подшипниковом заводе. В последующем пассажирские вагоны стали оборудовать и подшипниками марки «Бренко».

С 2005 г. началось оснащение грузовых вагонов коническими подшипниками производства ООО «ЕПК», с 2006 г. – марки SKF.

Использование подшипников марки SKF вообще не вызвало никаких проблем, поскольку они работают практически в таком же температурном режиме, что и цилиндрические подшипники. При эксплуатации подшипников марки «Бренко» были зафиксированы их перегревы, связанные с особенностью смазки «Мобилит 221».

В Российской Федерации разработана *программа по замене цилиндрических подшипников коническими*. В рамках этой программы компания SKF построила в России, в г. Тверь завод по изготовлению конических буксовых подшипников различного типоразмера для всего обширного российского рынка. Компаниями «Бренко» и ЕПК на базе Саратовского подшипникового завода создано совместное предприятие по выпуску конических подшипников для ОАО «РЖД».

Для грузовых вагонов нового поколения Российской Федерации компания SKF разработала новые компактные буксовые узлы Compact TBU (СТБУ): для осевых нагрузок 230,5 и 245 кН (23,5 тс и 25 тс) – СТБУ 130×250×160 и СТБУ 150×250×160 соответственно.

Повышение надежности конических роликовых подшипников ведется в направлениях совершенствования смазки, конструкции уплотнения и полиамидного сепаратора. Так, по результатам эксплуатации буксовых узлов с коническими подшипниковыми узлами смазка «Мобилит 221» была заменена на смазку «Буксол».

В эксплуатации используются *буксы со сдвоенным подшипником*. Такие подшипники разработаны специалистами АО «Харьковский подшипниковый завод» и ОАО «Саратовский подшипниковый завод» на базе серийно выпускаемых цилиндрических подшипников с целью повышения надежности и увеличения межремонтного пробега типового буксового узла. Сдвоенный подшипник представляет собой безремонтную конструкцию закрытого типа с защитными шайбами, подобранную по зазорам и заправленную смазкой на заводе-изготовителе. В подшипнике отсутствует упорное отъемное кольцо. Подшипник предназначен для установки в буксы вагонов вместо комплекта типовых подшипников.

Повышение надежности цилиндрических роликовых подшипников. Работоспособность подшипников качения в последние годы заметно повысилась в результате применения новых материалов для их элементов, совершенствования технологии изготовления, улучшения качества смазки и геометрии контактных поверхностей, а также совершенствования конструктивных элементов – сепаратора, роликов и колец.

Выполняются исследования *по совершенствованию формы роликов и геометрии контакта роликов с бортами колец*. Можно отметить в связи с этим «бомбинирование» роликов, т.е. внедрение новой конструкции роликов со скруглением несущей поверхности кромок (бомбиной).

Особое внимание уделяется вопросам *повышения усталостной прочности отдельных элементов подшипников*.

Изготовление колец и роликов из хромистой стали регламентированной прокаливаемости ШХ4, т.е. стали с поверхностным упрочнением, позволило повысить их усталостную прочность и долговечность в 2 раза, а также исключить разрывы внутренних колец и сколы бортов в процессе эксплуатации.

В буксовых узлах вагонов широко применяются *пластмассовые – полиамидные сепараторы*. Их важнейшие преимущества – незначительная масса, хорошие антифрикционные качества, возможность изготовления методом литья или под давлением с незначительными затратами. При недостаточной смазке пластмассовые сепараторы проявляют свои аварийные ходо-

вые качества. В результате они нашли широкое применение за рубежом в качестве заменителей массивных латунных сепараторов.

Улучшение качества смазки. Надежность работы буксовых узлов во многом определяется качеством смазки. Консистентные смазки должны обеспечивать надежное разделение поверхностей трения элементов подшипника (торцов роликов и бортов колец) в условиях граничных режимов смазки. В настоящее время в буксах применяется влагостойкая смазка «Буксол» на литиевой основе со специальными присадками. Она обладает высокими противозадирными и противоизносными свойствами как при нормальных, так и при обводненных условиях работы.

Повышение надежности торцевого крепления подшипников. В течение продолжительного времени проводятся комплексные работы, направленные на повышение надежности торцевого крепления подшипников. В осях типа РУ1Ш внедрено торцовое крепление подшипников шайбой с четырьмя болтами М20 вместо трех. Введена регламентированная затяжка болтов М20 динамометрическим ключом, повышен класс прочности болтов до 4,8 вместо 3,6, и резьба в них выполняется накаткой вместо нарезки.

Торцовую тарельчатую шайбу предложено изготавливать из стали 40Х и ввести ее термическую обработку, что придаст ей более высокие упругие свойства. Изменена конструкция стопорения болтов М20 от самоотвинчивания. В частности, наиболее повреждаемый элемент – прижимные шайбы заменены пластинчатой отгибной объединенной шайбой для четырех болтов. Отработана технология монтажа болтов М20 с целью выравнивания усилий затяжки. Гарантийный срок эксплуатации колесной пары по качеству сборки торцевого крепления конических подшипников установлен до 8 лет, цилиндрических – до 4 лет (для пассажирских вагонов) и 5 лет (грузовых).

Уменьшение динамических нагрузок, действующих на подшипники. Снижение действующих на подшипники динамических сил обеспечивается в бескорпусных буксовых узлах введением упругих прокладок между наружными кольцами цилиндрических подшипников и элементом, передающим нагрузку на подшипники от боковой рамы тележки, либо между боковой рамой и адаптером, устанавливаемым на наружное кольцо конического подшипника.

Первый путь реализован в *конструкции бескорпусного буксового узла с упругим элементом* тележки модели 18-115 (см. рисунок 4.26). Второй – в конструкциях буксовых узлов тележек с повышенной осевой нагрузкой (модели 18-194-1, 18-9836, 18-9817 и др.).

Технический контроль буксовых узлов в эксплуатации. Цель – своевременное изъятие из эксплуатации колесных пар, у которых подшипники или стопорные устройства находятся в стадии разрушения. Внешним проявлением ненормальной работы буксы является повышенная температура ее

корпуса, поскольку многие повреждения подшипников, нарушения технологии монтажа и другие отступления, как правило, повышают температуру нагрева букс. Поэтому буксы пассажирских вагонов оборудованы термодатчиками системы контроля нагрева букс (СКНБ), позволяющими своевременно получать сигнал о чрезмерном нагреве буксы. При повышении температуры буксы срабатывает термодатчик, электрическая цепь размыкается и на щит служебного отделения вагона поступает звуковой и световой сигналы. Проводник в этом случае обязан принять меры к остановке поезда.

Оборудовать подобными устройствами грузовые вагоны не представляется возможным. Поэтому для выявления греющихся букс в грузовых поездах применяют специальные напольные средства автоматического контроля нагрева букс, в частности комплексы КТСМ (комплекс технических средств многофункциональный). Это система автоматического контроля технического состояния (диагностики) подвижного состава, которая может включать одну или несколько подсистем контроля наиболее ответственных узлов подвижного состава (букс, колес, тормозов, габаритов и др.).

Комплексы КТСМ (КТСМ-01, КТСМ-01Д и КТСМ-02) (рисунок 2.50) используются для обнаружения бесконтактным способом нагретых букс в движущемся подвижном составе. Действуют они по принципу улавливания инфракрасного излучения нагретых букс. Устанавливаются перед крупными станциями. Обычно регистрируются наличие перегретой буксы, порядковый номер оси вагона с перегретой буксой и степень нагрева.

Напольные камеры (две или четыре) располагают по двум сторонам колеи.

Оптическая система напольной камеры ориентирована на сканирование задней по ходу движения поезда стенки корпуса буксы. Принимая сигнал теплового излучения от нижней части корпуса буксы приемник вырабатывает цифровой сигнал, который усиливается приемной капсулой и передается по кабелю к устройствам постового оборудования. Сюда же поступает

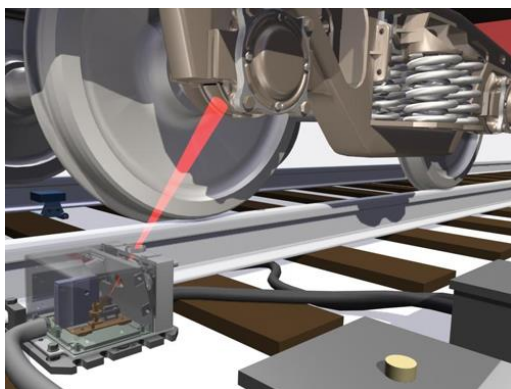


Рисунок 2.50 – Общий вид комплекса КТСМ

цифровой сигнал от датчика счета колес. Устройства постового оборудования автоматически распознают сигналы от перегретых букс и устанавливают номер проконтролированной оси или единицы подвижного состава. Да-

лее сигналы от излучения и счета осей аварийных букс передаются по линии связи от постового оборудования к оборудованию станционному.

2.10 Основные термины и определения

Буксы типовые. Буксовый узел – узел колесной пары и/или тележки, обеспечивающий передачу нагрузок от боковой рамы на шейку оси колесной пары (ГОСТ 9246–2013).

Буксовый узел:

– *грузового вагона* – элемент колесной пары, предназначенный для передачи нагрузки от тележки на шейку оси, и состоящий из корпуса буксы или адаптера, подшипника или подшипников, элементов торцевого крепления, уплотнений и смазки [25];

– *пассажирского вагона* – элемент колесной пары, предназначенный для передачи нагрузки от тележки на шейку оси, и состоящий из корпуса буксы, подшипника или подшипников, элементов торцевого крепления, уплотнений и смазки [26].

Букса:

– конструктивный узел колесной пары, служащий для соединения оси колесной пары с тележкой и передачи постоянных и переменных нагрузок (ГОСТ 18572–2014);

– сборочная единица буксового узла – опорный переходник замкнутой формы с установленными подшипниками, предназначенный для передачи нагрузки от боковой рамы на шейку оси колесной пары (ГОСТ 9246–2013);

– *грузового вагона* – составная часть колесной пары – опорный переходник замкнутой формы с установленными подшипниками, предназначенный для передачи на шейку оси колесной пары нагрузок от боковой рамы (ГОСТ 34385–2018).

Примечание – К составным частям буксы относят корпус буксы, подшипники (подшипник), крепительную крышку, лабиринтное уплотнение и смазку.

Корпус буксы:

– *грузового вагона* – деталь или сборочная единица буксы – опорный переходник замкнутой формы, устанавливаемый на наружное кольцо роликового подшипника(ов) колесной пары, и предназначенный для передачи на подшипник(и) нагрузок от боковой рамы (ГОСТ 34385–2018);

– деталь, предназначенная для размещения подшипника или подшипников и передачи нагрузок от тележки на колесную пару [25, 26].

Составной корпус буксы [грузового вагона] – составная часть тележки, состоящая из корпуса буксы и установленных или закрепленных на нем элемента(ов), предназначенных для передачи нагрузок между корпусом буксы и опорными и/или упорными поверхностями проемов для колесных пар в боковых рамах (ГОСТ 34385–2018).

Крепительная крышка:

– деталь, которая устанавливается в переднюю торцевую часть корпуса буксы для передачи осевых нагрузок, уплотнения и предупреждения попадания внутрь буксы грязи и влаги (ГОСТ 34385–2018);

– элемент буксового узла, предназначенный для уплотнения корпуса буксы с размещенными в нем подшипниками, устанавливаемый в переднюю торцевую часть корпуса буксы и закрепляемый болтами М20 [25].

Крышка смотровая – элемент буксового узла, предназначенный для обеспечения осмотра его передней части, устанавливается в торцевую часть крепительной крышки и закрепляется болтами М12 [25].

Прокладка и кольцо уплотнительное (*резиновые уплотнительные элементы*) – элементы буксового узла, устанавливаемые между крепительной и смотровой крышками (прокладка), а также между крепительной крышкой и корпусом буксы (кольцо уплотнительное) для предотвращения проникновения в корпус буксы воды, пыли и грязи [25, 26].

Лабиринтная часть корпуса буксы – элемент уплотнения буксового узла, размещаемый в задней торцевой части корпуса буксы и предотвращающий проникновение в корпус буксы воды, пыли и грязи [25, 26].

Примечание – Выполняется в двух вариантах – единое целое с корпусом буксы или отдельная (отъемная) деталь, впрессованная в корпус буксы

Кольцо лабиринтное – элемент уплотнения буксового узла, размещаемый на предподступичной части оси и предотвращающий проникновение в корпус буксы воды, пыли и грязи [25, 26].

Подшипник – опора или направляющая, которая определяет положение движущихся частей по отношению к другим частям механизма (ГОСТ 24955).

Подшипник качения – подшипник, работающий по принципу трения качения (ГОСТ 24955).

Однорядный подшипник – подшипник качения с одним рядом тел качения (ГОСТ 24955).

Двухрядный подшипник – подшипник качения с двумя рядами тел качения (ГОСТ 24955).

Наружное кольцо подшипника качения (наружное кольцо) – деталь подшипника качения, имеющая на внутренней поверхности дорожку качения (ГОСТ 24955).

Внутреннее кольцо подшипника качения (внутреннее кольцо) – деталь подшипника качения с цилиндрическим отверстием, имеющая на наружной поверхности дорожку качения для тел качения (ролики) (ГОСТ 24955).

Тело качения – деталь подшипника качения, обеспечивающая взаимные перемещения сопряженных с ней поверхностей по принципу качения (ГОСТ 24955).

Примечания

1 В качестве тел качения применяют шарики или ролики.

2 В зависимости от размеров и формы различают ролики: короткие цилиндрические, у которых отношение длины к диаметру меньше или равно 2,5; конические, бочкообразные, полые и др.

Ролик – тело качения подшипника (ГОСТ 24955).

Сепаратор подшипника качения – составная часть подшипника качения, удерживающая тела качения на определенном расстоянии друг от друга (ГОСТ 24955).

Кольцо плоское упорное – деталь роликового радиального цилиндрического подшипника, прилегающая к торцу внутреннего кольца и выполняющая функцию бортика (ГОСТ 24955).

Дорожка качения – поверхность кольца подшипника качения, по которой катятся тела качения (ГОСТ 24955).

Торец подшипника качения – внешняя поверхность кольца подшипника качения, перпендикулярная оси подшипника (ГОСТ 24955).

Бортик кольца подшипника качения – выступ на кольце подшипника качения, ограничивающий поверхность дорожки качения (ГОСТ 24955).

Шайба тарельчатая – элемент торцевого крепления подшипников на шейке оси для передачи усилия затяжки болтов на внутренние кольца подшипников с центральным отверстием под конусную часть центра колесотокарного станка [25, 26].

Гайка торцевая М110 – гайка М110×4 специальной конструкции, предназначенная для торцевого крепления подшипников роликовых цилиндрических на шейке оси типа РУ1 [25].

Планка стопорная – элемент, входящий в состав торцевого крепления гайкой торцевой М110 подшипников роликовых цилиндрических на шейке оси типа РУ1, и предназначенный для предохранения гайки от самоотворачивания [25].

Болты М20 и М24 торцевого крепления – элементы торцевого крепления подшипников на шейке оси для закрепления крышки передней (или шайбы тарельчатой) в осевом направлении [25].

Шайба стопорная – элемент торцевого крепления подшипника на шейке оси, предназначенный для стопорения болтов М20 или М24 торцевого крепления и предохранения их от самоотворачивания [25].

Прессовая посадка – способ установки подшипника с натягом внутренних колец на шейку оси [27]

Буксы с подшипниками сдвоенными. Сдвоенный буксовый роликовый цилиндрический подшипник (подшипник сдвоенный) – подшипник качения, состоящий из двух аналогичных подшипников, обеспечивающий получение заранее заданных характеристик (ГОСТ 18572–2014).

Кольцо крепежное – специальное кольцо, соединяющее бортовые внутренние кольца подшипника сдвоенного [25, 26].

Шайба защитная – деталь подшипника сдвоенного, устанавливаемая с внешних сторон наружных колец и предотвращающая от вытекания смазки и проникновения внутрь подшипника воды, пыли и грязи [25, 26].

Буксы с коническими подшипниковыми узлами. Буксовый узел – конструктивный узел колесной пары, включающий конический подшипниковый узел и служащий для передачи постоянных и переменных нагрузок (ГОСТ 32769–2014).

Конический подшипниковый узел – подшипниковый узел ресурсного смазывания, состоящий из базового подшипника, упорного кольца, уплотнений, полимерной прокладки, передней крышки, компенсационных колец, болтов торцевого крепления, стопорной шайбы и заглушки (ГОСТ 32769–2014).

Примечание – Ранее вместо термина «конический подшипниковый узел» применялся термин «конический двухрядный подшипник кассетного типа»

Лабиринтное кольцо – упорное кольцо, имеющее элементы лабиринтного и канавочного уплотнений (ГОСТ 32769–2014).

Упорное кольцо – деталь крепления конического подшипникового узла, монтируемая на цилиндрическую поверхность неподступичной части оси колесной пары и фиксирующая конический подшипниковый узел в осевом направлении, предотвращая контакт внутреннего кольца базового подшипника с галтелью оси колесной пары (ГОСТ 32769–2014).

Компенсационное кольцо – кольцо, сопряженное с уплотнением и установленное между передней крышкой и одним внутренним кольцом базового подшипника, а также между упорным кольцом и другим внутренним кольцом базового подшипника (ГОСТ 32769–2014).

Дистанционное кольцо – плоское кольцо, специально подобранное по ширине и предназначенное для получения требуемого осевого зазора в базовом подшипнике при его изготовлении (ГОСТ 32769–2014).

Передняя крышка – деталь крепления конического подшипникового узла на шейке оси колесной пары (ГОСТ 32769–2014).

Болт торцевого крепления – деталь торцевого крепления передней крышки на шейке оси в осевом направлении (ГОСТ 32769–2014).

Стопорная шайба – деталь торцевого крепления конического подшипникового узла на шейке оси, предотвращающая самопроизвольное отвинчивание болтов торцевого крепления (ГОСТ 32769–2014).

Заглушка – деталь, закрывающая центральное отверстие в передней крышке, служащее для доступа к центровым отверстиям оси колесной пары (ГОСТ 32769–2014).

Базовый подшипник – роликовый конический двухрядный подшипник с отрегулированным осевым внутренним зазором, состоящий из наружного кольца с двумя дорожками качения, двух внутренних подузлов и дистанционного кольца (ГОСТ 32769–2014).

Внутренний подузел – подузел базового подшипника, состоящий из внутреннего кольца подшипника с сепаратором и роликами, который может быть свободно отделен от базового подшипника (ГОСТ 32769–2014).

Уплотнение:

– подузел конического подшипникового узла, устанавливаемый с двух сторон базового подшипника для удержания смазочного материала и препятствующий проникновению внутрь узла воды, пыли и грязи и других инородных частиц (ГОСТ 32769–2014);

– деталь подшипника кассетного типа, устанавливаемая в канавке с одной или двух сторон наружного кольца и предотвращающая от проникновения внутрь подшипника посторонних тел (вода, пыль и грязь) [25, 26].

Кожух уплотнения – деталь уплотнения подшипника кассетного типа, устанавливаемая в канавке наружного кольца и закрывающая внутренние элементы уплотнения [25, 26].

Ресурсное смазывание – одноразовое смазывание на срок службы или ресурс роликового подшипникового узла в процессе его сборки на предприятии-изготовителе (ГОСТ 32769–2014).

Осевой внутренний зазор – среднеарифметическое расстояние в осевом направлении, на которое сомкнутые внутренние кольца базового подшипника могут быть смещены относительно наружного кольца из одного крайнего осевого положения в противоположное крайнее осевое положение без приложения внешней нагрузки (ГОСТ 32769–2014).

Профилированный ролик – конический ролик, обеспечивающий рациональный контакт с дорожками качения (ГОСТ 32769–2014).

Адаптер:

– деталь или сборочная единица буксового узла – опорный переходник незамкнутой формы, устанавливаемый на подшипник и предназначенный для передачи на него нагрузки от боковой рамы (ГОСТ 9246–2013);

– деталь – опорный переходник незамкнутой формы, свободно устанавливаемый на наружное кольцо базового подшипника, установленного на колесной паре, предназначенный для передачи на базовый подшипник нагрузок от боковой рамы (ГОСТ 34385–2018).

С о с т а в н о й а д а п т е р – составная часть тележки, состоящая из адаптера и установленного или закрепленного на нем элемента(ов), предназначенных для передачи нагрузок и/или защиты контактирующих поверхностей между адаптером и опорными и/или упорными поверхностями проемов для колесных пар в боковых рамах (ГОСТ 34385–2018).

П р и м е ч а н и е – Элемент(ы) может(гут) быть выполнен(ы) неметаллическим(и), металлополимерным(и) или металлическим(и).

3 РЕССОРНОЕ ПОДВЕШИВАНИЕ

3.1 Назначение, состав и классификация рессорного подвешивания

Назначение и состав. Рессорное подвешивание вагонов связывает колесные пары с рамой тележки и кузовом и предназначено для уменьшения динамического воздействия пути на вагон и вагона на путь. Оно представляет собой систему элементов упругого и неупругого сопротивления.

К *элементам упругого сопротивления* относятся упругие элементы, возвращающие устройства и стабилизирующие устройства. Упругие элементы и возвращающие устройства оказывают упругое сопротивление соответственно вертикальным и боковым толчкам, передаваемым колесами кузову. Стабилизирующие устройства оказывают упругое сопротивление крену (боковому наклону) кузова. В качестве упругих элементов используют винтовые пружины, листовые рессоры, резинометаллические элементы, торсионные и пневматические рессоры.

П р и м е ч а н и е – Рессорой обычно называется упругий элемент, собранный из отдельных полос, тарелей или колец. В вагоностроении *термин «рессора» является обобщающим* для упругих элементов. Поэтому к рессорам относят также торсионы, резиновые и пневматические устройства.

Функции возвращающих устройств в тележках пассажирских вагонов выполняют специальные люлочные устройства. В тележках грузовых вагонов функции возвращающих устройств могут выполнять сами пружины.

В качестве стабилизирующих устройств используют рычажные и торсионные стабилизаторы.

К *элементам неупругого сопротивления* относятся демпферы сухого и вязкого трения (фрикционные и гидравлические гасители колебаний). Они обеспечивают гашение колебаний кузова вагона на упругих элементах.

Работа системы рессорного подвешивания. Упругие элементы вагона обычно расположены между колесными парами и кузовом. Под действием динамических сил со стороны колесной пары при перемещении вагона они деформируются и обеспечивают плавные колебательные

движения обрессоренных масс, уменьшая ускорения и силы, воспринимаемые кузовами. У неподвижно стоящего вагона упругие элементы испытывают только воздействие статической нагрузки, получая *прогиб*, который называется *статическим*. В качестве упругих элементов вагонов в основном используются *витые пружины*. Применяются также резинометаллические элементы, пневматические, торсионные, кольцевые и другие типы упругих элементов. В тележках изотермических вагонов типа КВЗ-И2 используются листовые рессоры.

Если в системе рессорного подвешивания силы сопротивления отсутствуют или неоправданно малы, то при движении вагона по периодическим неровностям пути могут возникнуть большие амплитуды колебаний кузова на рессорах и особенно при резонансе, когда частоты вынужденных и собственных колебаний равны. Поэтому для гашения таких колебаний в систему рессорного подвешивания вводят специальные *гасители (демпферы)* – *фрикционные или гидравлические*. Они снижают ускорения колебательного движения и уменьшают воздействие динамических сил на вагон, обеспечивая плавный ход. Для того чтобы динамические силы были минимальными и не превышали допустимых значений, а плавность хода оставалась постоянной в процессе длительной эксплуатации вагона, необходима высокая надежность работы рессорного подвешивания. Кроме того, параметры рессорного подвешивания должны соответствовать расчетным значениям и существенно изменяться с течением времени.

Классификация рессорного подвешивания. Рессорное подвешивание различается:

- числом ступеней – одинарное и двойное;
- местом размещения в тележке – буксовое и центральное;
- типом возвращающих устройств (горизонтальным подрессориванием) – люлечной, безлюлечной и поводковой конструкции;
- конструкцией упругих элементов – с металлическими, резинометаллическими и пневматическими упругими элементами;
- типом и конструкцией демпфирующих устройств – с гасителями колебаний сухого и вязкого трения, т.е. с фрикционными и гидравлическими гасителями;
- типом и конструкцией стабилизирующих устройств – рычажные и торсионные.

3.2 Упругие элементы, возвращающие и стабилизирующие устройства

Упругие элементы. В рессорном подвешивании современных вагонов наибольшее распространение получили *цилиндрические пружины* (рисунок 3.1). Они просты в изготовлении, надежны в работе и хорошо

амортизируют вертикальные и горизонтальные толчки и удары. Однако они не могут гасить колебания обрессоренных масс вагона и поэтому применяются только в сочетании с гасителями колебаний.

Пружины изготавливают в соответствии с ГОСТ 14959–79. Опорные поверхности пружин делают плоскими и перпендикулярными к оси. Для этого концы заготовки пружины оттягиваются на $2/3$ длины окружности витка. В результате этого достигается плавный переход от круглого к прямоугольному сечению. Высота оттянутого конца пружины должна быть не более $1/3$ диаметра прутка d , а ширина – не менее $0,7d$.

Характеристиками цилиндрической пружины являются: диаметр прутка d , средний диаметр пружины D , высота пружины в свободном $H_{св}$ и сжатом $H_{сж}$ состояниях, число рабочих витков n_p и индекс m .

Индексом пружины называется отношение среднего диаметра пружины к диаметру прутка, т.е. $m = D/d$.

Для изготовления вагонных пружин применяется рессорно-пружинная легированная сталь марок 55С2, 55С2А, 60С2, 60С2А, 60С2ХА, 60С2ХФА, 65С2ВА по ГОСТ 14959. В настоящее время для пружин рессорного подвешивания вагонов широко используется сталь 60С2ХФА. Химический состав такой стали в процентах: углерода – 0,56–0,64; марганца – 0,40–0,70; хрома – 0,90–1,20; ванадия – 0,10–0,20. Механические свойства термически обработанной стали 60С2ХФА: предел текучести – 1470 МПа, временное сопротивление – 1670 МПа при относительном удлинении 6 % и сужении площади сечения 25 %.

Цилиндрическая пружина при нагружении испытывает деформации кручения, сдвига и изгиба.

Эллиптическая рессора Галахова (рисунок 3.2) состоит из двух половин незамкнутых листовых рессор, наложенных друг на друга. Каждая половина составлена из пяти рядов, а ряд – из шести-семи листов

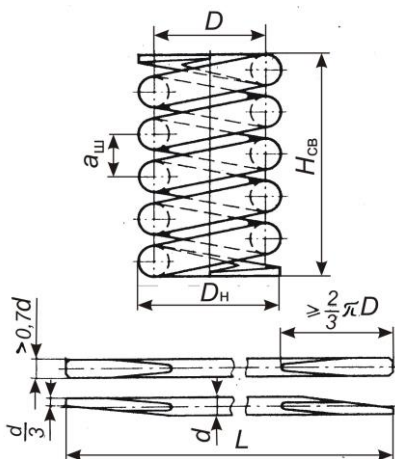


Рисунок 3.1 – Цилиндрическая пружина

желобчатой стали. Листы рядов соединены шпилькой и стянуты посередине хомутом, надетым в горячем состоянии и обжатом прессом.

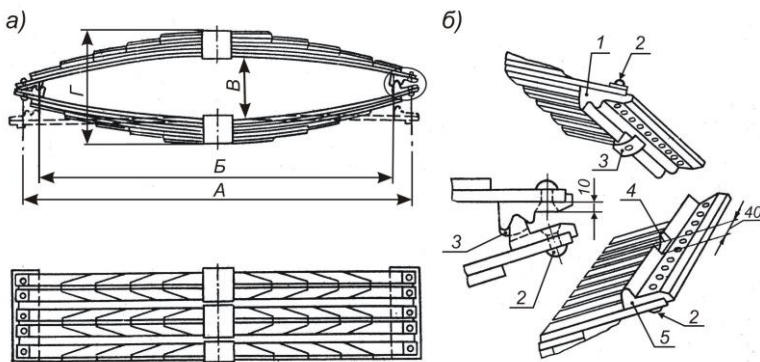


Рисунок 3.2 – Эллиптическая рессора Галахова:
а – общий вид; б – соединение двух незамкнутых листовых рессор

Листовая рессора состоит из отдельных изогнутых по дуге окружности листов разной длины. Самый большой по длине лист называется *коренным*, второй, а иногда и третий, прилегающие к нему листы называют *подкоренными* (их выполняют по длине одинаковыми с коренным листом), остальные – *наборные*. Листы имеют постепенно уменьшающуюся длину. Концы наборных листов обрезают по форме трапеции, концы подкоренных листов остаются прямоугольными.

По концам коренных листов верхней и нижней половин рессоры прикреплены заклепками 2 опоры – наконечники специальной формы. Наконечники нижней половины 5 имеют буртики с вырезом 4 длиной 40 мм, наконечники верхней половины 1 – желоба с выступами 3, размеры которых соответствуют вырезам в нижней половине. Наличие вырезов 4 и выступов 3 не допускает сдвига половин рессор относительно друг друга в поперечном направлении. В собранной рессоре буртик нижнего наконечника и желоб верхнего образуют *полушарнир*, обеспечивающий их покачивание одного в другом.

Основные размеры рессоры: А – длина рессоры – расстояние между центрами наконечников нагруженной рессоры; В – длина хорды – расстояние между центрами наконечников ненагруженной рессоры; В – *стрела прогиба* – расстояние между коренными листьями верхней и нижней половин около хомутов; Г – *высота рессоры* – то же между наружными листьями (верхней и нижней половин около хомутов).

Листовая рессора выполняет функции упругого элемента и гасителя колебаний.

При работе листовой рессоры возникает упругое сопротивление за счет выпрямления рессоры, а также трение между ее листами, что способствует гашению колебаний. При нагружении рессора испытывает главным образом деформацию изгиба.

Эллиптическая рессора конструкции Галахова, разработанная в 1909 году, по простоте устройства считается одной из лучших до сих пор. Такие рессоры применяют в тележках изотермических вагонов КВЗ-И2.

Торсионная рессора (рисунок 3.3, а) – прямой стержень (торсион) с устройствами крепления.

Один конец торсиона 4 закреплен в кронштейне 5, установленном, например, на раме тележки. Другой конец пропущен через опорную втулку 2 с подшипником 3 и жестко соединен с рычагом 1, который связан надрессорной балкой или другой частью, подлежащей обрессориванию. Втулка 2 закреплена на раме тележки.

Нагрузка P на рычаг 1 торсионной рессоры вызывает поворачивание рычага, а следовательно, скручивание торсиона 4, вызывая упругие деформации кручения. Упруго деформированный торсион при уменьшении нагрузки стремится вернуть рычаг в первоначальное положение.

Достоинством торсиона является то, что он при загрузении в отличие от пружин испытывает деформацию чистого изгиба.

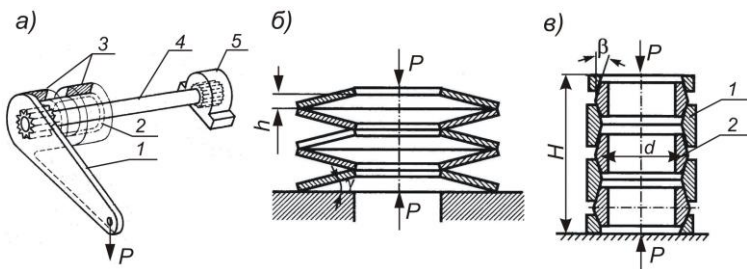


Рисунок 3.3 – Типы рессор:
а – торсионная; б – тарельчатая; в – кольцевая

Недостаток – более высокая стоимость изготовления торсиона и устройств для его крепления.

Торсионные рессоры применяются в некоторых тележках вагонов зарубежных стран (например, в Швейцарии). В СНГ торсионные рессоры используют в кузовах полувагонов для облегчения поднимания крышек люков после разгрузки кузова.

Жесткость торсиона

$$c = \frac{P}{f} = \frac{GJ_p}{a^2 l},$$

где P – нагрузка от обрессоренной части вагона на торсион;

f – величина вертикального перемещения точки приложения силы P (прогиб);

G – модуль сдвига;

J_p – полярный момент инерции сечения вала торсиона;

GJ_p – жесткость сечения вала при кручении;

a – длина рычага торсиона;

l – длина рабочей части торсиона.

Условие прочности торсиона

$$\tau = \frac{16M_{кр}}{\pi d^3} \leq [\tau],$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент,

$$M_{кр} = Pa.$$

Тарельчатая рессора (рисунок 3.3, б) – это рессора, обеспечивающая высокую жесткость в малых габаритах. Состоит из нескольких наложенных одна на другую шайб – тарелей, соединенных попарно в секции. Каждая тарель имеет вид усеченного конуса с углом подъема γ и высотой h . При нагружении силой P происходит выпрямление тарелей. В результате рессора получает прогиб, оказывая упругое сопротивление нагрузке. В такой рессоре сопротивление деформации обеспечивается не только упругими силами, но и силами трения между поверхностями соприкасающихся шайб. Величину требуемой жесткости тарельчатой рессоры можно получить за счет выбора соответствующего числа секций.

Тарельчатые рессоры в вагоностроении находят ограниченное применение.

Кольцевая рессора (рисунок 3.3, в) – рессора высокой жесткости при малых габаритах для восприятия сжимающих осевых нагрузок. Представляет собой набор термически обработанных наружных 1 и внутренних 2 колец, соприкасающихся коническими поверхностями. При нагружении силой P кольца вдвигаются одно в другое, преодолевая силы трения на конических поверхностях. В результате общая длина рессоры H уменьшается. Наружные кольца при этом подвергаются упругому растяжению, внутренние – упругому сжатию. Для получения требуемого прогиба необходимо иметь большое число колец, поскольку взаимное перемещение колец обычно небольшое.

Применяется в некоторых зарубежных конструкциях поглощающих аппаратов автосцепки.

Резиновые и резинометаллические упругие элементы (рисунок 3.4) в рессорном подвешивании магистральных вагонов стран СНГ пока применяются ограниченно, несмотря на хорошую способность резины амортизировать толчки, а также гасить вибрационные и звуковые колебания. Объясняется это тем, что резина обладает характерными свойствами, существенно влияющими на параметры подвешиваний. Основным физико-механический показатель резины, от которого зависят параметры резинового элемента, – твердость. Кроме того, на параметры резинового элемента оказывают влияние его форма и размеры, вид деформации (сжатие, сдвиг) и характер нагружения (статический, динамический).

Резиновые элементы используются в тележках пассажирских вагонов в виде прокладок в буксовом подвешивании, а также в скользунах для гашения высокочастотных колебаний и уменьшения шума. В тележках грузовых вагонов резиновые прокладки могут применяться в узлах соединения боковой рамы тележки с колесными парами. На рисунке 3.4 резиновая прокладка 2 размещена между опорной поверхностью буксового проема боковой рамы 1 и адаптером 3, передающим нагрузку на конический подшипниковый узел 4 колесной пары. Резина применяется также в шкворневых узлах тележек скоростных вагонов, моторных тележек вагонов электропоездов и всех типов тележек дизель-поездов, в ограничителях отклонения люлек пассажирских тележек, в узлах соединения букс с рамой тележки вагонов дизель-поездов.

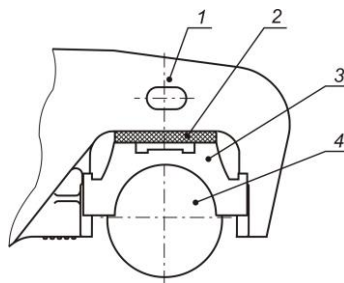


Рисунок 3.4 – Резиновая рессора

Пневматические рессоры применяются в тележках пассажирских вагонов локомотивной тяги поезда «Стриж», электропоездов ЭР-200, «Ласточка», «Сапсан», а также в тележках вагонов метрополитена. За рубежом они находят применение в тележках грузовых и пассажирских вагонов, особенно в вагонах высокоскоростных поездов. Эти рессоры способны поддерживать положение кузова на одном уровне относительно головок рельсов независимо от величины нагрузки. Кроме того, они имеют меньшую массу, обладают вибро- и шумогасящими свойствами, способны выполнять функции не только упругого элемента, но и гасителя колебаний.

Недостаток пневмоподвешивания – сложность конструкции и эксплуатации, так как его работа требует наличия источника питания рессор воздухом, системы трубопроводов и арматуры.

Принцип работы пневморессоры – использование упругости сжатого воздуха, заключенного в резиновом или металлическом баллоне.

В рессорном подвешивании вагонов применяются *пневморессоры баллонного* (рисунок 3.5, а), *диафрагменного* (рисунок 3.5, б) и *смешанного* (рисунок 3.5, в) *типов* [21]. Наибольшее распространение получили рессоры диафрагменного типа, так как они имеют регулируемые характеристики вертикальной и горизонтальной жесткости. *Верхняя часть пневморессоры*, на которую опирается надрессорная балка, – это *упругая диафрагма*. Поскольку баллон находится в стальном кожухе, то упруго работает только верхняя часть баллона – диафрагма.

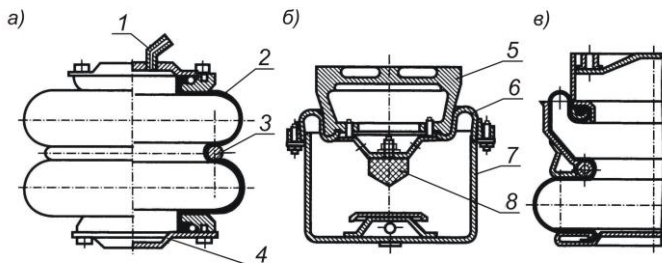


Рисунок 3.5 – Типы пневматических рессор:

а – баллонный; б – диафрагменный; в – смешанный;

1 – патрубок для подвода воздуха; 2 – резино-кордная оболочка; 3 – опоясывающее кольцо;

4 – нижняя опора; 5 – надрессорная балка; 6 – диафрагма; 7 – корпус; 8 – ограничитель

В *систему пневматического подвешивания вагона* (рисунок 3.6) [2] обычно входят пневморессора 3 с дополнительным резервуаром 1, регулятор высоты кузова 4, трубопровод 5, главный резервуар б и компрессор 7. Дополнительный резервуар связан с пневморессорой дросселем 2.

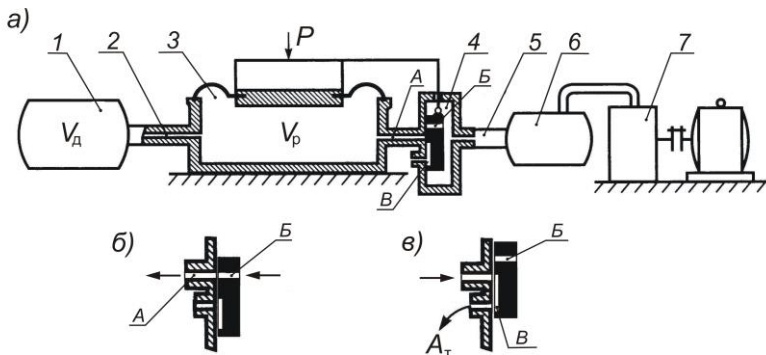


Рисунок 3.6 – Схема пневматического подвешивания вагона:

а – общая схема; б, в – положения золотника соответственно при увеличении и уменьшении нагрузки на кузов

Резервуар служит для увеличения объема воздуха в пневморессоре, уменьшая тем самым ее вертикальную жесткость. В качестве дополнительного резервуара могут использоваться внутренние полости наддрессорной балки и продольных балок рамы тележки. Автоматическое регулирование давления воздуха в пневморессоре и положения кузова на определенной высоте при изменении загрузки вагона осуществляется за счет изменения положения золотника регулятора 4 следующим образом.

При *увеличении нагрузки* P кузов вагона опускается вниз, пневморессора 3 сжимается и золотник регулятора перемещается вниз. При этом отверстие Б в золотнике соединяется с каналом А и сжатый воздух из главного резервуара 6 поступает в пневморессору (см. рисунок 3.6, б). В результате давление в пневморессоре повышается и кузов вагона приподнимается на заданную высоту.

При *уменьшении нагрузки* P кузов вагона поднимается вверх, при этом выточка В в золотнике регулятора соединяет пневморессору через канал А_т с атмосферой (см. рисунок 3.6, в). В результате давление в пневморессоре уменьшается и кузов вагона опускается, возвращаясь в исходное по высоте положение.

При *нормальной нагрузке* P все отверстия в золотнике перекрыты и кузов вагона находится на заданной высоте.

Рабочее давление в пневморессоре 0,56 МПа. Питание ее производится по воздухопроводу 5 через регуляторы высоты кузова. На случай повреждения кордной оболочки одной пневморессоры предусмотрен перепускной клапан, мгновенно сбрасывающий давление во второй рессоре, вследствие чего кожух рессор ложится на специальный резинометаллический буфер. Компрессор сжатого воздуха находится на локомотиве.

Как уже отмечалось, пневморессоры способны выполнять функции не только упругого элемента, но и гасителя колебаний посредством *дросселя* 2, устанавливаемого между пневморессорой и дополнительным резервуаром. Демпфирование вертикальных колебаний кузова обеспечивается за счет перетекания сжатого воздуха из рессоры в дополнительный резервуар через дроссель.

Пневматические рессоры с автоматическим регулированием давления при меняющейся населенности вагона используются, например, в тележках электропоезда «Ласточка».

Упругие свойства пневморессор оценивают их жесткостью и эквивалентным статическим прогибом.

П р и м е ч а н и е – В пневматическом рессорном подвешивании с регулированием давления статический прогиб – понятие условное, т.к. высота пневморессор благодаря работе регулятора положения кузова остается неизменной независимо от нагрузки. Поэтому для пневматического подвешивания и упругих пневмоэлементов используется так называемый эквивалентный статический прогиб. Он определяется как отношение номинальной грузоподъемности вагона к вертикальной жесткости.

Возвращающие устройства. Для смягчения (амортизации) боковых толчков вагона, возникающих при извилистом движении колесной пары и набегании гребня на рельс, а также при входе тележки в кривую и прохождении стрелочных переводов, в рессорном подвешивании вагонов устанавливаются возвращающие устройства. Возвращающие устройства упруго препятствуют горизонтальным отклонениям надрессорных балок тележек от среднего положения за счет создания возвращающей силы.

В тележках грузовых вагонов функции возвращающих устройств выполняют пружины, у которых возвращающая сила H_r пропорциональна их горизонтальной деформации δ (рисунок 3.7) [22].

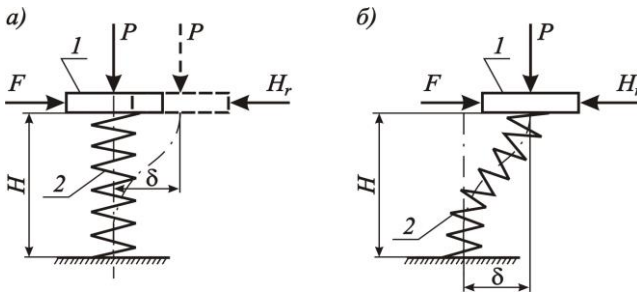


Рисунок 3.7 – Схема появления возвращающего усилия в пружине:
 а, б – варианты при отсутствии и наличии горизонтальной деформации соответственно;
 1 – надрессорная балка тележки; 2 – пружина рессорного подвешивания тележки

В тележках пассажирских вагонов используют возвращающие устройства люльечного, безлюльечного и поводкового типов.

Возвращающее устройство люльечного типа (рисунок 3.8) состоит из двух люлек, подвешенных к раме тележки. Каждая люлька состоит из

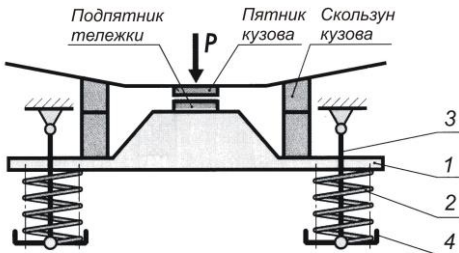


Рисунок 3.8 – Схема возвращающего устройства люльечного типа

поддона 4 и люльечных подвесок 3. Подвески шарнирно соединены с поддоном и рамой. Поддоны предназначены для размещения пружин 2 центрального подвешивания, которые в свою очередь служат опорой для надрессорной балки 1 тележки.

Люльечные подвески выполняют вертикальными или наклонными, однозвенными или двухзвенными. В типовых

тележках модели 68-875 применяются вертикальные однозвенные люлечные подвески (см. рисунки 3.8 и 3.9, а), в тележках типа КВЗ-ЦНИИ – вертикальные шарнирно-сочлененные двухзвенные подвески (рисунок 3.9, б) [22].

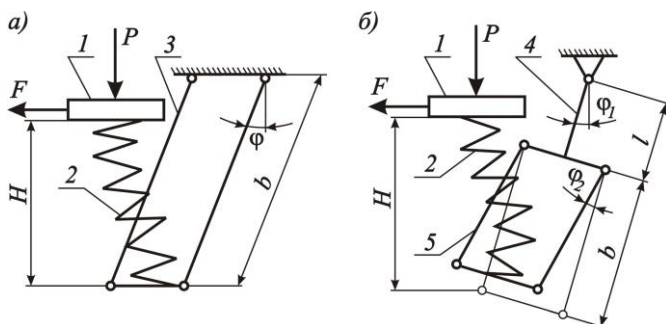


Рисунок 3.9 – Схемы однозвенной (а) и двухзвенной (б) люлечных подвесок

В случае *однозвенной подвески* возвращающее усилие создается при больших отклонениях наддрессорной балки за счет перемещения нижнего звена, когда верхнее звено отклонилось до упора.

Поясим *работу люльки с однозвенными подвесками* (см. рисунок 3.9, а). При отклонении кузова в поперечном направлении наддрессорная балка 1, подвешенная на двух люльках, перемещается относительно рамы тележки. При этом происходит отклонение люлечных подвесок 3 и дополнительное сжатие пружин 2, что и вызывает возникновение возвращающего усилия. Работа *двухзвенной подвески* (см. рисунок 3.9, б) происходит следующим образом. При небольших отклонениях наддрессорной балки 1 происходит изменение наклона люлечной тяги-подвески 4 (верхнее звено) на угол φ_1 и дополнительное сжатие упругих элементов 2, в результате чего и появляется горизонтальное возвращающее усилие. При больших отклонениях наддрессорной балки, когда верхнее звено отклонилось до упора, создается дополнительное возвращающее усилие за счет перемещения нижнего звена подвески 5 на угол φ_2 и еще большего сжатия упругих элементов.

Возвращающие устройства люлечного типа применяются в тележках пассажирских вагонов для скоростей движения 160 км/ч.

Возвращающие устройства *без люлечного типа* используются в тележках скоростных вагонов, а также в тележках нового поколения пассажирских вагонов для скоростей движения 160 км/ч. В этих тележках *функции возвращающих устройств выполняют упругие элементы центрального подвешивания* – пружины или пневматические рессоры. Возвращающие усилия в этом случае создаются за счет сил упругой деформации пружин и резино-кордной оболочки пневматических рессор.

Возвращающее устройство поводкового типа (рисунок 3.10) состоит из двух продольных поводков 3 и 4 с резинометаллическими паке-тами, упруго связывающих надрессорную балку 2 с рамой 1 тележки и препятствующих перекосу этой балки от действия момента сил трения, возникающих между опорами тележки и кузова. Такие устройства применяются в тележках пассажирских вагонов с опиранием кузова на боковые скользуны.

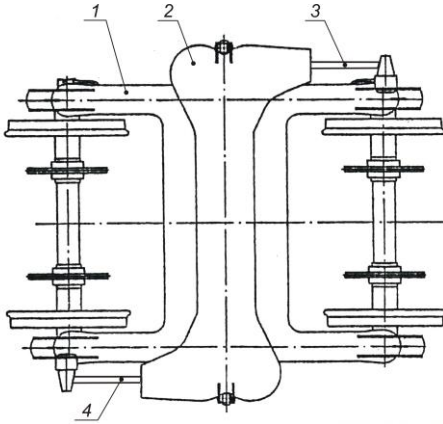


Рисунок 3.10 – Схема возвращающего устройства поводкового типа

Стабилизирующие устройства (стабилизаторы боковой качки).

В тележках пассажирских вагонов более высокие ходовые качества обеспечиваются за счет увеличения суммарного статического прогиба рессорного подвешивания, а следовательно, увеличения его гибкости. При этом возрастает боковая качка кузова вагона и возникает необходимость в установке специальных стабилизирующих устройств. Стабилизирующие устройства (стабилизаторы) оказывают упругое сопротивление боковой качке кузова вагона, поэтому их называют стабилизаторами боковой качки.

В качестве стабилизирующих устройств используют рычажные и торсионные стабилизаторы.

Рычажный стабилизатор (рисунок 3.11) [2] представляет собой два равноплечих рычага 3 и 6, которые закреплены шарнирами 5 к надрессорной балке 7. Каждый рычаг одним концом 2 опирается на люлочные подвески 1. Противоположные концы рычагов соединены с помощью серьги 4. Стабилизатор, препятствуя наклону надрессорной балки, не оказывает влияние на вертикальные перемещения.

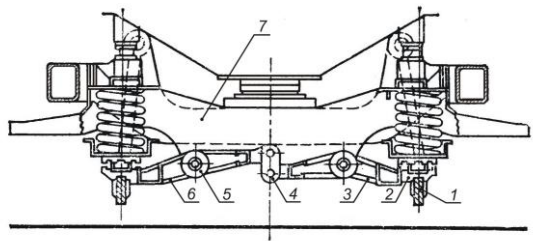


Рисунок 3.11 – Рычажный стабилизатор

Торсионные стабилизаторы получили наибольшее распространение в рессорном подвешивании современных тележек пассажирских вагонов, являясь составной частью центральной ступени подвешивания. Как правило, торсион (торсионный вал) располагается параллельно наддрессорной балке.

В зависимости от конструктивного исполнения торсионные стабилизаторы боковой качки могут амортизировать не только наклон кузова, но и его вертикальные перемещения.

Стабилизатор с одним торсионом. Такой вариант показан на рисунке 3.12 (патент № 2220863 «Тележка рельсового транспортного средства»). Характеризуется тем, что торсионное устройство является общим для обоих комплектов пружин центрального подвешивания.

Рисунок 3.12 – Стабилизатор с одним торсионом:

а – общая схема; *б* – узел соединения торсиона с продольной балкой рамы тележки и присоединение рычажной системы к наддрессорной балке; *в* – рычажная система;

1 – продольная балка рамы тележки; 2 – упругие элементы центрального подвешивания;

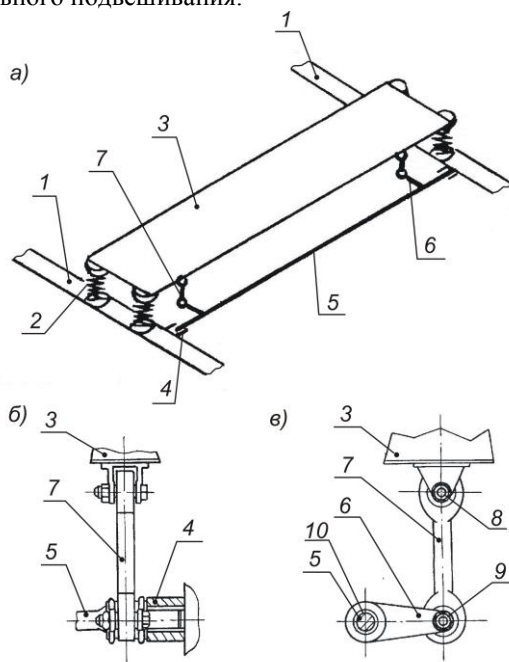
3 – наддрессорная балка;

4 – подшипниковое гнездо;

5 – торсионный вал; 6 – рычаг;

7 – тяга; 8 – шарнирное соединение тяги с наддрессорной балкой;

9 – шарнирное соединение рычага и тяги; 10 – жесткое соединение рычага с торсионом



Торсионное устройство состоит из торсиона 5 и двух рычажных систем, каждая из которых включает шарнирно соединенные рычаг 6 и тягу 7.

Торсион проходит вдоль наддрессорной балки и под ней. Своими концами торсион посредством подвижных связей 4 (например, подшипниковых гнезд) соединяется с продольными балками рамы 1. К торсиону жестко закрепляется (например, прессовой посадкой со шпонкой) рычаг 6 рычажной системы. Посредством тяги 7 рычажная система шарнирно связана с наддрессорной балкой 3.

Работает торсионное устройство следующим образом. При наклоне кузова вагона в поперечном направлении (по отношению к направлению движения тележки) наддрессорная балка 3 тоже осуществляет наклон. При наклоне наддрессорной балки вместе с ней перемещаются тяги 7 рычажных систем. При этом один из концов наддрессорной балки 3 вместе с соответствующей тягой опускается вниз, другой – поднимается вверх. Тяги 7 увлекают за собой шарнирно соединенные с ними рычаги 6. Так как вторые концы рычагов 6, жестко присоединенные к торсиону 5, не имеют возможности вертикального перемещения, они становятся центрами вращения рычагов 6 относительно продольной оси торсиона. При этом один из рычагов вращается по часовой стрелке, а другой – против. В результате торсион 5 скручивается, и в нем возникает сила упругого сопротивления, стремящаяся вернуть систему в исходное положение.

Стабилизаторы с двумя торсионами. Торсионный стабилизатор, показанный на рисунке 3.13 [2], включает два торсиона 2, размещенных параллельно наддрессорной балке 5. Они свободно вращаются в подшипниках 1, установленных на раме тележки. Наддрессорная балка 7 имеет подвески 3, которые шарнирно связаны с концами 4 торсионов. Упругое сопротивление боковой качке кузова обеспечивается за счет возникновения дополнительных восстанавливающих моментов от скручивания торсионов.

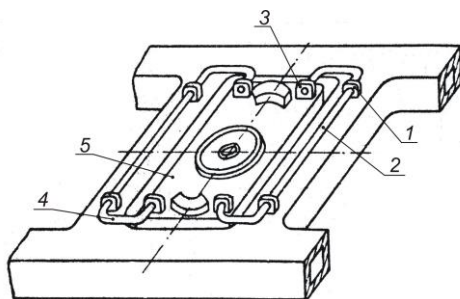


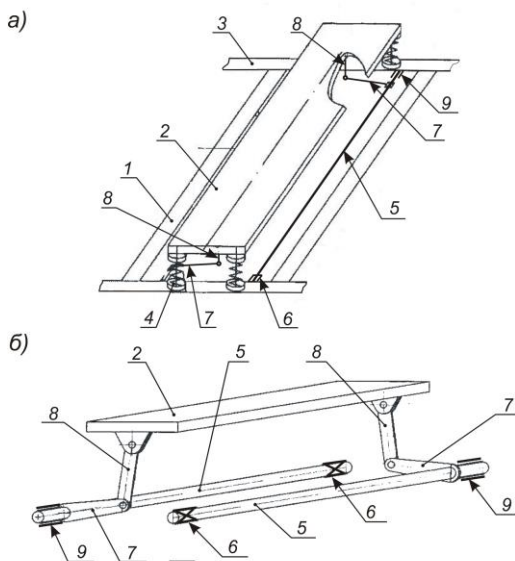
Рисунок 3.13 – Торсионный стабилизатор

Торсионный стабилизатор, представленный на рисунке 3.14, характеризуется тем, что каждый комплект пружин центрального подвешивания имеет свое торсионное устройство (патент № № 2376181 «Тележка пассажирского вагона»).

В такой конструкции под наддрессорной балкой 2 вдоль ее продольной оси (поперечной оси тележки) с двух сторон расположено по торсиону 5. Торсионы 5 жестко закреплены одними концами к продольным балкам 3 рамы посредством кронштейнов 6 кососимметрично относительно поперечной оси тележки. Другие концы торсионов, вставлены в шарнирные опоры 9. К торсионам кососимметрично жестко присоединены приводные рычаги 7, шарнирно связанные со стержнями 8. В свою очередь стержни 8 шарнирно присоединены к концевым частям наддрессорной балки 2. Шарнирные опоры 9 торсионов жестко закреплены своим основанием к продольной балке 3 рамы.

Рисунок 3.14 – Стабилизатор с двумя торсионными: *а* – общая схема; *б* – положение элементов торсионного устройства без сжатия пружин центральной подвески; *в* – то же при сжатии пружин и закручивании торсионов;

1, 3 – поперечная и продольная балки рамы тележки; 2 – наддрессорная балка; 4 – пружина центральной подвески; 5 – торсион; 6 – кронштейн, жестко закрепляющий торсион к продольной балке; 7 – приводной рычаг; 8 – стержень; 9 – шарнирная опора



В такой конструкции стабилизатора обеспечивается включение в работу торсионов для амортизации как вертикальных перемещений кузова, так и его бокового наклона.

Работа вторичного рессорного подвешивания осуществляется следующим образом.

Под действием силы тяжести кузова упругое сопротивление его вертикальным перемещениям обеспечивается сжатием пружин 4 и скручиванием торсионов 5. В результате жесткость вторичного подвешивания складывается из суммы жесткостей пружин и торсионов.

При наклоне кузова происходит наклон наддрессорной балки 2, вместе с которой опускается стержень 8, поворачивая рычаг 7. Рычаг, жестко присоединенный к торсиону 5, вызывает его дополнительное скручивание. Вследствие чего в торсионе возникает дополнительная сила упругого сопротивления, стремящаяся вернуть торсион в исходное положение.

3.3 Гасители колебаний

Гасители колебаний вводятся в рессорное подвешивание для создания сил сопротивления колебательному процессу обрессоренных масс вагона и уменьшения амплитуд при резонансах. Применяемые в подвешивании вагонов гасители колебаний по характеру сил сопротивления можно разделить на две группы: фрикционные и гидравлические.

Фрикционные гасители колебаний. Во фрикционных гасителях необходимое сопротивление колебаниям обрессоренных частей вагона создается силами трения, возникающими при относительном смещении трущихся деталей. Эти силы могут быть постоянными или переменными за один цикл в зависимости от конструктивных особенностей гасителей.

Достоинством фрикционных гасителей колебаний является простота конструкции и надежность в работе. Поэтому они широко применяются в рессорном подвешивании тележек грузовых вагонов, а также в буксовом подвешивании тележек пассажирских вагонов. К недостаткам таких гасителей можно отнести: недостаточную стабильность работы, т.е. изменение характеристик гасителя в результате изменения состояния трущихся поверхностей; невозможность регулирования сил трения в зависимости от режима колебаний вагона; большие силы трения покоя, препятствующие прогибам рессорного подвешивания при малых скоростях движения.

Имеются различные типы фрикционных гасителей колебаний: клиновые, телескопические, дисковые и рычажные. Наибольшее распространение в рессорном подвешивании вагонов получили клиновые фрикционные гасители.

Фрикционные гасители колебаний двухосных трехэлементных тележек грузовых вагонов (рисунок 3.15) являются клиновыми. Они представляют собой два фрикционных клина 2, размещенных между наклонными поверхностями наддрессорной балки 1 тележки и фрикционными планками 3, укрепленными на стойках 6 боковой рамы тележки. Клинья опираются на двухрядные цилиндрические пружины 4 (подклиновые нажимные пружины), наддрессорная балка – на двухрядные пружины 5 (рабочие пружины).

Принцип работы клинового фрикционного гасителя колебаний пояснен на рисунках 3.15 и 3.16.

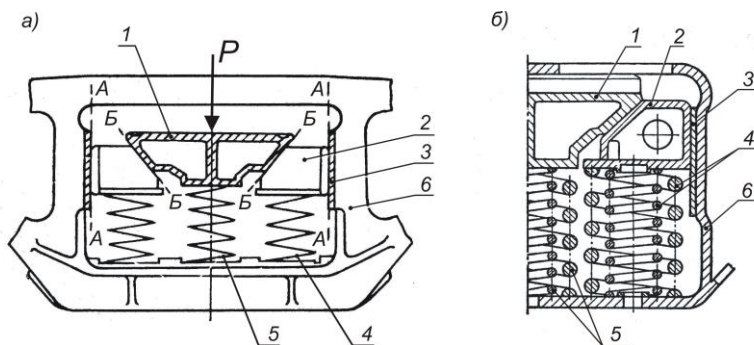


Рисунок 3.15 – Фрикционный гаситель колебаний двухосной тележки грузового вагона:

a – схема; *б* – конструктивное исполнение

При колебании обрессоренных масс вагона фрикционные клинья перемещаются относительно фрикционных планок и наклонных поверхностей наддрессорной балки соответственно по плоскостям *АА* и *ББ*, в результате чего возникают силы трения, способствующие созданию сопротивления колебательному процессу. Такие гасители колебаний относят к гасителям с переменной силой трения, зависящей от прогиба пружин. Величина силы трения возрастает по мере увеличения прогиба, так как в этот момент возрастают силы, прижимающие клинья к фрикционной планке.

Фрикционный гаситель колебаний трехосной тележки модели 18-102 грузовых вагонов (рисунок 3.17) имеет два фрикционных клина 2, стакан 4, нажимной конус 1, опорное кольцо 3 и пружину 5. Нагрузка от наддрессорной балки передается через нажимной конус 1 на фрикционные раздвижные клинья 2, прижимая их к внутренней поверхности стакана 4. Силы трения гасителя возникают при относительных перемещениях фрикционных раздвижных клиньев и стакана. Восстановление сжатого гасителя обеспечивается пружиной 5.

Такой гаситель имеет силы трения, пропорциональные перемещениям. Гаситель колебаний устанавливают в пружинный комплект рессорного подвешивания вместо одной из двухрядных пружин.

Дисковый фрикционный гаситель колебаний (рисунок 3.18) относится к гасителям с постоянной силой трения, когда сила трения не зависит от прогиба рессорного подвешивания.

Такой гаситель имеет стальной диск 6, зажатый между двумя фрикционными прокладками 2 с помощью пружины 7, поводков 3, резиновых прокладок 5 и болта 4. Рычагами диска 1 и поводков 3 гаситель крепится к рессорному подвешиванию вагона.

Силы трения постоянной величины возникают при относительном перемещении рычагов и соответственно диска 6 и прокладок 2. Эти силы регулируются сжатием пружины 7.

Фрикционные гасители колебаний буксового подвешивания тележек пассажирских вагонов типов КВЗ-ЦНИИ и модели 68-875 (ТВЗ-ЦНИИ-М) размещены внутри пружин рессорного подвешивания. В этом гасителе (рисунок 3.19) имеется втулка 3, надетая на шпиринтон 12 рамы тележки. Вокруг втулки расположены шесть фрикционных клиньев (конусных секторов) 5. Под давлением пружины 2 конусные кольца 4 и 13 прижимают клинья к

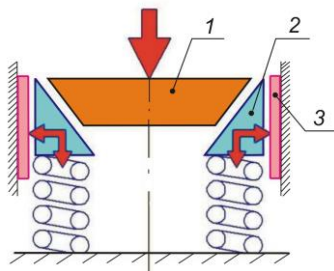


Рисунок 3.16 – К принципу работы клинового фрикционного гасителя колебаний двухосной тележки грузового вагона

втулке. В процессе колебаний рамы 15 тележки относительно буксы 14 происходит перемещение клиньев по втулке. В результате этого возникают силы трения, которые гасят колебания.

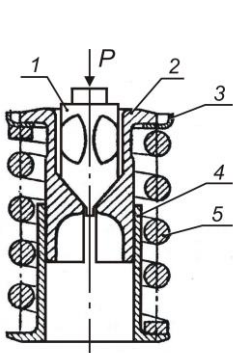


Рисунок 3.17 – Фрикционный гаситель колебаний тележки типа UB3-9M

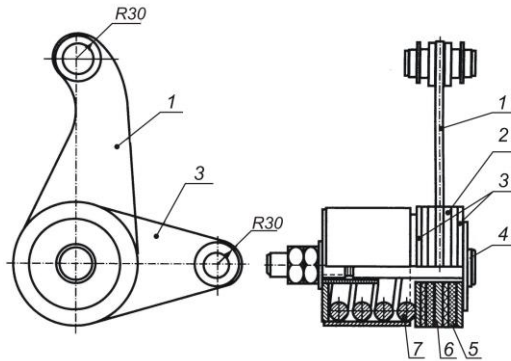


Рисунок 3.18 – Дискový фрикционный гаситель колебаний с постоянной силой трения

Гидравлические гасители колебаний. Такие гасители выполняют телескопическими поршневыми и устанавливают в тележках пассажирских вагонов. В гидравлических гасителях сила сопротивления создается за счет перетекания жидкости через узкие (дроссельные) отверстия из подпоршневой полости рабочего цилиндра в надпоршневую и резервуар (при ходе поршня вниз) и из надпоршневой полости рабочего цилиндра и резервуара в подпоршневую (при ходе поршня вверх). При этом силы сопротивления с течением времени мало изменяются, так как они зависят в основном от вязкости жидкости, размеров дроссельных отверстий и скорости перемещения поршня.

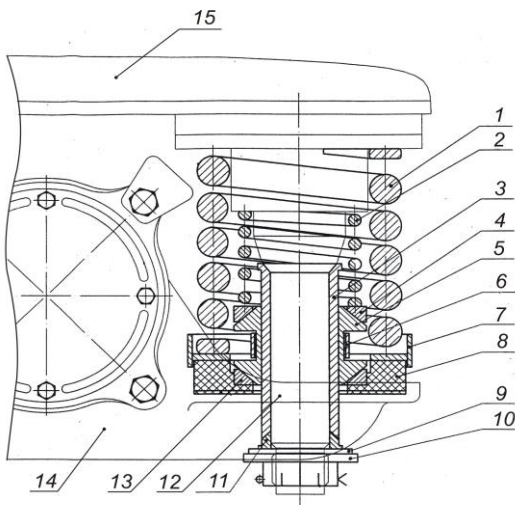


Рисунок 3.19 – Фрикционный гаситель колебаний тележки пассажирского вагона модели 68-875

Гидравлические гасители колебаний проектируют д в у х т и п о в: с силой сопротивления, пропорциональной скорости или квадрату скорости перемещения поршня. В рессорном подвешивании вагонов обычно применяют гасители первого типа, т.е. гасители с линейной характеристикой сопротивления.

Гидравлические гасители обеспечивают более плавный ход вагона и обладают высокой стабильностью работы, компактны и имеют малую массу. Силы сопротивления в них изменяются в зависимости от режима колебаний вагона. Эти качества гидравлических гасителей колебаний являются их достоинством, но у них есть и недостаток – относительная сложность конструкции. В качестве рабочей жидкости в гасителях колебаний вагонов применяют рабочую жидкость 7-50С-3 по ГОСТ 20734, масло АМГ-10 по ГОСТ 6794, приборное масло МВП по ГОСТ 1805 и масло ВМГЗ по ТУ 38.101.479–86 [18].

П р и н ц и п а л ь н а я с х е м а гидравлического гасителя колебаний показана на рисунке 3.20. Гидравлический гаситель колебаний состоит из следующих основных частей: рабочего цилиндра 4, поршня 6 со штоком 1, резервуара 5, верхнего 7 и нижнего 8 клапанов с дроссельными отверстиями, корпуса 3 и направляющей втулки 2. Гаситель заполнен вязкой жидкостью (веретенным, приборным или трансформаторным маслом, а также другими специальными жидкостями). Гаситель имеет уплотнение 9, предотвращающее выдавливание жидкости из корпуса.

При *движении поршня вниз (ход сжатия)* верхний клапан 7 приподнимается и жидкость из подпоршневой полости 11 рабочего цилиндра свободно перетекает в надпоршневую 10. В результате движения поршня давление в подпоршневой полости рабочего цилиндра повышается и часть жидкости с большим гидродинамическим сопротивлением перетекает через дроссельное отверстие нижнего клапана 8 в резервуар 5. В результате давление жидкости в надпоршневой и подпоршневой полостях цилиндра выравнивается, так как полости соединены между собой через большие отверстия поршня и отверстие приподнятого верхнего клапана 7.

При *движении поршня вверх (ход растяжения)* верхний клапан 7 закрывается, давление жидкости в надпоршневой полости 10 цилиндра повышается и жидкость с большим гидродинамическим сопротивлением перетекает через дроссельное отверстие верхнего клапана в подпоршневую полость 11 цилиндра. Одновременно в этой полости наступает разрежение, так как объем перетекаемой в нее жидкости из надпоршневой полости меньше объема подпоршневой полости. Вследствие этого нижний клапан 8 поднимается, и часть жидкости засасывается в подпоршневую полость из резервуара 5, заполняя освобожденное штоком пространство.

На тележках современных пассажирских вагонов устанавливают гидравлические гасители колебаний, которые имеют одинаковую силу сопро-

тивления при движении поршня и вверх, и вниз (с симметричной характеристикой сопротивления).

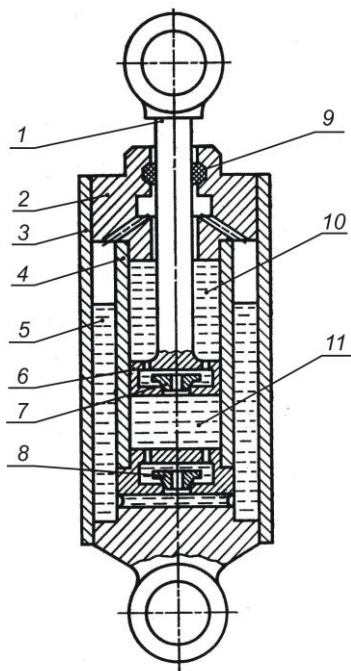


Рисунок 3.20 – Принципиальная схема гидравлического гасителя колебаний

Гидравлический гаситель колебаний, устанавливаемый на тележках вагонов стран СНГ, состоит (рисунок 3.21) из цилиндра 8, в котором перемещается шток 23 с поршнем 16 и клапаном 9. Цилиндр нижним концом установлен в углубление фланца 14 нижнего клапана 11 и прижат направляющей втулкой 19. Шток 23 с поршнем 16 ввернут в верхнюю головку 24 и закреплен винтом 25. Верхний клапан 9 ввернут в углубление поршня и штока и также закреплен пружинным кольцом 10. Нижний клапан 11 с пружинным кольцом 12 во фланце 14 свободно вставлен в углубление нижней головки 13. Через фрезерованные канавки головки нижняя часть клапана 11 сообщается с резервуаром Б. К головке 13 приварен корпус 18, который является базой для сборки всех частей гасителя и, кроме этого, наружной стенкой резервуара. Для защиты от повреждения корпуса и штока и предотвращения проникновения пыли к верхней головке 24 привернут болтами 3 кожух 4.

Для предотвращения перетекания жидкости из подпоршневой полости А в надпоршневую В и обратно поршень 16 снабжен чугунным уплотнительным кольцом 17. Главное уплотняющее устройство штока на выходе из цилиндра – направляющая втулка 19, вспомогательное – каркасный сальник 22. Причем сальник 22 обеспечивает снятие жидкости с поверхности штока при выходе его из цилиндра, а также снятие пыли и грязи при входе штока в цилиндр. Каркасный сальник смонтирован в обойме 21. Торцы цилиндра 8 уплотнены алюминиевыми кольцами 15.

Внутренние части гасителя (втулка 19, цилиндр 8, фланец клапана 14) закреплены гайкой 20, которая ввернута в верхнюю часть корпуса 18. Гайка 20 через металлическую шайбу 6 и резиновое уплотнение 7 упирается в обойму 21 и через нее нажимает на направляющую втулку 19, цилиндр 8, фланец 14 и нижнюю головку 13. Гайка 20 застопорена планкой 6, один конец которой прикреплен к нему винтом 5, а другой входит в прорезь корпуса 18.

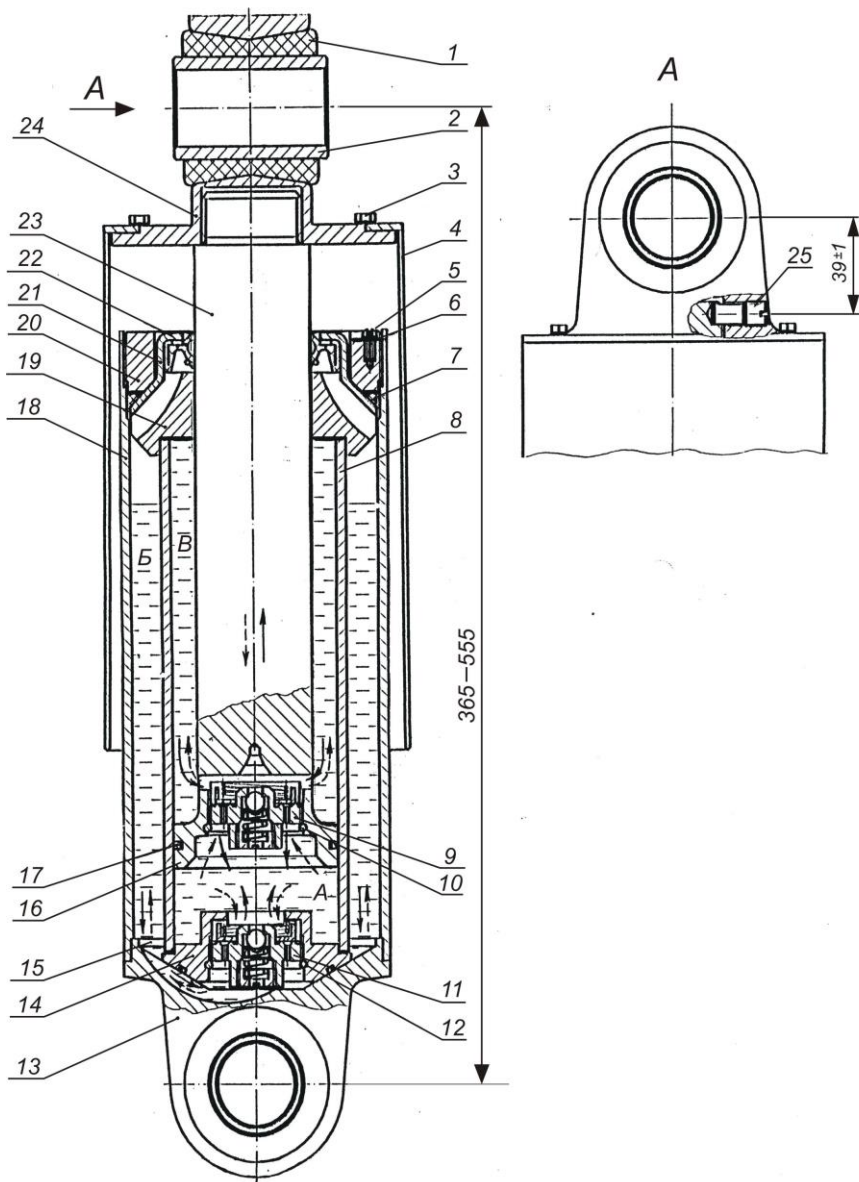


Рисунок 3.21 – Гидравлический гаситель колебаний

Для крепления гасителя к наддрессорной балке и раме тележки в верхней и нижней головках гасителя имеются отверстия с металлическими 2 и резиновыми 1 втулками.

Верхний 9 и нижний 11 клапаны взаимозаменяемы и снабжены предохранительными шариковыми устройствами для ограничения сопротивления гасителя при чрезмерных скоростях перемещения штока или повышения вязкости жидкости при низкой температуре. В этих случаях шариковое устройство срабатывает и перепускает часть жидкости, минуя дроссельные каналы, выполненные в виде прямоугольных прорезей на седле клапана.

Перемещение масла между полостями при ходе сжатия показано на рисунке 3.21 штриховой стрелкой, при ходе растяжения – сплошной линией. Работа гасителя при ходах сжатия и растяжения поясняется на рисунке 3.22.

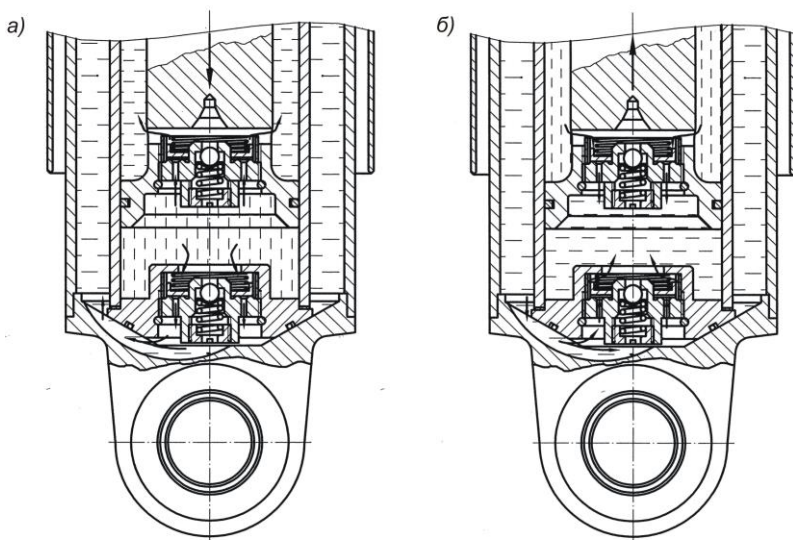


Рисунок 3.22 – К работе гидравлического гасителя колебаний:
а – при движении поршня вниз; б – при движении поршня вверх

При *ходе сжатия* (см. рисунок 3.22, а) поршень со штоком движется вниз, масло из полости А под давлением поршня дросселируется через калиброванные отверстия нижнего клапана и перетекает в полость В между цилиндром и корпусом. Давление масла под поршнем возрастает и, как только преодолит силу нажатия пружины на шайбу верхнего клапана, он открывается, и масло попадает в надпоршневую полость В.

При превышении давления в подпоршневой полости до 3,5 МПа срабатывает шариковый клапан (шарик предохранительного устройства) в ниж-

ней части цилиндра и часть жидкости перепускается в запасной резервуар. Давление в подпоршневой полости падает, шарик под действием пружины закрывает отверстие.

При *ходе растяжения* гасителя (см. рисунок 3.22, б) – обратный ход или отдача – поршень движется вверх, масло в надпоршневой полости *B* под давлением дросселируется через калиброванные отверстия верхнего клапана и перетекает в подпоршневую полость *A*. Кроме этого, в полость *A* масло поступает из полости *B*. Таким образом, усилие при растяжении зависит от давления масла в надпоршневой полости *B* и степени разрежения в подпоршневой полости *A* гасителя.

При повышении давления в надпоршневой полости до 3,5 МПа срабатывает шариковый клапан в поршне (шарик предохранительного устройства) и часть жидкости перепускается в подпоршневую полость. Давление в надпоршневой полости падает, шарик под воздействием пружины закрывает отверстие клапана.

Гаситель колебаний, показанный на рисунке 3.20, устанавливается в типовой тележке наклонно, а в скоростных тележках – вертикально и горизонтально. В гасителях, изготовленных на Тверском вагоностроительном заводе, в качестве рабочей жидкости используют масло ВМГЗ.

3.4 Упругие свойства элементов рессорного подвешивания

Оценка упругих свойств элементов рессорного подвешивания.

Упругие свойства элементов рессорного подвешивания оцениваются силовой характеристикой, жесткостью или гибкостью.

С и л о в а я х а р а к т е р и с т и к а выражает зависимость прогиба f упругого элемента от внешней нагрузки P . На рисунке 3.23 показаны графики силовых характеристик упругих элементов.

Ж е с т к о с т ь упругого элемента численно равна силе, вызывающей прогиб этого элемента, равной единице:

$$c = \frac{P}{f}, \quad (3.1)$$

где P – внешняя сила, действующая на упругий элемент, Н;

f – прогиб упругого элемента, м.

Г и б к о с т ь упругого элемента – величина, обратная жесткости, численно равная прогибу от силы, равной единице:

$$\lambda = \frac{f}{P} = \frac{1}{c}. \quad (3.2)$$

Жесткость или гибкость упругого элемента зависят от его конструкции, линейных размеров и материала, из которого он изготовлен.

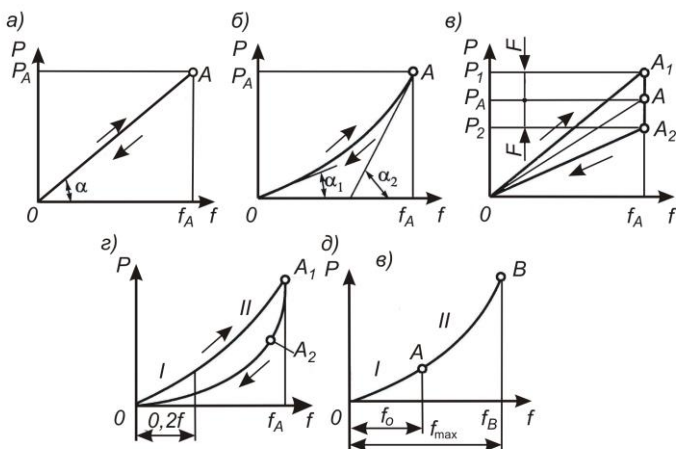


Рисунок 3.23 – Силовые характеристики цилиндрической (а) и конической (б) пружин, листовой (в), резиновой (г) и пневматической (д) рессор

Способы соединения упругих элементов в рессорном подвешивании. В рессорное подвешивание вагона обычно ставится несколько упругих элементов, которые могут размещаться или параллельно (рисунок 3.24, а), или последовательно (рисунок 3.24, б) [2], имея при этом разные размеры и характеристики. Упругие элементы, показанные на рисунке 3.24, нагружены общей силой P и имеют постоянные жесткости c_1, c_2, c_3 и гибкости $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$.

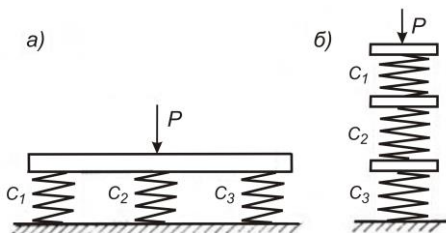


Рисунок 3.24 – Схемы соединений упругих элементов:
а – параллельное;
б – последовательное

При параллельном соединении (параллельной работе) общий прогиб комплекта упругих элементов будет равен прогибу каждого упруго-

го элемента в отдельности, а общая жесткость комплекта равна сумме жесткостей всех упругих элементов, т. е.

$$f = f_i \text{ и } c = \sum_{i=1}^n c_i, \quad (3.3)$$

где n – число упругих элементов в комплекте.

Общая гибкость комплекта из трех или двух упругих элементов определяется соответственно по формулам

$$\lambda = \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3}{\lambda_1 \lambda_2 + \lambda_1 \lambda_3 + \lambda_2 \lambda_3}, \text{ или } \lambda = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}. \quad (3.4)$$

Параллельное соединение упругих элементов имеет место в каждой отдельной ступени подвешивания тележек грузовых и пассажирских вагонов.

При последовательном соединении упругих элементов общий прогиб f и общая гибкость λ комплекта рассчитывается по формулам

$$f = \sum_{i=1}^n f_i \text{ и } \lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i. \quad (3.5)$$

Общая жесткость комплекта из трех или двух последовательно работающих упругих элементов определяется из выражений

$$c = \frac{c_1 c_2 c_3}{c_1 c_2 + c_1 c_3 + c_2 c_3}, \text{ или } c = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}. \quad (3.6)$$

Последовательное соединение комплектов упругих элементов имеет место в тележках с двойным подвешиванием (буксовым и центральным).

Характеристики упругих свойств пружин и рессор. Рассмотрим характеристики упругих свойств пружин и рессор, применяемых в рессорном подвешивании вагонов.

Цилиндрическая пружина имеет линейную силовую характеристику (см. рисунок 3.23, *a*), не зависящую от прогиба и постоянную при нагружении и разгрузке. Жесткость ее определяется тангенсом угла наклона линии OA к оси абсцисс, т. е. $c = tg\alpha$.

Вертикальная жесткость цилиндрической пружины сжатия

$$c_{\text{в}} = \frac{Gd^4 \Psi}{8D^3 n}, \quad (3.7)$$

где G – модуль сдвига, $G = 0,385E$;

E – модуль упругости при растяжении;

d – диаметр прутка;

D – средний диаметр витка пружины;

n – число рабочих витков;

ψ – коэффициент, $\psi \cong \cos \alpha_{\text{пр}}$;

$\alpha_{\text{пр}}$ – угол подъема винтовой линии нагруженной пружины.

Листовая рессора имеет силовую характеристику в виде замкнутой линии (см. рисунок 3.23, в), верхняя ветвь которой OA_1 отражает зависимость между нагрузкой и прогибом при ее нагружении, а нижняя A_1A_2O – при снятии нагрузки. Разница по вертикали между ветвями обусловлена силами трения, возникающими между ее листами и способствующими затуханию колебаний вагона. Площадь, ограниченная ветвями, представляет собой работу, затраченную на преодоление сил трения между листами рессор. Обычно сила трения увеличивается пропорционально прогибу, так как соответственно возрастают силы прижатия листов друг к другу.

Качество листовых рессор характеризуется их жесткостью и внутренним трением.

Величина трения в рессоре оценивается коэффициентом относительного трения φ_{T} , равным отношению силы трения F к силе P , создающей упругую деформацию рессоры f , т. е.

$$\varphi_{\text{T}} = \frac{F}{P}. \quad (3.8)$$

Сила трения F связана с прогибом f и жесткостью c зависимостью

$$F = \varphi_{\text{T}} P = \varphi_{\text{T}} c f. \quad (3.9)$$

Вертикальная жесткость эллиптической рессоры типа Галахова

$$c_{\text{в}} = \frac{Ebh^3i}{12l^3}(3n_{\text{к}} + 2n_{\text{н}}),$$

где b , h – ширина и толщина листа;

E – модуль упругости при растяжении;

i – число рядов в эллиптической рессоре, $i = 5$;

$n_{\text{н}}$ – число листов ступенчатой части (число наборных листов);

$n_{\text{к}}$ – число коренных и подкоренных листов (для эллиптической рессоры n и t берутся для одной половины ряда рессор);

$2l$ – рабочая длина рессоры, $l = (L - a)/2$.

Резиновая рессора при малых деформациях (до 20 % при сжатии и до 35 % при сдвиге) имеет линейную силовую характеристику (см. рисунок 3.23, г, зона I), которая при больших прогибах становится нелинейной (зона II). Вследствие сил внутреннего трения резиновой рессоры жесткость ее при нагружении и разгрузке неодинакова. Поэтому диаграмма работы такой рессоры представляет собой замкнутую кривую, верхняя часть которой OA_1 показывает зависимость

между нагрузкой и прогибом рессоры при ее нагружении, а нижняя часть A_1A_2O – при разгрузке.

Жесткость резинового упругого элемента [21]:

– при сжатии (рисунок 3.25, а) –

$$c = \frac{FE}{h}; \quad (3.10)$$

– при сдвиге (рисунок 3.25, б) –

$$c = \frac{FG}{h}; \quad (3.11)$$

– при совместном сдвиге и сжатии (рисунок 3.25, в) –

$$c = \frac{2F(G \sin^2 \alpha + E \cos^2 \alpha)}{h}, \quad (3.12)$$

где G , E – модуль упругости резины соответственно при сдвиге и сжатии, МПа;

F – площадь поперечного сечения резинового элемента, м²;

h – высота, длина или толщина резинового элемента, м;

α – угол наклона резиновых пакетов к вертикальной плоскости.

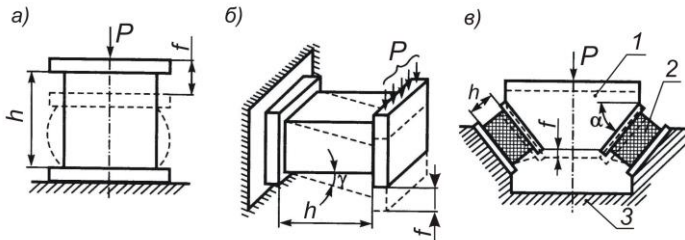


Рисунок 3.25 – Схемы нагружения резиновых рессор:

а – при сжатии; б – при сдвиге; в – при сжатии и сдвиге;

1 – надрессорная балка; 2 – резиновый упругий элемент; 3 – поддрессорная часть

Пневматическая рессора имеет линейную силовую характеристику (см. рисунок 3,23, д) при статическом нагружении (зона I) и нелинейную – при динамическом нагружении (зона II).

Жесткость пневматической рессоры без учета влияния динамической нагрузки

$$c_1 = k \frac{(p_0 + 1)nF_{эф}^2}{V}, \quad (3.13)$$

где p_0 – номинальное давление воздуха в пневморессоре;

n – показатель политропы, $n = 1, 2 \dots 1, 3$;

$F_{\text{эф}}$ – эффективная (несущая) площадь пневморессоры;

V – суммарный объем пневморессоры и дополнительного резервуара;

k – коэффициент, учитывающий жесткость материала оболочки и каркаса пневморессоры, $k = 1, 05 \dots 1.1$.

Общая вертикальная жесткость пневморессоры включает три составляющих:

$$c_B = c_1 + c_2 + c_3, \quad (3.14)$$

где c_2 – жесткость пневморессоры, зависящая от избыточного давления воздуха ($p_{\text{изб}}$) и изменения эффективной (несущей) площади пневморессоры ($F_{\text{эф}}$) при деформации;

c_3 – собственная жесткость оболочки пневморессоры (каркасная жесткость), зависящая от конструктивных параметров оболочки.

3.5 Основные схемы и параметры рессорного подвешивания

При проектировании рессорного подвешивания необходимо, во-первых, выбрать рациональную схему подвешивания; во-вторых, выбрать упругие и демфирующие параметры этого подвешивания, обеспечивающие наилучшие ходовые качества вагона

Основные схемы рессорного подвешивания. Выбор схемы рессорного подвешивания определяется требованиями по обеспечению плавности хода, устойчивости и динамических качеств вагона, которые зависят от статического прогиба упругих элементов. Рациональные значения статических прогибов для грузовых вагонов устанавливаются Нормами [22], пассажирских вагонов – Нормами и ГОСТ Р 55821–2013.

В зависимости от количества последовательно соединенных систем упругих элементов рессорное подвешивание может быть одинарным, двойным и тройным. Последовательное соединение систем упругих элементов может увеличить общий прогиб и общую гибкость рессорного подвешивания тележки [см. формулу (3.5)], а следовательно, улучшить ходовые качества вагона. Наибольшее распространение в мировой практике вагоностроения получили одинарное (одноступенчатое) и двойное (двухступенчатое) рессорные подвешивания вагона.

О д и н а р н о е п о д в е ш и в а н и е может быть буксовым или центральным. В *буксовом* подвешивании (рисунок 3.26, а) упругие элементы размещены между буксой 1 и рамой 2 тележки, в *центральном* (рисунок 3.26, б) – между рамой 2 и надрессорной балкой 3. Вертикальное и горизонтальное поддрессорования кузова обеспечивается при этом упругими эле-

ментами, а демпфирование колебаний – фрикционными гасителями. Одинарное подвешивание применяется, как правило, в тележках грузовых вагонов, за исключением изотермических.

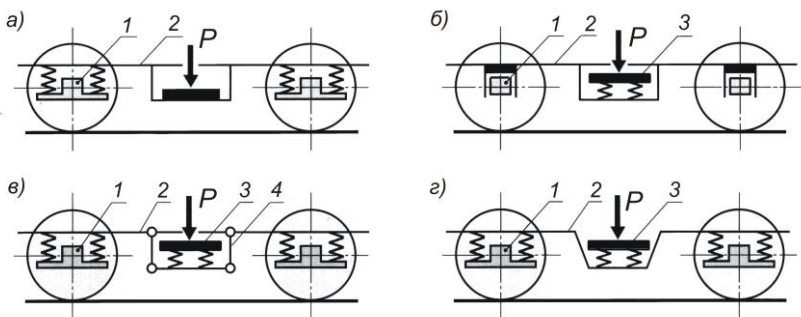


Рисунок 3.26 – Схемы рессорного подвешивания вагонов:
а – буксовое; *б* – центральное; *в* – двойное: буксовое и центральное люлечное;
з – двойное: буксовое и центральное безлюлечное

Каждый вариант размещения упругих элементов имеет свои достоинства и недостатки. Система с буксовым подвешиванием позволяет уменьшить массу необрессоренных частей тележки. Однако при этом усложняется конструкция тележки. Система с центральным подвешиванием наиболее проста и поэтому нашла наибольшее распространение.

Двойное подвешивание (рисунок 3.26, *в, з*) широко распространено в тележках пассажирских и изотермических вагонов. Оно состоит из буксового (первичного) подвешивания, размещенного между буксой 1 и рамой 2, и центрального (вторичного) – между рамой 2 и надрессорной балкой 3. Центральное подвешивание при этом может быть люлечным или безлюлечным, буксовое – челюстным или бесчелюстным.

В люлечном центральном подвешивании (рисунок 3.26, *в*) кузов опирается на надрессорную балку 3, а балка через комплекты упругих элементов – на люльку 4, шарнирно связанную с рамой 2 тележки при помощи подвесок.

В безлюлечном центральном подвешивании (рисунок 3.26, *з*) надрессорная балка 3 опирается на раму 2 через комплекты упругих элементов.

В центральном подвешивании вертикальное подрессоривание кузова обеспечивается упругими элементами, а горизонтальное – люлечными устройствами (люлечное подвешивание) или упругими элементами (безлюлечное подвешивание). Демпфирование колебаний осуществляется исключительно гидравлическими гасителями колебаний. В тележках с лучшими ходовыми качествами используются гидравлические демпферы, обеспечивающие раздельное гашение вертикальных и горизонтальных колебаний.

Люлочное центральное подвешивание имеют тележки пассажирских и изотермических вагонов эксплуатационного парка, безлюлочное – тележки пассажирских вагонов нового поколения.

В *бесчелюстном буксовом подвешивании* (см. рисунки 4.2, з, д) вертикальное и горизонтальное подрессоривание обеспечиваются упругими элементами, а демпфирование колебаний – фрикционными или гидравлическими гасителями. Для тележек с лучшими ходовыми качествами используют гидравлические гасители.

В буксовой ступени подвешивания ограничение перемещений колесной пары относительно рамы тележки осуществляется при помощи шпинтонов или упругих продольных поводков. В этих конструкциях отсутствует трение между рамой тележки и буксами, поэтому они не изнашиваются и менее трудоемки в ремонте. Бесчелюстное подвешивание имеют тележки пассажирских вагонов локомотивной тяги.

В *челюстном буксовом подвешивании* (см. рисунок 4.2, в) рама тележки своими челюстями охватывает сверху корпус буксы, опираясь на их кронштейны через упругие элементы. При такой конструкции горизонтальные, продольные и поперечные перемещения корпуса буксы ограничены челюстями рамы тележки. Челюстное подвешивание применяется только в тележках моторных вагонов электропоездов.

Существующие схемы рессорного подвешивания в грузовом и пассажирском вагоностроении прошли проверку многолетней практикой и показали свою высокую работоспособность.

Основные параметры рессорного подвешивания. Ходовые качества вагона зависят от параметров рессорного подвешивания. В свою очередь они определяются типом вагона, его назначением и техническими характеристиками.

Основными параметрами рессорного подвешивания являются: статический прогиб или вертикальная жесткость, длина эквивалентного математического маятника или горизонтальная жесткость, конструкционный запас прогиба, а также коэффициенты сопротивления или относительного трения гасителей колебаний.

Обратите внимание

Вертикальное подрессоривание вагона условно можно представить в виде пружины, несущей груз, а горизонтальное (поперечное) – в виде маятника с грузом на конце. Поэтому основными параметрами упругости подвешивания в вертикальном направлении является статический прогиб, а в горизонтальном – длина эквивалентного математического маятника.

Статический прогиб $f_{ст}$ – это прогиб, получаемый упругими элементами рессорного подвешивания под воздействием только статической нагрузки. Статический прогиб выбирают при проектировании из условий, обеспечивающих необходимые ходовые качества. При этом следу-

ет стремиться к уменьшению частот собственных колебаний ν кузова, что достигается увеличением статического прогиба рессорного подвешивания. Чем больше f_{CT} , тем лучше ходовые качества вагона.

В то же время увеличение статического прогиба рессорного подвешивания грузовых вагонов может привести к недопустимой по условиям формирования поездов разнице продольных высот автосцепок в порожнем и груженом состояниях. В рессорном подвешивании пассажирских вагонов высокие значения f_{CT} не должны приводить к частотам собственных колебаний ниже 1 Гц. Уменьшение ν ниже 1 Гц приводит к повышенной валкости кузова на упругих элементах, что потребует введения стабилизаторов поперечной устойчивости, т.е. усложнения конструкции подвешивания.

Нормами [22] рекомендуются следующие проектные значения f_T : для тележек грузовых вагонов общего назначения под нагрузкой брутто – 45–65 мм, тележек изотермических вагонов под нагрузкой брутто – 80–120 мм, почтовых и багажных вагонов брутто – 130–180 мм; пассажирских вагонов общего назначения под тарой – 150–200 мм.

Суммарный статический прогиб рессорного подвешивания тележки должен составлять по нагрузке брутто, не менее, мм [8]: 200 – для вагонов с конструкционной скоростью до 160 км/ч; 240 – для вагонов с конструкционной скоростью свыше 160 до 200 км/ч; 145 и 130 – для почтовых, багажных и специальных вагонов с конструкционной скоростью соответственно до 160 и 120 км/ч.

Выбранные значения f_{CT} уточняются из условий:

– ограничения допустимого перепада высот продольных осей автосцепок под нагрузкой от тары и брутто вагона

$$f_{\text{CT}}^{\text{бр}} - f_{\text{CT}}^{\text{T}} \leq 55 \text{ мм}; \quad (3.15)$$

– ограничения валкости кузова на рессорах (для двойного подвешивания)

$$f_{\text{CT}} \leq \frac{b_6^2}{(h_B + 1,5)[\alpha + (b_6 / b_{\text{ц}})^2(1 - \alpha)]}, \quad (3.16)$$

где $f_{\text{CT}}^{\text{бр}}$, f_{CT}^{T} – статические прогибы подвешивания тележки от брутто и тары вагона, м;

b_6 , $b_{\text{ц}}$ – половина поперечных расстояний соответственно между рессорами буксового и центрального подвешивания, м;

h_B – высота центра тяжести кузова над осью колесной пары, м;

α – доля прогиба буксового подвешивания в общем прогибе тележки.

В тележках пассажирских вагонов общего назначения с двойным рессорным подвешиванием рекомендуется следующее *распределение общего статического прогиба по ступеням подвешивания*:

$$f_{\text{CT}}^{\text{б}} = (0,20 \dots 0,40) f_{\text{CT}}; \quad f_{\text{CT}}^{\text{ц}} = f_{\text{CT}} - f_{\text{CT}}^{\text{б}}, \quad (3.17)$$

где $f_{\text{CT}}^{\text{б}}$, $f_{\text{CT}}^{\text{ц}}$ – статические прогибы соответственно буксовой и центральной ступеней подвешивания;

f_{CT} – общий статический прогиб рессорного подвешивания.

Для обеспечения надежной работы рессорного подвешивания упругие элементы (пружины) должны иметь необходимый конструкционный запас статического прогиба.

Коэффициент конструкционного запаса прогиба $K_{\text{кз}}$ характеризует вероятность безударной работы упругих элементов. Чем больше $K_{\text{кз}}$, тем меньше вероятность возникновения жестких ударов при прохождении вагоном неровностей пути.

Согласно рекомендациям Норм [22] значения $K_{\text{кз}}$ для упругих элементов, имеющих постоянную жесткость, следует принимать, не менее: для тележек грузовых вагонов с f_{CT} до 50 мм – 1,8, f_{CT} свыше 50 мм – 1,75; для тележек изотермических вагонов – 1,65; пассажирских вагонов всех типов – 1,5.

Наибольший полный расчетный прогиб f_{p} упругого элемента рессорного подвешивания, когда он полностью сжимается, определяется по формуле

$$f_{\text{p}} = f_{\text{CT}} K_{\text{кз}}, \quad (3.18)$$

который при отсутствии достоверных данных о максимальных динамических усилиях используется для расчета упругих элементов на прочность.

При проектировании пневматического рессорного подвешивания с регулированием давления задается так называемый *эквивалентный статический прогиб*. Это обусловлено тем, что высота пневматических рессор благодаря автоматическому регулированию давления в них остается постоянной независимо от нагрузки.

Эквивалентный статический прогиб может быть определен из выражения

$$f_{\text{ЭКВ}} = \frac{P_0 F_{\text{эф}}}{c} = \frac{P_{\text{CT}}}{c}, \quad (3.19)$$

где $P_{ст}$ – вертикальная статическая сила на пневморессору, т.е. вес вагона брутто, приходящийся на один упругий элемент;
 c – вертикальная жесткость пневморессоры, вычисляемая по формуле (3.13).

Статический прогиб $f_{ст}$ и вертикальная жесткость c рессорного комплекта связаны выражением (3.1).

Параметрами упругости возвращающих устройств (горизонтального подвешивания) являются *длина эквивалентного математического маятника* $l_{пр}$ или *горизонтальная жесткость* $c_{г}$ подвешивания, которые связаны зависимостью

$$l_{пр} = \frac{P_{ст}}{c_{г}}, \quad (3.20)$$

где $P_{ст}$ – вертикальная статическая сила, приходящаяся на рессорное подвешивание тележки.

Параметры демпфирования рессорного подвешивания в зависимости от типа демпфирующих устройств (гасителей колебаний) характеризуются коэффициентом относительного трения или коэффициентом сопротивления.

Коэффициент относительного трения $\varphi_{т}$ является основным параметром фрикционного гасителя колебаний (демпфера) и определяется по формуле (3.8). Коэффициент относительного трения в рессорном подвешивании тележки грузового вагона должен быть не менее 0,07 [7].

Коэффициент сопротивления β – основной параметр гидравлического гасителя колебаний, характеризующий его эффективность.

Значения коэффициента β гидравлического гасителя колебаний центральной ступени подвешивания рекомендуется определять по формулам:

– при гашении вертикальных колебаний –

$$\beta_{в} = (0,2..0,3)\beta_{кр}^в; \quad (3.21)$$

– при гашении горизонтальных колебаний –

$$\beta_{г} = (0,3..0,4)\beta_{кр}^г, \quad (3.22)$$

где $\beta_{кр}^в$, $\beta_{кр}^г$ – критические значения коэффициента демпфирования в вертикальном и горизонтальном подвешивании.

Для одновременного демпфирования вертикальных и горизонтальных колебаний кузова в пассажирских вагонах, предназначенных для скоростей до 160 км/ч, допускается использовать наклонно поставленные демпферы.

Угол наклона демпфера к горизонтали определяется в этом случае по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \sqrt{\frac{\beta_{\text{в}}}{\beta_{\text{г}}}} . \quad (3.23)$$

Коэффициент сопротивления наклонного демпфера

$$\beta = \frac{\beta_{\text{в}}}{\sin^2 \alpha} = \frac{\beta_{\text{г}}}{\cos^2 \beta} . \quad (3.24)$$

Фактическое значение коэффициента сопротивления гидравлического гасителя колебаний определяется по индикаторной диаграмме (рисунок 3.27), снятой при испытании гасителя на стенде и характеризующей зависимость силы сопротивления P гасителя за один цикл (перемещение h поршня вверх и вниз) во время колебательного процесса кузова вагона.



Рисунок 3.27 – Индикаторная диаграмма работы сил сопротивления гидравлического гасителя колебаний

Коэффициент сопротивления гасителя в этом случае

$$\beta = \frac{Am}{2\pi Hn} , \quad (3.25)$$

где k – коэффициент линейаризации, $k = 0,85 \dots 1,0$;

A – длина индикаторной диаграммы, м;

m – масштаб записывающего устройства Н/мм;

H – ширина диаграммы, м;

n – число двойных ходов поршня гасителя в секунду, с^{-1} .

Анализ диаграммы позволяет определить также максимальное усилие, развиваемое гасителем:

$$F_{\text{max}} = \frac{Am}{2} . \quad (3.26)$$

Эти наибольшие усилия для каждого типа гасителя не должны превышать определенного предела, что гарантирует от повреждения как сам гаситель, так и узлы его крепления к раме и наддрессорной балке.

По форме рабочей диаграммы устанавливают и возможные дефекты гасителя. Гаситель колебаний исправен, если форма рабочей диаграммы соответствует эллипсу, а параметр сопротивления находится в заданных технических условиях пределах.

В зависимости от места установки гасителя (в центральном или буксовом подвешивании), положения гасителя (вертикально, горизонтально или наклонно) в системе рессорного подвешивания коэффициент сопротивления колеблется от 45 до 120 кН·с/м. Для наклонного гасителя коэффициент сопротивления находится в диапазоне 90–120 кН·с/м, вертикального и горизонтального – 45–55 кН·с/м.

3.6 Основные направления совершенствования конструкции рессорного подвешивания

Дальнейшее совершенствование рессорного подвешивания связано с созданием новых систем подвешивания с параметрами жесткости и демпфирования, изменяющимися в зависимости от загрузки вагона.

В тележках грузовых вагонов для улучшения ходовых качеств необходимо повышать гибкость рессорного подвешивания на порожнем режиме за счет применения рессорного подвешивания с билинейной или кусочно-линейной силовой характеристикой. Такой вид силовой характеристики достигается применением пружин разной высоты, что обеспечивает большую гибкость подвешивания на порожнем режиме и повышенную жесткость – в груженом. Кроме того, динамические качества тележек можно улучшить, используя гасители, обеспечивающие гашение как вертикальных, так и горизонтальных колебаний, вводя упругие связи между колесными парами и боковыми рамами и др. Введение упругой связи между колесными парами и боковыми рамами вместо фрикционной связи обеспечивает снижение воздействия вагона на путь и позволяет повисить его конструкционную скорость.

В тележках пассажирских вагонов стремятся к улучшению связи колесных пар с рамой тележки и использованию вязкого трения в буксовом подвешивании, а в центральном – увеличению вертикальной и поперечной жесткости и применению гидравлических демпферов, обеспечивающих раздельное гашение колебаний в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Ведутся работы по созданию более совершенных и надежных гидравлических гасителей колебаний. Эти изменения в конструкции рессорного подвешивания направлены на повышение плавности хода вагонов при высоких скоростях движения поездов. Эффективно также применение пневматического рессорного подвешивания, позволяющего автоматически поддерживать кузов на определенном расстоянии от головок рельсов независимо от загрузки вагона.

3.7 Основные термины и определения

Рессорное подвешивание (тележки для грузовых вагонов) – детали тележки, расположенные между боковыми рамами и надрессорной балкой, обеспечивающие восприятие и амортизацию нагрузок от кузова вагона (ГОСТ 9246–2013).

Расчетный статический прогиб – статический прогиб упругих элементов рессорного подвешивания эквивалентный, подвешиванию с линейной зависимостью силы от деформации (постоянной жесткостью) без учета сил трения (ГОСТ 9246–2013).

Полный статический прогиб – статический прогиб упругих элементов рессорного подвешивания, соответствующий их деформации от свободного состояния до состояния под нагрузкой без учета сил трения (ГОСТ 9246–2013).

Фрикционный гаситель колебаний – демпфирующее устройство в рессорном подвешивании, обеспечивающее гашение колебаний силами сухого трения (ГОСТ 9246–2013).

Коэффициент относительного трения – отношение средней на ходе растяжения и ходе сжатия силы трения, создаваемой фрикционными гасителями колебаний тележки в вертикальном направлении, к статической нагрузке на ее рессорное подвешивание (ГОСТ 9246–2013).

Фрикционный клин – составная часть фрикционного гасителя колебаний, обеспечивающая силы трения в рессорном подвешивании за счет прижатия упругими элементами рессорного подвешивания ее вертикальной поверхности непосредственно или через промежуточные детали к боковой раме, а наклонной поверхности – непосредственно или через промежуточные детали к надрессорной балке (ГОСТ 9246–2013).

Диаграмма сопротивления демпфера – графическое отображение зависимости силы сопротивления, развиваемой демпфером при гармоническом законе перемещения одной из точек (узлов) крепления, от ее перемещения при неподвижной второй точке крепления демпфера (ГОСТ Р 55184–2012).

Рабочая жидкость – жидкое вещество, применяемое в демпферах в качестве рабочего тела для создания вязкого трения (ГОСТ Р 55184–2012).

4 ТЕЛЕЖКИ ВАГОНОВ

4.1 Назначение и классификация

Назначение и состав. Тележка – составная часть вагона, обеспечивающая его движение и передающая нагрузку кузова вагона на железнодорожный путь.

Тележки выполняют роль ходовой части вагона и опоры кузова. Они должны обеспечивать безопасность движения вагона по рельсовому пути с необходимой плавностью хода и наименьшим сопротивлением движению.

Тележки являются наиболее важными составными частями вагонов с точки зрения безопасности, комфорта и скорости и во многом определяют их технический уровень и надежность.

Тележка состоит из колесных пар с буксовыми узлами, рессорного подвешивания, рамы, надрессорной балки с опорами кузова и тормозной передачи. Возможно наличие и других частей, если это предусмотрено конструкцией тележки.

Классификация. Тележки вагонов классифицируют по назначению, числу осей, устройству рессорного подвешивания, способу передачи нагрузки от кузова на ходовые части, а также от надрессорной балки на раму тележки, устройству буксовой связи и конструкции рамы.

По назначению тележки делятся на грузовые и пассажирские. Тележки пассажирских вагонов обычно отличаются от тележек грузовых вагонов наличием двух ступеней подвешивания.

По числу осей тележки бывают одно-, двух-, трех-, четырех- и многоосные. Наибольшее распространение получили двухосные тележки.

По способу передачи нагрузки от кузова различают тележки с опиранием кузова: 1) на подпятник тележки (рисунок 4.1, а); 2) на подпятник и упруго-фрикционные скользуны постоянного контакта (рисунок 4.1, б); 3) непосредственно на скользуны (рисунок 4.1, в); 4) непосредственно на упругие элементы тележки (рисунок 4.1, г).

Первый и второй способы применяют в грузовых вагонах. При этом наличие упруго-фрикционных скользунов постоянного контакта обеспечивает гашение колебаний боковой качки кузова и виляния тележки. Третий

способ характерен для пассажирских вагонов локомотивной тяги. Его достоинства – высокие ходовые качества за счет гашения колебаний виляния тележки и исключения боковой качки кузова. Четвертый способ используется в скоростных пассажирских вагонах локомотивной тяги и вагонах электропоездов и дизель-поездов.

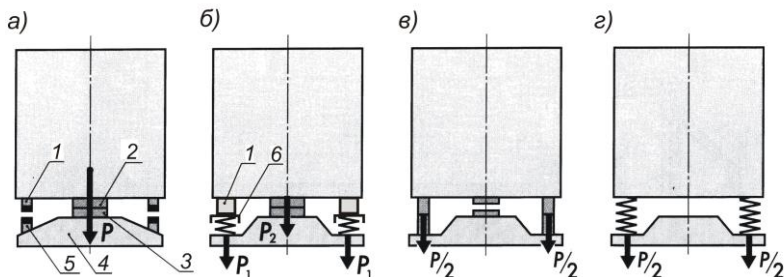


Рисунок 4.1 – Схемы опирания кузова на тележку:

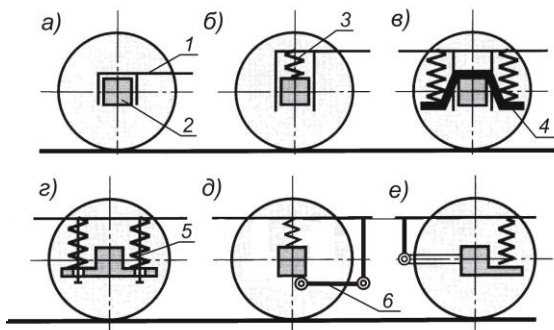
а – через подпятник; *б* – подпятник и упруго-фрикционные скользящие элементы постоянного контакта; *в* – скользящие элементы; *г* – центральное рессорное подвешивание; 1 – скользящий элемент кузова; 2 – пятник кузова; 3 – подпятник тележки; 4 – наддрессорная балка; 5, 6 – скользящие элементы тележки зазорный и постоянного контакта

По способу передачи нагрузки от наддрессорной балки на раму различают тележки: с непосредственной передачей нагрузки на две боковые рамы (см. рисунок 3.19, *а*); через упругие элементы (см. рисунок 3.19, *б*, *г*); через упругие элементы, установленные в люлке (см. рисунок 3.19, *в*). *Первый способ* применяется в тележках грузовых вагонов с буксовым подвешиванием, *второй* – в тележках грузовых вагонов с центральным подвешиванием и тележках скоростных пассажирских вагонов с безлюлечной центральной ступенью подвешивания, *третий* – в тележках пассажирских вагонов с люлечной центральной ступенью подвешивания.

По способу связи рамы с буксами тележки бывают: с *челюстной связью* (рисунок 4.2, *а*) – со свободным опиранием рамы 1 на буксы 2 и ограничением перемещений букс относительно рамы за счет направляющих челюстей (в тележках грузовых вагонов); с *упругой челюстной связью* (рисунок 4.2, *б*) – с опиранием рамы на буксы через упругие элементы 3 (в тележках грузовых вагонов); с *упругой балансирно-челюстной связью* (рисунок 4.2, *в*) – с опиранием рамы на буксы через пружины и балансиры 4 (в тележках вагонов электропоездов); с *упруго-шпинтонной связью* (рисунок 4.2, *г*) – с опиранием рамы на кронштейны корпусов букс через пружины и наличие специальных устройств – шпинтонов 5, ограничивающих перемещения букс в горизонтальной плоскости (в тележках пассажирских вагонов); с *упруго-поводковой связью* (рисунок 4.2, *д*) – с опиранием рамы на корпуса букс через пружины и наличие дополнительной связи между ними

в виде продольных поводков *б* (в тележках пассажирских вагонов нового поколения); *с* упруго-рычажной связью (рисунок 4.2, *е*) – с опиранием рамы на кронштейны корпусов букс через пружины, с одной стороны, и наличием связи ее с рычагами корпусов букс, с другой стороны (в тележках вагонов дизель-поездов). Конструкция связи колесной пары с рамой тележки оказывает существенное влияние на величину горизонтальных поперечных сил и влияние колесных пар.

Рисунок 4.2 – Схемы связи рамы тележки с буксами:
а – челюстная; *б* – упругая челюстная; *в* – упругая балансирно-челюстная; *г* – упруго-шпинтонная; *д* – упруго-поводковая; *е* – упруго-рычажная; 1 – рама; 2 – букса; 3 – упругий элемент; 4 – баланси́р; 5 – шпинтон; 6 – продольный поводок



По конструкции рамы различают тележки с жесткой штампованной рамой или с двумя литыми боковыми рамами, жестко связанными между собой центральным рессорным подвешиванием.

Тележки грузовых вагонов классифицируют на *пять типов* [ГОСТ 9246–2013] в зависимости от значения осевой нагрузки и конструкционной скорости (таблица 4.1). Тележки *типа 1* предусмотрены для перспективных вагонов с осевой нагрузкой 196 кН (20 тс), обеспечивающих ускоренную перевозку грузов; *типа 2* – для вагонов эксплуатационного парка; *типов 3–5* – для перспективных вагонов с повышенными осевыми нагрузками 245, 265, 294 кН (25, 27 и 30 тс).

Тележки грузовых вагонов разделяют также на тележки с *зазорными* (бесконтактными) скользунами и скользунами *постоянного контакта*.

Таблица 4.1 – Классификация тележек грузовых вагонов

Тип тележки	Максимальная расчетная статическая осевая нагрузка, кН (тс)	Конструкционная скорость, км/ч	Диаметр подпятника, мм
1	196 (20)	140	280
2	230,5 (23,5)	120	300
3	245 (25)	120	350
4	265 (27)	100	380
5	294 (30)	90	400

Тележки пассажирских вагонов в зависимости от конструкции центральной ступени рессорного подвешивания классифицируют на тележки *люлечного* и *безлюлечного* типов, а в зависимости от значения осевой нагрузки и конструкционной скорости (таблица 4.2) – *общесетевых* (с конструкционной скоростью до 160 км/ч) и *скоростных* (свыше 160 до 200 км/ч) вагонов.

Таблица 4.2 – Классификация тележек пассажирских вагонов

Техническая характеристика	Нормативные значения для тележек пассажирских вагонов	
	общесетевые	скоростные
Максимальная расчетная статическая осевая нагрузка, кН	176,6	167,0
Конструкционная скорость, км/ч	Не более 160	От 160 до 200

К параметрам, характеризующим технико-экономические показатели тележки, относятся: собственная масса, база (расстояние между центрами крайних осей у двух- и трехосных тележек и между серединами рессорных комплектов сочлененных тележек для четырехосных), тип и параметры рессорного подвешивания, расстояние от уровня головок рельсов до опорного узла тележки, рессорная база, тип тормоза и конструкционная скорость.

Большое значение с точки зрения пригодности вагона для эксплуатации имеют его ходовые качества, которые определяются конструкцией тележек и параметрами рессорного подвешивания. Ходовые качества вагона характеризуются устойчивостью его против схода с рельсов, плавностью вписывания в кривые участки пути, величиной вертикальных и горизонтальных динамических сил и ускорений, а также показателем плавности хода.

Для того чтобы тележки обеспечивали требуемые ходовые качества вагону, они должны иметь рациональную конструктивную схему и оптимальное значение параметров рессорного подвешивания. В опорах кузова на тележки должно быть достаточное трение, необходимое для гашения колебаний виляния и ограничения поворота тележки относительно кузова.

4.2 Требования, предъявляемые к тележкам

Требования к тележкам грузовых вагонов установлены ГОСТ 9246–2013, пассажирских – ГОСТ Р 55821–2013.

Требования к тележкам грузовых вагонов. В состав тележки грузового вагона должны входить: колесные пары с буксовыми узлами; рамы боковые; балка наддресорная; рессорное подвешивание; тормозная ры-

чаяжная передача; шкворень. Кроме того, могут входить скользуны (для тележек со съёмными скользунами), адаптеры (для колесных пар с бескорпусными буксовыми узлами), балка авторежима и др., если это предусмотрено конструкцией.

Основные параметры и размеры тележек грузовых вагонов (таблица 4.3) различаются в зависимости от типа тележки (см. таблицу 4.1).

Таблица 4.3 – Основные параметры и размеры тележек грузовых вагонов

Технические характеристики	Значение характеристики для тележек типа				
	1	2	3	4	5
Максимальная расчетная статическая осевая нагрузка, кН (тс)	196 (20)	230,5 (23,5)	245 (25)	265 (27)	294 (30)
Конструкционная скорость, км/ч	140	120	120	100	90
Минимальная расчетная масса вагона, т	21	21	21	24	24
Масса тележки, т	5,0	5,0	5,3	5,5	6,0
Расстояние от горизонтальной плоскости, проходящей через центры осей колесных пар, до верха рамы боковой в ее средней части, мм, не более	–	385	405	405	405
Размеры подпятника: диаметр (номинальный) на уровне опорной поверхности, мм	280	300	350	380	400
глубина, мм	28–33	28–33	31–37	31–37	38–42
конусность упорной поверхности	1:12,5	1:12,5	1:12,5	1:12,5	1:12,5

Как следует из таблицы 4.3, для каждого типа тележки (каждой осевой нагрузки) используется свое значение диаметра подпятника. Это позволяет исключить возможность подкатки тележек с меньшей осевой нагрузкой под кузова вагонов с большей осевой нагрузкой, а следовательно, не допустить нарушения прочности тележки.

Пример условного обозначения двухосной тележки модели 18-100, типа 2:

Тележка двухосная 18-100, 2 ГОСТ 9246—2013

Основные параметры и размеры, общие для тележек всех типов:

- габарит вписывания грузовой тележки по ГОСТ 9238 – 02-ВМ;
- расстояние от уровня верха головок рельсов до опорной поверхности подпятника тележки в вагоне с минимальной расчетной массой 777–814 мм;

– разность полных статических прогибов рессорного подвешивания тележки в вагонах с максимальной и минимальной расчетной массой не более 55 мм;

– база тележки – 1800–1890 мм;

– расстояние между продольными осями боковых скользунов 1524 ± 6 мм;

– расстояние от опорной поверхности подпятника до рабочей поверхности скользуна, мм, не более: зазорного типа – 130, постоянного контакта (в поджатом состоянии) – 140;

– диаметр шкворня (номинальный) – 50 мм;

– длина шкворня – 440 ± 3 мм.

Показатели на значения. Тележки должны быть изготовлены в климатическом исполнении УХЛ (для макроклиматических районов с умеренным и холодным климатом) категории размещения 1 (для эксплуатации на открытом воздухе) по ГОСТ 15150.

Составные части тележки должны обладать статической прочностью и запасом сопротивления усталости в соответствии с требованиями, установленными нормативными документами.

Конструкция тележки должна обеспечивать установленные нормативными документами показатели качества хода и показатели воздействия вагонов на железнодорожный путь, а также реализовывать тормозную силу, обеспечивающую тормозные характеристики вагонов.

Способ защиты пар трения тележки от износа должен быть указан в технических условиях на тележку.

Требования к составным частям тележек грузовых вагонов. *Колесные пары.* Тележка должна быть оборудована *колесными парами* по ГОСТ 4835. Разность диаметров по кругу катания четырех колес одной тележки должна быть не более 6 мм.

Рессорное подвешивание. Цилиндрические пружины, используемые в рессорном подвешивании в качестве упругих элементов, следует выполнять по ГОСТ 1452. Запас прогиба рессорного подвешивания под нагрузкой, соответствующей максимальной расчетной массе, должен обеспечивать отсутствие смыкания упругих элементов. Расчетный статический прогиб рессорного подвешивания тележки под нагрузкой, соответствующей установке в вагон с минимальной расчетной массой, должен быть не менее: 13 мм – для тележек типов 1, 4, 5; 8 мм – для тележек типов 2, 3.

В рессорном подвешивании должны быть установлены гасители вертикальных и горизонтальных колебаний. Коэффициент относительного трения при применении фрикционных гасителей колебаний в рессорном подвешивании должен быть не менее 0,07.

Поверхности пар трения, подвергающиеся контролю износа в эксплуатации или при ремонте, рекомендуется оборудовать *визуальными индикаторами предельного состояния*. Места расположения визуальных индикаторов

торов предельного состояния устанавливают в рабочей конструкторской и эксплуатационной документации на тележку.

Боковая рама. Рамы боковые и балки надрессорные следует выполнять литыми по ГОСТ 32400 или сварными. Боковая рама должна иметь опорную поверхность для установки рессорного подвешивания с фиксаторами положения упругих элементов, проемы для установки колесных пар, кронштейны для установки тормозной рычажной передачи, опорные кронштейны для балки авторежима.

Разность баз боковых рам в тележке должна быть не более 2 мм.

Конструкцией проема для колесных пар в боковой раме совместно с конструкцией буксы или адаптера должно быть предусмотрено ограничение горизонтальных перемещений колесной пары относительно боковой рамы.

Сумма зазоров между буксой (адаптером) колесной пары и проемом для колесной пары в боковой раме в продольном к оси пути направлении должна быть не более 12 мм.

В случае применения в колесной паре подшипника кассетного типа с адаптером конструкцией тележки должна быть исключена возможность выхода подшипника колесной пары из адаптера при эксплуатации вагонов.

Надрессорная балка со скользунами. Надрессорная балка тележки должна иметь опорные поверхности для установки рессорного подвешивания с фиксаторами положения упругих элементов, подпятник, площадки или приливы для размещения боковых скользунов, кронштейны для соединения с тормозной рычажной передачей.

Подпятник и боковые скользуны могут быть встроенными или съемными.

Конструкцией боковой рамы совместно с конструкцией надрессорной балки и элементами рессорного подвешивания должно быть обеспечено ограничение перемещений надрессорной балки относительно боковой рамы в продольном и поперечном к оси пути направлениях.

Боковые скользуны могут быть выполнены зазорного типа либо постоянного контакта. Регулировку высоты бокового скользуна зазорного типа производят пластинами, расположенными в скользуне. Регулировку установочной высоты бокового скользуна постоянного контакта осуществляют пластинами на шкворневой балке вагона.

Крепление съемного скользуна к площадке на надрессорной балке следует осуществлять двумя болтами М24 с гайками.

Динамический прогиб бокового скользуна постоянного контакта должен быть ограничен жестким упором.

Отношение суммарной статической нагрузки на боковые скользуны постоянного контакта к весу кузова вагона с минимальной расчетной массой должно быть не более 85 %.

Момент трения в паре боковых скользунов постоянного контакта при повороте кузова вагона относительно тележки вокруг вертикальной оси должен быть не более $12 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

Тормозная рычажная передача. Тормозная рычажная передача тележки с односторонним нажатием тормозных колодок на поверхность катания колес должна состоять из двух триангелей, подвесок триангелей, распорной тяги, ведущего и ведомого вертикальных рычагов, опорного шарнира мертвой точки, серьги мертвой точки.

Ведущий вертикальный рычаг тормозной рычажной передачи тележки с односторонним нажатием тормозных колодок на поверхность катания колес должен быть наклонен своим верхним плечом в сторону надрессорной балки.

Тормозная рычажная передача тележки с односторонним нажатием тормозных колодок на поверхность катания колес должна быть оборудована устройствами направленного отвода тормозных колодок от поверхности колес в опущенном состоянии тормоза.

Тележки должны быть оборудованы предохранительными устройствами, исключающими падение деталей тормозной рычажной передачи (триангелей, затяжки, осей подвесок триангелей и осей вертикальных рычагов при их применении) на путь.

Требования к тележкам пассажирских вагонов. Для пассажирских вагонов применяются двухосные тележки. Для специальных и сочлененных вагонов допускается применение одноосных и трехосных тележек.

В с о с т а в т е л е ж к и пассажирского вагона должны входить: колесные пары или колесные блоки с буксовыми узлами; рама и надрессорная балка; рессорное подвешивание; демпферы и тормозное оборудование.

Допускается применение конструкций тележек без надрессорной балки с опиранием кузова непосредственно на рессорное подвешивание.

Нормативные значения основных характеристик тележек пассажирских вагонов приведены в таблице 4.2. По согласованию изготовителя с заказчиком и владельцем инфраструктуры для специальных вагонов пассажирского типа и двухэтажных вагонов допускается максимальная расчетная статическая нагрузка более $176,6 \text{ кН}$, но не более 250 кН .

Тележки должны быть изготовлены в климатическом исполнении У (для макроклиматического района с умеренным климатом) категории размещения 1 по ГОСТ 15150. Назначенный срок службы рамы тележки и надрессорной балки – 40 лет.

Пример условного обозначения тележки: *Тележка 68-XXXX ГОСТ Р 55821–2013*. Здесь 68 – номер подгруппы (тележки пассажирских вагонов); XXXX – номер модели.

Конструкция тележки должна обеспечивать удобство осмотра элементов тележки, а расположение оборудования на тележке – безопасный доступ

к оборудованию при техническом обслуживании, ремонте, монтаже и демонтаже. На тележке не должно быть острых ребер и углов, способных травмировать обслуживающий персонал.

Должно быть обеспечено соответствие габаритных размеров тележки в составе вагона по ГОСТ 9238.

В конструкции тележки и ее элементов для их перемещения должны быть предусмотрены специальные места для грузозахватывающих устройств, которые указывают в конструкторской документации и руководстве по эксплуатации.

Масса тележки без дополнительного оборудования (сборочных единиц привода, генератора, тормозных цилиндров, тормозных блоков клещевых механизмов, рельсового тормоза) *должна быть не более 7200 кг.*

Несущие элементы тележки (рама, надрессорная балка или промежуточные рамы для опирания сочлененных кузовов, детали люлечного подвешивания, детали тормозной рычажной передачи) должны быть изготовлены из низколегированной стали по ГОСТ 19281, или из углеродистой стали обыкновенного качества – по ГОСТ 380 и углеродистой стали – по ГОСТ 1050.

Требования к составным частям тележек пассажирских вагонов. *Колесные пары* должны соответствовать требованиям ГОСТ 4835.

Допускаемая разность диаметров колес по кругу катания, мм, не более:

– 5,0 – для конструкционной скорости вагонов до 160 км/ч включительно;

– 3,0 – для конструкционной скорости вагонов свыше 160 до 200 км/ч включительно.

Все буксы должны быть оборудованы термодатчиками, входящими в систему контроля нагрева букс вагона. Температура срабатывания термодатчиков – в соответствии с ГОСТ Р 55182. Кабели от термодатчиков к сигнальному блоку должны быть проложены в трубопроводах или гибких рукавах, обеспечивающих защиту от механических повреждений, ударов льда, щебня и гравия, и иметь соединения в виде клеммных коробок и штепсельных разъемов.

Рессорное подвешивание тележки должно быть двухступенчатое – буксовое и центральное. Допускается для сочлененных вагонов одноступенчатое подвешивание.

При применении в рессорном подвешивании тележки в качестве упругих элементов цилиндрических винтовых пружин их следует выполнять по ГОСТ 1452.

Тележки могут быть люлечного или безлюлечного типа.

Суммарный статический прогиб рессорного подвешивания тележки должен составлять под нагрузкой брутто, мм, не менее:

– 240 – для вагонов с конструкционной скоростью свыше 160 до 200 км/ч;

- 200 – для вагонов с конструкционной скоростью до 160 км/ч;
- 145 и 130 – для почтовых, багажных и специальных вагонов с конструкционной скоростью соответственно до 160 и 120 км/ч.

Допустимость величины статического прогиба должна быть проверена на условие ограничения валкости кузова на рессорах.

Статические прогибы двух ступеней рессорного подвешивания распределяют в соотношении, %:

- от 60 до 80 – в центральном подвешивании;
- от 20 до 40 – в буксовом подвешивании.

Горизонтальную (поперечную) жесткость центрального рессорного подвешивания определяют приведенной длиной эквивалентного математического маятника, величина которой должна быть, мм, не менее:

- 400 – для тележек люлечного типа;
- 350 – для тележек безлюлечного типа;
- 250 – для почтовых, багажных и специальных вагонов пассажирского типа.

В центральном рессорном подвешивании должны быть предусмотрены упругие или жесткие элементы для ограничения перемещений кузова или надрессорного бруса относительно рамы тележки.

Для фиксирования тележки относительно кузова и передачи продольных и поперечных сил необходимо применение шкворневого устройства или специальных связей.

Величина горизонтальной жесткости связи буксы колесной пары с рамой тележки в поперечном направлении допускается от 1,5 до 5,0 МН/м, в продольном – от 1,5 до 35,0 МН/м.

Требования к демпферам установлены в соответствии с ГОСТ Р 55184.

Резиновые, резинокордные и резинометаллические элементы должны быть выполнены из морозостойкой резины в соответствии с ГОСТ 13808.

Рама тележки должна быть сварной конструкции. Подготовка деталей и сборочных единиц рамы к сварке, выполнение сварочных работ, марки применяемых материалов, качество сварных швов и соединений и методы их контроля должны соответствовать нормативным документам.

Тормозное оборудование. Тележки вагонов с конструкционной скоростью не более 160 км/ч должны быть оборудованы фрикционным тормозом с системой рычажной передачи и стояночным тормозом. Допускается дополнительное оборудование тележки рельсовым тормозом, эффективность которого должна быть не менее 30 % эффективности фрикционного тормоза.

Тормозные цилиндры и рычажная передача должны быть размещены на тележках. Допускается размещение этих узлов на кузове вагона.

Тележки вагонов с конструкционной скоростью более 160 км/ч должны быть оборудованы дисковым и стояночным тормозами. Конструкция дис-

кового тормоза должна предусматривать возможность установки дисков как на колесе, так и на оси колесной пары.

Конструкция тележки должна предусматривать возможность установки элементов системы противоюзной защиты колесных пар при поосном торможении.

Датчики вращения устанавливаются на каждой колесной паре (допускается применение датчиков, встроенных в подшипники).

Предохранительные устройства. Тележки должны быть оборудованы предохранительными устройствами, исключающими возможность падения на путь шарнирно-закрепленных сборочных единиц и деталей тормозного оборудования, центрального рессорного подвешивания, привода генератора, а также выход за установленное габаритное очертание тележек и вагона.

Предохранительные устройства должны выдерживать двукратную силу тяжести (веса) защищаемого ими оборудования, при этом напряжения в деталях предохранительного устройства не должны превышать предел текучести материала, из которого они изготовлены.

Между элементами тележки не должно быть касания, не предусмотренного конструкторской документацией.

На тележке должна быть заземляющая перемычка между рамой тележки и буксой (по одной на колесную пару). Возле места присоединения перемычек должен быть нанесен знак заземления по ГОСТ 21130. Должно быть предусмотрено место для присоединения заземляющей перемычки к кузову вагона.

Конструкция тележки, при ее смене, должна допускать возможность отсоединения электрической и пневматической систем тележки от кузова вагона.

Литые детали должны соответствовать требованиям ГОСТ 977.

Маркировка тележек. На наружной стороне концевой части каждой продольной балки рамы тележки с одной стороны в соответствии с конструкторской документацией должны быть нанесены следующие знаки маркировки:

- единый знак обращения на рынке;
- наименование страны-изготовителя по классификатору;
- наименование предприятия-изготовителя или его товарный знак;
- порядковый номер тележки по системе нумерации предприятия-изготовителя (маркируется арабскими цифрами в соответствии с конструкторской документацией);
- модель тележки;
- дата изготовления тележки (маркируется арабскими цифрами);
- месяц (обозначается римскими цифрами) и год (обозначается арабскими цифрами, две последние цифры) изготовления.

Перед однозначным условным номером предприятия-изготовителя ставят три нуля, перед двузначным – два нуля, перед трехзначным – один нуль. Перед трехзначным обозначением тележки ставят один нуль.

Знаки маркировки тележки должны быть заключены в рамку, нанесенную белой краской.

Вблизи знаков маркировки наносят приемочные клейма службы технического контроля изготовителя.

4.3 Тележки грузовых вагонов эксплуатационного парка

Под кузова грузовых вагонов подкатывают двух-, трех- и четырехосные тележки.

Двухосные грузовые тележки конструктивно представляют собой трехэлементные тележки, несущая конструкция которых состоит из трех элементов: наддресорной балки и двух боковых рам, опирающихся на колесные пары.

Самой распространенной двухосной тележкой грузовых вагонов эксплуатационного парка является тележка модели 18-100. Эта тележка является типовой и подкатывается под грузовые четырехосные магистральные вагоны, кроме изотермических, с осевыми нагрузками до 230,5 кН (23,5 тс) и скоростями движения до 120 км/ч. Для скоростей движения 140 км/ч используется тележка модели 18-115.

Изотермические вагоны выпускают с тележками типа КВЗ-И2.

Четырехосные тележки подкатываются под кузова восьмиосных цистерн и полувагонов. В эксплуатации встречаются шестиосные вагоны с тележками модели 18-102 (типа УВЗ-9М).

Характеристика тележек грузовых вагонов приведена в таблице 4.4.

Тележка модели 18-100. Выпускается с 1956 г. на Уральском вагоностроительном заводе (ныне АО «Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод»»). До 1972 года эта тележка имела наименование ЦНИИ-Х-3 [Центральный научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ныне ВНИИЖТ), Х – разработка инженера Ханина, 3 – номер варианта].

Тележка модели 18-100 относится к тележкам типа 2 и обеспечивает эксплуатацию вагонов по магистральным железным дорогам колеи 1520 мм в интервале температур окружающей среды от плюс 50 до минус 60 °С. Она характеризуется простотой конструкции, технологичностью и невысокой стоимостью изготовления и является в настоящее время типовой тележкой для грузовых вагонов стран СНГ.

С момента ввода тележки модели 18-100 в эксплуатацию ее конструкция претерпела ряд изменений и модернизаций, направленных на повышение

ние ее прочностных характеристик, улучшение эксплуатационных качеств, увеличения надежности и межремонтных пробегов.

Таблица 4.4 – Техническая характеристика тележек грузовых вагонов

Показатели	Модели					
	18-100	18-131	18-115	18-102	18-101	КВЗ-И2
Число осей	2	2	2	3	4	2
Масса, т	4,8	5,1	4,7	8,6	12,0	7,8
База, мм	1850	1850	1850	3500	3200	2400
Габаритные размеры, мм:						
длина	2863		2856	4506	6056	4068
ширина	2590		2590	2590	2590	2314
Конструктивная скорость, км/ч	120	120	140	120	120	120
Расстояние от уровня головок рельсов до опорной поверхности подпятника, м	0,806	0,810	0,812	0,815	0,839	0,805
Тип рессорного подвешивания	Одинарное центральное					Двойное
Гибкость рессорного подвешивания, м/МН	0,114	0,116	0,173	0,148	0,075	0,144
Статический прогиб рессорных комплектов от массы брутто, м	0,046–0,050	0,052	0,068	0,052	0,050	0,070

Рассмотрим одну из последних модификаций тележки модели 18-100, в которой предусматривается использование несущих элементов (надрессорной балки и боковых рам) увеличенной прочности, применение колес повышенного качества и твердости (из стали марки Т по ГОСТ 10791–2011) и защита основных пар трения.

Надрессорная балка и боковые рамы выполнены литыми из низколегированной стали 20ГЛ и имеют повышенный коэффициент запаса усталостной прочности 1,8 (вместо 1,4) за счет повышения качества литья и изменения конфигурации боковой рамы в зонах, наиболее подверженных развитию дефектов в концевой части.

Нормативный межремонтный пробег тележки (назначенный ресурс по пробегу от постройки (капитального ремонта) до первого

деповского ремонта) увеличен со 160 тыс. км до 210 тыс. км, а гарантийный срок эксплуатации – до 3 лет.

Тележки модели 18-100 выпускаются в двух конструктивных исполнениях – с балкой авторежима и без нее.

Габаритные размеры тележки: длина – 2863 мм, ширина – 2590 мм.

С о с т а в н ы е ч а с т и т е л е ж к и (рисунки 4.3 и 4.4): две колесные пары 1 с буксовыми узлами 5, две боковые рамы 4, два комплекта центрального рессорного подвешивания 3, наддрессорная балка 9 со скользящими 8 и шкворнем 2, тормозная рычажная передача 6.

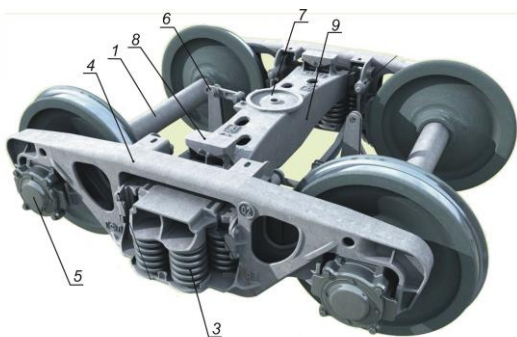


Рисунок 4.3 – Общий вид тележки модели 18-100

защиты пар трения (на рисунке 4.4 под номером 11 показана съемная износостойкая скоба).

Обратите внимание: на рисунке 4.3 показана тележка более ранних лет изготовления, не имеющая износостойких элементов для защиты пар трения.

Тормоз тележки – колодочный с односторонним нажатием колодок. Связь рамы с буксами – непосредственная челюстная. Наддрессорная балка опирается на боковые рамы через рессорные комплекты. Опора кузова на тележку осуществляется через подпятник 7 наддрессорной балки, а при наклоне кузова – дополнительно через скользящие 8.

Тележка взаимодействует с кузовом вагона не только через подпятник и боковые скользящие, но и соединительные элементы тормозного оборудования. При этом соединение кузова с тележкой выполнено таким образом, что ее без затруднения можно выкатить из-под вагона для ремонта.

Условное обозначение тележки: тележка двухосная модель 18-100, тип 2, ГОСТ 9246–2013.

Боковая рама – составная часть несущей конструкции тележки. Предназначена для передачи нагрузки от наддрессорной балки на колесные

Рама тележки – нежесткого типа трехэлементная, состоит из двух боковых рам и наддрессорной балки, нежестко связанных друг с другом центральным подвешиванием

Тележка оборудована опорной балкой авторежима 10 (если она предусмотрена комплектацией) и съемными износостойкими элементами для защиты пар трения

пары, размещения рессорного комплекта и крепления (монтажа) деталей тормозной рычажной передачи.

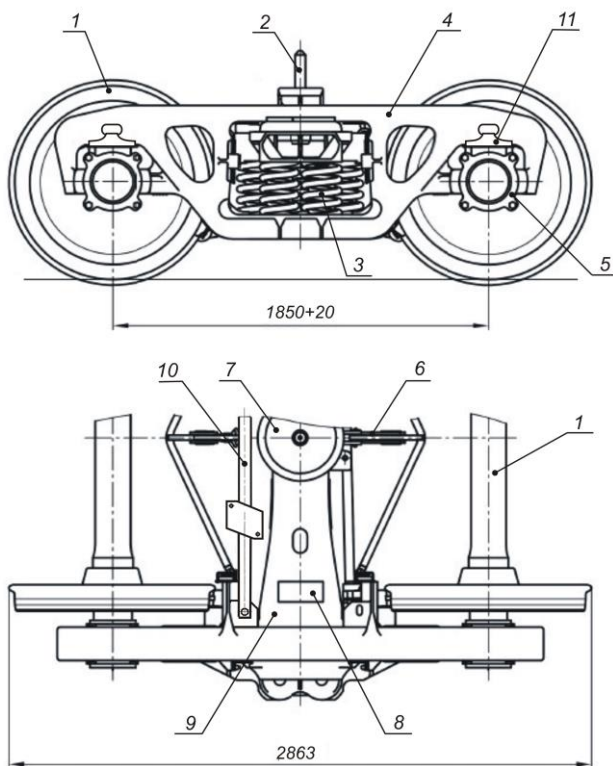


Рисунок 4.4 – Схема тележки модели 18-100

Боковая рама (рисунки 4.5 и 4.6) отлита из низколегированной стали 20ГЛ, 20ГФЛ или 20ГТЛ. Рама образована поясами и стойками (колонками). В средней части она имеет проем *I* для рессорного комплекта, а по концам – буксовые проемы *II* для установки колесных пар. Между рессорным и буксовыми проемами расположены технологические проемы (окна) *III*. Сечения наклонных поясов и вертикальных стоек корытообразной формы. Верхний пояс и горизонтальный участок нижнего пояса *11* имеют замкнутое корычатое сечение.

Рессорный проем в нижней части имеет опорную поверхность (опорную плиту) *13* с буртами *14*, *16*, *18* и бонками *15* для установки и фиксации

цилиндрических пружин рессорного комплекта. На стойках 9 проема расположены механически обработанные площадки (привалочные поверхности) 12 для размещения и крепления заклепками фрикционных планок, а также упоры (направляющие) 10 для ограничения поперечных смещений фрикционных клиньев и установки контактных планок рессорного комплекта. Механическая обработка площадок под фрикционные планки позволила устанавливать на боковую раму составные фрикционные планки.

На верхнем поясе 7 боковой рамы расположены кронштейны 8 для крепления тормозной рычажной передачи – подвесок триангелей с тормозными башмаками и колодками. В кронштейны в целях предотвращения их износа установлены износостойкие втулки 4 по рисунку 4.7. К кронштейнам 8 прилегают полки 6 с овальными отверстиями, служащие опорами для балки авторежима. Овальные отверстия обеспечивают свободное перемещение опорной балки для авторежима .

С внутренней стороны боковой рамы опорная поверхность 13 нижнего пояса переходит в предохранительные полки 17, являющиеся опорами для наконечников триангеля тормозной передачи и удержания его в случае обрыва подвесок.

Буксовый проем образован челюстями (наружной и внутренней) и надбуксовым поясом. В верхней части проема имеется опорная поверхность 1, которой рама опирается на буксы, а по бокам – упорные поверхности челюстей (вертикальные направляющие плоскости) 2, 3 для взаимодействия с пазами корпусов букс. Упоры челюстей ограничивают перемещение буксы в продольном относительно оси пути направлении. Опорные поверхности буксовых проемов подвергают механической обработке.

Для уменьшения износа опорных поверхностей буксовых проемов на каждую из них устанавливают съемную износостойкую скобу с креплением через технологическое отверстие 4. Технологические проемы (окна) обеспечивают доступ к тормозным колодкам. Установка на боковую раму съемных элементов – износостойкой скобы, фрикционной планки и износостойкой втулки – показана на рисунке 4.7.

Как следует из рисунка 4.7, съемная износостойкая скоба 1 состоит из верхней пластины 1А с лапками и приваренной к ее нижней поверхности износостойкой пластины 1Б. Для установки скобы ее лапки Е располагают против технологических отверстий на стенке боковой рамы, сгибают и затем заправляют в отверстие.

Фрикционная планка 3 крепится к площадке на вертикальной стойке рессорного проема четырьмя заклепками 2 с потайными головками.

Съемная износостойкая скоба выполнена из углеродистой стали Ст3 толщиной 4 мм, износостойкая планка – из низколегированной стали 30ХГСА с твердостью 255–341 НВ толщиной 4 мм, износостойкая полимерная втулка для кронштейна крепления подвески триангеля.

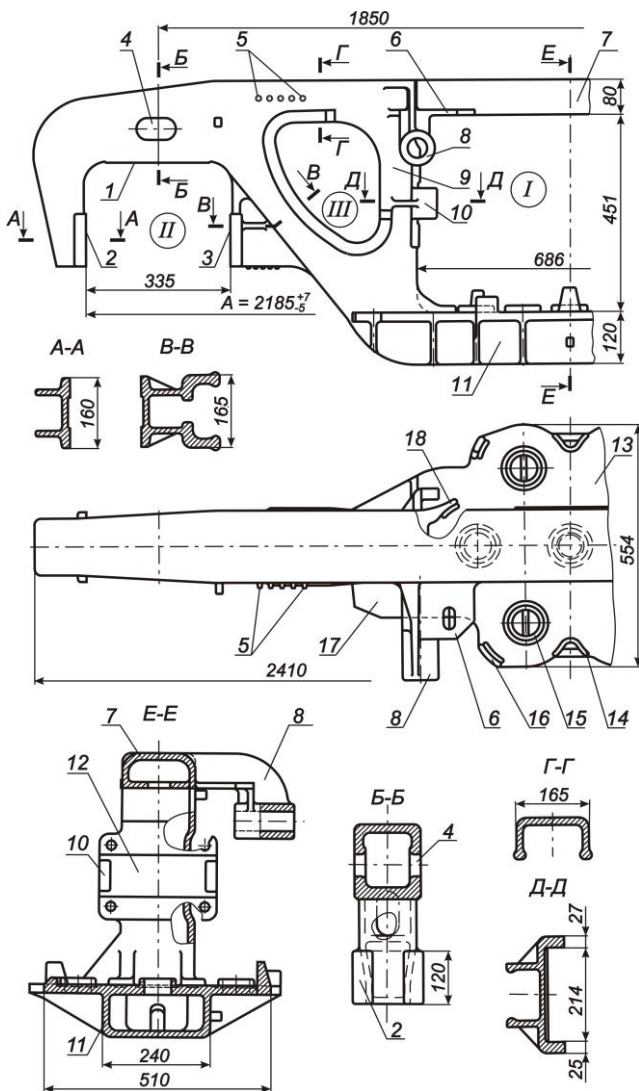


Рисунок 4.5 – Схема боковой рамы тележки модели 18-100:

1 – опорная поверхность для буксы; 2, 3 – буксовые направляющие; 4 – технологическое отверстие; 5 – шишки; 6 – опорная полка для балки авторежима;

7, 11 – верхний и нижний горизонтальные пояса; 8 – кронштейн для подвески триангеля; 9 – колонка; 10 – направляющие для фрикционного клина; 12 – привалочная поверхность для фрикционной планки; 13 – опорная поверхность для рессорного комплекта; 14, 16, 18 – бурты; 15 – бонка; 17 – предохранительная полка

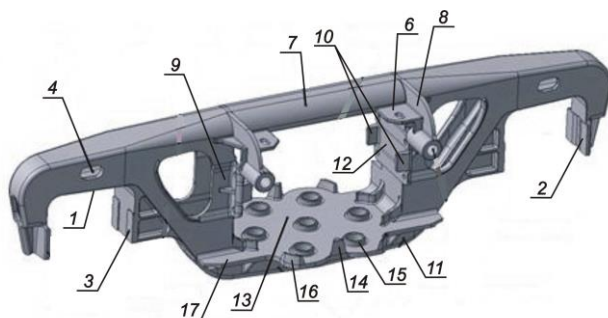


Рисунок 4.6 – Боковая рама тележки модели 18-100

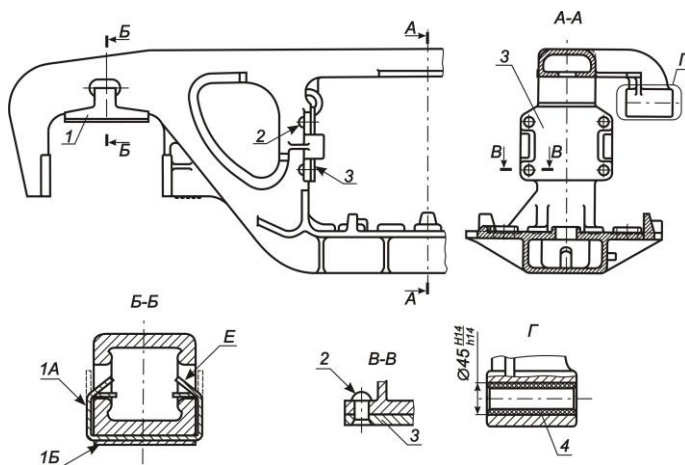


Рисунок 4.7 – Боковая рама тележки модели 18-100 в сборе

Характерная особенность конструкции боковой рамы, приведенной на рисунках 4.5 и 4.6, – коробчатое сечение концевой части рамы. В боковых рамах более ранних лет изготовления концевая часть имеет двутавровое сечение (рисунок 4.8). Тележка, оборудованная боковыми рамами такой конструкции, показана на рисунке 4.3.

Подбор двух боковых рам в одну тележку производится по одинаковому числу шишек 5 (см. рисунок 4.5), которые отлиты на внутренней поверхности верхнего горизонтального пояса рамы. Количество шишек соответствует определенному размеру базы боковой рамы A – размеру между наружными упорами буксовых проемов. Это обеспечивает соблюдение параллельности осей колесных пар. Размер A имеет шесть градаций: № 0 – №

5. Если все шишки срублены, то рама имеет градацию № 0 с размером между наружными челюстями 2181 мм, при одной несрубленной шишке – градацию № 1 с размером 2183 мм и т. д., увеличиваясь на 2 мм.

Надрессорная балка – составная часть несущей конструкции тележки, передающая нагрузки от кузова вагона на две боковые рамы через рессорное подвешивание и служащая для упруго-фрикционной связи боковых рам.

В новых тележках моделей 18-100 используют надрессорные балки с увеличенным запасом усталостной прочности (с 1,2 до 1,7).

Надрессорная балка (рисунки 4.9 и 4.10) отлита из низколегированной стали 20ГЛ, 20ГФЛ или 20ГТЛ в виде бруса равного сопротивления изгибу замкнутого коробчатого сечения. В средней части верхнего пояса она имеет подпятник (подпятниковое место) 1, а в концевых частях – опоры (приливы) 3 для колпаков скользунов.

Концевые части нижнего пояса имеют опорные поверхности (площадки) 5 для рессорных комплектов с фиксаторами положения пружин: бонкой установочной 16 и бонками фиксирующими 11, ограничивающими смещение внутренних пружин рессорного комплекта, и упорными ребрами (упорами) 9 и 15, удерживающими наружные пружины от смещения при движении тележки. В концевых частях боковых стенок выполнены углубления – клиновые карманы (клиновые выемки или проемы) 4 с наклонной поверхностью А для размещения фрикционных клиньев. На одной из боковых стенок в средней части предусмотрены полки (приливы) 2 для крепления державки (кронштейна) мертвой точки рычажной передачи тормоза. Крепление кронштейна к полкам показано на рисунке 4.11, а (где 1 – полка балки; 2 – кронштейн; 3 – заклепка).

Внутри надрессорной балки расположены крестовина 7 и усиливающие ребра 8 и 13. Усиливающие ребра 13 предусмотрены в зоне расположения опор для скользунов и опорных поверхностей для рессорных комплектов. Два продольных ребра 8 усиливают нижний пояс. Крестовина расположена по центру нижнего пояса под отверстием в подпятнике и служит опорой для шкворня.

На верхнем листе и боковых стенках балки имеются технологические отверстия 14 и 6, которые предназначены для снижения ее массы и осмотра с подсветкой внутренней поверхности балки.

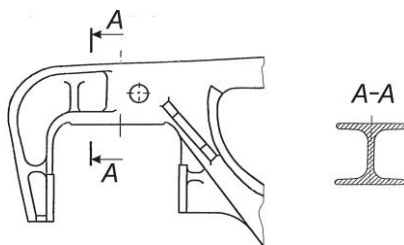


Рисунок 4.8 – Боковая рама, выпускаемая серийно до 1998 года

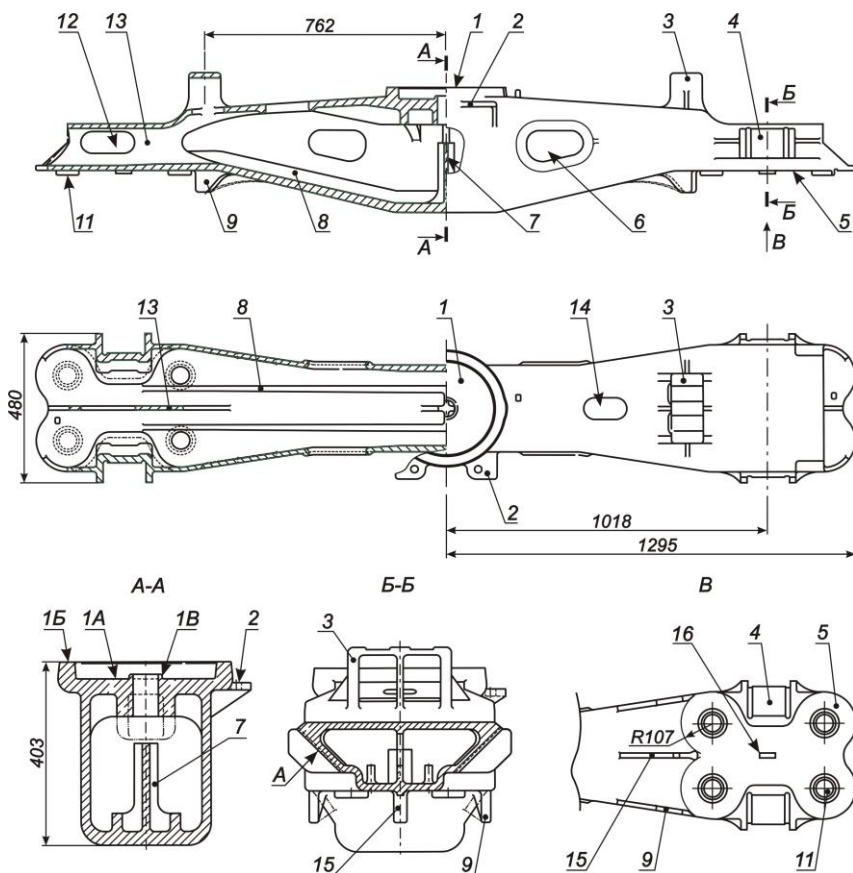


Рисунок 4.9 – Схема наддрессорной балки

Примечание – Мертвая точка в механизме – крайнее положение выходного звена в механизме, при котором его скорость равна нулю и направление дальнейшего движения без наличия сил инерции не определено.

Боковые перемещения наддрессорной балки амортизируются поперечной упругостью пружин, на которые она опирается.

Подпятник предназначен для опирания пятника кузова вагона на тележку, допуская при этом поворот пятника вокруг вертикальной оси и ограничивая его горизонтальные перемещения. Подпятник имеет опорную поверхность 1А, наружный 1В и внутренний 1В ограничительные бурты и отверстие под шкворень. Упорная (боковая) поверхность наружного бурта предназначена для передачи горизонтальных сил от кузова вагона на тележку.

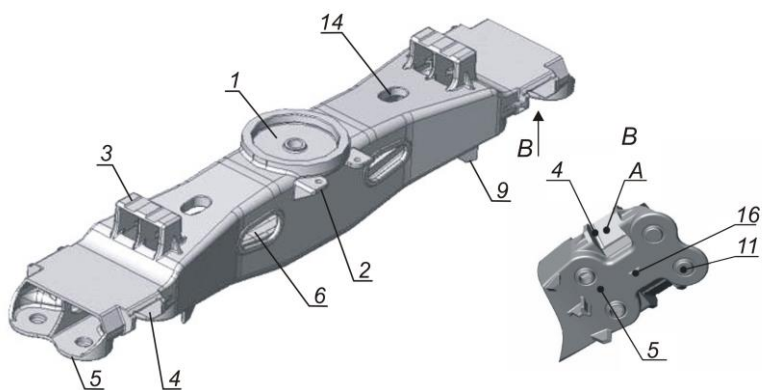


Рисунок 4.10 – Конструкция надрессорной балки

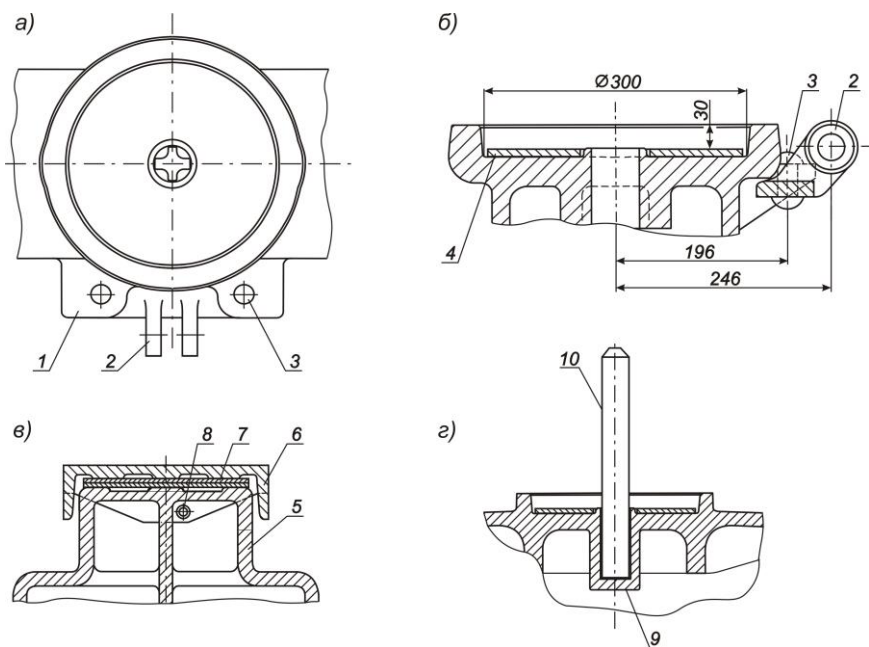


Рисунок 4.11 – Установка съемных элементов надрессорной балки:
а – крепление кронштейна мертвой точки рычажной передачи тормоза; *б* – установка износо-стойкой накладки на подпятник *в* – скользян в сборе; *г* – установка шкворня

Для защиты от износа подпятник диаметром 300 мм оборудуется износостойкой накладкой 4 (рисунок 4.11, б) толщиной 6,5 мм из низколегированной стали 30ХГСА с твердостью 320–400 НВ, устанавливаемой на опорную поверхность подпятника.

Скользун тележки (рисунок 4.11, в) – зазорного типа, является боковой опорой кузова. Состоит из опоры 5, отлитой заодно с надрессорной балкой, износостойкого колпака 6 надетого на опору, прокладок 7 для регулировки зазоров между скользунами рамы вагона и тележки, болта 8, предохраняющего колпак от падения.

Шкворень служит осью вращения тележки относительно кузова, а также передает тяговые и тормозные силы от тележки кузову и обратно.

Шкворень проходит через центры пятника и подпятника. Такое соединение кузова с тележкой позволяет без затруднения выкатить ее из-под вагона для ремонта. Опорой для шкворня 10 (рисунок 4.11, г) в зависимости от конструктивного исполнения надрессорной балки является или поддон (стакан, гнездо) 9, расположенный под отверстием на подпятнике, или крестовина 7 (см. рисунок 4.9)

Рессорное подвешивание – детали тележки, расположенные между боковыми рамами и надрессорной балкой, обеспечивающие восприятие и амортизацию нагрузок от кузова вагона [ГОСТ 9246–2013].

Рессорное подвешивание тележки – пружинно-фрикционное. Состоит из двух рессорных комплектов, размещенных в рессорных проемах левой и правой боковых рам. В каждый комплект (рисунок 4.12) входит пять, шесть или семь двухрядных цилиндрических пружин и два клиновых фрикционных гасителя колебаний.

Каждая двухрядная цилиндрическая пружина состоит из наружной 6 и внутренней 5 пружин. Они имеют разную навивку – правую и левую соответственно, что исключает сцепление пружин между собой.

Фрикционный гаситель колебаний (фрикционный узел) образован фрикционным клином 2 и составной фрикционной планкой (рисунки 4.12 и 4.13).

Составная фрикционная планка включает два элемента: неподвижную основную фрикционную планку 4 толщиной 10 мм, которая приклепывается к площадке стойки боковой рамы, и сменную контактную (подвижную) планку 3 толщиной 6 или 6,5 мм, свободно устанавливаемой на упоры (направляющие) боковой рамы. Фрикционные планки (основная и контактная) выполнены из стали марки 30ХГСА с твердостью 302–412 НВ. Назначение сменной контактной планки – защита от износа основной фрикционной планки. В тележках более ранних лет изготовления использовались одинарные фрикционные планки толщиной 16 мм.

Фрикционные клинья 2 (см. рисунок 4.13) связывают надрессорную балку и боковые рамы в единую систему, обеспечивая их подвижное соеди-

нение. В новых тележках используют клинья, изготовленные из стали 20Л или бейнитного высокопрочного термообработанного чугуна марки ВЧ-120. Клин (рисунок 4.14) имеет две опорные поверхности – горизонтальную нижнюю 2 и наклонную верхнюю 1. Нижняя опорная поверхность имеет кольцевой бурт 3, который входит внутрь поддерживающей ее пружины (подклиновой). Клинья размещаются в соответствующих клиновых карманах наддрессорной балки. Поддерживающая клин пружина поджимает его наклонную поверхность к наклонной поверхности наддрессорной балки, а вертикальную поверхность 4 – к контактной фрикционной планке.

Работа клинового фрикционного гасителя колебаний тележки рассмотрена в подразд. 3.2.

Количество пружин в комплекте зависит от грузоподъемности вагона. Пять пружин ставят в тележки, подкатываемые под кузова вагонов грузоподъемностью до 50 т, шесть – до 60 т и семь – более 60 т. В связи с этим и расположение пружин в комплекте будет разное (рисунок 4.15). Крайние боковые пружины комплекта поддерживают клинья гасителей колебаний и их называют подклиновыми (рисунок 4.16). Пружины изготовлены из стали марок 55С2, 60С2 или 60С2ХФА с дробеструйным упрочнением прутка.

Рессорное подвешивание имеет линейную силовую характеристику – линейную зависимость прогиба пружинного комплекта от нагрузки.

Параметры рессорного подвешивания: гибкость в вертикальной плоскости $\lambda = 0,114$ м/МН (1,12 мм/т), статический прогиб рессорного подвешивания

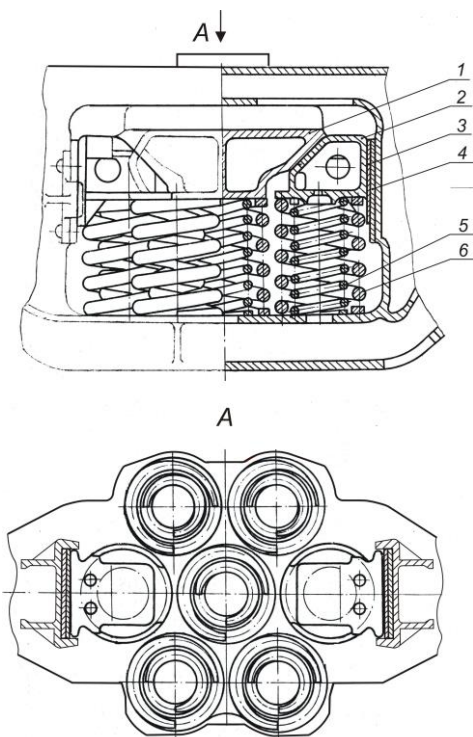


Рисунок 4.12 – Рессорное подвешивание тележки модели 18-100:

- 1 – наддрессорная балка; 2 – фрикционный клин;
- 3, 4 – контактная и фрикционная планки;
- 5, 6 – внутренняя и наружная пружины

вания от тары – $f_{\text{CT}}^T = 8$ мм, от массы брутто – $f_{\text{CT}}^{\text{бп}} = 46..50$ мм, коэффициент относительного трения гасителя колебаний – $\varphi_T = 0,08..0,10$.

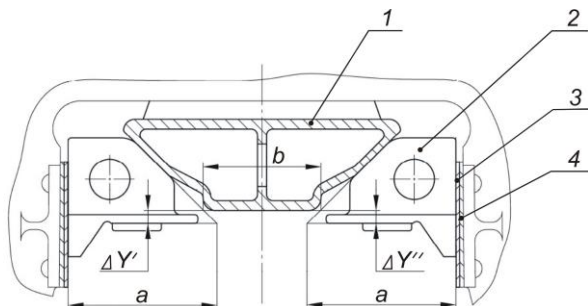


Рисунок 4.13 – Фрикционный гаситель колебаний тележки модели 18-100

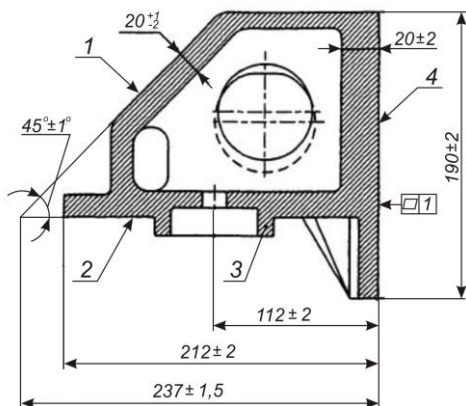


Рисунок 4.14 – Фрикционный клин

Параметры наружной пружины: высота в свободном состоянии 249 мм, средний диаметр – 170 мм, диаметр прутка – 30 мм, число рабочих витков – 4,0. Соответствующие параметры внутренней пружины: 249, 111, 21 и 7,0 мм.

Примечание – Гибкость пружинного комплекта $\lambda = 0,114$ м/МН (1,12 мм/т) означает, что комплект имеет прогиб, равный 0,114 м, от нагрузки 1 МН (или 1,12 мм от нагрузки 1 т).

Колесные пары типа РВ1Ш-957-Г оборудованы буксовыми узлами с цилиндрическими роликовыми подшипниками (рисунок 4.17).

Тормозная рычажная передача тележки является составной частью тормозного оборудования вагона и предназначена для создания искусственного сопротивления движению вагона с целью регулирования скорости его движения и остановки.

Тормозная рычажная передача обеспечивает одностороннее нажатие тормозных колодок на поверхность катания колес. Состоит (рисунок 4.18) из двух триангелей 1 с неповоротными башмаками 2 и тормозными колод-

ками 7, подвесок триангелей 3, распорной тяги 5, ведущего 6 и ведомого 9 вертикальных рычагов, серьги 4 мертвой точки и опорного шарнира мертвой точки, связывающего серьгу с кронштейном мертвой точки на надрессорной балке.



Рисунок 4.15 – Схемы установки пружин

Каждый триангель включает швеллер *1А*, струну *1Б* и распорку *1В*. Триангели с башмаками и колодками подвешены с помощью подвесок 3 и валиков к кронштейнам 8 (по рисункам 4.5 и 4.6) боковой рамы. При этом тормозные колодки располагаются с зазором по отношению к поверхностям катания колес. По концам триангелей имеются предохранительные уголки (наконечники) *10*, которые в случае обрыва подвесок будут опираться на предохранительные полки *17* боковых рам (рисунки 4.5 и 4.6), предотвращая тем самым падение триангелей на путь.

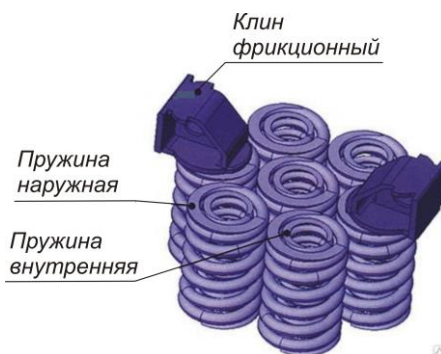


Рисунок 4.16 – Рессорный комплект

Наличие нескольких отверстий в серьге мертвой точки и затяжке позволяет регулировать тормозную рычажную передачу по мере износа тормозных колодок и переточки колес.

Тормозная рычажная передача закреплена шарнирно на тележке через кронштейны боковых рам и державку мертвой точки надрессорной балки. Вертикальный рычаг *б* (см. рисунок 4.18) тормозной рычажной передачи тележки шарнирно соединяется с тягой тормозной рычажной передачи кузова вагона. При торможении триангели прижимают колодки к колесам, что вызывает дополнительное сопротивление их вращению и приводит к торможению вагона.

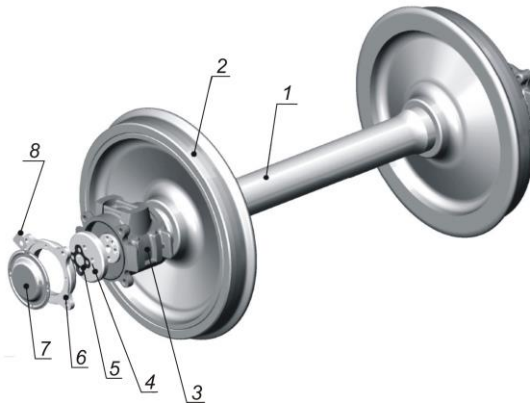
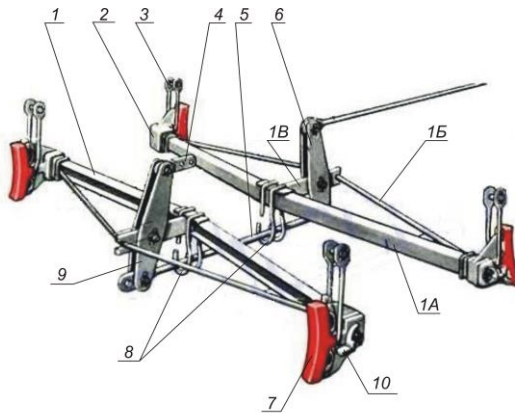


Рисунок 4.17 – Колесная пара с буксами:
 1 – ось; 2 – колесо; 3 – корпус буксы; 4, 5 – тарельчатая и стопорная шайбы; 6, 7 – крепительная и смотровая крышки; 8 – бирка

Рисунок 4.18 – Тормозная рычажная передача тележки модели 18-100:
 1 – триангель; 2 – башмак; 3 – подвеска; 4 – серьга; 5 – распорная тяга; 6 – ведущий вертикальный рычаг; 7 – тормозная колодка; 8 – предохранительная скоба; 9 – ведомый вертикальный рычаг; 10 – предохранительный уголок



Тележка оборудована предохранительными скобами 8, исключающими падение деталей тормозной рычажной передачи на путь.

Основные части тормозной рычажной передачи (узла «башмак – колодка – подвеска рычажной передачи») показаны на рисунке 4.19.

Расположение тормозной рычажной передачи на тележке показано на рисунке 4.20.

Опорная балка авторежима (рисунок 4.21) устанавливается на одной из тележек, подкатываемых под вагон, оборудованный автоматическим регулятором режимов торможения (авторежимом). Служит опорой для упора авторежима.

Авторежимы (АР) должны корректировать давление, подаваемое от воздухораспределителя в тормозной цилиндр вагонов в зависимости от их загрузки. Это повышает уровень реализуемого сцепления колес с рельсами.

Рисунок 4.19 – Основные части тормозной рычажной передачи тележки:

- 1 – триангель; 2 – закладка; 3 – неповоротный башмак; 4 – подвеска башмака; 5 – предохранительный наконечник; 6 – чека; 7 – тормозная колодка; 8 – корончатая гайка; 9 – шплинт

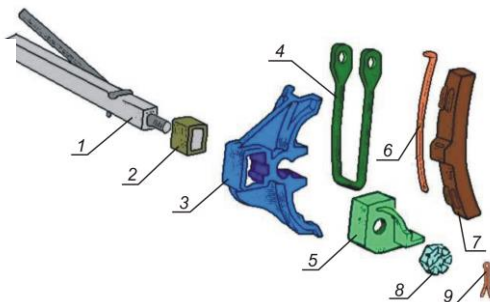
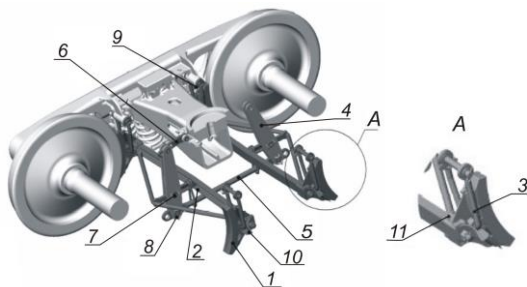


Рисунок 4.20 – Расположение тормозной рычажной передачи на тележке:

- 1 – тормозная колодка; 2 – триангель; 3 – подвеска; 4 – вертикальный рычаг; 5 – распорка (затяжка) вертикальных рычагов; 6 – серьга мертвой точки; 7 – шплинт; 8 – валик; 9 – предохранитель; 10 – предохранительный наконечник триангеля; 11 – закладка триангеля



Балка опорная 1 в соответствии с рисунком 4.21 устанавливается на специальные полки 10 боковых рам (6 – на рисунках 4.5 и 4.6). Для крепления и фиксации балки используются болты 2, шайбы 7, гайки 8 и шплинты 9. С целью обеспечения свободного перемещения балки полки боковых рам имеют овальные отверстия, а между полкой рамы и шайбой болта предусмотрен зазор от 3 до 5 мм.

Под концевые части балки опорной на полки боковой рамы установлены резинометаллические элементы 3, предназначенные для снижения динамических воздействий на балку и уровня шума при движении вагона.

Планки контактная 4 и регулировочная 5 крепятся на опорной балке болтами 6. Регулировочные планки служат для обеспечения зазора между контактной планкой и упором авторежима.

Установка авторежима на незагруженном вагоне показана на рисунке 4.22.

Маркировка тележки. Маркировку тележки в соответствии с ГОСТ наносят на наружной стороне каждой боковой рамы.

В соответствии с ГОСТ 9246 маркировка должна содержать приемочные клейма службы технического контроля изготовителя, а также:

- тип тележки (обозначается арабской цифрой);
- индекс изделия (обозначается четырьмя арабскими цифрами);

- код государства-собственника по классификатору;
- условный номер изготовителя по справочнику (обозначается четырьмя арабскими цифрами);
- порядковый номер по системе нумерации изготовителя (обозначается арабскими цифрами);
- месяц (обозначается римскими цифрами) и год (обозначаются две последние цифры) изготовления;
- знак обращения на рынке.

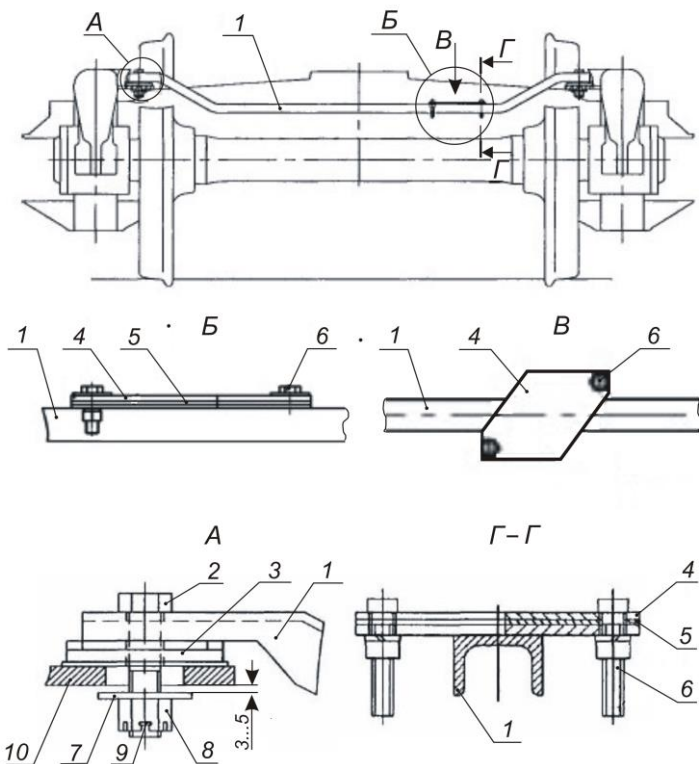


Рисунок 4.21 – Балка опорная авторежима:

1 – балка; 2 – болт; 3 – резинометаллический элемент – для снижения динамических воздействий на балку и уровня шума при движении вагона; 4 – планка контактная – для взаимодействия с упором авторежима; 5 – планка регулировочная – для обеспечения зазора между контактной планкой и упором авторежима; 6 – болт для крепления планок регулировочной и контактной к балке опорной; 7 – шайба; 8 – гайка; 9 – шплинт;
 2, 7, 8 и 9 – крепежные детали балки опорной (к полкам боковых рам);
 10 – полка боковой рамы

Маркировка (кроме знака обращения на рынке) должна быть отлита или нанесена ударным способом и иметь четкие контуры. Высота знаков – 10–12 мм. Знаки маркировки наносят с промежутками, а место маркировки должно быть окантовано белой краской. Например, маркировка тележки 2 9999 20 0005 32016 XI 13 означает следующее: тележка типа 2 с индексом изделия 9999, изготовлена в РФ (код 20) на предприятии с условным номером 5, имеющая порядковый номер 32016, в ноябре 2013 года.

Модернизации тележки модели 18-100. Старотипные тележки модели 18-100 предшествующих лет изготовления уже не отвечают требованиям, предъявляемым к тележкам вагонов нового поколения.

К основным недостаткам можно отнести, прежде всего, интенсивный износ поверхностей трения элементов тележки, что снижает ее работоспособность. Межремонтный пробег тележки в эксплуатации не превышает 110 тыс. км. Поэтому в эксплуатации при выполнении ремонтов проводится их модернизация.

Можно выделить два проекта комплексной модернизации тележки модели 18-100, проводимой при плановых видах ремонта: М1698 (Россия) и С03.04 (Украина).

Модернизации тележки по проекту М1698 предусматривает (рисунок 4.23) установку износостойких элементов в узлах трения: фрикционные планки толщиной 16 мм заменяют составными (толщиной 10 и 6 мм), а стальные клинья – чугунными марки СЧ-25, опорные поверхности подпятника и буксового проема защищают соответственно стальными прокладкой и скобой, а скользуны закрывают износостойким колпаком.

Таким образом, сущность модернизации тележки модели 18-100 – защита основных пар трения тележки от износов в эксплуатации при сохранении основных наиболее металлоемких элементов. Тележка модели 18-100, прошедшая модернизацию, получила обозначение 18-100М.

Комплексная модернизация старотипных тележек модели 18-100 по проекту М1698 позволяет увеличить межремонтные пробеги со 110 тыс. км до 160 тыс. км после деповского ремонта и до 210 тыс. км после капитального ремонта.

Модернизации тележки по проекту С03.04 проводится по технологии компании А. Stucki (США). Модернизация предусматривает применение (рисунок 4.24):

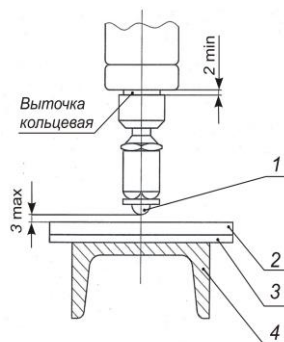


Рисунок 4.22 – Установка авторежима:

- 1 – упор авторежима; 2 – планка контактная;
- 3 – планка регулировочная;
- 4 – балка опорная

– боковых скользунов постоянного контакта трех видов (на рисунке показаны два из них);

– износостойких фрикционных планок и фрикционных клиньев с упругими полиуретановыми накладками на наклонных поверхностях;

– эластомерных прокладок между пятником и подпятником;

– колес с износостойким нелинейным профилем поверхности катания ИТМ-73, разработанным в ИТМ НАНУ и НКУ.

Боковые скользуны постоянного контакта – это безззорные скользуны, устанавливаемые на надрессорной балке. Они хорошо зарекомендовали себя в практике зарубежного вагоностроения. Особенности конструкций

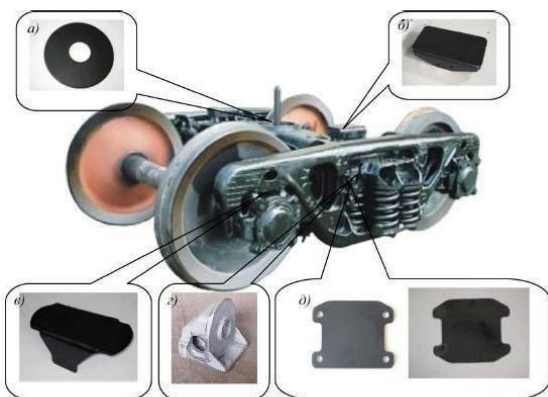


Рисунок 4.23 – Модернизация тележки модели 18-100 по проекту М1698:

а – износостойкий диск; б – износостойкий колпак скользуна; в – сменная прокладка; г – чугунный клин; д – составная фрикционная планка

таких скользунов, используемых в новых и перспективных тележках грузовых вагонов, рассмотрены в подразд. 4.4–4.6.

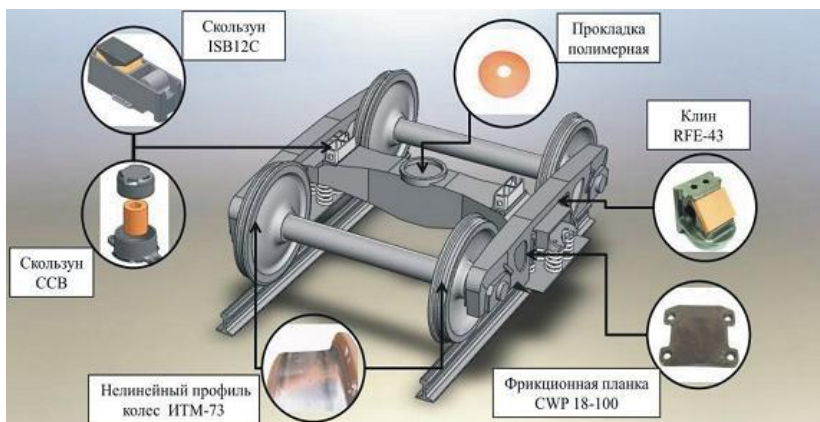


Рисунок 4.24 – Тележка модели 18-100 с модернизацией по проекту С03.04

В колесных парах используют колеса, переточенные по ремонтному нелинейному профилю ИТМ-73. Колеса с новым нелинейным профилем обеспечивают снижение интенсивности износа гребня и улучшают вписывание вагона вагонов при прохождении кривых участков пути.

Аналоги тележки модели 18-100. Вплоть до 2004 года тележка модели 18-100 была фактически единственной серийно выпускаемой двухосной тележкой для грузовых вагонов.

Основным владельцем конструкторской документации на данную тележку является АО «НПК «Уралвагонзавод»» (АО «Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод»»). Корпорация устанавливала для всех вагоностроительных заводов единые требования по модернизации тележки с использованием только комплектующих, указанных в документации.

В этой ситуации многие заводы-изготовители для получения независимости от АО «НПК «Уралвагонзавод»» и уменьшения его монопольного влияния на рынок стали изготавливать тележки, аналогичные модели 18-100, которым присвоены свои номера в классификаторе моделей грузовых тележек:

- 18-9770 – изготовитель ОАО «Промтрактор-Вагон» (Россия);
- 18-9801 – ОАО «Вагоностроительная компания Мордовии» (Россия);
- 18-1750 – ОАО «Азовобщемаш» (г. Мариуполь, Украина);
- 18-1755 – ПАО «Крюковский вагоностроительный завод» (Украина);
- 18-2128 – ОАО «Алтайвагон» (Россия);
- 18-9801 – ОАО «Вагоностроительная компания Мордовии» (Россия);
- 18-9875 – АО «Рославльский ВРЗ» (Россия).

Тележка модели 18-115. Для специализированных грузовых вагонов, эксплуатирующихся со скоростью до 140 км/ч, разработана двухосная тележка модели 18-115 (рисунок 4.25) типа 1 с улучшенными динамическими качествами.

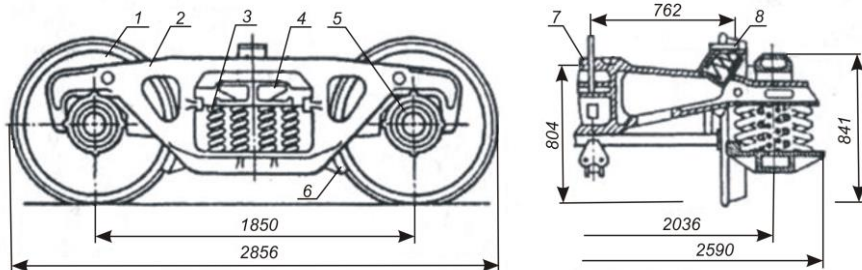


Рисунок 4.25 – Тележка модели 18-115:

- 1 – колесная пара с буксовыми узлами 5; 2 – боковая рама; 3 – рессорное подвешивание;
- 4 – надрессорная балка; 6 – тормозная рычажная передача; 7 – подпятник; 8 – упруго-фрикционный скользун

Особенность конструкции тележки – повышенная гибкость рессорного подвешивания. В ней применена новая схема опирания кузова на тележку – одновременно через подпятник 7 и упруго-фрикционные скользяны 8 постоянного контакта, а также предусмотрено упругое опирание боковых рам тележки на буксы через резиновые элементы.

Техническая характеристика тележки приведена в таблице 4.1.

Б у к с о в ы е у з л ы колесной пары (рисунок 4.26) оснащены цилиндрическими роликовыми подшипниками 5 размером 130×250×80 мм и корпусами букс 1 цилиндрической формы. Передача нагрузки от боковой рамы на буксовый узел производится через адаптер (съемное седло) 3 и резиновую прокладку 4, которая устанавливается на опорную цилиндрическую поверхность корпуса. Резиновая прокладка выполнена переменной толщины, что способствует более равномерному распределению нагрузки между роликами и повышению надежности работы буксового узла. Фиксация резиновой прокладки на корпусе буксы осуществляется специальными буртами 6 на их торцах.

Б о к о в а я р а м а тележки литая и незначительно отличается от рамы тележки модели 18-100. Буксовые проемы ее выполнены таким образом, что позволяют устанавливать адаптеры (съемные седла) 3. Центрирование и фиксация седла в буксовом проеме осуществляется благодаря специальным выступам 7, входящим в выемки, выполненные на челюстях боковой рамы. Через эти съемные седла рама непосредственно опирается на резиновые прокладки 4 и корпус буксы 1.

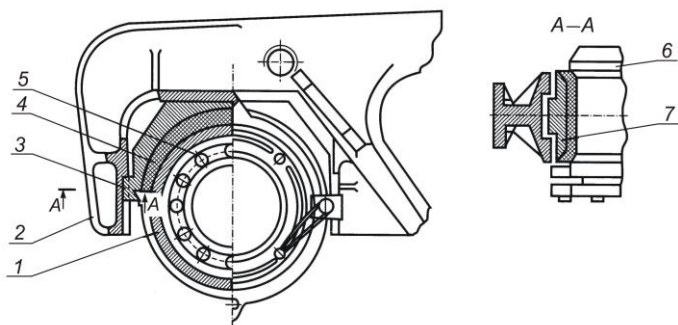


Рисунок 4.26 – Буксовый узел тележки модели 18-115:

1 – корпус буксы; 2 – боковая рама тележки; 3 – адаптер; 4 – резиновая прокладка; 5 – роликовый подшипник; 6 – бурт на корпусе буксы для фиксации упругой прокладки; 7 – боковой выступ адаптера

Рессорное подвешивание включает два рессорных комплекта, устанавливаемых в центральных проемах боковых рам. Рессорный комплект имеет линейную зависимость прогиба от нагрузки на всем диапазоне работы

и включает в себя семь трехрядных пружин (во втором варианте – двухрядных) и два клиновых фрикционных гасителя колебаний. Расположение пружин в рессорном комплекте такое же, как в тележке модели 18-100.

Параметры рессорного подвешивания: гибкость – 0,173 м/МН, статический прогиб от массы брутто – 68 мм.

В качестве гасителя колебаний используется *усеченный фрикционный клин*. Его отличие от фрикционного клина тележки модели 18-100 состоит в том, что наклонная площадка клина развернута под углом 60° к продольной оси тележки. Такая конструкция клина обеспечивает лучшую связь боковых рам тележки в плане, чем клин тележки 18-100. Коэффициент относительного трения гасителя колебаний увеличен и составляет 0,0785. Применение усеченного клина потребовало конструктивного изменения концевых частей наддресорной балки.

Надресорная балка литой конструкции. В отличие от модели 18-100 на верхнем поясе имеются два гнезда для установки упругих фрикционных скользящих.

Упруго-фрикционный скользящий (рисунок 4.27) представляет собой Г-образную опорную плиту 1, пружину 3 и фрикционный клин 4. Плита с приваренной к ней бонкой 2 для фиксации пружины 3 установлена на верхнем поясе наддресорной балки 6 и опирается на ребра 5. На пружину 3 установлен фрикционный клин 4, наклонная поверхность которого взаимодействует с наклонной площадкой плиты 1.

Между верхними поверхностями опорной части клина при сборке вагона делается начальный зазор 6–12 мм (при полной посадке пятника на подпятник). Величина зазора может регулироваться путем постановки прокладок 8 между верхней поверхностью клина 4 и фрикционной планкой 9. Крепление фрикционной планки и регулировочных прокладок к клину осуществляется болтами 7 с потайной головкой. Пружина 3 ставится под углом 40° к горизонтالي. Такой же угол трения имеют поверхности трения клина и плиты, что обеспечивает деформацию пружины только вдоль оси без изгиба.

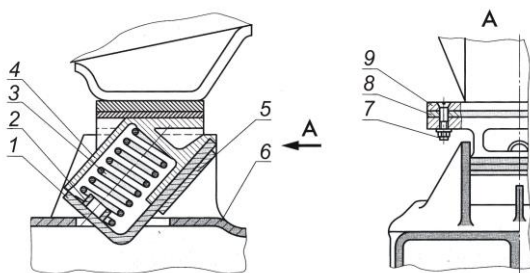


Рисунок 4.27 – Упруго-фрикционный скользящий тележки модели 18-115:

- 1 – Г-образная плита; 2 – бонка; 3 – пружина;
- 4 – фрикционный клин; 5 – ребро;
- 6 – наддресорная балка; 7 – болт; 8 – прокладка;
- 9 – фрикционная планка

Применение упругих фрикционных скользунов обеспечивает более высокие ходовые качества вагона в результате гашения колебаний боковой качки кузова и виляния тележки. В первом случае – за счет трения между наклонными поверхностями фрикционного клина 4 и плиты 1, во втором – момента трения между горизонтальными поверхностями скользунов кузова и тележки. Скользун-демпфер обеспечивает начальное сопротивление наклонному кузову порядка 14–20 кН и конечное сопротивление – 40–46 кН. Расчетный момент трения на скользунах в горизонтальной плоскости 10–16,7 кН·м.

Опорную плиту изготавливают штамповкой, а клин отливают из стали 20Л. Пружина выполнена из стального прутка диаметром 13 мм. Жесткость ее составляет 0,173 МН/м. Фрикционную планку изготавливают из стали 30ХГСА и термически обрабатывают.

Тележка модели 18-131. Для грузовых вагонов повышенной грузоподъемности с нагрузкой от колесной пары на рельсы 245 кН на ОАО «НПК «Уралвагонзавод»» была разработана усиленная тележка модели 18-131. Она спроектирована на базе тележки модели 18-100.

Техническая характеристика тележки приведена в таблице 4.4.

Колесные пары с буксовыми узлами тележек – нетиповые, усиленные с шейками осей диаметром 140 мм и роликовыми подшипниками размером 140×260×80 мм.

Боковая рама и надрессорная балка тележки – усиленные. Боковые рамы опираются на буксу через резиновые прокладки.

Рессорное подвешивание – центральное с семью двухрядными пружинами и двумя клиновыми фрикционными гасителями колебаний в комплекте. Жесткость одного комплекта рессорного подвешивания – 4,28 МН/м, а коэффициент относительного трения гасителей колебаний – 0,08.

По своим ходовым качествам тележка отвечает современным и перспективным условиям эксплуатации со скоростями движения до 120 км/ч.

Тележка КВЗ-И2. Тележка предназначена для изотермических вагонов, эксплуатирующихся со скоростями до 120 км/ч. Ее характеристика приведена в таблице 4.4.

Тележка (рисунок 4.28) состоит из двух колесных пар 6 с буксовыми узлами 8, восьми пружин 2 буксовой ступени подвешивания, рамы 1, двух опорных (люлечных) балок 10, четырех люлечных подвесок 9, подрессорной балки 4, двух эллиптических рессор 3 центральной ступени подвешивания, надрессорной балки 5 и тормозного оборудования 7. Надрессорная балка имеет подпятник 12 и скользуны 15.

По своей конструкции тележка подобна тележкам пассажирских вагонов. Ее основные конструктивные особенности – двойное рессорное подвешивание, опора кузова на скользуны и двухстороннее нажатие тормозных колодок на колесные пары.

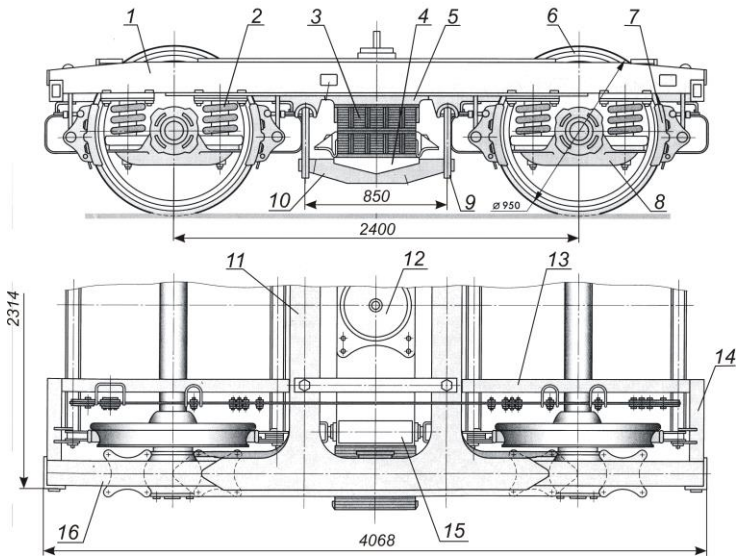


Рисунок 4.28 – Тележка КВЗ-И2:

1 – рама; 2, 3 – буксовое и центральное подвешивания; 4, 5 – подрессорная и надрессорная балки; 6 – колесная пара; 7 – тормозное устройство; 8 – буксовый узел; 9 – люлечная подвеска; 10 – люлечная балка; 11 – средняя поперечная балка рамы; 12 – подпятник надрессорной балки; 13 – вспомогательная продольная балка рамы; 14 – концевая поперечная балка рамы; 15 – скользян надрессорной балки; 16 – продольная боковая балка рамы

Рама тележки сварная, образована двумя продольными боковыми 16, двумя средними поперечными балками 11 для подвешивания люлечных подвесок, двумя концевыми поперечными 14 и четырьмя вспомогательными продольными 13 балками для подвешивания рычажной передачи тормоза.

Рессорное подвешивание – двойное: буксовое и центральное.

Буксовое подвешивание (рисунок 4.29) включает две однорядные пружины 2, каждая из которых через кожух с опорным кольцом 6 и резиновую шайбу 7 опирается на кронштейн 1 буксы, поддерживая раму тележки.

Для дополнительной связи букс с рамой тележки используются стальные литые шпинтоны 4. Каждый шпинтон крепится к продольной балке 3 рамы тележки при помощи четырех болтов 5. На нарезную часть шпинтона навертывается гайка 8 так, что между шайбой и кронштейном буксы остается зазор *a*.

Центральное подвешивание тележки – люлечное. Состоит (см. рисунок 4.28) из надрессорной балки 5 сварной конструкции, двух эллиптических рессор 3, подрессорной балки 4, двух опорных (люлечных) балок 10, четы-

рех люлечных подвесок 9 и предохранительных скоб. Нагрузка от кузова передается на наддресорную балку 5, которая своими концевыми частями опирается на эллиптические рессоры центрального подвешивания 3, расположенные на штампованной подрессорной балке 4. В свою очередь подрессорная балка лежит на двух люлечных балках 10, которые подвешены к поперечным балкам рамы 11 с помощью четырех люлечных шарнирных подвесок 9. Люлечные подвески позволяют подрессорной балке раскачиваться вдоль и поперек вагона вместе с рессорами и наддресорной балкой. Поперечные колебания наддресорной балки 5 относительно тележки обеспечивают амортизацию боковых толчков.

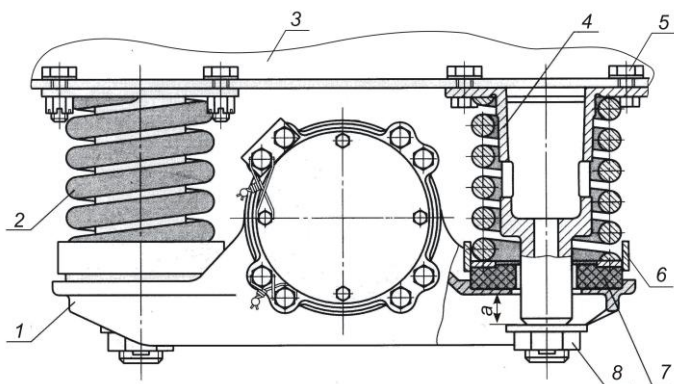


Рисунок 4.29 – Буксовое подвешивание тележки КВЗ-И2:

1 – кронштейн корпуса буксы; 2 – однорядная пружина; 3 – продольная балка рамы; 4 – шпинтон; 5 – болт; 6 – кожух с опорным кольцом; 7 – резиновая шайба; 8 – гайка

Подрессорная балка 4 вместе с подрессорными планками крепится болтами к люлечным балкам 10. К нижней части подрессорной балки приварены упорные угольники, ограничивающие ее перемещение относительно люлечной балки.

Тележка КВЗ-И2 построена по габариту 02-ВМ. Для обеспечения постоянства уровня автосцепок вагона по высоте тележки изготавливают четырех групп. Тележки I и II группы подкатывают под кузова рефрижераторных грузовых вагонов, а III и IV – под кузова вагонов с машинным отделением, имеющих повышенную массу. Тележки III и IV групп имеют более жесткое рессорное подвешивание и большую высоту, чем I и II групп. Номер группы и высоту тележки наносят в виде трафарета на раму.

Трехосная тележка модель 18-102 (типа УВЗ-9М). Тележка (рисунок 4.30) предназначена для подкатки под шестиосные вагоны. Представляет собой наиболее совершенный вариант конструктивного исполнения среди

выпускавшихся трехосных тележек: КВЗ-1 (Крюковского вагоностроительного завода), КУВЗ (Крюковского и Уральского вагоностроительных заводов) и УВЗ-10М (Уральского вагоностроительного завода). Тележка имеет три колесных пары с буксами 1, четыре боковые рамы 2 и 5, два балансира 4, четыре комплекта рессорного подвешивания 3, две надрессорные балки 7, шкворневую балку 9 с подпятником 8 и скользями 10, а также тормозную рычажную передачу 6.

Боковые рамы 2 и 5, шарнирно соединенные посредством балансиров 4, опираются на буксы крайних колесных пар непосредственно, а на буксы средней колесной пары – через балансиры.

Тележка имеет увеличенную до 3,5 м базу, что обеспечило уменьшение напряжений в основной площадке земляного полотна.

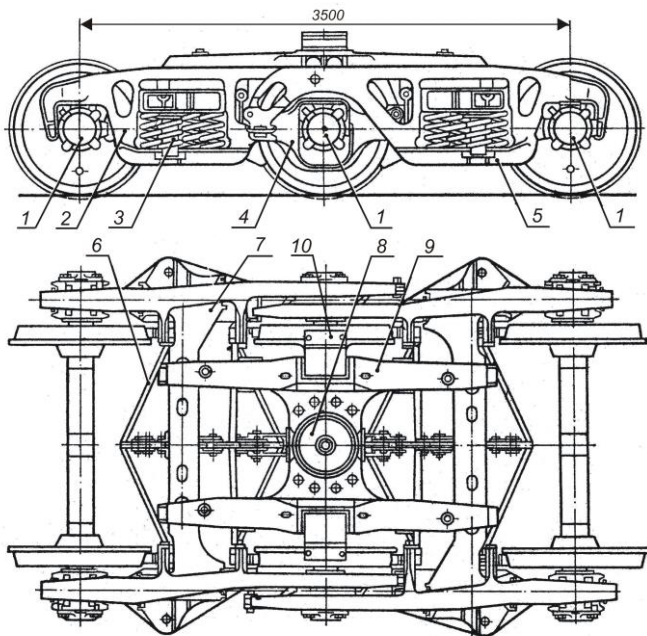


Рисунок 4.30 – Трехосная тележка модели 18-102

Боковая рама тележки – литая (рисунок 4.31). В средней части рамы имеется проем 2 для размещения рессорного комплекта и надрессорной балки. На нижнем поясе среднего проема отлиты бонки и ребра, фиксирующие пружины рессорного комплекта, а для установки фикрционного

гасителя колебаний сделано углубление. На одном конце рамы предусмотрен проем 3 для буксы, а на другом имеется хобот 1 для опоры на противоположное плечо балансира средней колесной пары. На хоботе предусмотрено отверстие 4 для валика, соединяющего хобот с балансиром. Боковые рамы – взаимозаменяемые по диагоналям.

Для обеспечения равномерной передачи вертикальной нагрузки на все колесные пары расстояние между осями рессорного и буксового проемов составляет $1/3$ длины пролета рамы.

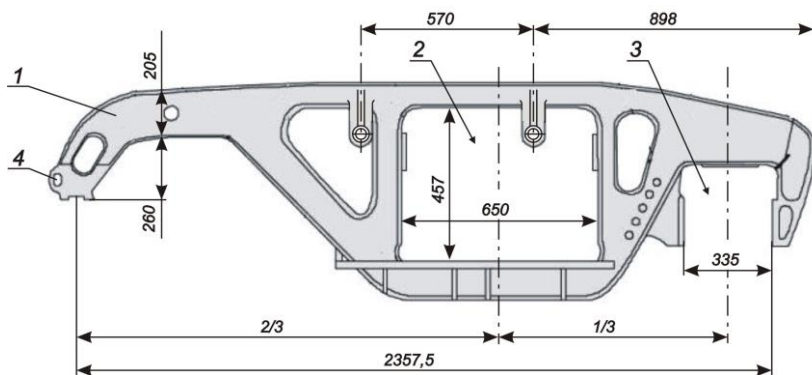


Рисунок 4.31 – Боковая рама тележки модели 18-102

Б а л а н с и р связывает боковые рамы одной стороны тележки в сочлененную раму. Балансир (рисунок 4.32) представляет собой стальную отливку в виде коромысла с центральным проемом и челюстями 1 для размещения буксы средней колесной пары. По концам балансир имеет отверстия 2 для соединения с хоботами боковых рам при помощи валиков.

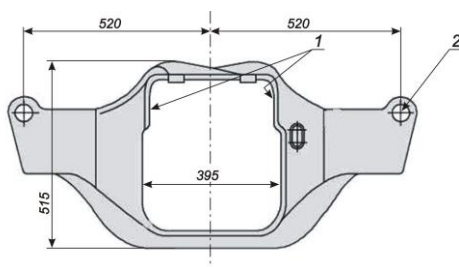
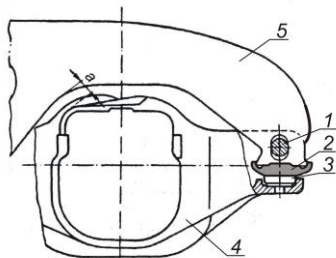


Рисунок 4.32 – Балансир тележки модели 18-102

Узел соединения хобота боковой рамы и балансира показан на рисунке 4.33. Хобот боковой рамы опирается на кронштейн балансира через вкладыш 2 и прокладку 3, а само соединение производится валиком 1. Шарнир-

ная связь боковых рам с балансирами средней колесной пары обеспечивает свободное прохождение тележкой кривых участков пути.

Рисунок 4.33 – Соединение боковой рамы с балансиrom тележки модели 18-102:
1 – валик; 2 – вкладыш; 3 – прокладка;
4 – балансиr; 5 – хобот боковой рамы



Шкворневая балка (рисунок 4.34) выполнена в виде Н-образной отливки. Она имеет подпятник 1 и кронштейны 2 с опорными площадками 3

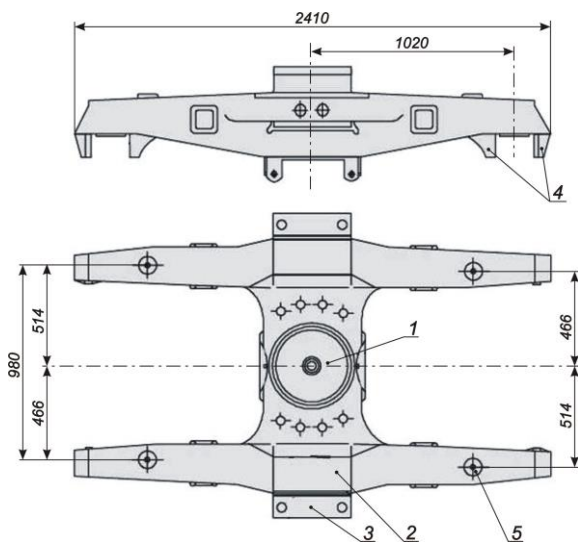


Рисунок 4.34 – Шкворневая балка тележки модели 18-102

для установки скользящих. Наличие кронштейнов позволяет увеличить расстояние между скользящими, что исключает опрокидывание кузова вагона при его односторонней разгрузке и позволяет отказаться от шкворня замкового типа, который использовался в тележке КВЗ-1, имеющей малое расстояние между скользящими.

На концах продольных элементов балки имеются челюсти 4 для размещения наддрессорных балок и приливы с отверстиями 5 для болтов, соединяющих

шкворневую балку с наддрессорными балками.

Скользящий (рисунок 4.35) представляет собой съемную контактную планку 1, которая закрепляется на опорной площадке кронштейна 3 шкворневой балки двумя болтами 6 с потайной головкой, пружинными шайбами 4 и

гайками 5. Между контактной планкой и опорной площадкой кронштейна шкворневой балки устанавливаются регулировочные планки 2.

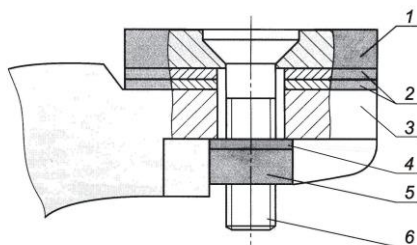


Рисунок 4.35 – Скользун тележки модели 18-102

Надрессорная балка тележки – литая, коробчатого сечения в форме бруса равного сопротивления изгибу. На одной вертикальной стене расположены направляющие выступы для челюстей шкворневой балки, а на другой – кронштейны с отверстиями для болтов, соединяющих надрессорные и шкворневую балки. Соединение шкворневой балки с надрессорной показано на рисунок 4.36.

Тележка имеет четыре комплекта рессорного подвешивания, каждый из которых состоит из четырех двухрядных цилиндрических пружин 1 и одного клиновидного пружинно-фрикционного гасителя колебаний 2 (рисунок 4.37). Пружины взаимозаменяемы с пружинами тележки модели 18-100. Конструкция фрикционного гасителя колебаний рассмотрена в подразд. 3.3.

Все литые детали (рамы, надрессорные балки, балансиры и шкворневая балка) изготавливают из углеродистой стали 20Л1 с пределом прочности 420 МПа.

Тележка имеет четыре комплекта рессорного подвешивания

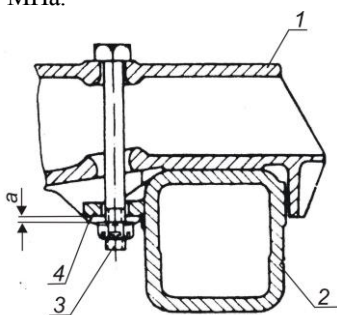
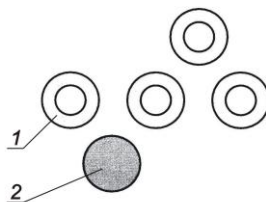


Рисунок 4.36 – Соединение шкворневой балки с надрессорной:
1 – шкворневая балка; 2 – надрессорная балка;
3 – болт; 4 – прилив надрессорной балки

Рисунок 4.37 – Схема установки пружин и фрикционного гасителя колебаний



Особенность тормозной рычажной передачи трехосной тележки – двухстороннее нажатие тормозных колодок на среднюю колесную пару и одностороннее – на крайние колесные пары.

Основной недостаток трехосных тележек – сложность ремонта и технического обслуживания средней колесной пары, что и привело к прекращению их выпуска для шестиосных вагонов магистральных железных дорог.

В настоящее время трехосные тележки изготавливают для думпкаров (вагонов-самосвалов) промышленного транспорта. Одна из таких тележек модели 18-522А показана на рисунке 4.38.

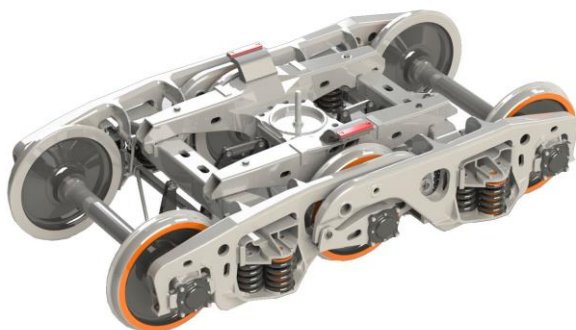


Рисунок 4.38 – Трехосная тележка модели 18-522А

Четырехосные тележки. Тележку модели 18-101 (рисунок 4.39) подкапывают под кузова восьмиосных вагонов большой грузоподъемности. Конструкция тележки состоит из двух двухосных тележек 2 модели 18-100, связанных между собой штампосварной соединительной балкой 1.

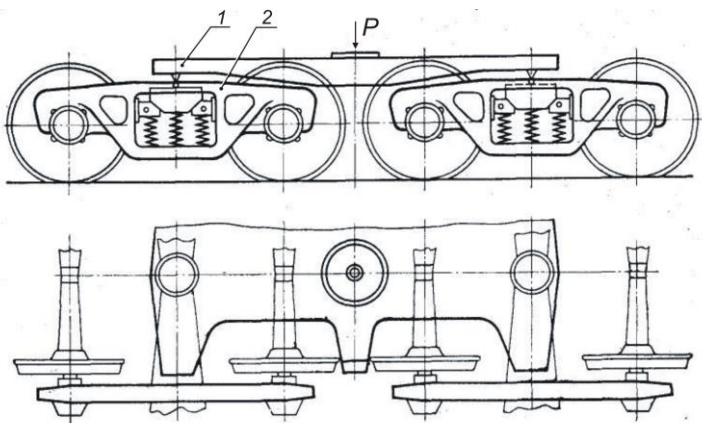


Рисунок 4.39 – Четырехосная тележка модели 18-101

Соединительная балка (рисунок 4.40) изготовлена из прокатной стали 09Г2Д. Она состоит из двух штампованных элементов верхнего листа 1 толщиной 16 мм, нижнего листа 2 толщиной 20 мм, четырех опор крайних скользунов 5, двух крайних пятников 4 и одного центрального подпятника 8. Подпятник приваривается к верхнему листу балки, а крайние пятники – к нижнему.

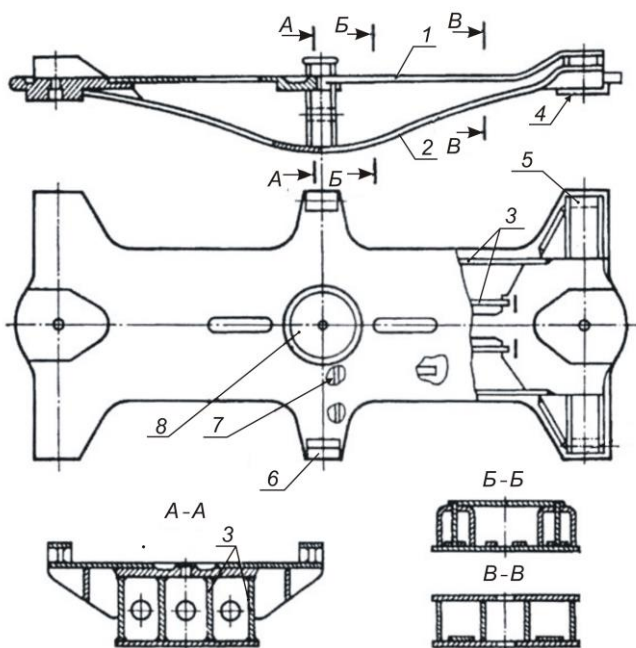


Рисунок 4.40 – Штамповарная соединительная балка тележки модели 18-101

Крайними пятниками 4 балка опирается на подпятники двухосных тележек. Центральный подпятник 8 тележки со шкворневым отверстием является опорой пятника рамы вагона. Балка усилена продольными ребрами жесткости 3 и поперечными 7. По бокам средней части балки приварены центральные скользуны 6, которые являются дополнительными опорами кузова при вписывании вагона в кривые участки пути или проходе стрелочных переводов.

Кроме штамповарной соединительной балки в четырехосных тележках, выпускавшихся до 1971 года, применялись балки литой конструкции. Балка отливается из мартеновской стали пустотелой формы.

Для снижения массы четырехосных тележек и улучшения плавности хода вагона разработана новая схема опирания кузова на двухосные тележки (рисунок 4.41, а) через скользуны 1. Благодаря тому, что вертикальная нагрузка при новой схеме опирания передается не на соединительную балку 3, ее выполнили облегченной (0,5 вместо 2,0 т). Соответственно и повреждения балки-связи практически исключаются, так как действующие на нее горизонтальные нагрузки вызывают малые напряжения.

Для недопущения перегруза передних двухосных тележек при появлении продольных сил во время торможения или соударений вагонов опоры соединены тягами 2, позволяющими сбалансировать вертикальные нагрузки и равномерно распределить их по всем четырем скользунам четырехосной тележки.

Опорное устройство (рисунок 4.41, б) включает в себя подвижный в вертикальном направлении шток 5, опирающийся на шаровую опору 4, установленную на скользуне 1 наддрессорной балки тележки, корпус 9, верхнюю плиту 8, жестко связанную с корпусом 9. Между штоком 5 и плитой 8 установлены на оси 7 опорные подшипники 6 (качения или скольжения) и тяга 2, соединяющая опорные устройства объединенных двухосных тележек. При возрастании нагрузки от кузова на корпус 9 передней тележки шток 5 и плита 8 начинают сближаться, перемещая подшипник 6 с тягой 2 влево. Этому перемещению оказывает сопротивление заднее опорное устройство, в котором подшипник стремится перекачиваться в сужающееся пространство между штоком 5 и плитой 8.

В результате возникающих сил сопротивления нагрузка между передней и задней тележками выравнивается, предупреждая перегруз одной из них, что ведет к повышению надежности работы их деталей.

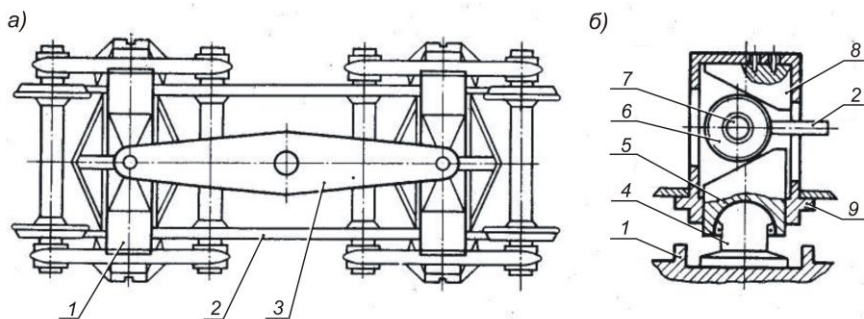


Рисунок 4.41 – Схема четырехосной тележки с опиранием кузова на скользуны двухосных тележек:

а – вид в плане; б – опорное устройство

4.4 Новые и перспективные тележки грузовых вагонов для осевой нагрузки 230,5 кН

При создании новых конструкций тележек отказались от концепции использования единой тележки для всех типов грузовых вагонов и взаимозаменяемости основных литых деталей.

Разработанные тележки отличаются конструктивно друг от друга, их узлы и детали, кроме колесной пары с подшипниковыми узлами, не взаимозаменяемы. Значительный модельный ряд тележек вызывает трудности с обеспечением их запасными частями при выполнении ремонта тележек на вагоноремонтных предприятиях.

К новым тележкам с осевой нагрузкой 230,5 кН (23,5 тс) относятся **модели:**

- 18-578 – производства АО «НПК «Уралвагонзавод»»;
- 18-9771 – ЗАО «Промтрактор-Вагон» (аналог тележки модели 18-578);
- 18-7020 – ПАО «Крюковский вагоностроительный завод» (аналог тележки модели 18-578);
- 18-9810 (Barber S-2-R) – ЗАО «Тихвинский вагоностроительный завод»;
- 18-555 – АО «НПК «Уралвагонзавод»».

Все эти тележки относятся ко 2-му типу по ГОСТ 9246–2013.

Тележки моделей 18-578 и ее аналоги – 18-9771 и 18-7020 – имеют визуально схожие литые элементы конструкции, но разные модели скользунов.

Тележка модели 18-555 представляет собой вариант дальнейшего развития конструкции модели 18-578 и призвана заменить ее.

Новые тележки грузовых вагонов для осевой нагрузки 230,5 кН (23,5 тс) практически повторяют конструкцию тележки модели 18-100 (например, тележка модели 18-578) или являются принципиально новыми [тележка модели 18-9810, которая спроектирована компанией «Standard Car Truck Co» (США) и представляет собой тележку *Barber S-2-R* (США), адаптированную к российским условиям эксплуатации].

Общей особенностью всех новых тележек является наличие у них упругих боковых скользунов постоянного контакта, съемных износостойких элементов, обеспечивающих защиту пар трения от износа, увеличенная гибкость пружин рессорного подвешивания и колес повышенного качества и твердости.

Основные параметры и размеры новых тележек грузовых вагонов приведены в таблице 4.5

Тележка модели 18-578 (рисунки 4.42 и 4.43). Она разработана в 2004 году в ОАО «НПК «Уралвагонзавод»» в результате дальнейшей модернизации тележки модели 18-100 [30, 43, 45]. При минимальных изменениях в конструкции удалось улучшить ее эксплуатационные показатели. Это тележка с улучшенными технико-экономическими показателями и повышен-

ными параметрами прочности и ресурса. Межремонтный пробег тележки увеличен до 500 тыс. км, а гарантийный срок эксплуатации – до 4 лет.

Таблица 4.5 – Сравнительная характеристика тележек грузовых вагонов нового поколения с осевой нагрузкой 23,5 тс

Основные параметры и размеры	Модели		
	18-578	18-555	18-9810
Масса, т	4,723/4,738*	4,835/4,858*	≤ 4,9
База, мм	1850	1850	1850
Конструктивная скорость, км/ч	120	120	120
Габаритные размеры, мм:			
длина	2863	2863	2863
ширина	2590	2590	2590
Расстояние между продольными осями, мм:			
скользунов	1524	1524	1524
рессорных комплектов	2036	2036	2036
Расстояние от уровня головок рельсов до уровня опорной поверхности подпятникового места в свободном состоянии, мм	811	811	830
Статический прогиб рессорного подвешивания, мм:			
под нагрузкой брутто	68	60,9	≥ 45
под тарой	13	11,5	≥ 11
Коэффициент относительного трения рессорного подвешивания:			
под нагрузкой брутто	0,084	0,08	0,08–0,15
под тарой	0,099	0,10	0,10–0,40
Диаметр подпятникового места, мм, не более	300	300	305
Глубина подпятникового места, мм, не более	30	30	32
* В числителе масса без опорной балки авторежима, в знаменателе – с опорной балкой.			

Техническая характеристика тележки:

– масса: без опорной балки авторежима – 4,723 т; с опорной балкой авторежима – 4,738 т;

– габаритные размеры: длина – 2863 мм; ширина – 2590 мм;

– база – 1850 мм; конструктивная скорость – 120 км/ч;

– расстояние от уровня головок рельсов до уровня опорной поверхности подпятникового места: в свободном состоянии – 811 мм; под тарой при нагрузке от оси на рельсы 60 кН (6,0 тс) – 798 мм;

- расчетный статический прогиб рессорного подвешивания при нагрузке от оси на рельсы: 230 кН (23,5 тс) – 68 мм; 60 кН (6,0 тс) – 12 мм;
- статическая нагрузка на пружины: наружная/внутренняя – 20,807/9,584 кН (2,121/0,977 тс);
- суммарная нагрузка на пружины, не более: наружная/внутренняя – 36,415/16,775 кН (3,712/1,710 тс).

Тележки моделей 18-100 и 18-578 не взаимозаменяемы. Особенностью тележек модели 18-578 является то, что они предназначены для подкатки под грузовые вагоны, которые имеют измененную ответную часть скользуна на раме вагона и оборудованы авторежимом. В настоящее время тележка адаптирована только к полувагону модели 12-132-03.

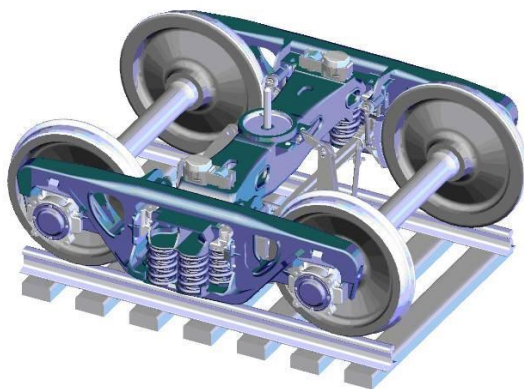


Рисунок 4.42 – Тележка модели 18-578

Тележки модели 18-578 выпускаются в двух конструктивных исполнениях – с балкой авторежима и без нее.

Условное обозначение тележки: *тележка двухосная модель 18-578, тип 2, ГОСТ 9246–2013.*

Технический уровень тележки характеризуется следующими показателями:

- назначенный срок службы тележки (по ресурсу боковой рамы и надрессорной балки) – 32 года;
- назначенный ресурс по пробегу от постройки до первого деповского ремонта – 500 тыс. км, но не более 4 лет (пробег 500 тыс. км приблизительно эквивалентен 4 годам эксплуатации);
- средний срок службы колес – 12 лет;
- средний срок службы оси – 15 лет;
- средняя наработка до отказа колесных пар по прочности пресовых соединений колес с осями – 15 лет.

Основные конструктивные особенности:

- боковые скользуны – упруго-катковые постоянного контакта;
- увеличенная гибкость рессорного подвешивания;
- упругая связь надрессорной балки с фрикционными клиньями;
- измененная конструкция надрессорной балки и тормозной рычажной передачи.

Составные части тележки (см. рисунок 4.43): две колесные пары 1 с буксовыми узлами, две боковые рамы 2, балка наддресорная 7 со съемными упруго-катковыми скользящими элементами 6, подпятником 5 и шкворнем, рессорное подвешивание 3, тормозная рычажная передача 4.

Тележка оборудована устройством 8 направленного отвода колодок от колес при отпущенном тормозе, съемными износостойкими элементами для защиты от износа пар трения и опорной балкой авторежима (если она предусмотрена комплектацией).

Основные несущие элементы тележки (боковые рамы и наддресорная балка) – литые из низколегированной стали марки 20ГЛ с повышенным до 1,8 коэффициентом запаса усталостной прочности.

К съемным износостойким элементам относятся: скобы для опорных поверхностей буксовых проемов, чаша для подпятникового места, подвижные контактные фрикционные планки и накладке полимерные для фрикционных клиньев.

Боковая рама с износостойкими элементами (сменной скобой и составными фрикционными планками) показана на рисунке 4.44. Она унифицирована с тележкой модели 18-100.

Надресорная балка (рисунок 4.45) имеет на верхнем поясе подпятник 1 и опорные площадки 2 с резьбовыми отверстиями для установки боковых скользящих элементов, на нижнем – опорные поверхности (площадки) 4 для рессорных комплектов, в концевых частях боковых стенок – клиновидные карманы 3 для фрикционных клиньев, в средней части одной из боковых стенок

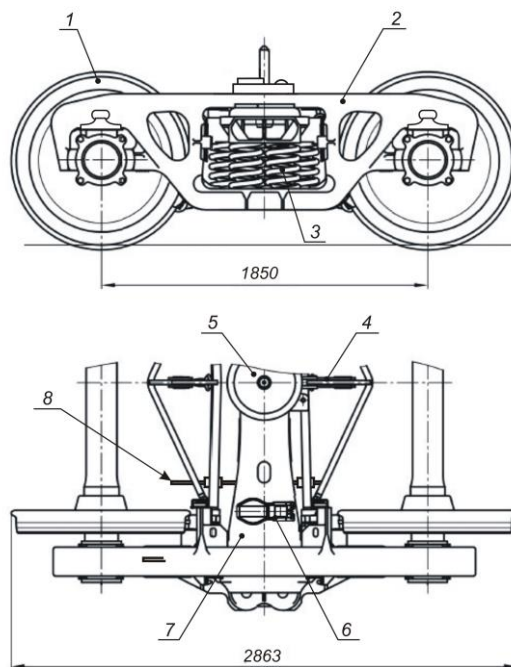


Рисунок 4.43 – Схема тележки модели 18-578:
1 – колесная пара с буксовыми узлами; 2 – боковая рама;
3 – рессорное подвешивание; 4 – тормозная рычажная передача; 5 – подпятник;
6 – упруго-катковый скользящий элемент;
7 – наддресорная балка; 8 – устройство направленного отвода колодок

нок – приливы 5 для установки державки 6 мертвой точки, закрепленной заклепками 7.

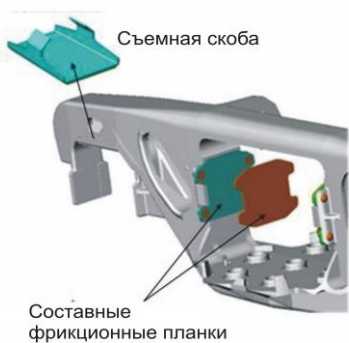


Рисунок 4.44 – Боковая рама с износостойкими элементами

Балка выполнена литой из низколегированной стали 20ГЛ, 20ГФЛ, 20ГТЛ и имеет повышенный коэффициент запаса усталостной прочности 1,8. Такое улучшение достигнуто за счет повышения качества литья.

Подпятник для защиты от износа оборудуется износостойкими съемными элементами: накладкой на опорную поверхность или чашей (рисунок 4.46), устанавливаемой в подпятник свободно с креплением в четырех местах приваркой или накладкой. Накладка и чаша изготавливаются из низколегированной стали 30ХГСА с твердостью 320–400 НВ. При эксплуатации для накладки и чаши используют смазку из композиционного твердосмазочного материала (КТСМ).

используют смазку из композиционного твердосмазочного материала (КТСМ).

Надрессорная балка с износостойкой съемной чашей изображена на рисунке 4.47.

Упруго-катковые скользуну постоянного контакта предназначены для гашения колебаний боковой качки и виляния тележки относительно кузова. Они состоят (рисунок 4.48) из корпуса 1, упругого полимерного элемента 2, вкладыша (опоры катка) 4, катка (ролика) 5, колпака 3.

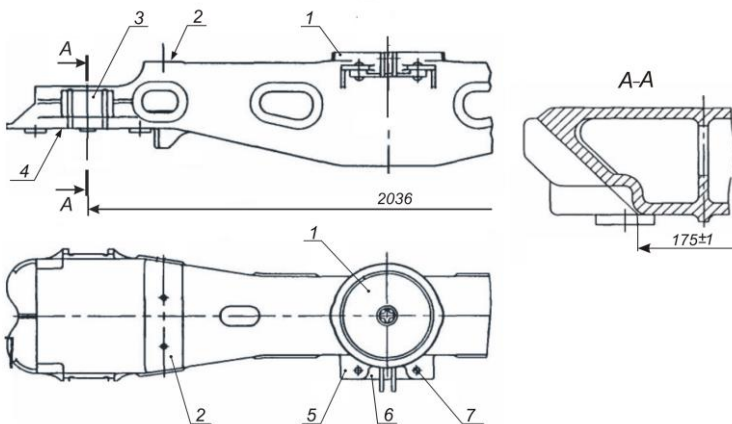


Рисунок 4.45 – Надрессорная балка тележки модели 18-578

Упругий полимерный элемент (демпфер) амортизирует перевалку кузова на подпятнике и обеспечивает постоянное прижатие колпака к скользуну кузова. Демпфер выполнен бочкообразной формы и устанавливается в литой корпус. Между упругим элементом 2 и колпаком 3 установлена планка 9 из стали 65Г или 40Х. Такая же планка расположена между упругим элементом и корпусом 1.

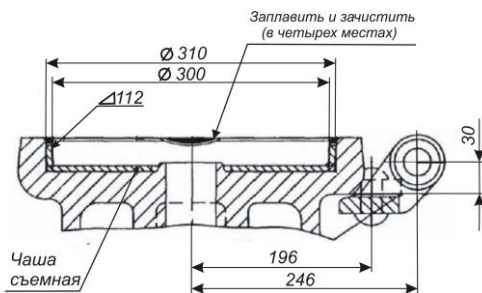


Рисунок 4.46 – Износостойкая чаша из низколегированной стали 30ХГСА, устанавливаемая в подпятник надрессорной балки

Колпак совместно с полимерным элементом гасит колебания влияния. Колпак выполнен из износостойкого материала, устанавливается на упругий элемент и находится в постоянном контакте с ответной частью скользуна вагона.

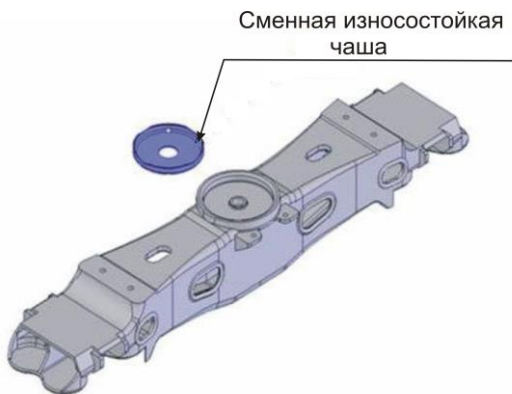


Рисунок 4.47 – Надрессорная балка с износостойкой чашей

Каток (ролик) ограничивает упругие деформации полимерного элемента и обеспечивает поворот тележки относительно кузова с существенно меньшим сопротивлением (за счет трения качения, а не скольжения). Ролик устанавливается на поверхности катания вкладыша. Взаимодействие скользунов кузова с катком происходит только при наклоне кузова в кривых, когда выбирается размер А – расстояние

между опорными поверхностями колпака и ролика в свободном состоянии. Размер А, равный $30^{+2,5}_{-1,5}$ мм, обеспечивается регулировочными прокладками 9 между колпаком и демпфером.

В местах контакта колпака 3 с корпусом 1 установлены два сменных износостойких элемента 6, выполненных из низколегированной стали 30ХГСА с твердостью 255–341 НВ толщиной 4 мм.

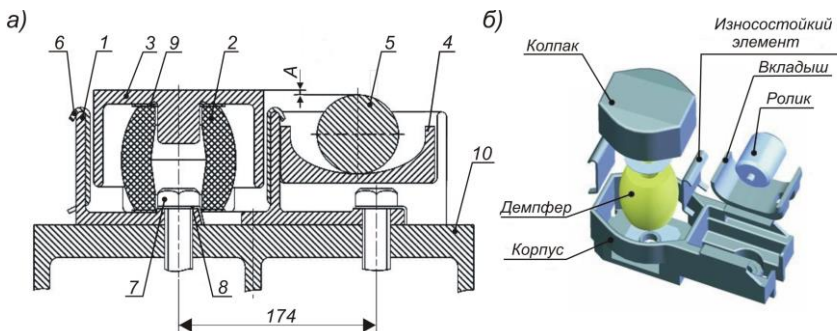


Рисунок 4.48 – Упряго-катковый скользян:
a – схема; *б* – скользян с разнесенными элементами

Скользуны – съемной конструкции, устанавливаются на опорные площадки 10 наддрессорной балки. Крепление осуществляется при помощи болтов 7 и стопорных шайб 8.

Рессорное подвешивание (рисунок 4.49) – повышенной гибкости с увеличенным статическим прогибом и новым конструктивным исполнением фрикционного узла. В подвешивании предусмотрено полное использование разности прогибов (55 мм) под нагрузками от тары и брутто. Увеличение статического прогиба позволило улучшить ходовые качества порожнего и малозагруженного вагонов и уменьшить воздействие на путь.

Рессорное подвешивание имеет линейную силовую характеристику.

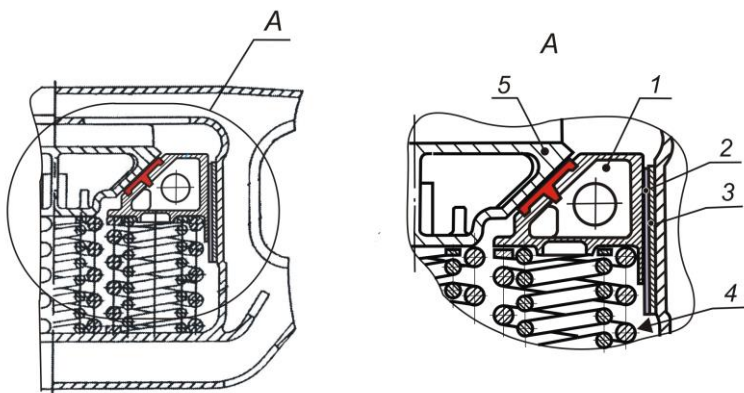


Рисунок 4.49 – Рессорный комплект тележки:

1 – фрикционный клин с накладкой; 2 – сменная контактная планка; 3 – основная фрикционная планка; 4 – подклиновная двухрядная пружина; 5 – наддрессорная балка

Параметры рессорного подвешивания: гибкость в вертикальной плоскости $\lambda = 0,160$ м/МН (1,570 мм/т), статический прогиб рессорного подвешивания от тары – $f_{ст}^T = 13$ мм, от массы брутто – $f_{ст}^{6P} = 68$ мм, коэффициент относительного трения ϕ_T гасителя колебаний под нагрузкой брутто – 0,084, под тарой – 0,099.

Рессорное подвешивание выполнено из пружин, большей по сравнению с тележкой 18-100, гибкостью. Гибкость рессорного комплекта повышена за счет увеличения высоты и среднего диаметра пружин, а также уменьшения диаметра прутков.

Параметры пружин рессорного подвешивания приведены в таблице 4.6.

Пружины изготовлены из обточенного или шлифованного прутка (сталь марки 60С2ХФА) с дробеструйным упрочнением, что позволило повысить усталостную прочность пружин на 25 %.

Фрикционный узел (см. рисунок 4.49) образован фрикционными клиньями 1 с полимерной накладкой и составными фрикционными планками из стали 30ХГСА с твердостью 320–412 НВ – основной 3 (толщиной 10 мм) и сменной контактной 2 (толщиной 6 мм). Основная планка жестко закреплена на стойке боковой рамы, подвижная контактная устанавливается свободно.

Таблица 4.6 – Параметры пружин рессорного подвешивания тележки модели 18-578

Наименование параметра	Наружная пружина	Внутренняя пружина
Высота в свободном состоянии, мм	259	
Средний диаметр витка, мм	172	115
Диаметр прутка, мм	28	19
Число витков:		
рабочих	3,9	6,0
полных	5,4	7,5
Направление навивки	Правое	Левое
Гибкость, мм/т (см/т)	32,67 (3,267)	70,88 (7,088)
Масса, кг	12,8	6,8

Сменная полимерная накладка обеспечивает упругую связь клиньев с наддресорной балкой и защиту от износов наклонных поверхностей наддресорной балки и клина за счет исключения трения металла по металлу. Упругая связь клиньев с наддресорной балкой в сочетании с рационально выбранной жесткостью пружинного комплекта стабилизирует работу гасителей колебаний, улучшает динамические показатели вагона и снижает воздействие на путь.

Полимерная накладка 2 фиксируется на наклонной поверхности клина 1 (рисунок 4.50) посредством выступов, изготовленных за одно целое с телом накладки и входящих в ответные углубления клина. Фиксирующие выступы выполнены различной формы: два – диагональных прямоугольных, четыре – треугольных и один – в виде усеченного конуса (в месте пересечения диагональных).

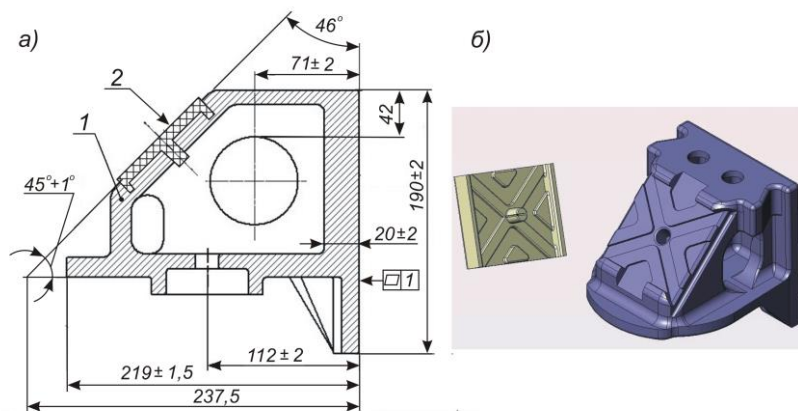


Рисунок 4.50 – Фрикционный клин с полимерной накладкой:
а – схема; б – общий вид

Фрикционные клинья выполнены из бейнитного высокопрочного термоупрочненного чугуна марки ВЧ-120, фрикционные планки – из стали 30ХГСА, полимерная накладка для клина – из полиуретанового эластомера марки АПИ-4 (износостойкая и морозостойкая).

Колесные пары образованы осью из непрерывно литой вакуумированной стали и колесами повышенной надежности, а также оборудованы буксовыми узлами с цилиндрическими подшипниками или коническими подшипниковыми узлами, установленными в типовые корпуса букс.

Тормозная рычажная передача тележки (рисунок 4.51) – с односторонним нажатием тормозных колодок на поверхность катания колес. Оборудована устройством 6 направленного отвода тормозных колодок от поверхности колес при отпущенном тормозе, обеспечивающим равномерный износ колодок.

Устройство направленного отвода тормозных колодок (см. рисунки 4.51 и 4.52) представляет собой два стержня 1, соединяющих триангели 4 и 5. Каждый из стержней жестко закреплен на кронштейне 2 на одном из триангелей и проходит в отверстие кронштейна 3, приваренного на другом триангеле.

Узел соединения триангеля к боковой раме показан на рисунке 4.53.

В шарнирных соединениях рычагов с триангелями, затяжками и державкой мертвой точки установлены износостойкие втулки

Рисунок 4.51 – Тормозная рычажная передача:
 1 – стержень; 2, 3 – кронштейны для фиксации стержня; 4, 5 – триангели; 6 – затяжка; 7, 8 – вертикальные рычаги; 9 – серьга мертвой точки

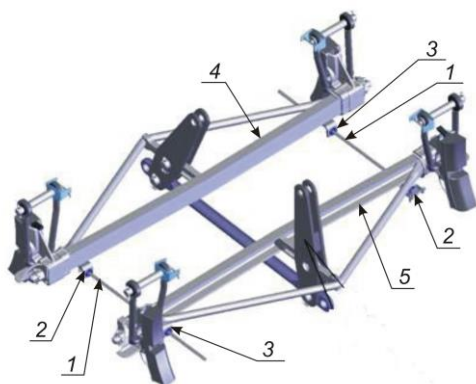
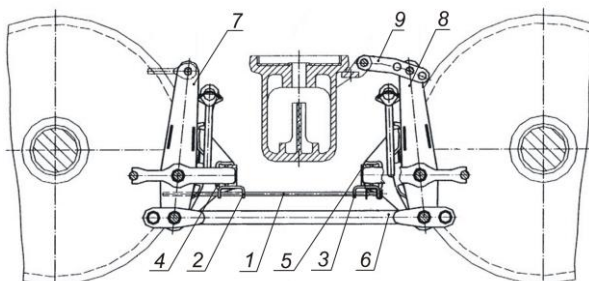


Рисунок 4.52 – Устройство направленного отвода тормозных колодок от колес

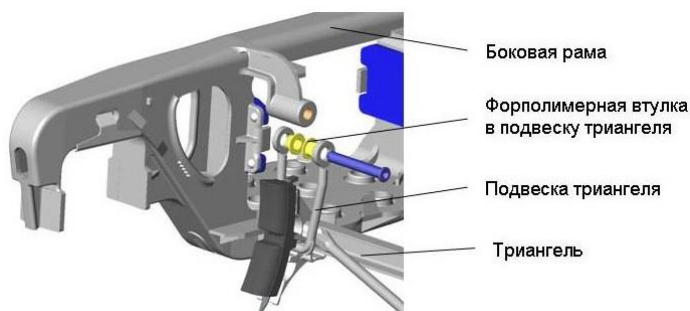


Рисунок 4.53 – Узел соединения триангеля с боковой рамой

Опорная балка авторежима аналогична по конструкции тележке модели 18-100.

Тележка оборудована предохранительными устройствами, исключающими падение на путь роликов упруго-катковых скользунов, а также деталей тормозной рычажной передачи в виде предохранительных скоб, как в модели 18-100.

Все конструктивные изменения тележки модели 18-578 приведены на рисунке 4.54.

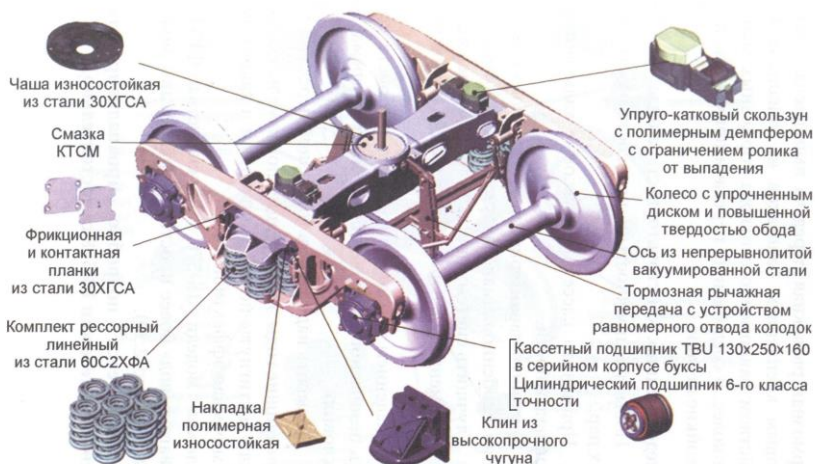


Рисунок 4.54 – Тележка модели 18-578 с разнесенными элементами

Тележка модели 18-578 представляет собой перспективную переходную модель к тележкам вагонов нового поколения, в том числе с повышенной осевой нагрузкой. Однако упруго-катковые скользуны, используемые в тележке, приводили в эксплуатации к самозаклиниваю роликов при прохождении кривых участков пути и, как следствие, к повышенным значениям рамных сил от колесной пары и повреждением буксовых проемов боковых рам. Выпуск тележки модели 18-578 с 2010 года прекращен в связи с появлением новой тележки модели 18-555, в которой использованы многие технические решения, реализованные в модели 18-578.

Тележка модели 18-9771. Это тележка производства ЗАО «Промтрактор-Вагон» (рисунок 4.55) [34, 71], в которой применены технические решения, аналогичные тележке модели 18-578.

Техническая характеристика тележки:

- масса – не более 4,9 т; база – 1850 мм;
- конструктивная скорость – 120 км/ч;
- расстояние между продольными осями: скользунов – 1524 мм; рессорных комплектов – 2036 мм;

- расстояние от уровня головок рельсов до уровня опорной поверхности подпятникового места в свободном состоянии – 811 мм;
- статический прогиб рессорного подвешивания: под нагрузкой брутто – 68 мм, под тарой – 12 мм;
- коэффициент относительного трения рессорного подвешивания: под нагрузкой брутто – 0,08–0,15, под тарой – 0,10–0,16;
- диаметр и глубина подпятникового места – не более 300 и 30 мм соответственно.

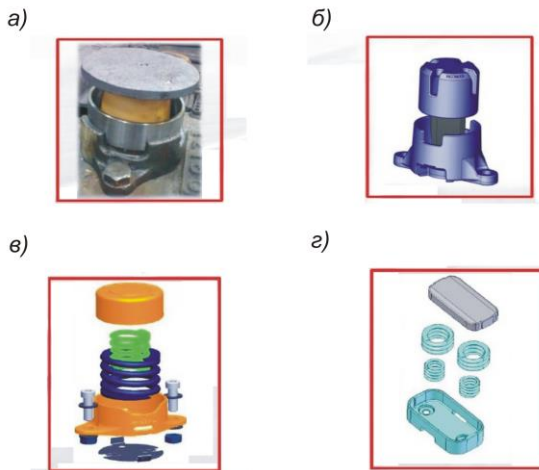


Рисунок 4.55 – Тележка модели 18-9771

Главное отличие от тележки модели 18-578 – возможность применения различных конструкций упругих и упруго-катковых скользунков основных производителей, имеющих одинаковые посадочные и установочные размеры (рисунок 4.56).

Рисунок 4.56 – Унифицированные скользунки постоянного контакта для тележек грузовых вагонов:

а, б – упругие скользунки с металлополимерным демпфером для тележки модели 18-194-1 и с полимерной вставкой модели MV-18SB (ООО «Вагонмаш») для тележки модели 18-9771; *в, г* – упругие пружинные скользунки Preload PlusSBR 4500 компании «Amsted Rail» для тележки модели 18-9836 и для тележек моделей 18-9810 и 18-9855



Предусматривается также возможность оборудования тележки жесткими зазорными скользунами, что позволит обеспечить взаимозаменяемость с тележкой модели 18-100 и подкатывать их под грузовые вагоны эксплуатационного парка.

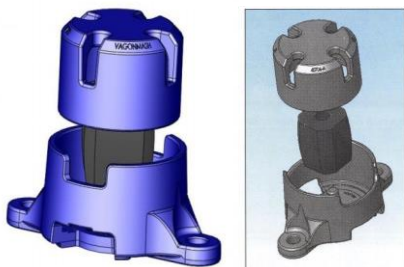


Рисунок 4.57 – Упругий кользун постоянного контакта модели MV-18SB

Основным типом скользунов, используемых в тележке модели 18-9771, являются упругие скользуны модели MV-18SB (рисунок 4.57) с упругим полимерным элементом из термопластичного эластомера внутри литого износостойкого корпуса. Корпус скользуна выполнен из высокопрочного чугуна, полимерный элемент – из термопластичного эластомера. Изготавливают скользуны ОАО «Вагонмаш» по технологии фирмы

Miner (США).

Тележка модели 18-7020 (рисунок 4.58). Она создана на ПАО «Крюковский вагоностроительный завод» и представляет собой аналог тележки модели 18-578. Визуально тележка отличается от других тележек наличием предохранительных планок 1, выполняющих роль блокираторов вертикальных перемещений колесных пар. Предохранительные планки крепятся болтами в нижней части внутренних челюстей боковой рамы.

Техническая характеристика тележки:

- масса – 4,9 т;
- база – 1850 мм;
- конструктивная скорость – 120 км/ч;
- расстояние между продольными осями: скользунов – 1524 мм, рессорных комплектов – 2036 мм;
- расстояние от уровня головок рельсов до уровня опорной поверхности подпятникового места в свободном состоянии – 814 мм;
- статический прогиб рессорного подвешивания: под нагрузкой брутто – 64 мм, под тарой – 14 мм;
- диаметр и глубина подпятникового места – не более 300 и 30 мм соответственно.

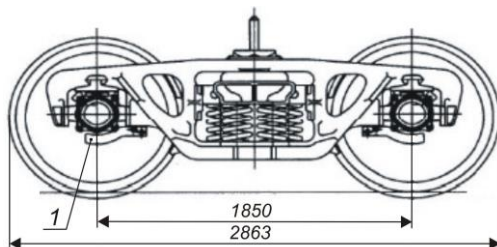


Рисунок 4.58 – Схема тележки модели 18-7020

Основные конструктивные особенности (рисунок 4.59) [34, 71]:

- возможность использования упругих и упруго-катковых постоянного контакта или жестких зазорных скользунов;
- конструкция концевых частей боковых рам изменена. В нижней части внутренних челюстей буксовых проемов отлиты кронштейны для крепления планок, предохраняющих выход колесных пар из буксовых проемов;
- рессорное подвешивание – с билинейной силовой характеристикой;
- колесные пары – с бескорпусными буксовыми узлами;
- триангели тормозной рычажной передачи – с безрезьбовым креплением башмака.

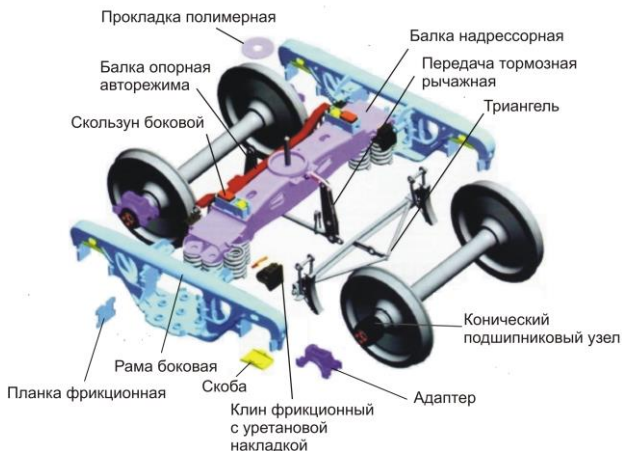
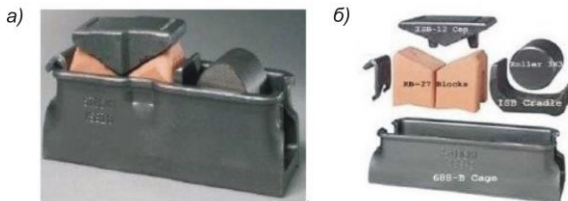


Рисунок 4.59 – Тележка модели 18-7020 с разнесенными элементами

Надрессорная балка имеет унифицированные опорные площадки для установки скользунов различных конструкций, а также усиления в виде двух продольных ребер. В тележке в качестве основных применяют упруго-катковые скользуны фирмы А. Staki (рисунок 4.60). По требованию заказчика могут быть установлены скользуны другой конструкции.

Рисунок 4.60 – Конструктивные особенности скользуна фирмы А. Staki:

a – общий вид; *б* – скользуны с разнесенными элементами



Рессорное подвешивание – билинейное повышенной гибкости, что позволяет реализовать статический прогиб под тарой 14 мм, под брутто 64 мм. Билинейная силовая характеристика обеспечивается тем, что свободная высота внутренних пружин на 30 мм меньше наружных. В результате при порожнем вагоне работают только наружные пружины, что приводит к увеличению гибкости рессорного комплекта, а, следовательно, и статического прогиба для порожнего режима (практически вдвое по сравнению с моделью 18-100). При загрузке вагона в работу дополнительно включаются и внутренние пружины. В результате жесткость рессорного комплекта для груженого режима возрастает.

Фрикционные клинья отлиты из высокопрочного чугуна и имеют уретановые накладки, аналогичные, предложенным фирмой A. Staki. Накладки защищают от износа опорные поверхности надрессорной балки и смягчают нагруженность пятникового узла. Фрикционные планки изготовлены из стали 20ХНДП.

В колесных парах используются бескорпусные буксовые узлы (конические подшипниковые узлы с адаптером), а также колеса повышенной твердости (320–360 НВ) и качества, имеющие нелинейный профиль поверхности катания ИТМ-73. Использование таких колес позволяет увеличить срок службы колесной пары за счет уменьшения числа обточек колес в эксплуатации. Опирающие боковых рам на бескорпусные конические подшипниковые узлы – жесткое, через адаптер (рисунок 4.61).



Рисунок 4.61 – Общий вид адаптера

Конические подшипники обеспечивают межремонтный пробег 800 тыс. км или срок эксплуатации не менее 8 лет, клинья – 1 млн км.

Тормозная рычажная передача оборудована устройством параллельного отвода колодок и триангелями с без-

резьбовым креплением башмака. Конструкция безрезьбового крепления башмака на триангеле рассмотрена при изложении конструкции тележки модели 18-9855 (см. рисунок 4.96).

Тележка модели 18-555. Это новая инновационная тележка для грузовых вагонов с осевой нагрузкой 230,5 кН (23,5 тс), разработанная в НПК «УВЗ» (ОАО «НПК «Уралвагонзавод») [35]. Тележка должна заменить существующие тележки с аналогичной нагрузкой. В ней использованы многие технические решения, примененные в тележке модели 18-578.

Тележка предназначена для вагонов, перевозящих легковесные грузы: крытые вагоны, платформы и цистерны для светлых нефтепродуктов и сжиженных газов.

Модульная конструкция позволяет потребителям самим выбрать, в какой комплектации для них будут изготавливаться тележки – с цилиндрическими подшипниками в корпусе буксы (модель 18-555-1) или с коническими подшипниковыми узлами с адаптерами (модель 18-555).

В тележке предусмотрена возможность использования упругих скользунов постоянного контакта различной конструкции. Достоинством тележки является также снижение воздействия на инфраструктуру железных дорог.

Тележка допускает возможность переоборудования колесных пар и триангелей для эксплуатации по железнодорожным путям колеи 1435 мм.

Масса тележки: без балки авторежима – 4,835 т, с балкой авторежима – 4,858 т.

Технический уровень тележки характеризуется следующими показателями:

- назначенный срок службы тележки – 32 года;
- назначенный срок службы тележки до первого капитального ремонта – 12 лет;
- назначенный срок службы триангелей – 15 лет;
- назначенный ресурс по пробегу (межремонтный пробег) от постройки до первого деповского ремонта и от капитального до первого деповского – 500 тыс. км, но не более 4 лет;
- средний срок службы колес – 12 лет;
- средний срок службы оси – 15 лет;
- средняя наработка до отказа колесных пар по прочности пресовых соединений – не менее 15 лет.

Основные конструктивные особенности по сравнению с моделью 18-578:

1 Возможность использования упругих боковых скользунов постоянно-го контакта двух видов конструктивного исполнения.

2 Возможность оборудования тележки колесными парами с бескорпусными и корпусными буксовыми узлами.

3 Применение надрессорной балки усиленной конструкции с механическим креплением (фиксатором) износостойкой чаши в подпятниковом месте.

4 Использование износостойкой накладкой на клин из новой марки полиуретанового материала.

5 Рессорное подвешивание с измененной силовой характеристикой.

6 Применение в тормозной рычажной передаче триангелей с безрезьбовым креплением тормозных башмаков и наконечников.

Составные части тележки (рисунки 4.62 и 4.63): две колесные пары 1 с буксовыми узлами, две боковые рамы 2, надрессорная балка 3 со скользунами 7, рессорное подвешивание 4, тормозная рычажная передача 5 и шкворень 9. На рисунке 4.62 показан демонстрационный вариант тележки, иллюстрирующий использование буксовых проемов типовой боковой рамы для установки как корпусных, так и бескорпусных буксовых узлов.



Рисунок 4.62 – Тележка модели 18-555

Тележка оборудована также балкой опорной б для авторежима (если это предусмотрено комплектацией), предохранительными устройствами от падения на путь деталей тормозной рычажной передачи и износостойкими элементами в конструкции изнашиваемых деталей и узлов.

Б о к о в а я р а м а унифицирована с моделями 18-578 и 18-100.

Н а д р е с с о р н а я б а л к а – усиленной конструкции, конструктивно подобна тележке модели 18-578 (см. рисунок 4.45).

Защита от износа опорной и упорной поверхностей подпятникового места балки, в том числе шкворневого отверстия, обеспечивается установкой износостойкой чаши из стали 30ХГСА с твердостью 255–341 НВ. В отличие от модели 18-578 предусматривается механическое крепление чаши в подпятниковом месте, что повышает технологичность монтажа и демонтажа чаши.

В тележке предусмотрена возможность использования двух конструкций упругих скользунов постоянного контакта, в которых в качестве упругих элементов применены полимерные элементы – скользуны по черт. № 555.00.020-0 и № ВМ 003.100. Скользуны устанавливаются на опорные площадки наддрессорной балки.

Первый вариант конструктивного исполнения *скользуна* (черт. № 555.00.020-0) включает (рисунок 4.64) корпус 1, колпак 2 и полимерный элемент 3. Корпус крепится к опорной площадке 7 наддрессорной балки болтами 4, гайками 5 и шайб 6. Скользун имеет смотровые окна А.

Второй вариант конструктивного исполнения *скользуна* (черт. № ВМ 003.100) включает (рисунок 4.65) корпус 1, демпфер 2 и колпак 3. Составными частями демпфера являются полимерный упругий элемент 4, выполненный в форме усеченного полого конуса и устанавливаемый на опоре 5 внутри наружного кольца 6, закрепленные между собой при помощи кольца пружинного 7, а также втулка 8, предназначенная для установки и крепления колпака скользуна.

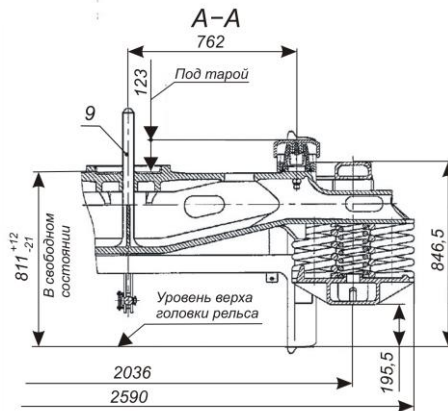
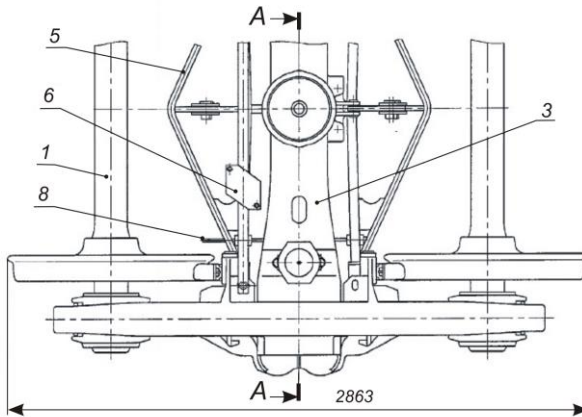
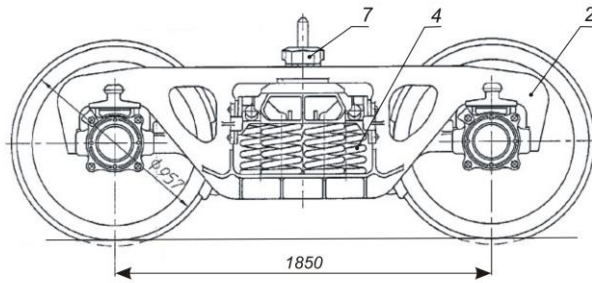


Рисунок 4.63 – Схема тележки модели 18-555:

- 1 – колесная пара с буксовыми узлами; 2 – рама боковая; 3 – балка наддресорная;
 4 – рессорное подвешивание; 5 – тормозная рычажная передача; 6 – опорная балка авторежима;
 7 – скользящий; 8 – устройство направленного отвода колодок; 9 – шкворень

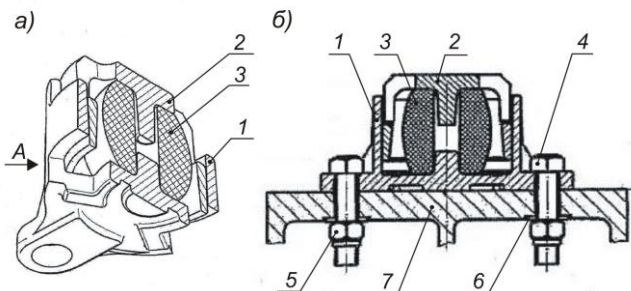


Рисунок 4.64 – Упругий скользян по черт. № 555.00.020-0:
a – скользян; *б* – крепление скользяна

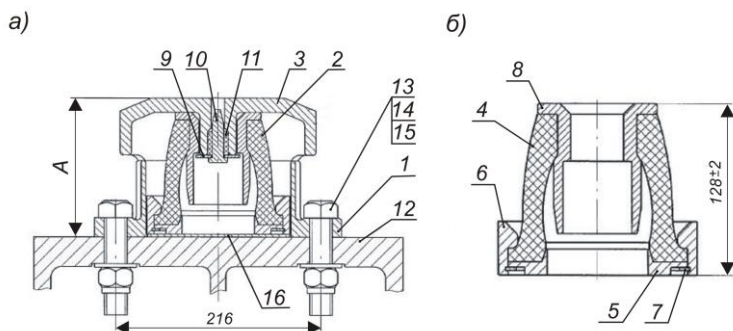


Рисунок 4.65 – Упругий скользян по черт. № VM 003.100:
a – скользян в сборе; *б* – демпфер (поз. 2)

Колпак скользяна 3 находится в постоянном контакте с ответной частью скользяна, расположенной на шкворневой балке рамы вагона.

Крепление колпака осуществляется постановкой шайбы 9 с применением штифта 10, устанавливаемого с натягом в полимерной втулке 11. При этом шайба должна быть плотно прижата. Допускается незначительное вертикальное перемещение колпака внутри втулки демпфера после установки.

Отверстие на опорной поверхности колпака предназначено для демонтажа штифта 10.

Крепление корпуса скользяна на опорной площадке 12 наддрессорной балки осуществляется при помощи болтов 13, гаек 14 и шайб 15. Усилие затяжки крепежных деталей – 8900–13300 Н (907,5–1356 кгс), при этом запрещается производить затяжку крепежных деталей при помощи пневматического гайковерта.

Демпфер (в сборе с колпаком) свободно устанавливается в корпус скользуна на планку опорную 16.

Размер А под тарой 124 ± 2 мм вагона обеспечивается регулировочными прокладками ответной части скользуна, расположенной на раме вагона. Регулировка размера А в свободном состоянии 146 ± 3 мм не требуется.

Корпус скользуна изготавливается из стали марки 20ФЛ, колпак – изностойкого чугуна марки ВЧ-120, упругий элемент и втулка крепления колпака скользуна – полиуретана марки «Уникспур».

Рессорное подвешивание – пружинно-фрикционное: с двухрядными пружинами, фрикционными клиньями с полимерной накладкой и составными фрикционными планками. По конструкции подвешивание аналогично тележке модели 18-578.

Параметры рессорного подвешивания:

- гибкость в вертикальной плоскости $\lambda = 0,148$ м/МН (1,449 мм/т);
- расчетный статический прогиб рессорного подвешивания при нагрузке от оси на рельсы: 230 кН (23,5 тс) – 60,9 мм, 60 кН (6 тс) – 11,5 мм;
- коэффициент относительного трения гасителя колебаний – 0,08.

Параметры пружин рессорного подвешивания приведены в таблице 4.7. По сравнению с моделью 18-578 у наружной пружины увеличен диаметр прутка до 29 мм (в модели 18-578 – 28 мм), соответственно уменьшена гибкость пружины до 2,839 см/т (в модели 18-578 – 3,267 см/т).

Таблица 4.7– Параметры пружин рессорного подвешивания тележки модели 18-555

Наименование параметра	Наружная пружина	Внутренняя пружина
Высота в свободном состоянии, мм	259	
Средний диаметр витка, мм	172	115
Диаметр прутка, мм	29	19
Число витков: рабочих/полных	3,9/5,4	6,0/7,5
Направление навивки	Правое	Левое
Гибкость, см/т	2,839	7,088
Масса, кг	13,7	6,8

Фрикционный клин 1 с полимерной накладкой 2 показан на рисунке 4.66. Накладка не только защищает от износа наклонные поверхности надрессорной балки и клина, но и обеспечивает стабильность значений коэффициента относительного трения рессорного подвешивания. Конструкция клина унифицирована с моделью 18-578.

Фрикционные клинья размещаются в клиновых карманах надрессорной балки. Наклонными поверхностями они взаимодействуют с наклонными поверхностями надрессорной балки, а вертикальными – с контактными планками, установленными на боковой раме совместно с фрикционными план-

ками. Фрикционные планки толщиной 10 мм жестко закреплены на площадках стоек боковой рамы, контактные планки толщиной 6 мм устанавливаются свободно на упоры, ограничивающие поперечные смещения фрикционных клиньев.

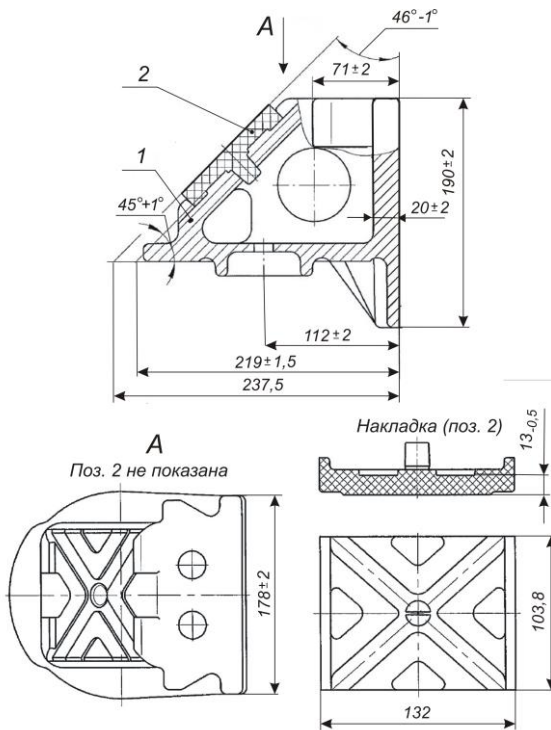


Рисунок 4.66 – Фрикционный клин с полимерной накладкой

Фрикционные клинья отлиты из высокопрочного термообработанного чугуна марки ВЧ-120 с твердостью 363–444 НВ. Накладка износостойкая фрикционного клина выполнена из полиуретана марок «Уникспур», АПИ-4Т, АПИ-3ТУ, ТТ-194, пружины рессорных комплектов – стали марок 60С2ХФА, 55РП, 55ПП.

Колесные пары – типа РУ1Ш-957-Г с корпусными или бескорпусными буксовыми узлами. Корпусные буксовые узлы оборудованы цилиндрическими или коническими подшипниками, которые установлены в типовые корпуса букс типа 1 по ОСТ 24.153.12; бескорпусные буксовые узлы – коническими подшипниковыми узлами и адаптером.

В качестве базового используется конический подшипник СТВU 130×250×160 мм по ТУ SKF.СТВU.001.

В колесной паре предусмотрено применение оси типа РУ1Ш, изготовленной из осевой заготовки, и колес диаметром 957 мм – из стали марки Т.

Передача нагрузки боковых рам тележки на подшипниковый узел происходит через сменную износостойкую скобу и корпус буксы – для корпусных букс и через сменную износостойкую скобу и адаптер на конический подшипниковый узел – для бескорпусных букс. Конструкция адаптера исключает в эксплуатации возможность выхода из него подшипникового конического узла.

Тормозная рычажная передача (рисунок 4.67) оборудована триангелями 1 с креплением тормозных башмаков без применения резьбы (в отличие от тележки модели 18-578) и устройством направленного отвода колодок от поверхности колес 7.

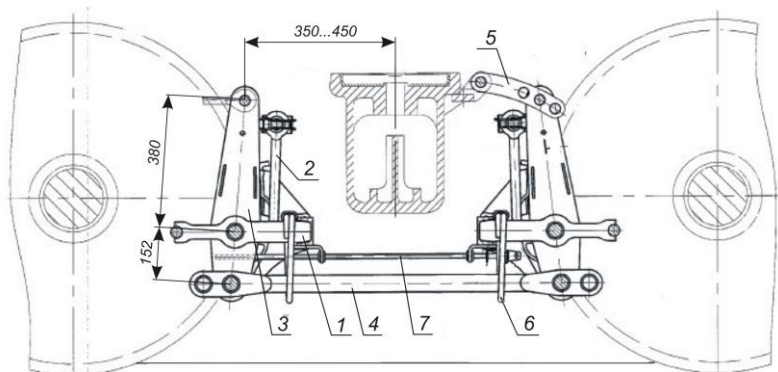


Рисунок 4.67 – Тормозная рычажная передача:

1 – триангель; 2 – подвеска; 3 – вертикальный рычаг; 4 – затяжка; 5 – серьга мертвой точки; 6 – скоба; 7 – устройство направленного отвода тормозных колодок

Триангели соединены с кронштейнами боковых рам подвесками 2. Двойные вертикальные рычаги 3 связаны затяжкой 4, а один из них (наружный) с помощью серьги 5 соединен с державкой мертвой точки, закрепленной на надрессорной балке. Для предохранения падения на путь затяжки вертикальных рычагов установлены скобы 6.

Безрезьбовое крепление тормозных башмаков и наконечников на триангеле осуществляется цанговым замком с применением полимерного упругого элемента, сухарей и шайб. Данный вариант крепления поясняется при рассмотрении конструкции тележки модели 18-9855.

Опорная балка авторежима унифицирована с моделью 18-100.

Тележка является инновационной, она испытана и сертифицирована и прошла испытания. В настоящее время тележки моделей 18-555 и 18-555-1 проходят подконтрольную эксплуатацию на сети железных дорог.

Тележка модели 18-9810. Конструкция инновационной тележки модели 18-9810 (рисунок 4.68) есть результат адаптации тележки Barber S-2-R, спроектированной компанией «Standard Car Truck Co», к российским условиям эксплуатации. Компания «Standard Car Truck Co» является одной из ведущих в мире в производстве трехэлементных тележек для грузовых вагонов. В конструкции тележки использованы ранее не применявшиеся в вагоностроении стран СНГ технические решения.

Тележка производится на ЗАО «Гихвинский вагоностроительный завод».

Первоочередные задачи при проектировании данной тележки – увеличение межремонтного пробега, а также улучшение динамических характеристик по сравнению с серийно выпускаемыми тележками 18-578.

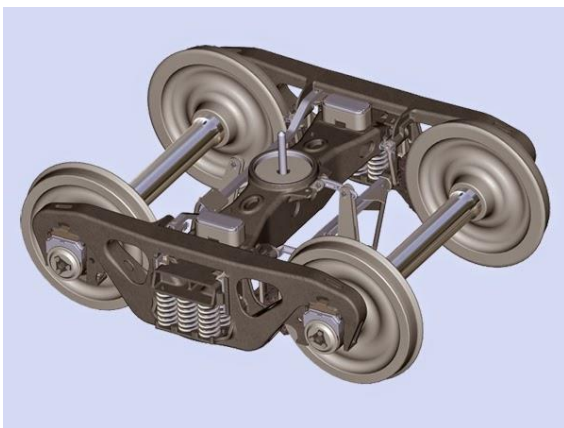


Рисунок 4.68 – Тележка модели 18-9810

Тележка предназначена для осевой нагрузки 230,5 кН (23,5 тс) и взаимозаменяема с тележкой 18-100. При этом пружины рессорного подвешивания и боковые рамы имеют запас прочности для осевой нагрузки 245 кН (25 тс). Выпускается в двух вариантах: с балкой авто-режима и без балки авто-режима.

Тележка характеризуется надежностью и простотой конструкции, уменьшенным воздействием на путь и низкой

стоимостью жизненного цикла (за счет увеличения межремонтных пробегов).

Условное обозначение тележки: *тележка двухосная модель 18-9810, тип 2, ГОСТ 9246–2013.*

Эксплуатационные преимущества тележки:

- увеличение межремонтного пробега тележки до 800 тыс. км за счет применения износостойких материалов в узлах трения, а износостойких элементов до 1 млн км. Основные узлы подвешивания тележки подлежат замене через 1–1,5 млн км;

- снижение коэффициента вертикальной динамики порожнего вагона на 30 % по сравнению с тележкой 18-100;

- увеличение коэффициента запаса устойчивости от схода колеса с рельсов порожнего вагона на 30 % по сравнению с тележкой 18-100.

Основные конструктивные особенности [5, 51, 52]:

- 1 Рессорное подвешивание принципиально новой конструкции с кусочно-линейной силовой характеристикой.

- 2 Боковая рама и надрессорная балка измененной конструкции с увеличенными показателями статической и усталостной прочности.

- 3 Боковые скользящие – упругие постоянного контакта.

- 4 Практически полное отсутствие в конструкции тележки неметаллических элементов, что делает возможным ее эксплуатацию при температурах до минус 60 °С.

5 Наличие визуальных индикаторов предельного состояния в конструкции изнашиваемых деталей и узлов (контрольные точки на деталях с изнашиваемой поверхностью в виде канавок и выемок), что упрощает их осмотр в эксплуатации. К таким деталям относятся колпак скользуна, фрикционный клин и адаптер.

6 Оборудование колесных пар – бескорпусными буксовыми узлами.

7 Оснащение тележки блокираторами от вертикальных перемещений колесных пар.

Технический уровень тележки характеризуется следующими показателями:

- назначенный срок службы основных элементов тележки – 32 года;

- назначенный ресурс по пробегу между плановыми ремонтами по комбинированному критерию (назначается один из вариантов):

- *первый вариант*: от постройки до первого деповского ремонта, между капитальным ремонтом и деповским – 500 тыс. км, или срок эксплуатации не более 6 лет; между деповскими ремонтами – 350 тыс. км, или 4 года;

- *второй вариант*: от постройки до первого деповского ремонта, между капитальным ремонтом и деповским – 800 тыс. км, или 8 лет;

- срок эксплуатации между плановыми ремонтами по единичному критерию:

- от постройки до первого деповского ремонта, между капитальным ремонтом и деповским – не более 4 лет;

- между деповскими ремонтами – не более 2 лет.

Составные части тележки (рисунок 4.69): две колесные пары 1 с коническими подшипниковыми узлами 5 и адаптером 2, две боковые рамы 3 с блокираторами вертикальных перемещений 10, надрессорная балка 6 со скользунами 7 и подпятником 8, рессорное подвешивание 4, тормозная рычажная передача 9 и шкворень.

Боква я рама – литая увеличенной прочности из стали марки 20ГЛ. Рама в сборе со сменными износостойкими скобами 8 и фрикционными планками 6 показана на рисунках 4.70 и 4.71. Визуально рама имеет измененную конфигурацию и уменьшенные размеры рессорного 3 и буксовых 1 проемов.

Размер рессорного проема уменьшен за счет изменения размеров и схемы расположения пружин рессорного комплекта; размер буксового проема – за счет использования в колесных парах бескорпусных букс. Уменьшенный размер рессорного проема позволяет увеличить жесткость тележки на забегание боковых рам.

Несущая способность рамы повышена за счет увеличенной высоты сечения в концевой части буксового проема, замкнутого коробчатого сечения наклонного пояса и увеличенной высоты сечения в зоне нижнего угла рессорного проема, а также уменьшенных размеров проемов. Повышенный

запас прочности боковой рамы позволяет использовать ее в тележке с повышенной до 245 кН осевой нагрузкой.

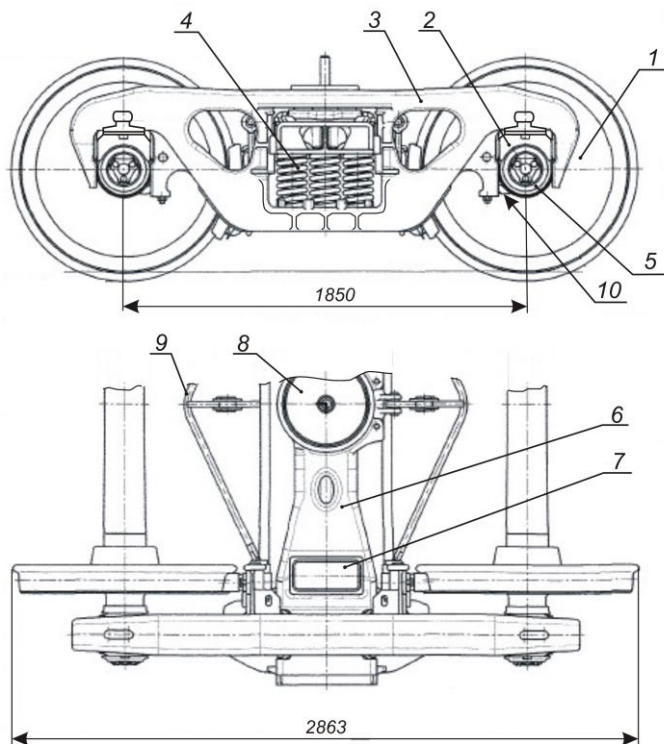


Рисунок 4.69 – Схема общего вида тележки

Отличительная особенность буксовых проемов тележки:

– выступающие опорные упоры 4 (внешний и внутренний), ограничивающие горизонтальные перемещения адаптера относительно буксового проема;

– отверстие 7 в нижней части внутренней челюсти буксового проема для установки на болтовое соединение блокиратора, ограничивающего вертикальные перемещения колесной пары.

К опорной поверхности буксового проема крепится износостойкая скоба 8, состоящая из верхней пластины толщиной 8 мм из стали марки 20 и приваренного к ней нижнего листа из стали марки 30ХГСА толщиной 4 мм (твердость нижнего листа 285–325 НВ). Крепление производится загибающимися лапками с двух сторон через отверстия в концевой части боковой рамы.

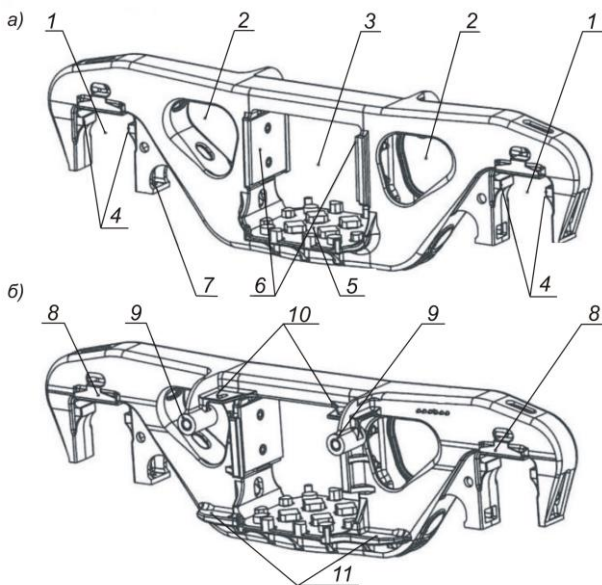


Рисунок 4.70 – Боковая рама в сборе:

a – внешняя сторона; *б* – внутренняя сторона;

1 – буксовый проем; 2 – окно технологическое; 3 – рессорный проем; 4 – опорные упоры; 5 – опорная плита; 6 – фрикционная планка; 7 – отверстие для установки на болтовое соединение блокиратора; 8 – сменная износостойкая скоба; 9 – кронштейн для крепления подвески триангелей; 10 – полка опорная для балки авторежима; 11 – полка предохранительная

Нижняя часть рессорного проема образует плиту 5 с размещенными на ней ограничителями и упорами для установки пружин рессорного комплекта. С внутренней стороны боковой рамы опорная плита переходит в предохранительные полки 11, являющие опоры для наконечников триангелей в случае обрыва подвесок, которыми триангели подвешены к кронштейнам 9 боковой рамы. В кронштейны в целях предотвращения их из-



Рисунок 4.71 – Боковая рама с установленными износостойкой скобой и фрикционной планкой

носа установлены износостойкие втулки. Полки 10 с овальными отверстиями, прилегающие к кронштейнам подвески тормоза, служат опорами для балки авторежима.

Отличительная особенность рессорного проема тележки – болтовое крепление износостойких фрикционных планок 6. Для фиксации и крепления фрикционных планок на вертикальных стойках рессорного проема имеются площадки и ограничительные (фиксирующие) упоры (вертикальный и два горизонтальных). Фрикционная планка (толщиной 12 мм, из стали У9 по ГОСТ 1435 с закалкой поверхности до 365–415 НВ) крепится двумя болтовыми соединениями, каждое из которых состоит из болта 3 (рисунок 4.72), шайбы 5, стопорной гайки 4 с фланцем. Фрикционная планка крепится болтами с регламентируемым моментом затяжки от 550 до 600 Н·м, что значительно снижает трудоемкость при плановых видах ремонта.

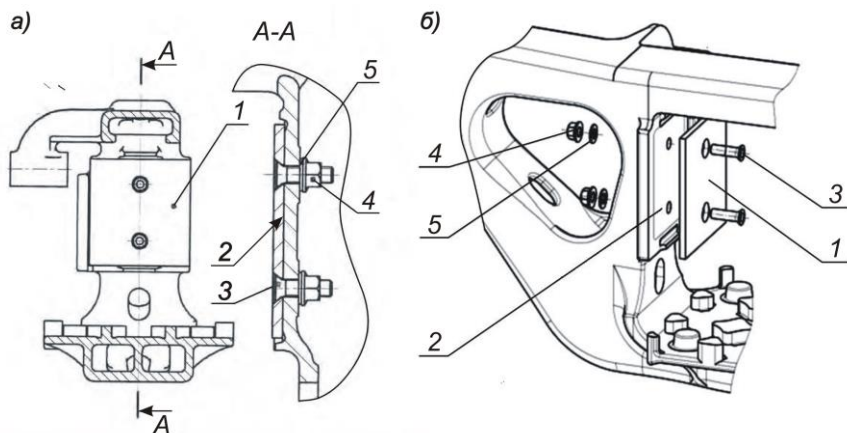


Рисунок 4.72 – Крепление фрикционной планки:

a – схема; *б* – узел соединения с разнесенными элементами;

1 – планка фрикционная; 2 – площадка стойки боковой рамы; 3 – болт;

4 – стопорная гайка; 5 – шайба

На каждую боковую раму при изготовлении наносят шишки, количество которых соответствует размеру базы боковой рамы в пределах конструктивного допуска. По одинаковому количеству шишек при изготовлении тележки осуществляют подбор двух боковых рам в одну тележку, что обеспечивает разность баз боковых рам в одной тележке не более 2 мм.

Окна 2 (см. рисунок 4.70) в конструкции боковой рамы обеспечивают доступ к тормозным колодкам, а также к гайкам болтов, крепящих фрикционные планки.

Надрессорная балка (рисунок 4.73) имеет на верхнем поясе подпятник 4 и две опорные площадки 1 с отверстиями для установки боковых скользунов, на нижнем – опоры для рессорных комплектов с ограничителями, фиксирующими пружины комплекта. На боковых стенках в концевых частях боковых стенок выполнены четыре клиновых кармана 10 для фрикционных клиньев, в средней части одной из боковых стенок – приливы 7 для установки державки мертвой точки.

Над карманами имеются выступы 11, предназначенные для контакта с фрикционными клиньями при их подъеме.

В концевых частях боковых стенок предусмотрены упоры 6 и внутренние упорные стенки 8, ограничивающие соответственно поперечные и продольные перемещения надрессорной балки относительно боковых рам.

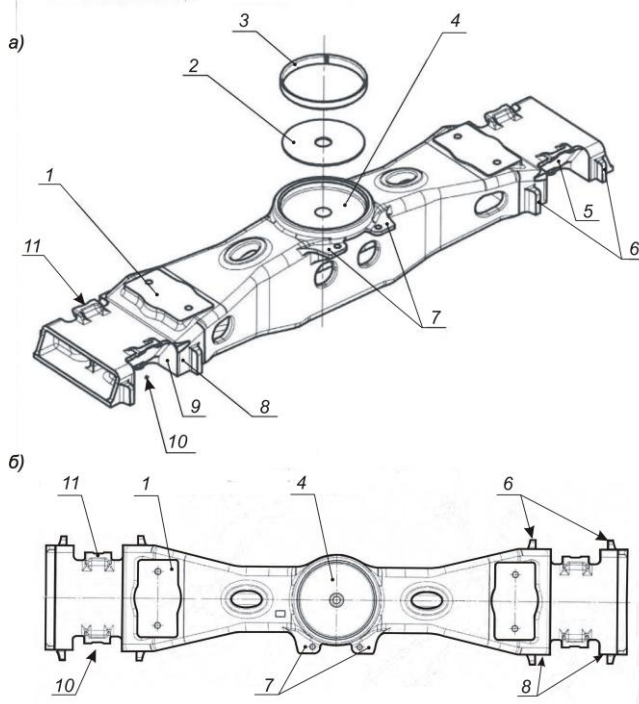


Рисунок 4.73 – Надрессорная балка:
а – с элементами защиты подпятника от износа; *б* – вид сверху

Технологические отверстия в балке предназначены для снижения ее массы и доступа к крепежу боковых скользунов.

Подпятник и карманы для клиньев оборудованы для защиты от износа износостойкими элементами.

Упорная поверхность подпятника защищена от износа приваренным износостойким кольцом 3, а опорная поверхность – полимерным вкладышем 2.

Для защиты от износа кармана на его наклонную поверхность 5 приварена износостойкая вставка из мягкой конструкционной стали (сталь марки 20), а на боковые стенки 9 – износостойкие планки из нержавеющей стали (марок 08X18H10 или 304). Карман с износостойкими защитными элементами показан на рисунке 4.79.

В тележке используются упругие скользуны постоянного контакта, в которых в качестве упругих элементов применены комплекты цилиндрических пружин.

Упругий скользящий элемент (рисунок 4.74) состоит из корпуса 4, двух пружин (двухрядных или однорядных) и колпака 1, устанавливаемого внутрь корпуса с зазором. Число пружин подбирается в зависимости от массы порожнего кузова вагона. В вагонах массой тары менее 20 т применяют скользуны пониженной жесткости, в которых внутренние пружины отсутствуют.

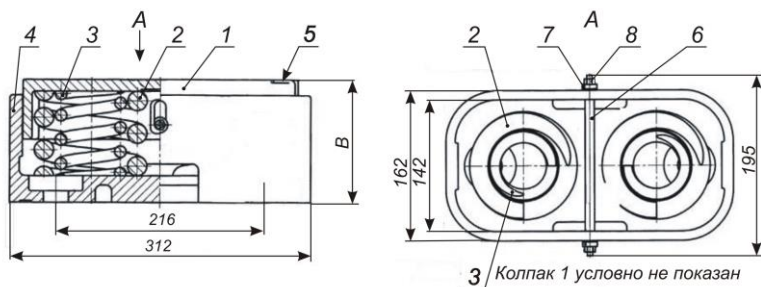


Рисунок 4.74 – Упругий скользящий элемент со шпилькой

На рисунке 4.74 показан вариант с двухрядными пружинами (2 – наружная, 3 – внутренняя) и креплением колпака к корпусу шпилькой 6. Шпилька проходит через отверстия в корпусе и колпаке. Ее смещение ограничивается шайбами 7 и стопорными гайками 8, которые устанавливают на концы шпильки.

Установка скользящего элемента на опорной площадке наддрессорной балки показана на рисунке 4.75. Корпус крепится к посадочному месту на балке двумя болтами 6 со стопорными гайками 8 и шайбами 7. Доступ к гайкам крепежных болтов обеспечивают технологические отверстия 9 на боковых стенках балки.

Изготавливают корпус и колпак из износостойкого чугуна марки ВЧ-120 или марки 175/125/4 по ASTM A-897.

Особенностью скользяна является наличие визуальных индикаторов его предельного состояния. Для контроля износа рабочей поверхности колпака по четырем его углам имеются канавки 5 глубиной 3 мм (в новом состоянии).

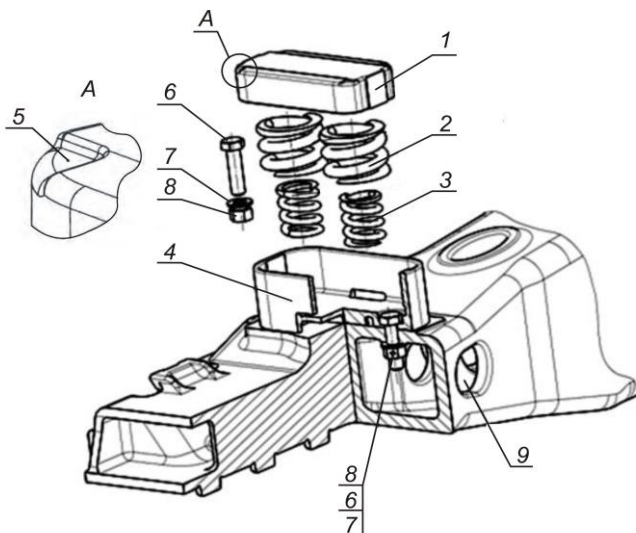


Рисунок 4.75 – Установка скользяна

Рессорное подвешивание (рисунок 4.76) состоит из двух рессорных комплектов. Каждый комплект включает девять двухрядных пружин по ГОСТ 1452 и два клиновых фрикционных гасителей колебаний принципиально новой конструкции. Пружинный комплект такой конструкции позволяет использовать прутки меньшего диаметра и уменьшить массу пружин.

На две двухрядные пружины (подклиновые) 1 опираются фрикционные клинья 3, а семь пружин (основных рабочих) 2 расположены под наддрессорной балкой 4.

Рессорное подвешивание имеет кусочно-линейную силовую характеристику (рисунок 4.77), что обеспечивается разной высотой двухрядных пружин (рисунок 4.78). Внутренние пружины выше наружных: у подклиновых пружин высота внутренней 290 мм, наружной – 285 мм, у пружин под наддрессорной балкой высота внутренней 275 мм, наружной – 240 мм. Ввиду того, что внутренние пружины под клиньями на 15 мм выше, чем под

надрессорной балкой, фрикционные клинья постоянно поджаты к надрессорной балке даже в случае их износа.

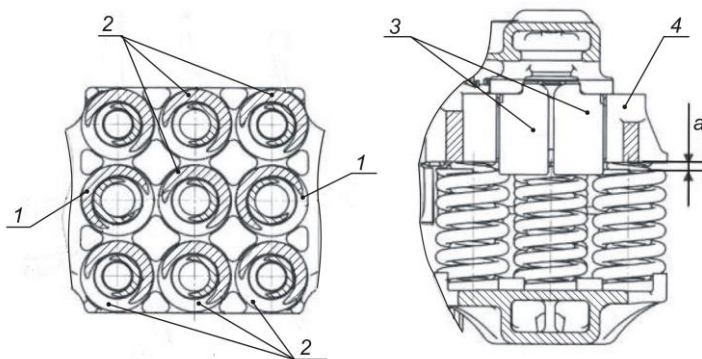


Рисунок 4.76 – Рессорный комплект тележки:

1 – двухрядная подклиновья пружина; 2 – двухрядная пружина под надрессорной балкой; 3 – фрикционный составной клин; 4 – надрессорная балка

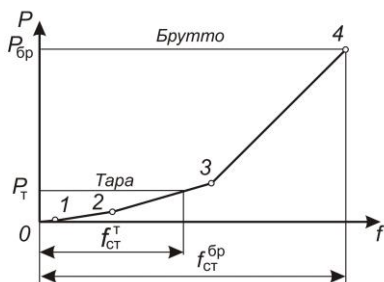


Рисунок 4.77 – График силовой характеристики рессорного подвешивания тележки модели 18-9810

У порожнего и малозагруженного вагона работают подклиновые пружины и внутренние пружины под надрессорной балкой. Запас на динамический прогиб до начала работы всех пружин рессорного комплекта составляет 18 мм. Таким образом, под порожним и мало нагруженным вагоном между надрессорной балкой и наружными пружинами имеется зазор «а» (см. рисунок 4.76). После загрузки вагона работают все пружины рессорного комплекта.

Такое конструктивное исполнение двухрядных пружин позволяет увеличить гибкость подвешивания для порожнего вагона.

Пружины изготовлены из стали марки 60С2ХФА.

Фрикционные клинья – составные пространственного действия. Каждый клин – сдвоенный, состоит (рисунок 4.79) из двух зеркальных частей с наклонной поверхностью пространственной конфигурации.

Наклонные поверхности 1 сдвоенных клиньев, соприкасающиеся с надрессорной балкой, обращены друг к другу под углом 150° и взаимодей-

ствуют со сменной вставкой 2, изготовленной из мягкой стали. Сменная вставка приваривается на наклонную поверхность кармана наддрессорной балки.

Рисунок 4.78 – К высоте пружин рессорного комплекта тележки:
 1 – фрикционный составной клин;
 2 – наддрессорная балка; 3, 4 – внутренняя и наружная подклиновые пружины;
 5, 6 – внутренняя и наружная рабочие пружины (пружины под наддрессорной балкой)

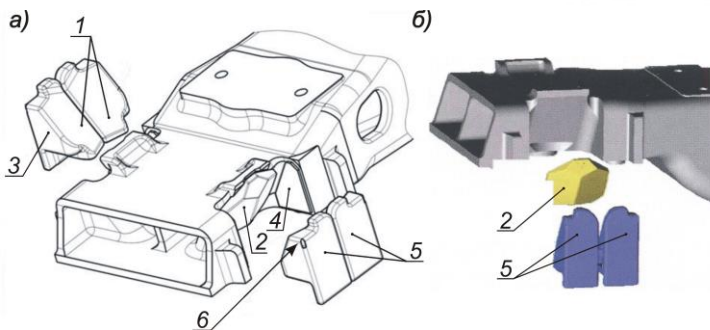
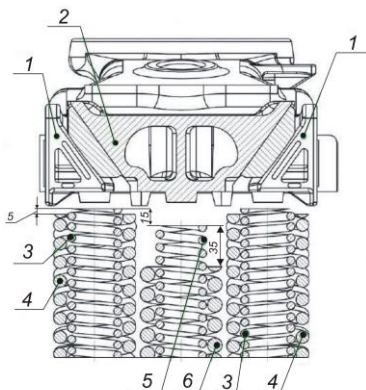


Рисунок 4.79 – Взаимодействие клина с карманом наддрессорной балки:
 а – установка клина; б – установка клина и сменной вставки

В такой конструкции поворот наддрессорной балки относительно боковой рамы, возникающий при забегании боковых рам, *стеснен*. Сопротивление забеганию в тележке 18-9810 под порожними вагонами выше в 1,5–2,2 раза, что позволяет повысить безопасные скорости их движения.

Боковые стенки 3 клина взаимодействуют с износостойкими планками 4 в карманах наддрессорной балки, а вертикальные поверхности 5 клина – с фрикционной планкой боковой рамы.

Угол наклона фрикционного клина (рисунок 4.80) к горизонтали составляет 55°.

Клинья изготавливаются из высокопрочного чугуна марки ВЧ-120 (что обеспечивает стабильные характеристики трения на поверхности, контакти-

рующей с фрикционной планкой боковой рамы). Фрикционные планки из инструментальной стали крепятся к вертикальным стойкам рессорного проема боковой рамы болтами.

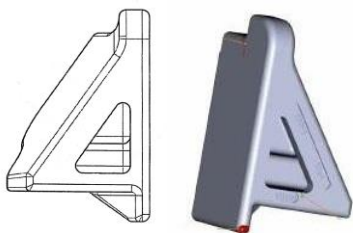


Рисунок 4.80 – Клин

В неизношенном состоянии фрикционные клинья находятся на одном уровне с наддрессорной балкой. В процессе износа они могут подниматься на 19 мм с сохранением достаточного трения для гашения колебаний. Для контроля завышения клина и износа его вертикальной поверхности предусмотрены вертикальные канавки – визуальные индикаторы *б* (см. рисунок 4.79). Это значительно снижает влияние человеческого фактора при определении

завышения клиньев в эксплуатации.

Контроль технического состояния клина (рисунок 4.81) осуществляется по положению нижней границы его индикатора относительно верхней поверхности концевой части наддрессорной балки. Уровень верхней поверхности показан пунктирной линией. В исправном состоянии индикатор полностью или частично находится ниже поверхности наддрессорной балки (см. рисунок 4.81, *а*). Неисправное состояние клиньев характеризуется полным завышением индикатора относительно поверхности наддрессорной балки (см. рисунок 4.81, *б*) или отсутствием видимого индикатора на клине вследствие предельного износа его рабочей поверхности (см. рисунок 4.81, *в*) и требует отцепки вагона в текущий ремонт.

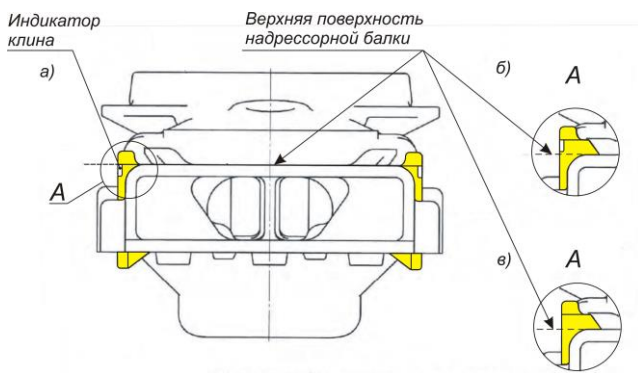


Рисунок 4.81 – К контролю изношенности клина:
а – при исправном состоянии; *б* – при неисправном состоянии (завышение клина); *в* – при неисправном состоянии (занижение клина)

Расчетный статический прогиб рессорного подвешивания в вагоне: под массой брутто (под максимальной расчетной массой вагона, брутто вагона 94 т) – не менее 45 мм; под тарой (под собственной массой вагона, тара 21 т) – не менее 11 мм.

Расчетный коэффициент относительного трения рессорного подвешивания: под массой брутто – 0,08–0,15, под тарой – 0,10–0,40.

К о л е с н ы е п а р ы – типа РУ1Ш-957-Г с бескорпусными буксовыми узлами (с коническими подшипниковыми узлами и адаптерами). Конические подшипниковые узлы оборудованы коническими двухрядными подшипниками закрытого типа с габаритными размерами 130×250×160 мм марок SKF и «Brenko».

Передача нагрузки боковых рам тележки на подшипниковый узел 3 (рисунок 4.82) происходит через сменную износостойкую скобу 1 и адаптер 2 из высокопрочного чугуна (без упругой накладки) марки ВЧ-50 (ГОСТ 7293) или марки 80-55-06 по ASTM A536. Выступающие упоры 4 буксового проема ограничивают горизонтальные перемещения адаптера относительно проема.

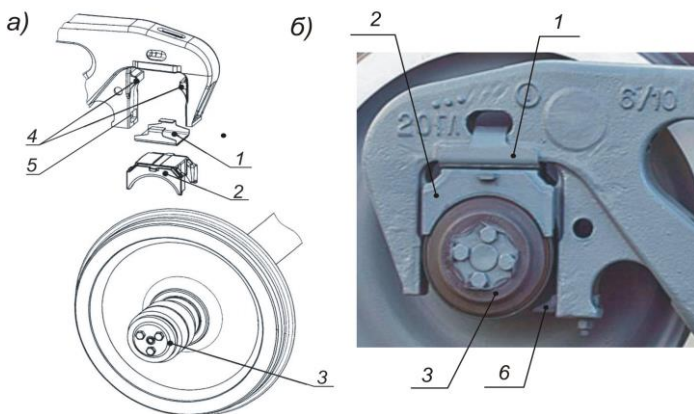


Рисунок 4.82 – Узел соединения боковой рамы с коническим подшипниковым узлом:

а – с разнесенными элементами; *б* – общий вид:

1 – сменная износостойкая скоба; 2 – адаптер; 3 – конический подшипниковый узел;
4 – выступающие упоры буксового проема; 5 – отверстие для установки блокиратора;
6 – блокиратор

Адаптер (рисунок 4.83) имеет две опорных поверхности: нижнюю цилиндрическую 2 – для установки на подшипниковый узел и верхнюю 3 – для боковой рамы. Поперечное перемещение адаптера относительно под-

шипникового узла ограничивается буртами 1. Для крепления страховочных скоб при сборке и разборке тележки предназначены выступы 5.

Для контроля износа верхней опорной поверхности адаптера в ее средней части предусмотрена выемка 4. Контроль износа цилиндрической поверхности осуществляют с помощью технологических канавок 6, расположенных у каждого бурта. В результате износа уровень цилиндрической поверхности над уровнем заглабления канавки *a* будет уменьшаться. Адаптер бракуется, когда их уровни сравниваются.

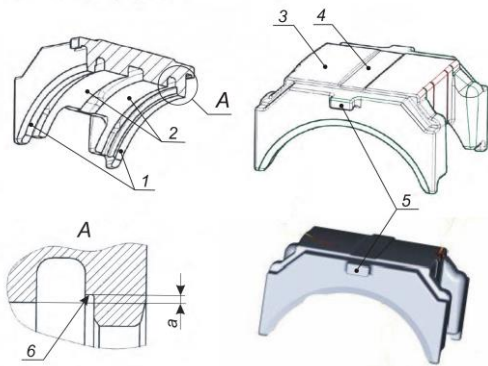


Рисунок 4.83 – Адаптер:
1 – бурт; 2, 3 – нижняя и верхняя опорные поверхности; 4, 6 – контрольные выемка и канавка; 5 – выступ

Адаптер изготовлен из чугуна марки ВЧ-50 или 80-55-06 по АТSM А536.

Тележка оборудована блокираторами от вертикальных перемещений колесных пар. Это обязательное требование для тележек, у которых передача нагрузки от боковых рам на конические подшипниковые узлы производится через адаптер. Блокиратор ограничивает вертикальные перемещения колесных пар, не позволяя им выйти из буксового проема.

Устанавливают блокираторы в специальные сквозные

отверстия 7 (см. рисунок 4.70) в нижней части внутренних стенок буксовых проемов боковой рамы.

Крепление блокиратора 1 (рисунок 4.84, *a, б*) производится болтом 4 со стопорной гайкой 2 и шайбой 3. Отсутствие блокиратора в буксовом проеме или отсутствие его крепежа являются неисправностью, требующей отцепки вагона в текущий ремонт.

Осмотр и оценка технического состояния тележки в эксплуатации упрощается наличием визуальных индикаторов предельного состояния в конструкции основных изнашиваемых деталей и узлов (колпак скользуна, фрикционный клин и адаптер).

Тормозная рычажная передача тележки унифицирована с моделью 18-100.

Опорная балка авторежима аналогична по конструкции тележке модели 18-100.

Особенности конструктивного исполнения тележки показаны на рисунке 4.85.

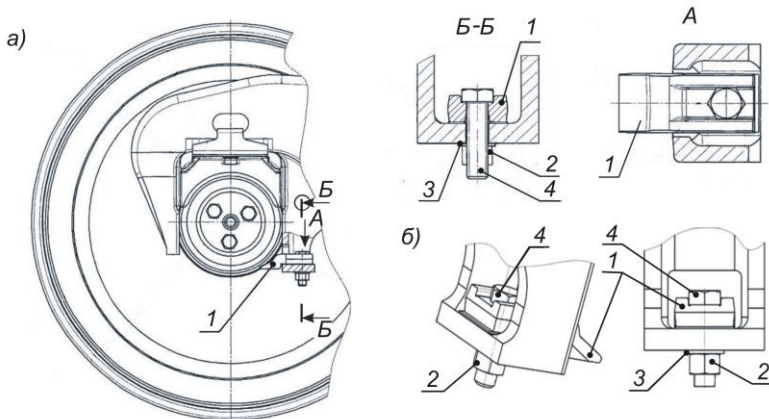


Рисунок 4.84 – Блокиратор:
 а – установка в боковой раме; б – общий вид узла крепления блокиратора

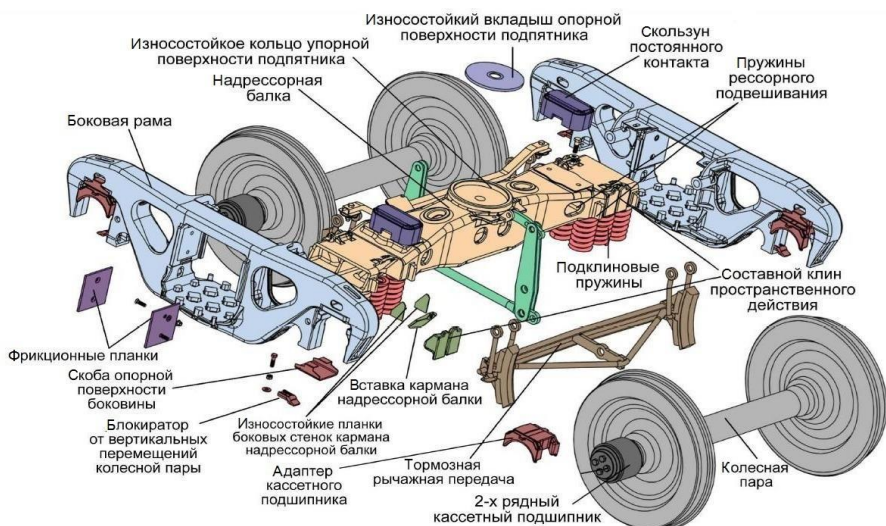


Рисунок 4.85 – Общий вид тележки модели 18-9810 с разнесенными элементами

Тележка RC25NT D-RU. Это скоростная трехэлементная тележка (рисунок 4.86), предназначенная для грузовых вагонов. Она имеет сварную конструкцию боковых рам и надрессорной балки, а также центральное рессорное подвешивание. Конструкционная скорость движения 160 км/ч.

Тележка разработана и построена предприятием ELH (Германия, г. Галле). Ее отличает наличие дисковых тормозов, а также радиальная установка осей с управлением через систему рычагов. В результате этого снижаются шум при движении и нагрузки на путь. Использовать тележки планируется при производстве грузовых вагонов компанией «Tatrawagonka Poprad» (Словакия) для железных дорог Германии и России.



Рисунок 4.86 – Тележка RC25NT

4.5 Новые и перспективные тележки грузовых вагонов для осевой нагрузки 245 кН

В настоящее время парк грузовых вагонов пополняется вагонами с повышенной нагрузкой на ось 245 кН (25 тс) и более. Увеличение нагрузки на ось потребовало разработки новых конструкций ходовых частей, обеспечивающих безаварийную работу под такой нагрузкой и увеличенный межремонтный пробег.

Одним из главных требований при создании тележек с повышенной осевой нагрузкой является обеспечение хороших динамических качеств вагонов при повышенных до 245 кН (25 тс) нагрузках от оси на рельсы. Воздействие на путь таких вагонов не должно превышать воздействий вагонов эксплуатационного парка на тележках модели 18-100. Показатели ходовых качеств таких вагонов при движении со скоростью 120 км/ч должны быть не хуже вагонов, оснащенных типовыми тележками модели 18-100.

При этом уровень воздействия на рельсовый путь является комплексным показателем и определяется не только величиной осевой нагрузки, но и жесткостью рессорного подвешивания тележки.

Для осевой нагрузки 245 кН (25 тс) разработан целый ряд перспективных тележек, основными из которых являются тележки моделей 18-194-1, 18-9855, 18-9836, 18-9800 производства российских вагоностроительных

заводов, тележки моделей 18-4129, 18-9817 и 18-7033, созданных в Украине, а также модель 18-9996 (ZK1) производства КНР. При этом тележка модели 18-4129 допущена для эксплуатации только по железным дорогам Украины.

Тележки моделей 18-9836 и 18-9817 разработаны в США компанией «Amsted Rail», модели 18-9855 – компанией «Standard Car Truck Co». Их конструкция адаптирована к условиям эксплуатации в странах СНГ.

Все тележки с осевой нагрузкой 245 кН (25 тс) относятся к 3-му типу по ГОСТ 9246–2013.

Обязательным требованием к конструкциям тележек с повышенной осевой нагрузкой является использование колесных пар типа РВ2Ш-957-Г по ГОСТ 4835 с бескорпусными коническими подшипниковыми узлами и адаптерами, что позволяет снизить динамическое воздействие на путь за счет уменьшения неподдрессоренной массы тележки. При этом должна быть исключена возможность выхода конического подшипникового узла колесной пары из адаптера при эксплуатации вагонов.

Тележки моделей 18-9996 (ZK1) и 18-4129 оборудованы диагональными связями между боковыми рамами и их конструкция рассмотрена в подразд. 4.6.

Основные параметры и размеры новых тележек грузовых вагонов приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Сравнительная характеристика тележек грузовых вагонов нового поколения с осевой нагрузкой 25 тс

Основные параметры и размеры	Модели			
	18-194-1	18-9800	18-9855	18-9836
Масса, т	4,859/4,877*	5,3	5,0 (≤ 4,9)	4,9
База, мм	1850	1850	1850	1850
Конструктивная скорость, м/ч	120	120	120	120
Расстояние между продольными осями скользунов, мм	1524	1524	1524	1524
Расстояние между продольными осями рессорных комплектов, мм	2036	2036	2036	2036
Расстояние от уровня головок рельсов до уровня опорной поверхности подпятникового места в свободном состоянии, мм	818	813	830	814
Статический прогиб рессорного подвешивания под нагрузкой брутто, мм	75,5	65	51	64
Статический прогиб рессорного подвешивания под тарой, мм	21	17	25	14
Диаметр подпятникового места, мм	350	352	357	300
Глубина подпятникового места, мм	35	35	40	30
* В числителе масса без опорной балки авторежима, в знаменателе – с опорной балкой.				

Тележка модели 18-194-1. Разработана в ОАО «НПК «Уралвагонзавод»». В конструкции тележки (рисунки 4.87 и 4.88) реализованы новые технические решения, позволяющие рассматривать ее как перспективную для грузовых вагонов нового поколения с осевой нагрузкой 245 кН (25 тс). Межремонтный пробег тележки составляет 500 тыс. км [1, 45].

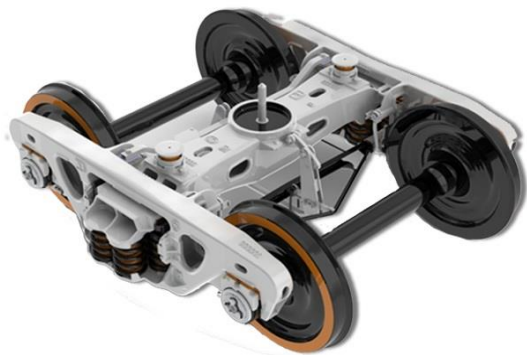
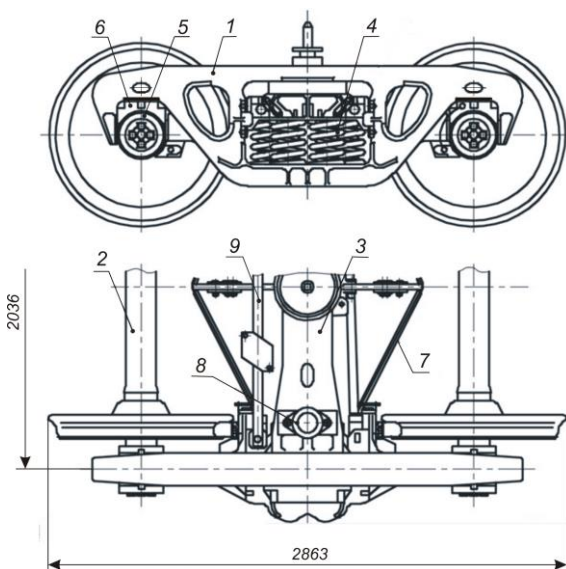


Рисунок 4.87 – Общий вид тележки модели 18-194-1

Рисунок 4.88 – Схема общего вида тележки модели 18-194-1:

- 1 – боковая рама; 2 – колесная пара; 3 – наддрессорная балка; 4 – рессорное подвешивание;
- 5 – конический подшипниковый узел;
- 6 – адаптер; 7 – тормозная рычажная передача;
- 8 – упругий скользун;
- 9 – балка опорная авторежима



Техническая характеристика:

- масса тележки в сборе – 4680 кг;
- база тележки – 1850 мм;

- расстояние от уровня головок рельсов до уровня опорной поверхности подпятникового места в свободном состоянии – 818 мм;
- расстояние между продольными осями боковых скользунов – 1524 мм;
- расстояние между продольными осями рессорных комплектов – 2036 мм;
- диаметр и глубина подпятникового места – 350 и 35 мм;
- ресурс по пробегу от постройки до первого деповского ремонта – 500 тыс. км.

Б о к о в а я р а м а имеет уменьшенную ширину буксового проема и снабжена предохранительным устройством, исключающим возможность выхода колесных пар из буксовых проемов. Усиленный нижний пояс, концевые части коробчатого сечения и перемычка между вертикальными стенками в зоне нижнего угла рессорного проема увеличивают прочность конструкции рамы и значительно повышают эксплуатационный ресурс боковой рамы. Предусмотрена механическая обработка поверхностей под составные фрикционные планки. К вертикальным стойкам крепятся основные фрикционные планка толщиной 16 мм, а контактные планки толщиной 10 мм свободно устанавливаются на упоры (направляющие) боковой рамы.

Н а д р е с с о р н а я б а л к а усилена, в первую очередь верхний пояс и среднее ребро. Для установки боковых скользунов на балке предусмотрены механически обработанные площадки с резьбовыми отверстиями, а также технологические окна.

Могут использоваться два типа скользунов постоянного контакта – упруго-катковый или упругий (рисунок 4.89).

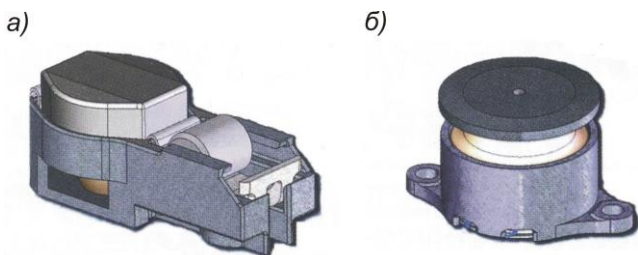


Рисунок 4.89 – Боковые скользуны тележки модели 18-194-1:
a – упруго-катковый с полимерным упругим элементом; *б* – упругий с полимерным упругим элементом

Для защиты от износа подпятникового места надрессорной балки она оборудуется износостойкими элементами из термоупрочненной стали 30ХГСА. Конструктивно защита предусматривает два варианта его исполнения:

- на опорную поверхность подпятникового места устанавливается износостойкая прокладка толщиной 6,5 мм;

– в подпятниковое место свободно устанавливается чаша из низколегированной стали. Установка чаши производится с выполнением ограничителей, предохраняющих от проворота и выпадения, наплавленных на бурт подпятника в местах вырезов на бурте чаши. Эксплуатационные испытания показали, что применение чаши уменьшает износ наружного бурта и опорной поверхности подпятника в 3–5 раз.

Упругие скользуны постоянного контакта тележки 18-194-1 позволяют эффективно гасить колебания виляния и обеспечивают амортизацию колебаний перевалки кузова на тележках. При этом значительно снижается уровень динамических напряжений в конструкции шкворневого узла вагона и подпятника тележки, понижается динамическое воздействие на путь.

Рессорное подвешивание тележки (рисунок 4.90) – билинейное повышенной гибкости, что позволяет улучшить ходовые качества тележки в груженом и порожнем состоянии.

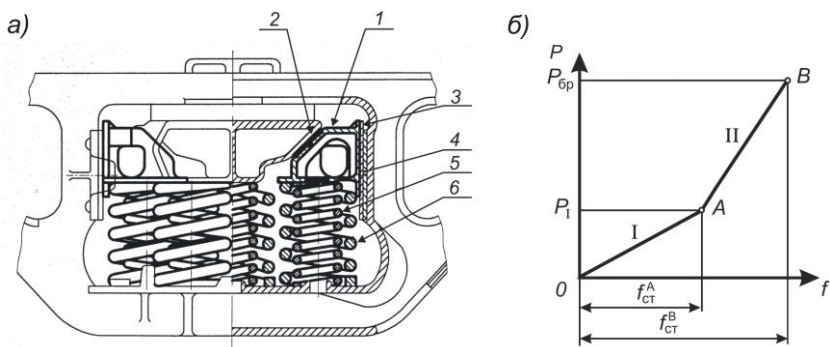


Рисунок 4.90 – Рессорное подвешивание тележки модели 18-194-1:

a – общий вид; *б* – силовая характеристика;

I – порожний или малозагруженный режим; *II* – груженный режим;

1 – фрикционный клин; *2* – накладка; *3* – контактная планка; *4* – фрикционная планка;

5, 6 – внутренняя и наружная пружины

Билинейность обеспечивается разной высотой внутренней и наружной пружин. Под фрикционными клиньями используются пружины увеличенной высоты, что обеспечивает необходимую силу поджатия клиньев к наддрессорной балке в случае их износа. А это в свою очередь повышает эффективность демпфирования колебаний и обеспечивает увеличенное сопротивление забеганию боковых рам.

В тележке используются фрикционные клинья увеличенной ширины с полимерной накладкой, что обеспечивает упругую связь клиньев с наддрессорной балкой и повышает связанность боковых рам с наддрессорной балкой.

Упругая связь клиньев с наддресорной балкой исключает контакт «металл по металлу», что предотвращает износ наддресорной балки, снижает воздействие на путь и улучшает показатели вертикальной и горизонтальной динамики вагона. А увеличенная ширина фрикционных клиньев обеспечивает кроме того увеличение связанности боковых рам с наддресорной балкой тележки.

Фрикционные клинья выполнены из бейнитного высокопрочного термоупрочненного чугуна марки ВЧ-120, полимерная накладка для клина – из полиуретанового эластомера марки АПИ-4, фрикционные планки – из износостойкой стали 30ХГСА.

Параметры рессорного подвешивания:

- статический прогиб рессорного подвешивания в вагоне:
 - под максимальной нагрузкой брутто – 73,4 мм;
 - под тарой – 15,5 мм;
- гибкость РП в вертикальной плоскости, м/МН (мм/т):
 - под нагрузкой брутто – 0,132 (1,29);
 - под тарой – 0,243 (2,38).
- коэффициент относительного трения фрикционного гасителя колебаний – 0,08.

К о л е с н ы е п а р ы оборудуются бескорпусными коническими подшипниковыми узлами с размером базового подшипника 150×250×160 мм.

Ось колесной пары изготавливается из непрерывнолитой вакуумированной стали с гарантированным значением минимального предела текучести 400 МПа и увеличенным коэффициентом запаса усталостной прочности шейки.

Колеса – повышенной твердости обода и с дробеструйным упрочнением S-образных дисков, что увеличивают срок их службы в 1,5–2 раза.

Нагрузка от боковой рамы 3 на конические подшипниковые узлы 4 передается через адаптеры 2 уменьшенных размеров с упругими вставками 1 (рисунок 4.91). Угол обхвата адаптером кассетного подшипника находится в пределах 80°.

Буксовый проем оборудован клиновым блокиратором 5 вертикальных перемещений колесной пары.

Применение адаптеров уменьшенных габаритов позволяет уменьшить ширину буксового проема, снижает неподдресоренную массу тележки, улучшает динамику вагона.

Упругая полимерная износостойкая вставка адаптера обеспечивает первичное подвешивание тележки, предохраняет от износа опорные и упорные поверхности адаптера и боковой рамы, способствует возвращению колесных пар в исходное положение после перекоса при прохождении кривых участков пути. Применение упругой вставки вместе с уменьшенной шириной буксового проема минимизирует угол набегания колесных пар на рельс,

а также тенденцию к их несоосной установке, что уменьшает износ гребней колес и рельсов. Более равномерное распределение нагрузки на подшипник повышает его долговечность, снижается сопротивление качению.

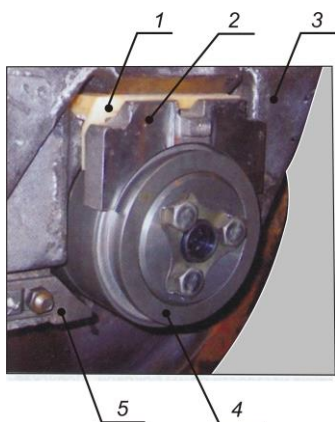


Рисунок 4.91 – Узел соединения боковой рамы с бескорпусным буксовым узлом тележки модели 18-194-1:

1 – полимерная вставка адаптера;
2 – адаптер; 3 – боковая рама; 4 – конический подшипниковый узел; 5 – блокиратор перемещения колесной пары

Тормозная рычажная передача с односторонним нажатием триангелей на каждую колесную пару аналогична тележке 18-578. Оборудована устройством направленного отвода колодок от колес при отпущенном тормозе, что способствует их равномерному износу. Используется триангель с безрезьбовым креплением тормозных башмаков и наконечников. Крепление осуществляется цанговым замком с полимерным упругим элементом.

Все конструктивные особенности тележки модели 18-194-1 приведены на рисунке 4.92.

Рассматривается возможность оборудования тележки 18-194-1 дисковыми тормозами, а также встроенным тормозным блоком PDC8 фирмы «KNORR- BREMSE» (рисунок 4.93).

Тележка модели 18-9855. Представляет собой аналог тележки 18-9810 для осевой нагрузки 245 кН (25 тс) [6, 52].

Основные составные части тележки – боковые рамы, рессорное подвешивание, боковые скользуны и адаптеры – унифицированы с тележкой модели 18-9810.

Общий вид тележки модели 18-9855 показан на рисунке 4.94.

Техническая характеристика:

– масса – 5 т, нормативный межремонтный срок – 800 тыс. км (8 лет), срок службы – 32 года;

– расстояние от уровня головок рельсов до уровня опорной поверхности подпятникового места: в свободном состоянии – 830 мм, под порожним вагоном (тарой 21 т) – 795 мм;

– расчетный статический прогиб рессорного подвешивания: под порожним вагоном (тара вагона 21 т) – 25 мм, под груженым вагоном (брутто вагона 100 т) – 51 мм.

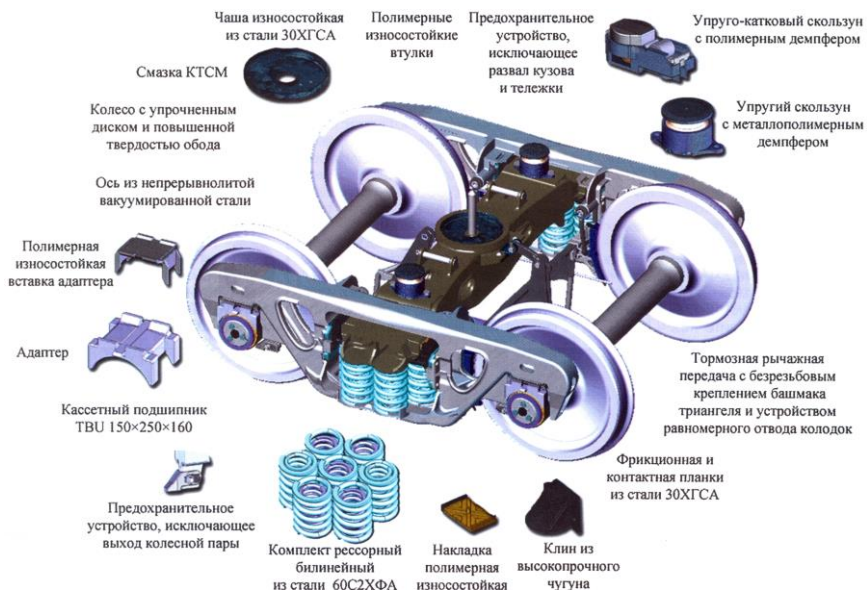


Рисунок 4.92 – Общий вид тележки модели 18-194-1 с разнесенными элементами

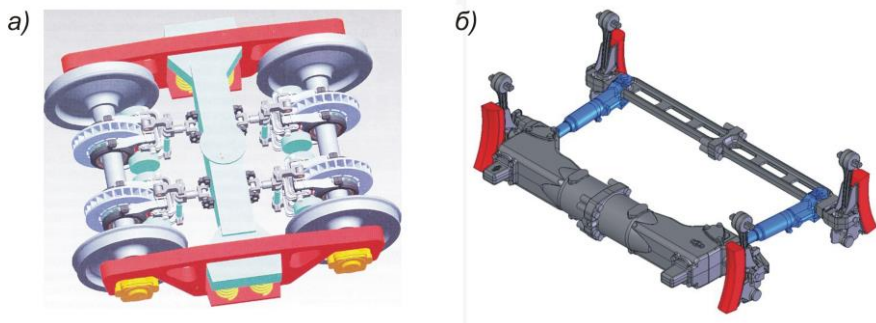


Рисунок 4.93 – Оборудование тележки модели 18-194-1 дисковым тормозом:
 а – компоновка тормозных блоков дискового тормоза на тележке;
 б – встроенный тормозной блок фирмы «KNORR- BREMSE»

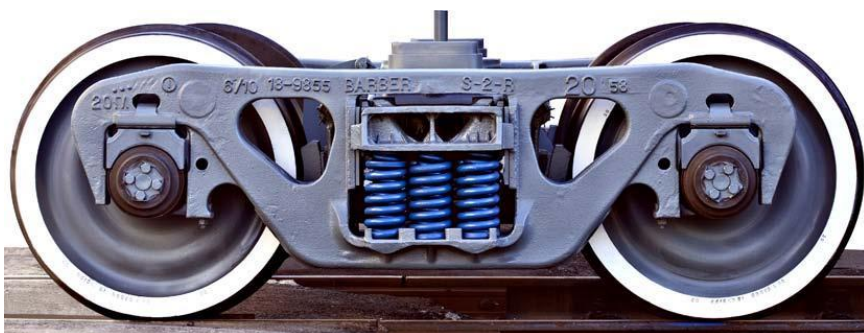


Рисунок 4.94 – Тележка модели 18-9855

Основные конструктивные отличия от тележки модели 18-9810:

- надрессорная балка (в соответствии требованиям нормативных документов к тележкам 3-го типа) имеет увеличенный диаметр и глубину подпятника (357 и 40 мм);

- колесные пары типа РВ2Ш-957-Г – с диаметром шейки оси 150 мм и колесами с криволинейным диском;

- тормозная рычажная передача (рисунок 4.95) – с безрезьбовым креплением башмака.

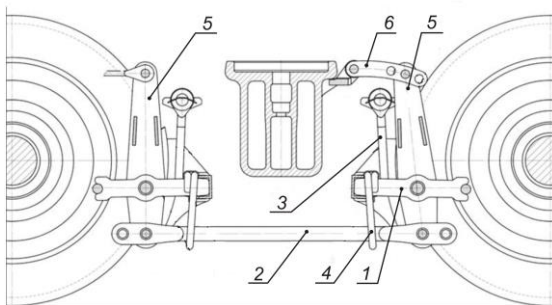


Рисунок 4.95 – Тормозная рычажная передача:

1 – триангель; 2 – затяжка; 3 – подвеска; 4 – скоба предохранительная; 5 – вертикальный рычаг; 6 – серьга мертвой точки

Безрезьбовое крепление башмака на триангеле приведено на рисунке 4.96. На конец триангеля 1 надевается башмак 2, затем наконечник 3, который фиксируется втулкой 5. Между втулкой и наконечником устанавливают одну или несколько регулировочных шайб 4, обеспечивая плотное прилегание втулки. Втулка закрепляется с помощью болтового соединения, включающего болт (фиксатор) 6, шайбу 7 и самопорящуюся гайку 8. Болт 6 вставляется через отверстия 9

Рисунок 4.96 – Безрезьбовое крепление башмака на триангеле

в наконечнике и 10 на триангеле. Головка болта углубляется в паз 11 втулки 5 и тем самым не имеет возможности провернуться.

Крепление тормозных башмаков на триангеле без применения резьбовых соединений значительно упрощает смену башмаков в эксплуатации.

Тележка модели 18-9800. Разработана в ОАО «ВНИКТИ» (Всероссийский научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава (г. Коломна)) для вагонов с осевой нагрузкой 245 кН (25 тс) (рисунки 4.97 и 4.98). Изготавливается в ЗАО «Промтрактор-Вагон». По документации разработчика имеет обозначение «26.В.503 ВНИКТИ».

Межремонтный пробег тележки – 500 тыс. км.

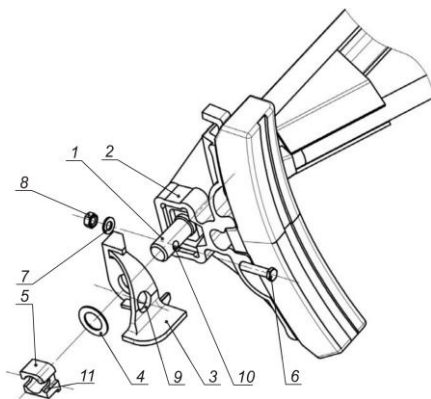


Рисунок 4.96 – Безрезьбовое крепление башмака на триангель



Рисунок 4.97 – Тележка модели 18-9800

Техническая характеристика:

- масса тележки в сборе – 5300 кг;
- база тележки – 1850 мм;
- расстояние от уровня головок рельсов до уровня опорной поверхности подпятникового места в свободном состоянии – 813 мм;
- конструкционная скорость – 120 км/ч.

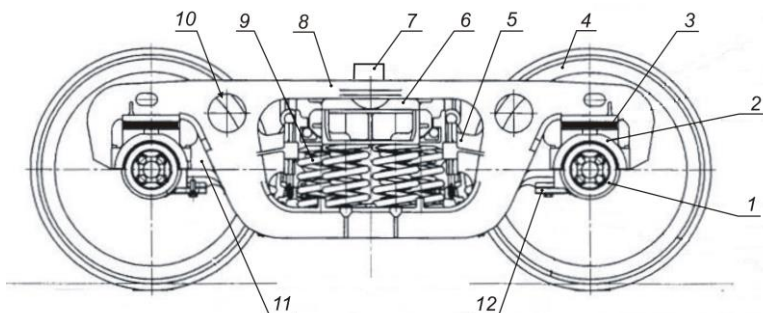


Рисунок 4.98 – Схема тележки модели 18-9800:

- 1 – конический подшипниковый узел колесной пары 4; 2 – адаптер; 3 – буксовый амортизатор (упругая прокладка); 5 – упор для фрикционного клина; 6 – надрессорная балка; 7 – упругий скользящий; 8 – боковая рама; 9 – рессорное подвешивание; 10 – технологическое окно; 11 – упор для адаптера; 12 – блокиратор вертикальных перемещений

Отличительные особенности тележки (рисунок 4.99) [49]:

- измененная конфигурация боковой рамы, в которой отсутствуют вертикальные стойки;
- надрессорная балка со съемным подпятником и опорными стаканами для упругих боковых скользящих постоянного контакта;
- упругие скользящие постоянного контакта с упругими элементами в виде наборных конических немаetalлических блоков;
- рессорное подвешивание с билинейной силовой характеристикой;
- упругая связь боковых рам с колесными парами (опирание боковой рамы на конический подшипниковый узел через многослойную упругую накладку и адаптер).

Боковая рама по конфигурации существенно отличается от типовой (см. рисунок 4.98). *Конструктивная особенность рессорного проема* – отсутствие вертикальных стоек и выступающие внутрь опорные упоры 5 для фрикционных клиньев; *особенность буксовых проемов* – замена внутренних челюстей опорными упорами 11, ограничивающими горизонтальные перемещения адаптера относительно буксового проема. Отсутствие вертикальных стоек и внутренних челюстей позволило увеличить радиусы сопряжения в проемах, исключив тем самым концентраторы напряжений в углах буксового и рессорного проемов. Между рессорным и буксовыми проемами боковой рамы предусмотрены круглые технологические окна 10.

Надрессорная балка на верхнем поясе имеет опорную площадку для установки съемного подпятника и опорные стаканы для размещения упругих элементов скользящих. Диаметр подпятникового места – 352 мм, глубина подпятникового места – 35 мм.

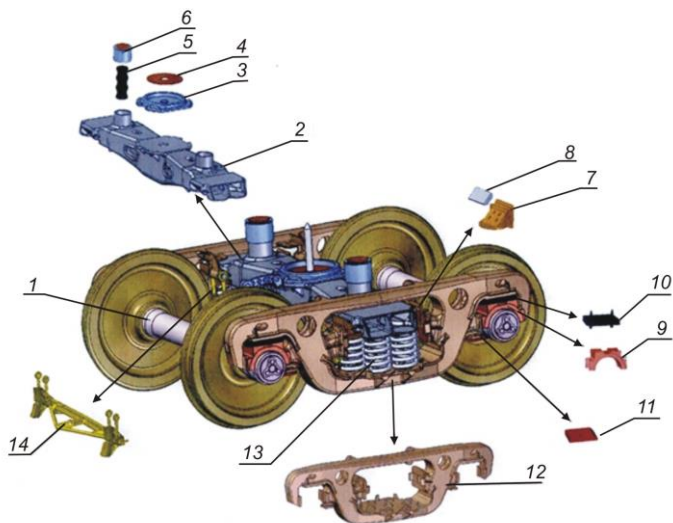


Рисунок 4.99 – Тележка модели 18-9800 с разнесенными элементами:

1 – колесная пара с коническими подшипниковыми узлами; 2 – наддрессорная балка; 3 – подпятник; 4 – прокладка; 5 – упругий элемент; 6 – стакан; 7 – клин; 8 – накладка; 9 – адаптер; 10 – буксовый амортизатор; 11 – блокиратор вертикальных перемещений; 12 – боковая рама; 13 – рессорное подвешивание; 14 – триангель

Боковые скользунны постоянного контакта представляют собой наборные конические полиуретановые блоки (рисунок 4.100) и стакан с антифрикционной фторопластовой накладкой. В связи с большими размерами упругих элементов по высоте их устанавливают в опорные стаканы, выполненные в наддрессорной балке.

Рессорное подвешивание унифицировано с тележкой модели 18-194-1 и характеризуется билинейной силовой характеристикой жесткости. В результате обеспечивается статический прогиб под тарой полувагона модели 12-2123 до 18 мм. После полной загрузки полувагона с подключением в работу внутренних пружин под наддрессорной балкой осадка пружин рессорного комплекта составляет 62 мм и не превышает ограничения в 65 мм, которое указано в ГОСТ 9246 на тележки грузовых вагонов.

Параметры рессорного подвешивания:

- полный статический прогиб рессорного подвешивания в вагоне под максимальной расчетной массой вагона – 65 мм;
- расчетный статический прогиб рессорного подвешивания в вагоне под минимальной расчетной массой вагона – 17 мм;
- коэффициент относительного трения фрикционного гасителя колебаний: под максимальной нагрузкой брутто – 0,08, под тарой – 0,1.



Рисунок 4.100 – Упругие элементы скользяна тележки модели 18-9800



Рисунок 4.101 – Буксовый амортизатор тележки модели 18-9800

В тележке используются колесные пары с бескорпусными коническими подшипниковыми узлами с размером базового подшипника $150 \times 250 \times 160$ мм.

Нагрузка от боковой рамы передается на подшипниковый узел через упругую полиуретановую опору V-образной формы (см. рисунок 4.101) и адаптер. Упругая опора обеспечивает сравнительно малую продольную (вдоль оси пути) жесткость $4,1$ кН/мм и увеличенную жесткость $7,1$ кН/мм поперечной связи.

Упругая связь боковых рам с колесными парами в продольном направлении обеспечивает радиальную установку колесных пар в кривых и снижает боковое воздействие на путь.

Тележка модели 18-9836 «Моушн Контрол» («Motion Control»). Тележка (рисунок 4.102) с осевой нагрузкой 245 кН (25 тс) представляет собой разработку компании «ASF-Keystone», входящей в Группу компаний Amsted Rail (США) [59]. Прототипом ее стала тележка «Motion Control», адаптированная к условиям эксплуатации на железных дорогах России. В конструкции тележки использованы технические решения, которые не имеют аналогов в РФ и странах СНГ. Выпускается в ЗАО «Промтрактор-Вагон» и ОАО «Алтайвагон».

Тележка отличается от существующих конструкций усовершенствованной системой рессорного подвешивания, обеспечивающей улучшенные ходовые качества, повышенную жесткость тележки в плане, а также уменьшенный износ пар трения тележки.

Тележка «Моушн Контрол» спроектирована и изготовлена с применением технологии M2+ («два миллиона миль плюс»), и на дорогах США и Канады ее межремонтный пробег составляет до $1,0$ млн км. Начиная с 2007 года, компания «Амстед Рейл» проводит работы по внедрению тележек «Моушн Контрол» на железных дорогах России, Украины (модели 18-9817, 18-9844) и других стран СНГ.

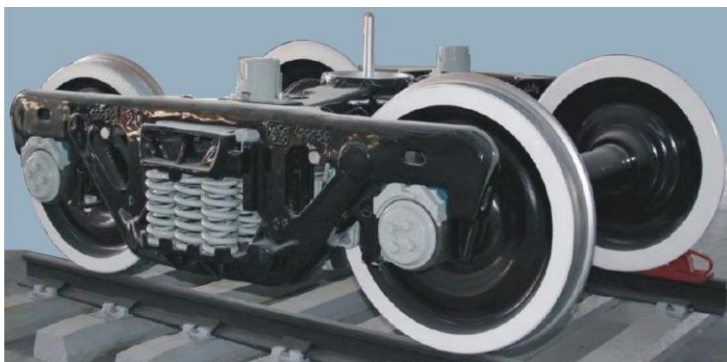


Рисунок 4.102 – Тележка модели 18-9836 (общий вид)

Рессорное подвешивание состоит из двух комплектов. Каждый *рессорный комплект* (рисунок 4.103) включает 9 комплектов пружин: 7 двухрядных и 2 однорядных. Всего же 16 пружин, из них 4 подклиновых (две двухрядные пружины), являющихся опорами для фрикционных клиньев, и 12 основных рабочих (пять двухрядных и две однорядные), установленных под надрессорной балкой.

Подклиновые пружины на 57–58 мм выше рабочих пружин. Такая разница в высоте пружин обеспечивает оптимальную работу фрикционного гасителя при износах клина и фрикционной планки. Увеличенная высота подклиновых пружин обеспечивает также повышенный коэффициент относительного трения в порожнем режиме. Это способствует хорошим динамическим качествам вагона как в груженом, так и в порожнем режимах.

Конструкция фрикционных клиньев (рисунок 4.104) существенно отличается от той, что применяется на серийных тележках. В тележке установлены износостойкие стальные фрикционные клинья с развитой вертикальной поверхностью и наибольшей по сравнению с другими клиньями шириной наклонной поверхности (более чем в 2 раза шире типо-

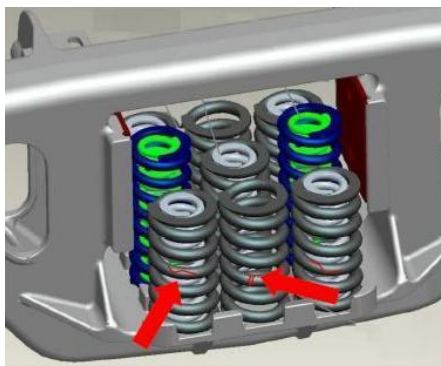


Рисунок 4.103 – Рессорное подвешивание тележки модели 18-9836

вого клина). При этом наклонные контактные поверхности клина разнесены и имеют сложный угол контакта с криволинейной поверхностью наддрессорной балки, что обеспечивает центрирование клина в карманах наддрессорной балки, улучшает работу фрикционного клина при гашении поперечных колебаний, улучшает связанность боковой рамы с наддрессорной балкой и уменьшает износ. Угол наклона поверхности клина $37,5^\circ$.

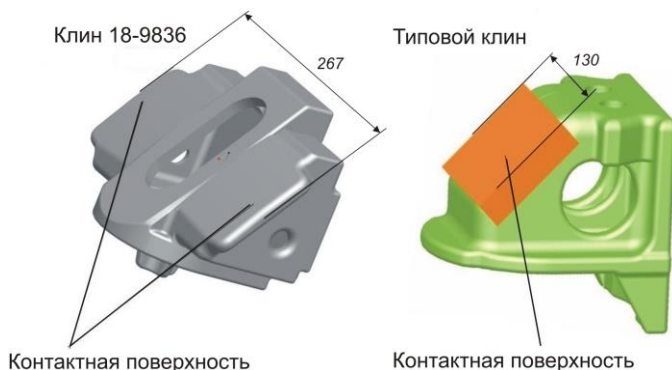


Рисунок 4.104 – Отличия в конструкции клиньев тележки модели 18-9836 и типового

На клинях введены контрольные отметки, регламентирующие износы в эксплуатации. Это значительно снижает влияние человеческого фактора при определении завышения клиньев в эксплуатации.

Фрикционный клин Ride Master выполнен из стали марки 30 ГСЛ (по ГОСТ 977), поверхность клина характеризуется твердостью 418–512 НВ и износостойкостью, обеспечивающей 1,6 млн км пробега.

Для изготовления фрикционной планки использована сталь SAE 1095 (У-10 по ГОСТ). Твердость поверхности – 341–415 НВ, износостойкость – 1,6 млн км пробега.

Стальная закаленная *фрикционная планка* (рисунок 4.105) крепится в кармане вертикальной стойки боковой рамы с помощью болтов с потайными головками и самоконтрящимися гайками. Болты имеют отрывные «хвостики» для нормирования (контроля) момента затяжки. Фрикционные планки установлены в боковой раме практически параллельно. Это обеспечивает минимальные перемещения фрикционного клина по отношению к наддрессорной балке с минимизацией износов их поверхностей.

Надрессорная балка (рисунок 4.106) отличается от серийной тем, что в ней сделаны ограничители, которые существенно снижают перемещения наддрессорной балки в рессорном проеме и, соответственно, пере-

кос тележки. В подпятниковое место 1 устанавливается чаша 3 из высокопрочного чугуна ВЧ-50. Чаша свободно помещается в подпятниковое место. Это не исключает износов основного материала подпятникового места, а значит, и восстановления наплавкой с последующей механической обработкой. Места под установку скользящих унифицированы для возможности установки скользящих 4 различных конструкций.

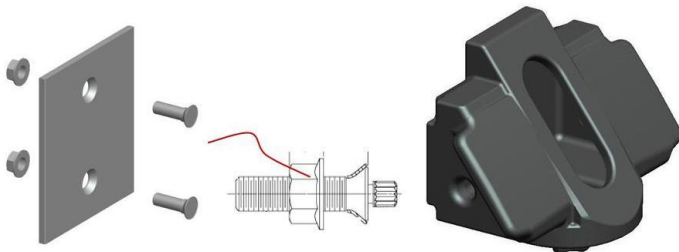


Рисунок 4.105 – Узел фрикционного гасителя колебаний тележки модели 18-9836

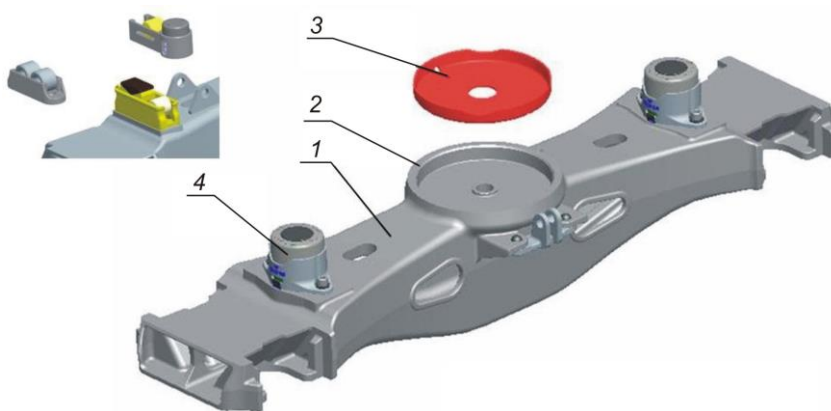


Рисунок 4.106 – Надрессорная балка тележки модели 18-9836:

1 – балка; 2 – подпятник; 3 – износостойкая чаша;
4 – съемные скользящие постоянного контакта

Боковые скользящие тележки (рисунок 4.107) – упругие постоянного контакта. В качестве основных скользящих используются скользящие «Pre-load Plus 4500» компании «Amsted Rail, Inc» (США), в которых в качестве упругих элементов применены внутренние и наружные пружины.



Рисунок 4.107 – Боковой пружинный скользящий элемент «Preload Plus 4500»

Боковая рама (рисунок 4.108) во многом подобна раме тележки модели 18-9810. В буксовых проемах рамы имеются специальные упоры, контактирующие с полимерной накладкой адаптера тележки. В нижней части внутренних буксовых челюстей расположены приливы, в которых находятся кронштейны для крепления предохранителя от выхода колесных пар.

Боковые рамы и надрессорная балка тележки в местах сопряжения имеют ограничительные кронштейны, которые сохраняют прямоугольность очертаний трехэлементной тележки в плане.

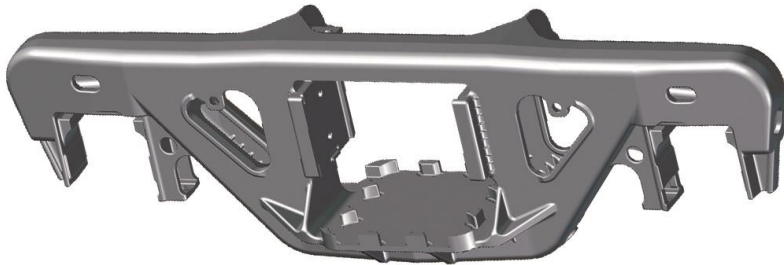


Рисунок 4.108 – Боковая рама тележки модели 18-9836

Колесные пары оснащены бескорпусными коническими подшипниковыми узлами и колесами с S-образным диском. Опираемость боковой рамы на конический подшипниковый узел (рисунок 4.109) осуществляется через упругую полимерную прокладку и адаптер с уменьшенными габаритами.

Прокладка обеспечивает защиту опорной поверхности буксового проема боковой рамы и адаптера от износа, снижает динамические нагрузки на подшипниковый узел, а также улучшает вписывание вагона в кривые, что, в свою очередь, ведет к уменьшению износа гребней колес и рельсов.

Тормозная рычажная передача тележки (рисунок 4.110) отличается от серийных моделей 18-100 и 18-194-1, оборудована устройством параллельного отвода колодок от колесной пары, которое имеет оригинальную конструкцию. Предусмотрено использование триангелей с безрезьбовым креплением башмаков.

Учитывая перспективность использования тележек, созданных американской компанией «Amsted Rail Company», ОАО «Алтайвагон» подписало в 2010 году лицензионное соглашение на передачу заводу полного комплекта документации на производство тележки модели 18-9836 «Моушн Контрол» («Motion Control») с нагрузкой на ось 245 кН (25 тс). Аналогичное соглашение о передаче интеллектуальных прав подписано в 2013 г. с ОВК (Объединенной вагонной компанией), которой принадлежит Тихвинский вагоностроительный завод. Срок службы тележки до первого депоовского ремонта – 500 тыс. км.

Тележка модели 18-7033. Тележка (рисунок 4.111) выпускается ПАО «Крюковский ВЗ». Конструктивно подобна тележке модели 18-7020. Конструктивные особенности [38, 65]:

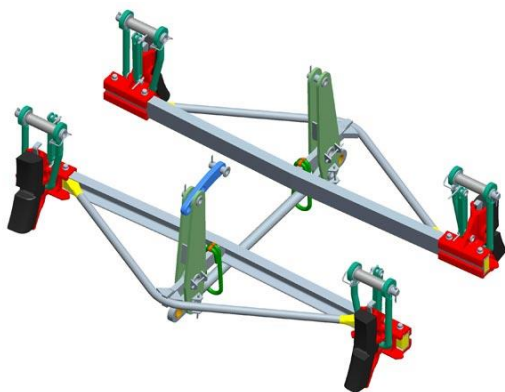


Рисунок 4.110 – Тормозная рычажная передача тележки модели 18-9836

1 В подпятниковом узле надрессорной балки установлены износостойкие полимерные прокладки. Диаметр подпятникового места – 354 мм, глубина – 35 мм.

2 Упруго-катковые скользуну постоянного контакта фирмы «А. Стаки» (см. рисунок 4.60).

3 Центральное рессорное подвешивание – с нелинейной силовой характеристикой. Статический прогиб подвешивания: под тарой вагона – 17 мм, под нагрузкой брутто – 55 мм.

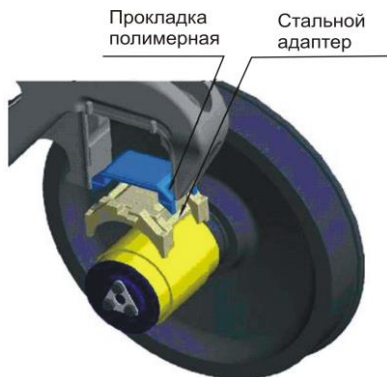


Рисунок 4.109 – Узел опирания боковой рамы на буксовый узел тележки модели 18-9836

4 Фрикционные клинья – из высокопрочного чугуна с увеличенной площадью контакта и износостойкими полимерными накладками.

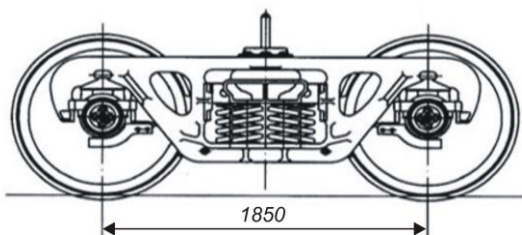


Рисунок 4.111 – Схема тележки модели 18-7033

5 Опирающие боковых рам – на бескорпусные конические подшипниковые узлы через упругие элементы и адаптеры. Упругие элементы выполняют функцию первичного подвешивания.

6 Блокираторы вертикальных перемещений – в виде предохранительных планок, закрепленных болтами к нижней части внутренних

челюстей боковой рамы, как у тележки модели 18-7020.

7 Колеса – повышенной твердости (не менее 320 НВ) с дробеструйным упрочнением S-образного диска и профилем по кругу катания по ГОСТ 9036–88.

8 Усиленные оси, рассчитанные на повышенные нагрузки.

9 Усиленные триангели с безрезьбовым креплением башмаков и устройством параллельного отвода колодок.

Упруго-катковые скользуны и фрикционные клинья обеспечивают межремонтный пробег 1 млн км.

Тележка модели 18-9942 («Тележка 33») (рисунок 4.112). Разработана инженеринговой компанией МИКОНТ, входящей в Концерн «Тракторные заводы», для осевой нагрузки 245 кН (25 тс).

Особенности тележки:

1 Передача нагрузки от боковых рам тележки на адаптеры конических подшипниковых узлов происходит через упругую полимерную накладку.

Прокладка в эксплуатации снижает динамические нагрузки на подшипниковые узлы, защищает от износа упорные и опорные поверхности боковой рамы и адаптера, способствует самоустановке колесных пар при движении вагона в кривых участках пути, обеспечивает отведение статического электричества за счет двух U-образных элементов.

2 В боковых скользунах постоянного контакта в качестве упругих элементов могут применяться как винтовые пружины, так и полимерные демпферы.

3 Детали, подверженные естественному износу, имеют индикаторы износов для визуального контроля в эксплуатации и при плановых ремонтах.

4 Минимальные зазоры в узле сочленения «боковая рама – фрикционный клин – надрессорная балка» обеспечивают сохранение ее «прямоугольности» при достаточно больших величинах продольных нагрузок и, как

сходствие, уменьшают «забегание» боковых рам, повышает безопасность движения, снижает износ гребней колес.

Таковыми тележками оборудованы вагоны-хопперы для перевозки минеральных удобрений модели 19-9974, созданные в ЗАО «Промтрактор-вагон».

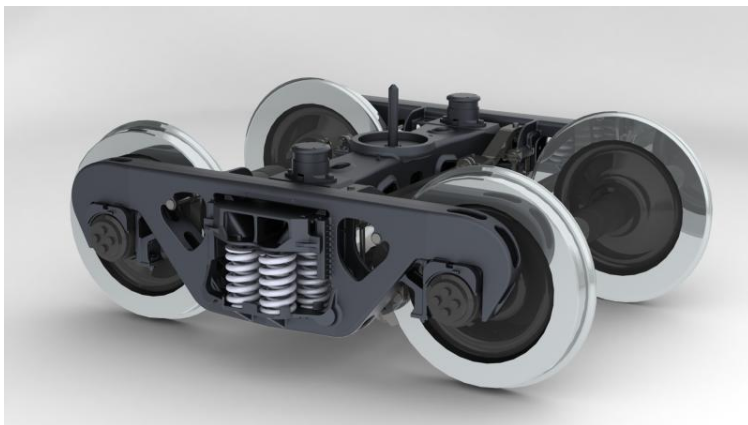
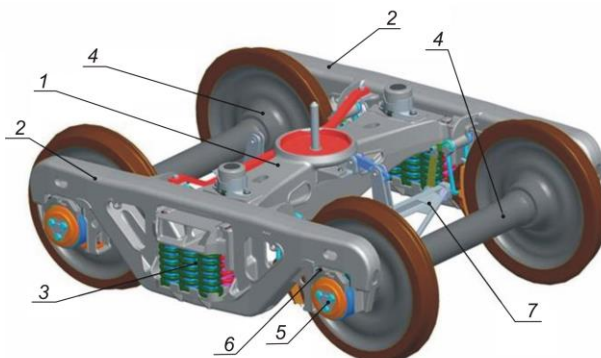


Рисунок 4.112 – Тележка модели 18-9942 (общий вид)

Тележка модели 18-9817 («Моушн Контрол») (рисунки 4.113 и 4.114). Представляет собой совместную разработку компании «ASF-Keystone» (США) и ООО «Группа ИнтерКарГруп» (Украина). ООО «Группа ИнтерКарГруп» – промышленно-инвестиционная группа. Конструктивно тележка схожа с моделью 18-9836.

Рисунок 4.113 – Тележка модели 18-9817:

1 – наддресорная балка; 2 – боковая рама; 3 – рессорный комплект; 4 – колесная пара с бескорпусными буксами; 5 – адаптер с упругой прокладкой; 6 – адаптер с упругой прокладкой; 7 – тормозная рычажная передача



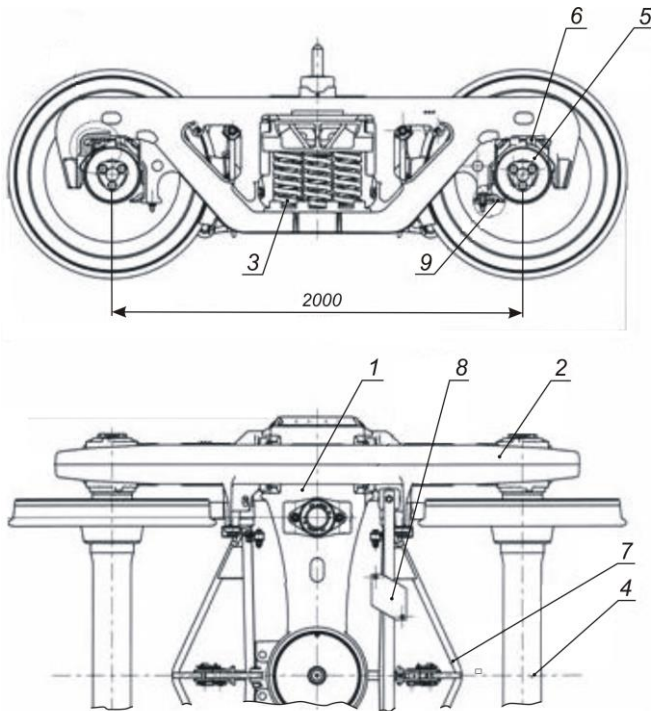


Рисунок 4.114 – Схема тележки модели 18-9817:

1 – наддресорная балка; 2 – боковая рама; 3 – рессорный комплект; 4 – колесная пара с бескорпусными буксами 5; 6 – адаптер с упругой прокладкой; 7 – тормозная рычажная передача; 8 – опорная балка авторежима; 9 – блокиратор вертикальных перемещений колесной пары

Тележка допущена к обращению только по железным дорогам Украины.

В тележке были использованы конструктивные решения и технологии, примененные в тележке модели «Motion Control», которая успешно эксплуатируется на железных дорогах США и Канады.

Техническая характеристика:

- масса тележки в сборе, не более, – 6000 кг;
- база тележки – 2000 мм;
- расстояние от уровня головок рельсов до уровня опорной поверхности подпятникового места в свободном состоянии – 811 ± 20 мм;
- расстояние между продольными осями боковых скользунов – 1524 ± 3 мм;
- тип скользуна – упругий;
- расстояние между продольными осями рессорных комплектов – 2036 ± 3 мм.

Боковая рама (рисунок 4.115) имеет буксовые проемы с выступающими внутрь упорами для адаптеров и отверстиями в нижней части внутренних челюстей для установки блокираторов – клиновидных фиксаторов, предотвращающих самопроизвольное разъединение колесных пар с рамой тележки. К вертикальным стойкам, имеющим ограничители (упоры) перемещения наддрессорной балки, крепятся двумя болтовыми соединениями фрикционные планки.

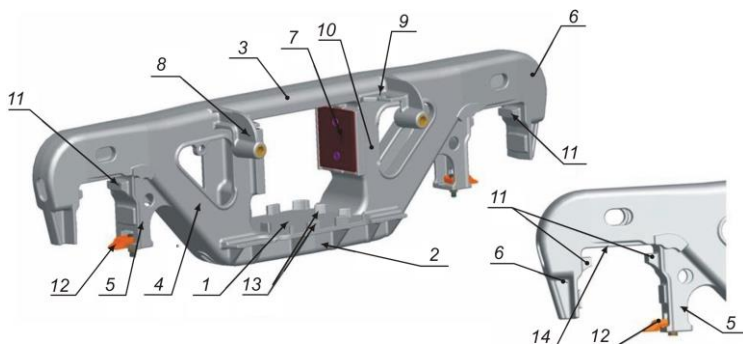


Рисунок 4.115 – Боковая рама тележки модели 18-9817:

1 – опорная плита; 2–4 – нижний, верхний и наклонный пояса; 5, 6 – внутренняя и наружная челюсти; 7 – фрикционная планка; 8 – кронштейн подвески триангеля; 9 – полка для крепления балки авторежима; 10 – вертикальные стойки с ограничителями перемещения наддрессорной балки; 11 – упорный кронштейн адаптера; 12 – блокиратор вертикальных перемещений колесной пары; 13 – фиксаторы пружин; 14 – опорная площадка для адаптера

Надрессорная балка конструктивно подобна тележке 18-9836 (рисунок 4.116). Опорные площадки под установку скользунов унифицированы для возможности установки скользунов различных конструкций. Опорная поверхность подпятника защищена износостойкой чашей, которая изготовлена из высокопрочного чугуна со сферическим графитом после специальной термообработки.

В качестве основного варианта в тележке используются съемные скользуны постоянного контакта «Proload Plus» (см. рисунок 4.107). При этом обеспечивается возможность подбора упругих характеристик пружинного комплекта скользуна в зависимости от типа вагона.

Рессорное подвешивание с билинейной силовой характеристикой. состоит из двух комплектов. По конструкции аналогично модели тележки 18-9836. Каждый *рессорный комплект* (рисунок 4.117, б) включает 9 комплектов пружин: 4 двухрядных и 5 однорядных. Всего 13 пружин, из них 4 подклиновых (две двухрядные пружины) и 9 основных рабочих (две двухрядные и пять однорядных).

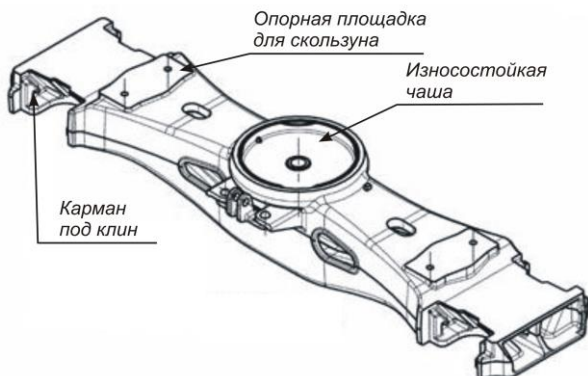


Рисунок 4.116 – Надрессорная балка тележки модели 18-9817

Такой пружинный рессорный комплект позволяет использовать прутки меньшего диаметра, уменьшить массу пружин, увеличить сопротивление рессорного комплекта колебаниям галопирования.

Параметры рессорного подвешивания:

- статический прогиб рессорного подвешивания, мм: под массой тары вагона – 13, под нагрузкой брутто – 63;
- коэффициент конструкционного запаса прогиба – 1,75.

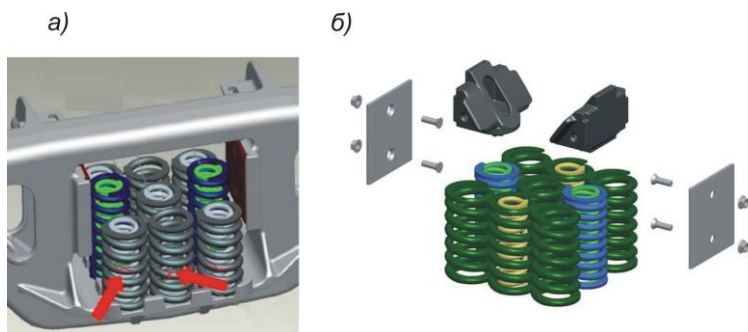


Рисунок 4.117 – Отличия в конструкции пружинных комплектов тележек моделей 18-9836 (а) и 18-9817 (б)

Фрикционный клин аналогичен по конструкции клину тележки 18-9836 (см. рисунок 4.104). Он разгружен от восприятия чрезмерных продольных и угловых нагрузок и изготовлен из стали марки 30 ГСЛ по ГОСТ 977-88. Угол наклона $37,5^\circ$.

Фрикционный гаситель колебаний (см. рисунок 4.105) включает фрикционный клин и фрикционную планку. Фрикционная планка крепится к стойке боковой рамы двумя болтами с отрывными головками и самоконтрающимися гайками. Изготавливается планка из стали SAE 1095 (У-10 по ГОСТ 977) с твердостью контактной поверхности 341–415 НВ. Твердость контактной поверхности клина, соприкасающаяся с фрикционной планкой боковой рамы, составляет 418–512 НВ. Износостойкость клина и планки составляет 1,6 млн км.

Колесные пары оснащены бескорпусными буксами с коническими подшипниками *TBU* 150×250 мм и колесами с *S*-образным диском и твердостью обода не менее 350–380 НВ. Опираие боковой рамы на подшипниковый узел (рисунок 4.118) осуществляется через упругую полимерную накладку «*Adapter Plus*» и адаптер. Рабочая температура адаптера от –60 до +120 °С.

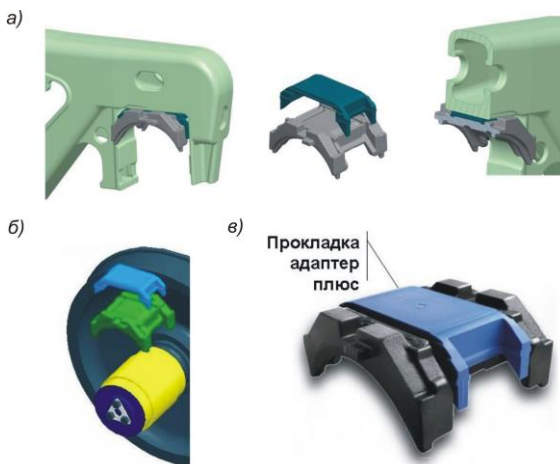
Упругая связь боковой рамы с бескорпусной буксой обеспечивает улучшение динамических характеристик и вписывание тележки в кривые.

Накладка «*AdaptePlus*» позволяет колесной паре занимать радиальное положение при движении по кривой, улучшая осевое выравнивание колесной пары.

Эластомерная накладка обеспечивает управляемое движение колесной пары при более низких силах вхождения в кривую. Колеса выравниваются быстрее, движение в кривой улучшается, уменьшается сопротивление качению, уменьшается износ опорной площадки буксового проема, опорного кронштейна и опорных частей адаптера подшипника, увеличивается срок службы роликового подшипника.

Рисунок 4.118 – Опираие боковой рамы на конический подшипниковый узел:

а – соединение боковой рамы с адаптером; *б* – соединение адаптера с коническим подшипниковым узлом; *в* – адаптер тележки модели 18-9817



Тормозная рычажная передача тележки оборудована устройством равномерного отвода тормозных колодок и имеет безрезьбовое крепление башмака. Основные конструктивные изменения тележки показаны на рисунке 4.119.

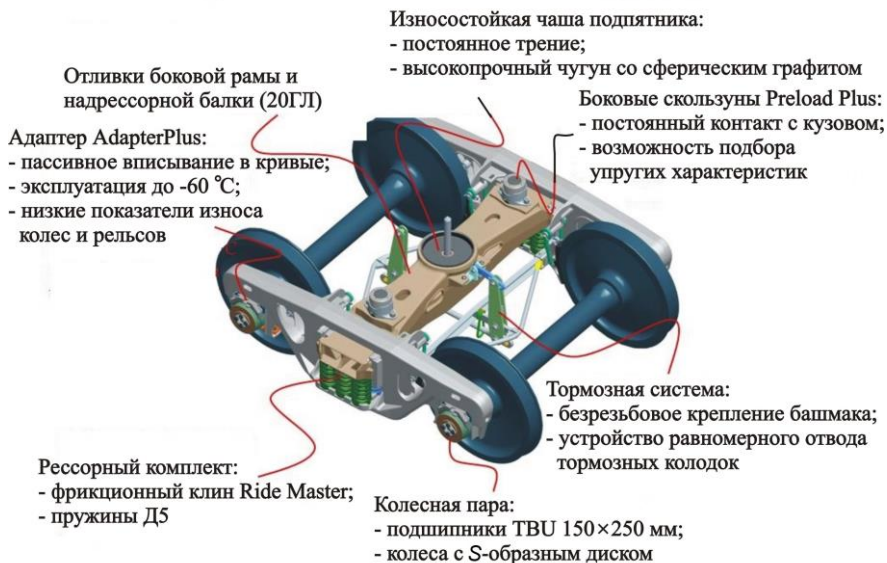


Рисунок 4.119 – Особенности конструкции тележки модели 18-9817

Тележка модели 18-9999. Это опытная трехэлементная тележка нового поколения с улучшенными технико-экономическими характеристиками для осевой нагрузки 245 кН (25 тс) и конструкционной скорости 120 км/ч [47]. Несущие элементы тележки – боковые рамы и наддрессорная балка – штамповарные. Использование листового проката и сварки позволит повысить надежность указанных узлов и в целом безопасность движения вагонов. Тележка представляет собой совместную разработку ООО «Экспресс Индустрия» и немецкой компании «TransTec F&E Vetschau GmbH». Особенность конструкции: соединение боковых рам посредством шарнирного сцепления и применение металлической проволочной подушки между колесными парами и боковыми рамами. В тележке используются пружинные скользящие постоянного контакта. Примененные в тележке технические решения обеспечивают пониженное воздействие на путь. Опытные образцы тележки (рисунок 4.120) в 2017 году прошли пробеговые испытания в составе полувагона модели 12-197, которые подтвердили минимальный межремонтный

пробег 500 тыс. км. Планируется проведение пробеговых испытаний с подтверждением межремонтного пробега 1 млн км.

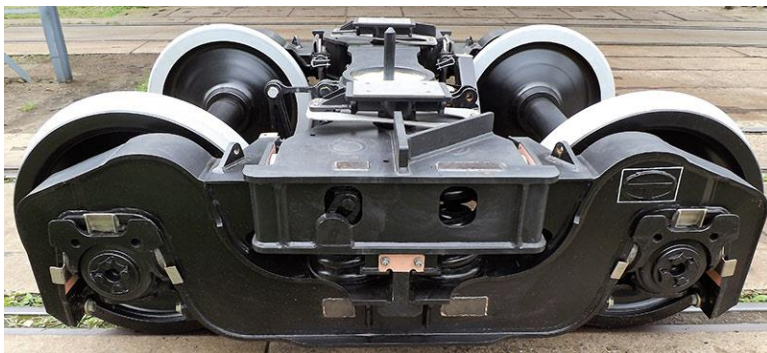


Рисунок 4.120 – Тележка модели 18-9999

4.6 Новые и перспективные тележки грузовых вагонов для осевой нагрузки 265 кН и более

Создание грузовых вагонов с увеличенной осевой нагрузкой до 265 кН (27 тс) и более соответствует мировой тенденции развития железнодорожного транспорта. Это позволит увеличить весовые нормы грузовых поездов и повысить пропускную способность железных дорог при существующей длине станционных путей.

Основное требование к тележкам, подкатываемым под такие вагоны – увеличение межремонтного пробега с обеспечением стабильных ходовых качеств тележки на протяжении жизненного цикла при обеспечении нормативного воздействия на путевую структуру и сохранения существующих технологий содержания и ремонта тележки.

Для грузовых вагонов с осевой нагрузки 265 кН (27 тс) разработаны тележки моделей 18-6863 и 18-9829 (Россия), с осевой нагрузкой 294 кН (30 тс) – модель 18-9844 (Украина). Тележки с осевой нагрузкой 265 кН (27 тс) относятся к 4-му типу по ГОСТ 9246–2013, 294 кН (30 тс) – к 5-му типу.

Особенностью всех этих тележек является увеличенная база, обеспечивающая уменьшение погонной нагрузки.

Тележка модели 18-6863 (рисунки 4.121 и 4.122). Разработана специалистами ООО «ВНИЦТТ» (Всероссийский научно-исследовательский центр транспортных технологий), входящим в ПАО «Научно-производственная корпорация «Объединенная вагонная компания»» («НПК» ОВК»). Изготовлена на АО «Тихвинский вагоностроительный завод» (АО «ТВСЗ») и предназначена для вагонов с осевой нагрузкой 265 кН (27 тс) и конструкцион-

ной скорости 100 км/ч. Назначенный срок службы тележки – 40 лет, межремонтный пробег до первого деповского ремонта – не менее 800 тыс. км (не менее 8 лет) [55, 56, 58].

По своим характеристикам тележка существенно отличается от типовых конструкций с осевыми нагрузками 230,5 и 245 кН (23,5 и 25 тс) (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Сравнительная характеристика тележек

Параметр или характеристика	Значение для тележки модели		
	18-100	18-9855	18-6863
Осевая нагрузка, тс	23,5	25,0	27,0
Масса тележки, кг	4800	4920	5000
Расстояние от уровня головок рельсов до уровня опорной поверхности подпятникового места, мм:			
	в свободном состоянии	806	830
под порожним вагоном		795	815
База тележки, мм	1850		1870
Расчетный статический прогиб рессорного подвешивая тележки, мм:			
	порожнего вагона	8	32 (25)
груженого “	46	51 (50)	18 (14)
Коэффициент относительного трения рессорного подвешивая тележки, мм:			
	порожнего вагона	0,15	0,35
груженого “	0,09	0,12	0,32

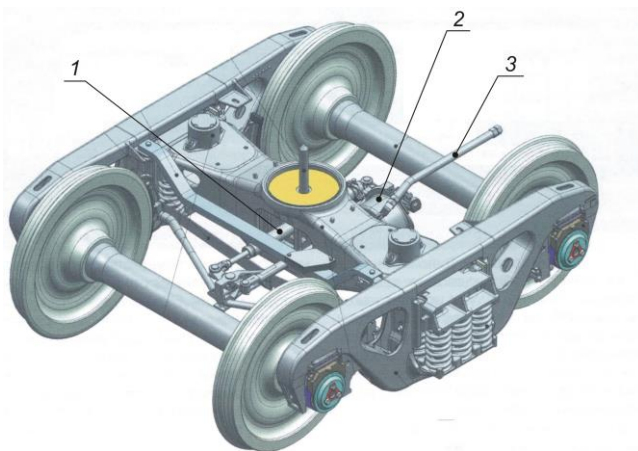


Рисунок 4.121 – Тележка модели 18-6863 (общий вид):

1 – авторегулятор; 2 – тормозной цилиндр; 3 – подводящая труба вагона

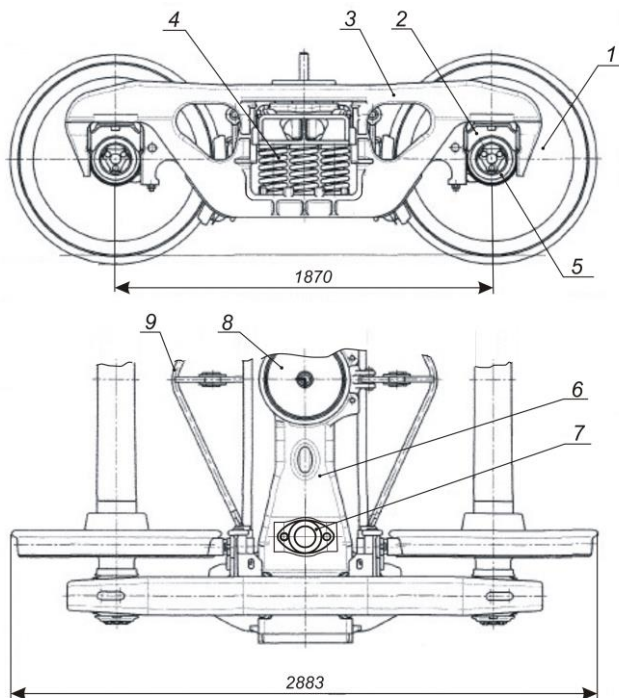


Рисунок 4.122 – Схема тележки модели 18-6863:
 1 – колесная пара; 2 – адаптер; 3 – боковая рама; 4 – рессорное подвешивание; 5 – конический подшипниковый узел; 6 – надрессорная балка; 7 – скользян; 8 – подпятник; 9 – тормозная рычажная передача

Особенности конструкции:

1 Усиленные надрессорная балка и боковые рамы – с высоким коэффициентом усталостной прочности.

2 Рессорное подвешивание – увеличенной гибкости, за счет применения пружин со сниженной в 1,5 раза жесткостью. Расчетный статический прогиб под полностью загруженным вагоном составляет 70 мм, что значительно превышает прогиб при осевых нагрузках 230,5 и 245 кН.

3 Боковые скользяны постоянного контакта имеют оптимизированные характеристики. Это позволило снизить вертикальную динамику (уменьшить коэффициент вертикальной динамики).

4 Увеличенная база тележки, которая составляет 1870 мм.

5 Значение коэффициента относительного трения фрикционного гасителя подобрано таким, чтобы снизить воздействие на путь.

6 Повышенная надежность износостойких элементов. Адаптеры, боковые скользуны и фрикционные клинья выполнены из бейнитного чугуна, вкладыши подпятника – из сверхмолекулярного полиэтилена, обеспечивающего низкую величину трения.

7 Интегрированная в тележку тормозная система вагона (см. рисунок 4.121). Это тормозная система моноблочного типа, расположенная на тележке. Применение новой тормозной системы обусловлено тем, что тележку используют для вагонов с пониженным уровнем пола. Это не позволяет расположить типовое тормозное оборудование под рамой вагона. Интегрированная тормозная система включает два триангеля, перемещающихся в наклонных направляющих боковых рам, тормозной цилиндр, автоматический регулятор зазоров в тормозных колодках, тормозную рычажную передачу, гибкий соединительный рычаг и рычаг привода стояночного тормоза.

Суммарная масса колесных пар, боковых рам и пружин подвешивания осталась на уровне тележек с осевыми нагрузками 230,5 и 245 кН. Соответственно не изменилась необрессоренная масса тележки. Отсюда следует, что у новой тележки отсутствуют ограничения при эксплуатации ее по верхнему строению пути современной конструкции.

На Тихвинском ВСЗ построены опытные образцы инновационных универсальных полувагонов модели 12-9548, вагонов-хопперов для зерна модели 19-6952 и минеральных удобрений модели 19-6952-01, которые оснащены этой тележкой. Полувагоны изготовлены в габарите $T_{пр}$ с увеличенным до $103 \text{ м}^3 (+14 \text{ м}^3)$ объемом кузова и грузоподъемностью до 83 т (+13 т), вагоны-хопперы изготовлены в габарите 1-Т с объемом кузова 120 м^3 и грузоподъемностью 83,5 т.

Проведены предварительные и приемочные испытания в условиях испытательного полигона. ОАО «РЖД» планирует их подконтрольную эксплуатацию на маршрутах тяжеловесного движения.

Тележка модели 18-9829. Тележка разработана ОАО «ВНИКТИ» на базе тележки модели 18-9800 для осевой нагрузки 265 кН (27 тс) и конструктивной скорости 100 км/ч. Поэтому конструктивно схожа с тележкой модели 18-9800. Выпускается ОАО «Рославльский ВРЗ». Межремонтный пробег – 500 тыс. км.

Техническая характеристика:

– масса тележки в сборе, кг – 5300;

– база тележки, мм – 1900;

– расстояние от уровня головок рельсов до уровня опорной поверхности подпятникового места в свободном состоянии, мм – 813_{-14}^{+17} ;

– расстояние между продольными осями боковых скользунов, мм – 1524 ± 5 ;

– расстояние между продольными осями рессорных комплектов, мм – 2036 ± 6 ;

– диаметр подпятникового места, мм – $354 + 1$;

– глубина подпятникового места, мм – 36 ± 1 ;

– полный статический прогиб рессорного подвешивания в вагоне под максимальной расчетной массой вагона, мм – 65;

– расчетный статический прогиб рессорного подвешивания в вагоне под минимальной расчетной массой вагона, мм – 17;

– коэффициент относительного трения фрикционного гасителя колебаний: под максимальной нагрузкой брутто – 0,055-0,12, под тарой – 0,10-0,14;

– конструкционная скорость, км/ч – 120.

Тележка модели 18-9844 (рисунок 4.123). Как и тележка 18-9817 – совместная разработка компании «ASF-Keystone» (США) и ООО «Группа ИнтерКарГруп» (Украина). Поэтому конструктивно во многом повторяет модель 18-9817. Тележка предназначена для грузовых вагонов с осевой нагрузки 294 кН (30 тс) и конструкционной скорости 90 км/ч.

Техническая характеристика:

– масса тележки в сборе, не более, – 5300 кг;

– база тележки – 2000 мм;

– расстояние от уровня головок рельсов до уровня опорной поверхности подпятникового места в свободном состоянии – 811 ± 20 мм;

– расстояние между продольными осями боковых скользунов – 1524 ± 3 мм;

– расстояние между продольными осями рессорных комплектов – 2036 ± 3 мм;

– диаметр подпятникового места, не более, – 404 мм;

– глубина подпятникового места, не более, – 40 мм;

– конструкционная скорость, км/ч: в груженом режиме – 90, в порожнем – 120;

– габарит вписывания – 02-ВМ.

Особенности конструкции:

1 Рессорный комплект включает 9 двухрядных пружин – ААР М-114 (ASF, Standart Car Truck): семь наружных основных – D7, семь внутренних основных – D6, две наружных подклиновых – В-701 и две внутренних подклиновых – В-702.

2 Статический прогиб рессорного подвешивания, мм:

– под массой тары вагона – 13;

– под нагрузкой брутто вагона – 63.

3 Фрикционный клин – производства ASF.

4 Скользун – «ProloadPlus» – производства ASF.

5 Колеса с S-образным диском – по ТУ 0993-170-01124328-03 производства ОАО «Выксунский металлургический завод».

6 Буксовый узел – бескорпусной с коническим подшипником TBU 160×280×180 мм производства SKF.

7 Адаптер – с полимерной накладкой «AdaptePlus» производства ASF.

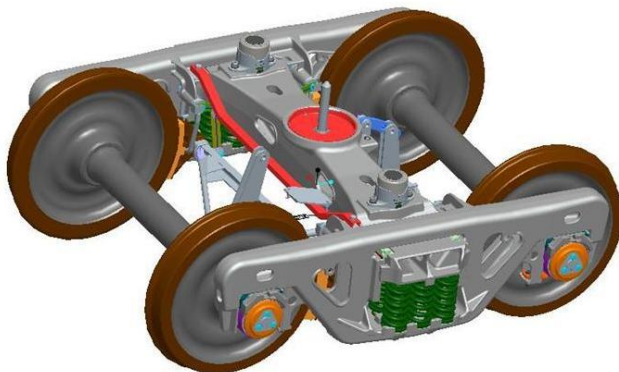


Рисунок 4.123 – Тележка модели 18-9844 (общий вид)

4.7 Новые и перспективные тележки грузовых вагонов с диагональными связями

Как известно, трехэлементные тележки не обеспечивают достаточную жесткость тележки в плане, что приводит к забеганию одной боковой рамы относительно другой. Величина такого забегания обусловлена зазорами в буксовом проеме и величиной горизонтальной деформации пружин рессорного комплекта.

Установка диагональных связей (рисунок 4.124) является одним из перспективных путей улучшения динамических характеристик грузовых вагонов за счет уменьшения забегания боковых рам. При этом исключаются маятниковые колебания, снижается интенсивность виляния тележки, износ гребней колес и улучшается плавность хода вагона.

Рассмотрим некоторые конструкции тележек с диагональными связями между боковыми рамами.

Тележка модели 18-9996 (ZK1) (рисунок 4.125). Разработана в КНР для железных дорог Казахстана. Изготовитель – ТОО «Казахстанская вагоностроительная компания». Предназначена для осевой нагрузки 245 кН (25 тс) и скорости движения 120 км/ч.

Основные конструктивные особенности (рисунок 4.126) [39]:

– увеличенные база (1870 мм) и масса (5100 кг) тележки;

- диагональные связи между боковыми рамами в виде двух перекрестно скрепленных стержней с упругой заделкой;
- измененная конструкция боковых рам и надрессорной балки;
- упруго-катковые скользящие постоянного контакта;
- билинейное рессорное подвешивание;
- новое конструктивное исполнение фрикционного клина;
- упругая связь колесных пар с бескорпусными буксовыми узлами.

Диагональное соединение боковых рам (рисунок 4.127) между собой обеспечивает более жесткую связь между боковыми рамами 1, надрессорной балкой 4 и рессорными комплектами. При этом конструктивное исполнение боковых рам и надрессорной балки изменено и предусматривает установку и крепление диагональных связей. Соединительные стержни 2 и 3 проходят через технологические проемы 5 надрессорной балки и технологические окна 7 боковых рам и закрепляются в технологических окнах боковых рам при помощи четырех кулисных рычагов 6. Технологические окна боковых рам расположены между рессорным и буксовыми проемами.

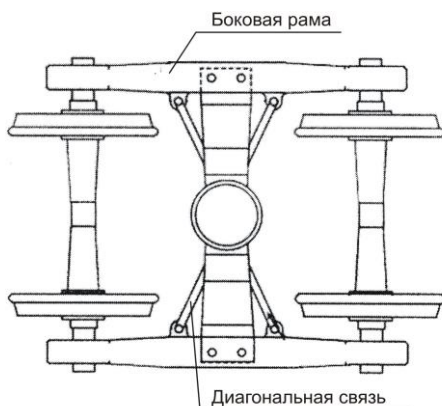


Рисунок 4.124 – Схема трехэлементной тележки с диагональными связями между боковыми рамами



Рисунок 4.125 – Тележка модели 18-9996 (ZK1)

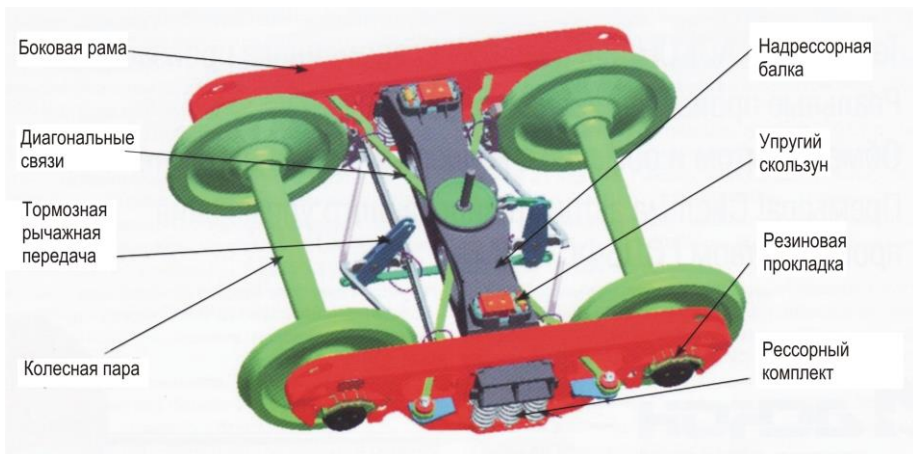


Рисунок 4.126 – Тележка модели 18-9996 (ZK1)

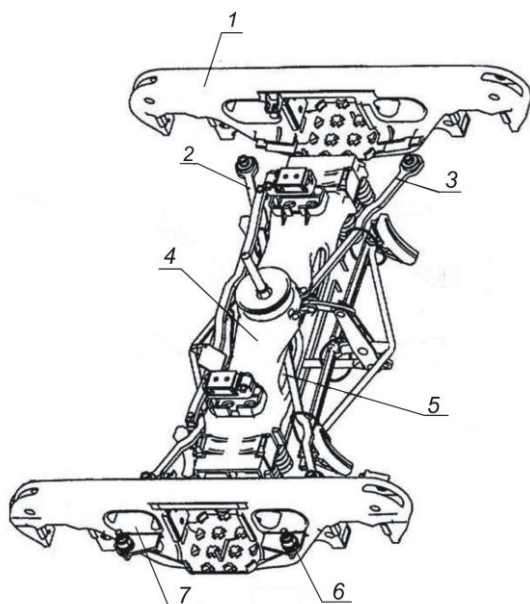


Рисунок 4.127 – Установка диагональных связей в тележке модели 18-9996 с разнесенными элементами

Введенные диагональные связи обеспечивают упругое соединение боковых рам. Стержни диагональных связей крепятся к боковым рамам посредством резиновых конусных втулок. Предусмотрен зазор между резиновой втулкой и конусной колонкой и, соответственно, между конусной втулкой и стержнем, что уменьшает трение в узле.

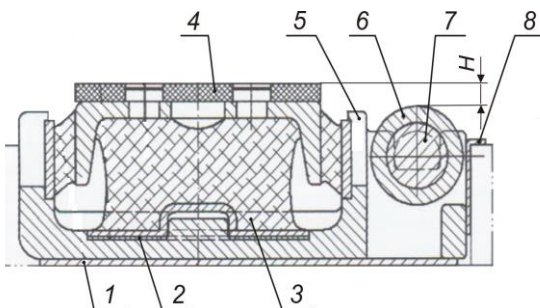
Диагональные связи устраняют неустойчивость движения тележки связыванием в горизонтальной плоскости двух колесных пар, которое способствует вписыванию в кривые и направлению в прямых.

Надрессорная балка имеет на боковых стенках технологические проемы для пропуска стержней диагональных связей, оборудована износостойким вкладышем для защиты опорной поверхности пятника и упруго-катковыми скользунами постоянного контакта.

В тележке 18-9996 применены скользуны двойного действия DWJC китайского производства (рисунок 4.128). Упруго-катковый скользуно состоит из основания 5, упругого скользуна 3, наличника 4 и ролика 6. В скользуне предусмотрено место течи (деформации) резины.

Рессорный комплект подвешивания состоит из девяти двухрядных пружин и двух клиновых фрикционных гасителей колебаний. На две крайние в среднем ряду пружины опираются износостойкие чугунные фрикционные клинья (рисунок 4.129). Все наружные пружины по высоте выше, чем внутренние пружины, что позволяет в порожнем вагоне работать только фрикционным клиням и наружным пружинам и обеспечивает билинейную силовую характеристику рессорного подвешивания.

Рисунок 4.128 – Упругий скользуно модели DWJC тележки модели 18-9996: 1 – регулировочная нижняя плита; 2 – нижняя плита; 3 – упругий скользуно; 4, 5 – наличник и основание скользуна; 6 – ролик; 7 – ось ролика; 8 – прокладка



Фрикционный клин имеет такую же форму, как и в тележке 18-100. Однако клин в тележке 18-9996 значительно заострен по сравнению с клином модели 18-100 (рисунок 4.130). Клинья модели 18-100 изнашиваются по вертикальной плоскости, соприкасаясь с закрепленной на боковой раме планкой твердостью 360 НВ. Увеличение угла наклона китайского клина позволяет работать двум клиновым поверхностям.

Фрикционный клин тележки 18-9996 изготовлен из бейнитного чугуна со сфероидальным графитом. На клин нанесен знак предела износа фрикционной поверхности, что упрощает его осмотр в эксплуатации.

На наклонной плоскости желоба клинового устройства надрессорной балки приварен наличник (планка) с наклонной поверхностью из нержавеющей стали, а на стойке боковой рамы с помощью болтов закреплены металлические планки.

Колесные пары оборудованы бескорпусными буксовыми узлами, в которых используются двухрядные конусные подшипники FAGTAROL150.

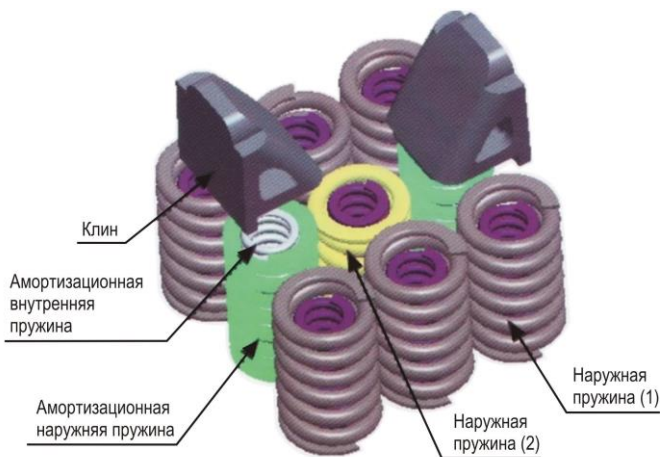


Рисунок 4.129 – Рессорный комплект тележки модели 18-9996



Рисунок 4.130 – Фрикционный клин:
а – тележки модели 18-100; *б* – тележки 18-9996

Упругая связь боковых рам с колесными парами обеспечивается за счет опирание боковых рам 3 на конические подшипниковые узлы 4 через упругие прокладки 2 и стальные адаптеры 1 (рисунок 4.131).

Введение резиновых прокладок в узле сочленения конических подшипниковых узлов и боковых рам обеспечивает возможность радиальной установки колесной пары в кривой, а следовательно, и лучшее прохождение кривых.

Для облегчения вписывания в кривые тележка имеет

одиннадцатимиллиметровый поперечный ход колесной пары относительно боковой рамы.

Поперечный ход колесных пар относительно боковых рам позволяет уменьшить угол набегания ведущего наружного колеса в криволинейных участках пути. В результате на этом колесе в кривой уменьшается подрез гребня.

Износ гребней колес на самоустанавливающихся колесных парах значительно меньше, чем при отсутствии радиальной самоустановки. Но самоустанавливающиеся колесные пары на прямой после достижения критической скорости начинают интенсивно вилять. Чтобы поднять критическую скорость, нужно несколько затруднить самоустановку, что и достигается скользящими постоянными контактами при работе диагональных связей.

Тормозная рычажная передача тележки имеет оригинальное конструктивное исполнение подвески триангеля (рисунок 4.132). Подвеска триангелей производится на шатуны необрессоренной части, которые, в свою очередь, опираются на конусные втулки

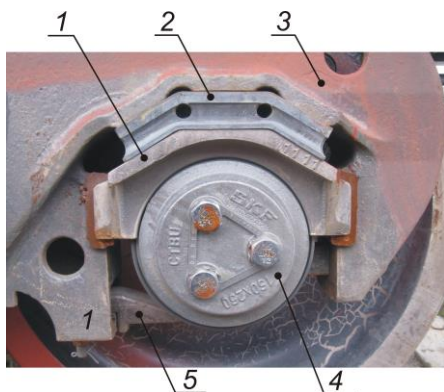


Рисунок 4.131 – Узел соединения рамы с колесной парой:

- 1 – адаптер; 2 – резиновая прокладка; 3 – боковая рама;
- 4 – конический подшипниковый узел;
- 5 – блокиратор вертикальных перемещений

через резину. В тормозной рычажной передаче используются предохранительные тросы.

Конструкция сочленения надрессорной балки с боковыми рамами обеспечивает:

- прямоугольность очертания тележки в плане;
- соосность осей колесных пар при движении тележки.

Тележка исключает:

- продольные забегания боковых рам относительно друг друга (у тележки 18-100 они достигают 15–20 мм), что уменьшает интенсивность виляния тележки и улучшает плавность хода вагона;

- маятниковые колебания рам относительно собственных продольных осей, что обеспе-

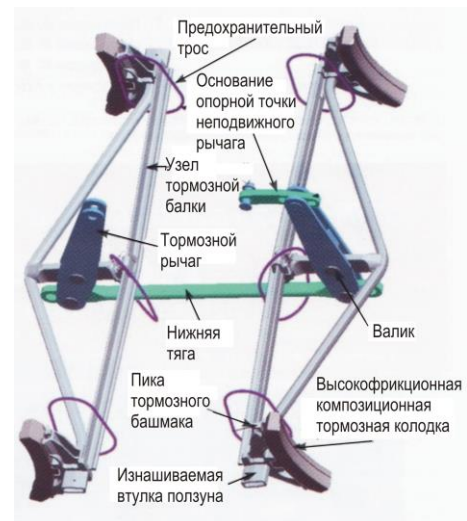


Рисунок 4.132 – Тормозная рычажная передача тележки модели 18-9996

чивает равномерную передачу нагрузки на элементы буксового узла.
Тележка с разнесенными элементами показана на рисунке 4.133.

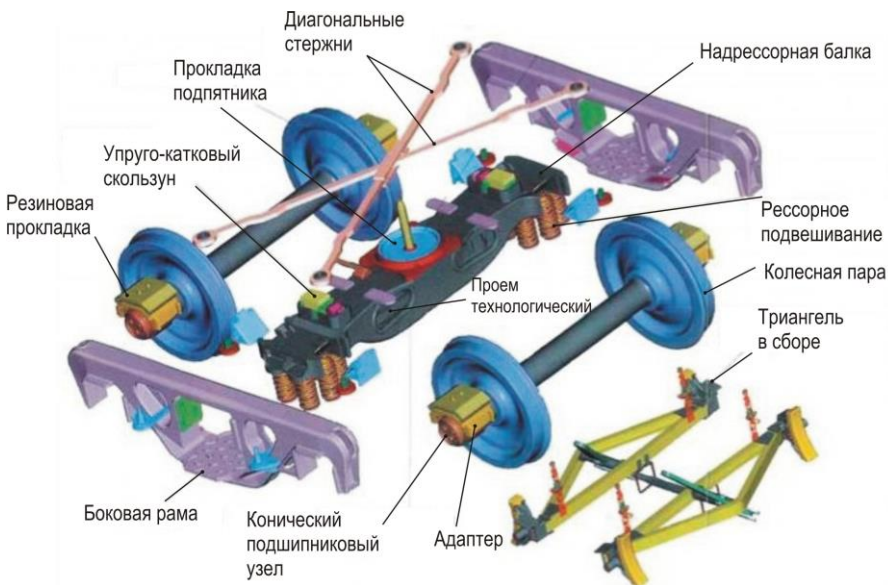


Рисунок 4.133 – Тележка модели 18-9996 с разнесенными элементами

Тележка модели 18-9991 (Barber KZ). В конструкции этой тележки (рисунок 4.134), изготавливаемой Казахстанской вагоностроительной компанией, применяют междурамные связи – диагональное соединение боковых рам.

Тележка предназначена для осевой нагрузки 245 кН (25 тс) и скорости движения 120 км/ч. Межремонтный пробег – 500 тыс. км. По конструкции тележка подобна модели 18-9996 (ZK1).

Конструктивные особенности:

- увеличенная до 1870 мм база тележки;
- упругая передача нагрузки от боковых рам на колесные пары (через адаптеры с упругой накладкой на бескорпусные буксы);
- колеса с повышенной твердостью обода, боковые рамы и надрессорная балка – усиленной конструкции;
- рессорное подвешивание – с нелинейной силовой характеристикой;
- возможность использования скользунгов различной конструкции;
- тормозная рычажная передача – с устройством параллельного отвода колодок от поверхности катания колес.



Рисунок 4.134 – Тележка модели 18-9991

Тележка модели 18-4129. Предназначена для грузовых вагонов с осевой нагрузкой 245 кН (25 тс). Конструкция тележки (рисунок 4.135) представляет собой оригинальную разработку ООО «София-Инвест» (Украина). При создании тележки использован опыт не только вагоностроения стран СНГ, но и зарубежный.

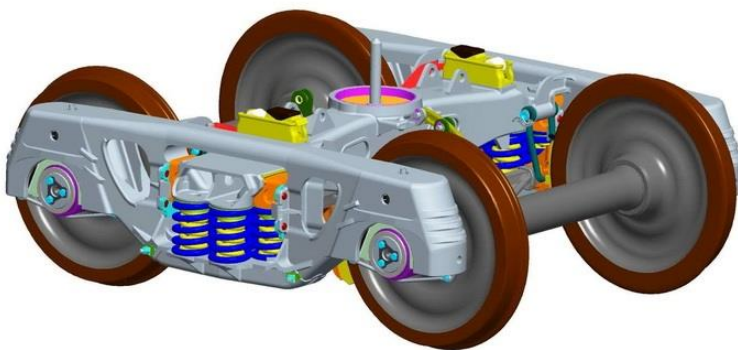


Рисунок 4.135 – Тележка модели 18-4129 (общий вид)

По динамическим показателям и качеству хода модель 18-4129 имеет существенные преимущества перед тележкой 18-100. Показатели воздействия на путь на этих тележках не превышают допустимых и рекомендуемых значений, которые учитывают осевую нагрузку 230,5 кН (23,5 тс).

Тележка имеет следующие конструктивные особенности (рисунок 4.136):

- 1 Увеличенная до 1900 мм база.
- 2 Наличие диагональных связей, обеспечивающих дополнительную связанность боковых рам.
- 3 Боковая рама – измененной конструкции в зоне буксовых проемов.
- 4 Опорная и упорная поверхности подпятникового места надрессорной балки защищены от износа износостойким кольцом и полимерным вкладышем соответственно.
- 5 Боковые скользящие элементы постоянного контакта фирмы «А.Стаки» – упругие или упруго-катковые.
- 6 Рессорный комплект состоит из семи двухрядных пружин. Внутренние пружины выше наружных, что обеспечивает билинейную силовую характеристику.
- 7 Клин, изготовленный из высокопрочного чугуна, имеет полимерную накладку.
- 8 Боковые рамы 1 (рисунок 4.137) [53] опираются на бескорпусные буксовые узлы 4 через резинометаллические упругие элементы 2 и адаптер 3 специальной конструкции. Адаптер имеет верхнюю горизонтальную и наклонные боковые поверхности для установки резинометаллических упругих элементов, которые выполняют функцию первичного подвешивания. Адаптер фиксируется относительно боковой рамы специальным штырем.
- 9 В качестве блокиратора вертикальных перемещений колесной пары используется предохранительная скоба (или пруток), закрепленная в нижней части челюстей буксового проема под бескорпусным буксовым узлом.

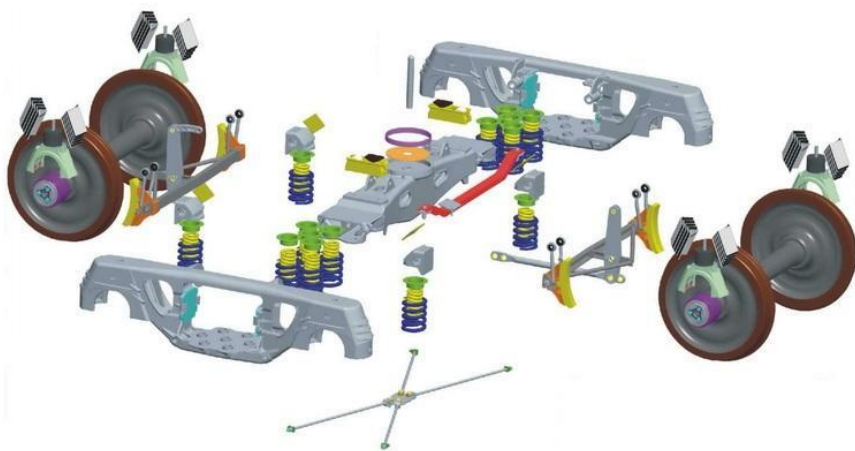
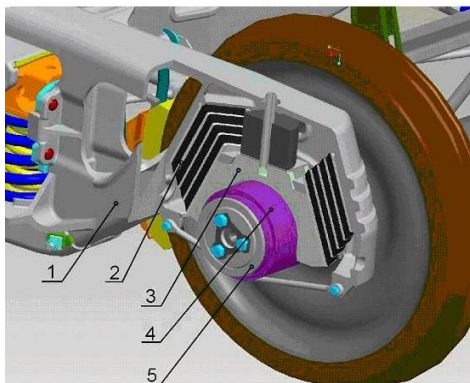


Рисунок 4.136 – Тележка модели 18-4129 с разнесенными элементами

Рисунок 4.137 – Узел опирания боковой рамы на буксовый узел



4.8 Новые и перспективные тележки грузовых вагонов с буксовым рессорным подвешиванием и жесткой сварной рамой

Тележки с буксовым подвешиванием получили широкое распространение в Европе, поскольку они уменьшают необрессоренную массу и оказывают существенно меньшее воздействие на путь, чем тележки с центральным подвешиванием. На сети железных дорог стран Европы наибольшее распространение получили тележки с буксовым подвешиванием Y-25 и ее модификации. В РФ также ведутся работы по созданию и внедрению в эксплуатацию тележек с буксовым подвешиванием. Как правило, в таких тележках используется жесткая сварная рама. Применение рамы, в которой вместо литых несущих элементов используются сварные конструкции, может обеспечить повышение эксплуатационной надежности тележки, уменьшить ее массу и обеспечить точность базового размера в пределах ± 1 мм.

Отметим, что результаты испытания тележек грузовых вагонов с буксовым подвешиванием и жесткой рамой на железных дорогах РФ оказались неудовлетворительными.

Рассмотрим некоторые разработки конструкций тележек с буксовым подвешиванием.

Тележка ДП-3 (Track Friendly). Тележка нового поколения ДП-3 (рисунок 4.138) разработана конструкторско-технологическим отделом ОАО «Вагоностроительная компания Мордовии» и предназначена для вагонов с осевой нагрузкой 230,5 кН (23,5 тс). Это первая в России тележка, созданная с применением принципов Track Friendly Technology (дружественная технология). Это отражено в обозначении тележки сочетанием букв «ДП», что означает «дружественная к пути». Тележка представляет собой вариант

дальнейшего развития тележки ДП-1, разработанной в научно-техническом центре «Скоростной подвижной состав» МИИТа совместно с конструкторами ОАО «Мордовская вагоностроительная компания». Опытные образцы тележки ДП-3 изготовлены на ОАО «Рухимаш».



Рисунок 4.138 – Общий вид тележки ДП-3

Особенности конструкции [54]:

- жесткая рама модульной конструкции;
- буксовое билинейное подвешивание с фрикционным гасителем колебаний Ленуара;
- двустороннее нажатие тормозных колодок.

Тележка отличается уменьшенной неподрессоренной массой, пониженным воздействием на путь и отсутствием ограничений по скорости до 120 км/ч.

Рама (рисунок 4.139) – жесткая Н-образная, состоит из двух продольных боковых балок 1 (сварных или литых) открытого двутаврового профиля и поперечной балки 2 прямоугольного коробчатого сечения. Соединение продольных балок с поперечной балкой выполнено с помощью хук-болтов (зажимных болтов) 3.

Нагрузка от кузова вагона на тележку производится через две комбинированные упруго-роликовые боковые опоры 5 и упругие боковые скользяны постоянного контакта 9.

Роликовые части 6 боковых опор 5 связаны поводками 10 с продольными балками рамы. В шкворневом проеме 4 поперечной балки прямоугольной формы установлены два продольных и два поперечных резинометаллических упора. Связь тележки с кузовом в продольном направлении осуществляется через шкворень, в поперечном – с помощью комбинации «зазор – упругий упор».

Конструктивное исполнение упруго-роликовых боковых опор и упругих боковых скользян постоянного контакта показано на рисунке 4.140.

Рисунок 4.139 – Тележка ДП-3:

1, 2 – продольная и поперечная балки; 3 – хук-болт; 4 – шкворневой проем; 5 – боковая опора; 6, 7 – роликовая и упругая части боковой опоры; 8 – рессорное подвешивание с фрикционным демпфером; 9 – боковой скользящий элемент; 10 – поводок

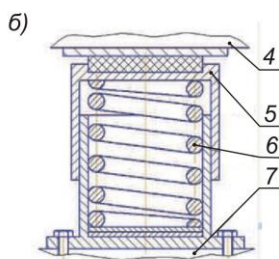
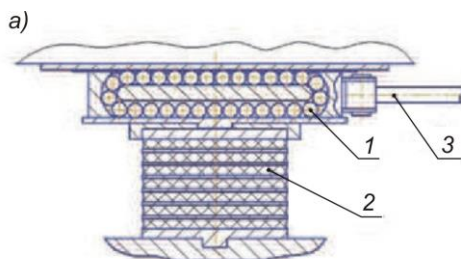
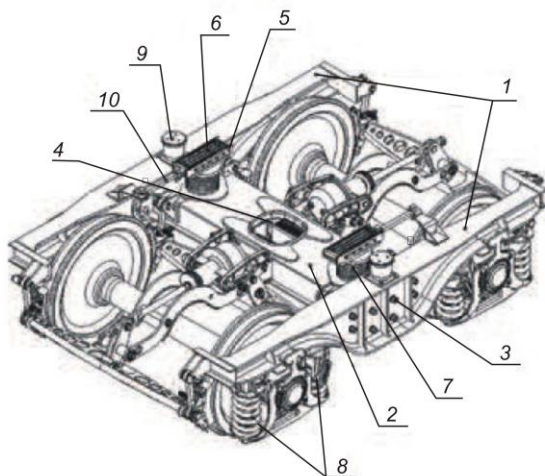


Рисунок 4.140 – Опоры тележки:

а – боковая опора; *б* – упругий скользящий элемент:

1 – ролик; 2 – упругий полиуретановый элемент; 3 – поводок; 4 – кузов; 5 – колпак; 6 – пружина; 7 – тележка

В качестве упругой части боковой опоры применяют полиуретановые элементы, в качестве упругого элемента бокового скользящего элемента – пружина. Полиуретановые элементы в боковых опорах обеспечивают подрессоривание кузова вагона и гибкую поперечную связь тележки с кузовом.

Бу́ксовое рессорное подвешивание с билинейной силовой характеристикой состоит из четырех рессорных комплектов, размещенных между рамой и буксовыми узлами.

Буксовый рессорный комплект включает две двухрядные пружины и фрикционный гаситель Лемуара (механизм Лемуара), который применяется в конструкциях европейских тележек. Гаситель колебаний Лемуара обеспе-

чивает зависимость силы трения от нагрузки на рессорный комплект и повышенную жесткость в продольном направлении.

Пружины рессорного комплекта обеспечивают упругую связь колесных пар с рамой тележки. Статический прогиб рессорного подвешивания в порожнем и груженом режимах составляет 18–20 и 55–60 мм соответственно.

Корпус буксы перемещается в вертикальной плоскости по направляющим челюстям и имеет ограниченный ход.

Тормозная рычажная передача, обеспечивающая двустороннее нажатие колодок, оборудована двумя цилиндрами с встроенными регуляторами ТРЦ-10, которые установлены на тележке.

Основные достоинства тележки:

- снижение вертикального воздействия на путь благодаря существенному уменьшению неподдресоренной массы и применения билинейного подвешивания;

- снижение поперечных ускорений кузова вагона, уменьшающая опасность повреждения чувствительных к вибрациям и ударам грузов (электронная аппаратура, автомобили, светотехническая аппаратура и т.д.) и снижающее динамическое воздействие на путь;

- отсутствие ограничений по скорости до 120 км/ч в порожнем и груженом режимах с точек зрения динамики и тормозных характеристик.

Следует отметить, что при равном разрушающем воздействии на путь тележек 18-100, 18-578 и ДП-3, тележка ДП-3 может иметь нагрузку до 271,7 кН (27,7 тс). Это свидетельствует о возможности создания грузовых вагонов с такими тележками с вертикальной нагрузкой на ось 265 кН (27 тс), что позволит их эксплуатировать на путях, где вагоны со стандартными тележками не могут иметь вертикальную нагрузку на ось больше 230,5 и 245 кН (23,5 и 25 тс). Результаты испытаний опытных образцов тележки ДП-3 использованы при разработке тележки модели 18-9891.

Тележка модели 18-9891 (рисунок 4.141). Разработана в ОАО «Вагоностроительная компания Мордовии» для подкатки под грузовые вагоны с осевой нагрузкой 245 кН (25 тс). Представляет собой вариант дальнейшего развития конструкции тележки ДП-3.

Тележка ТВП 2009-Р (ТВР 2009-Р). Тележка ТВП 2009-Р (рисунок 4.142) является аналогом тележки У25 для осевой нагрузки 25 тс. Тележка алаптирована к условиям эксплуатации на сети железных дорог РФ (по ширине колеи и температурным воздействиям).

Отличается усовершенствованным подрессориванием и применением диагональных связей для улучшения ходовых качеств. Диагональные тяги обеспечивают радиальную установку колесных пар в кривой. Тележку относят к дружественной по отношению к пути. Подпятник тележки сферической формы с вкладышем, скользуны – подрессоренные. Производитель – компания «Tatravagonka Poprad».



Рисунок 4.141 – Тележка модели 18-9891



Рисунок 4.142 – Тележка ТВП 2009-Р

Тележка представляет собой сварную альтернативу литым трехэлементным тележкам российского производства с улучшенными техническими параметрами. Масса тележки – 4,9 т, конструкционная скорость – 120 км/ч при осевой нагрузке 220,7 кН (22,5 тс) и 100 км/ч – при нагрузке 245 кН (25 тс).

Тележка прошла испытания с целью определения возможности ее эксплуатации на сети железных дорог России.

4.9 Тележки пассажирских вагонов люлечного типа

Отличительными особенностями современных тележек пассажирских вагонов является наличие двойного рессорного подвешивания – буксового и центрального и схема опирания кузова – на боковые скользуны. Обе ступени подвешивания работают последовательно, обеспечивая тем самым высокую суммарную гибкость рессорного подвешивания.

Рама пассажирской тележки опирается на бесчелюстные буксы через упругие элементы буксового подвешивания, которое выполняет функции первичного подрессоривания. В центральном подвешивании в отличие от грузовых тележек для гашения колебаний используются исключительно гидравлические демпферы. Центральное подвешивание может быть люлечным (в тележках люлечного типа) или безлюлечным (в тележках безлюлечного типа).

Пассажирские вагоны эксплуатационного парка оснащены тележками люлечного типа. *Тележки люлечного типа* характеризуются тем, что в таких тележках горизонтальные поперечные перемещения кузова вагона относительно рамы тележки осуществляются за счет шарнирных соединений и гибкости упругих элементов центрального подвешивания.

К тележкам пассажирских вагонов люлечного типа относятся двухосные тележки моделей 68-875 (68-876) и 68-4065 (68-4066), обеспечивающие нормальную эксплуатацию вагонов со скоростью 160 км/ч. В эксплуатации имеются также тележки типа КВЗ-ЦНИИ.

Все эти тележки предназначены для пассажирских, почтовых, багажных, а также специальных вагонов массой брутто до 72 т и различаются жесткостью рессорного подвешивания. В настоящее время выпуск этих тележек прекращен.

Техническая характеристика тележек пассажирских вагонов приведена в таблице 4.10.

Таблица 4.10 — **Техническая характеристика тележек пассажирских вагонов**

Показатели	Модель			
	68-875	68-876	68-4065	68-4066
Масса, т	6,9	7,4	6,8	7,4
База, мм	2400		2400	
Конструктивная скорость, км/ч	160		160	
Тип рессорного подвешивания	Двойное: центральное люлечное и буксовое			
Суммарный статический прогиб от массы брутто, м	0,225	0,233	0,199	0,215
Тормоз	Колодочный			
Габарит по ГОСТ 9238	02-ВМ		02-ВМ	

Тележки моделей 68-875/68-876 (типа ТВЗ-ЦНИИ-М). Тележка модели 68-875 (рисунок 4.143) представляет собой вариант дальнейшего развития

конструкции тележки типа КВЗ-ЦНИИ. Она состоит (рисунок 4.144) из двух колесных пар с буксовыми узлами 2, двойного рессорного подвешивания – буксового 3 и центрального 5, рамы 1, надрессорной балки 6, тормозной рычажной передачи 7 и шкворня 9.



Рисунок 4.143 – Тележка модели 68-875 (общий вид)

Кузов опирается на тележку через скользуны 10 надрессорной балки; связь рамы с колесными парами – пружинно-шпинтонная; буксовое подвешивание – с цилиндрическими пружинами и фрикционными гасителями колебаний; центральное подвешивание – люлечного типа с цилиндрическими пружинами и гидравлическими гасителями колебаний; тормоз – колодочный с двусторонним нажатием колодок.

Тележка выпускается с 1986 г. Тверским (Калининским) вагоностроительным заводом и называлась вначале КВЗ-ЦНИИ-М, а затем – ТВЗ-ЦНИИ-М. Здесь ТВЗ (КВЗ) – Тверской (Калининский) вагоностроительный завод, ЦНИИ – Центральный научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ныне ВНИИЖТ), М – модернизированная. В дальнейшем при переходе на модельный ряд она получила номер 68-875. Это самая распространенная тележка люлечного типа в вагонном парке.

Рама тележки (рисунок 4.145) – сварная Н-образной формы. Она состоит из двух боковых 2, двух средних поперечных 10, четырех укороченных концевых поперечных 8 и четырех вспомогательных продольных 9 балок. Элементы рамы изготавливают из стали 09Г2Д.

Боковые балки 2 сварены из двух швеллеров № 20В и имеют замкнутое коробчатое сечение. В средней части сверху и снизу они перекрыты стальными усиливающими листами.

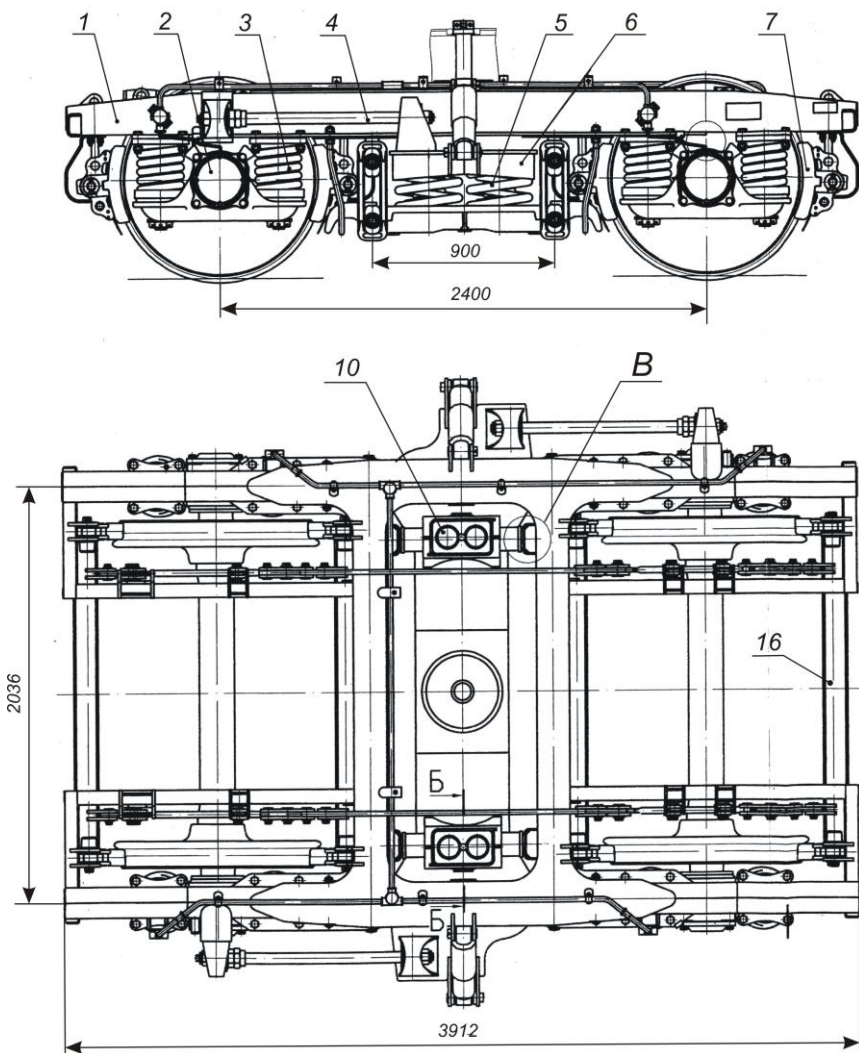


Рисунок 4.144 (начало) – Схема тележки модели 68-875:

1 – рама; 2 – колесная пара с буксовыми узлами; 3, 5 – буксовая и центральная ступени подвешивания; 4 – продольный поводок; 6 – надрессорная балка; 7 – тормозная рычажная передача; 8 – гидравлический гаситель колебаний; 9 – шкворень; 10 – опорный скользящий; 11 – коробка; 12 – резиновая прокладка; 13 – металлическая прокладка; 14 – вкладыш; 15 – торцевой вертикальный скользящий; 16 – траверса тормозной рычажной передачи

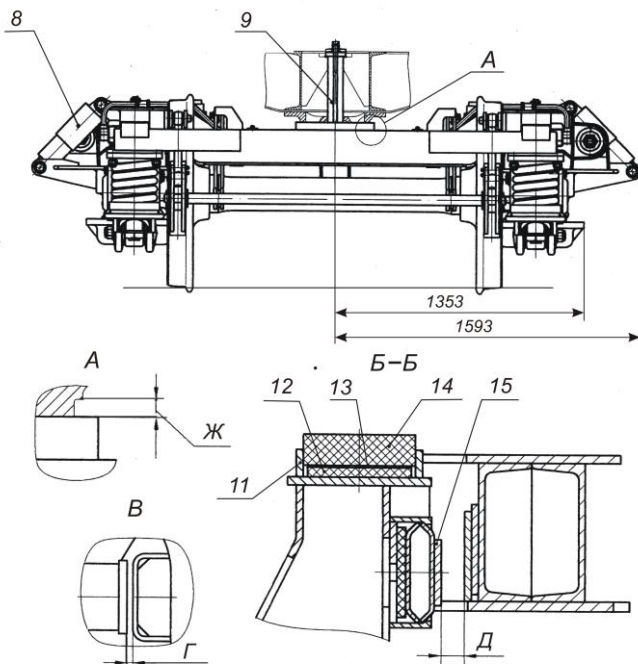


Рисунок 4.144 (окончание) – Схема тележки модели 68-875

К боковым балкам приварены снизу опорные плиты 3 с центрирующими кольцами, сбоку – кронштейны 5 и 7 для крепления соответственно гасителей колебаний и продольных поводков, а также упоры (вертикальные скользуны) 6 для ограничения поперечного перемещения наддрессорной балки. К опорным плитам прикреплены болтами шпинтоны 1.

В нижней части каждой боковой балки имеются два овальных отверстия для пропуска тяг-подвесок люльки и четыре отверстия для предохранительных скоб центрального подвешивания.

Средние поперечные балки 10 сварные коробчатого сечения и изогнуты на участках между боковыми и вспомогательными продольными балками. Каждая балка сварена из двух вертикальных и двух горизонтальных листов толщиной 10 мм. К балкам приварены упоры (вертикальные скользуны) 4, ограничивающие перемещения наддрессорной балки вдоль вагона при выходе из строя продольных поводков, а также кронштейны 13 для подвесок тормозных башмаков. В отверстия этих кронштейнов вварены втулки.

Вспомогательные продольные 9 и укороченные концевые поперечные 8 балки предназначены для крепления деталей тормозной рычажной переда-

чи. Эти балки отштампованы из листов толщиной 14 мм корытообразного профиля. У продольных балок этот профиль открытый, а у концевых поперечных закрыт приваренной планкой толщиной 8 мм. К вспомогательным продольным балкам приварены кронштейны 11 и 12 соответственно для мертвой точки и подвески рычагов, а к концевым – кронштейны 14 для подвесок тормозных башмаков.

Рама тележки связана (см. рисунок 4.144) с колесными парами через шпинтоны и пружины буксового подвешивания 2, с наддрессорной балкой – посредством гидравлических гасителей колебаний 8 и продольных поводков 4.

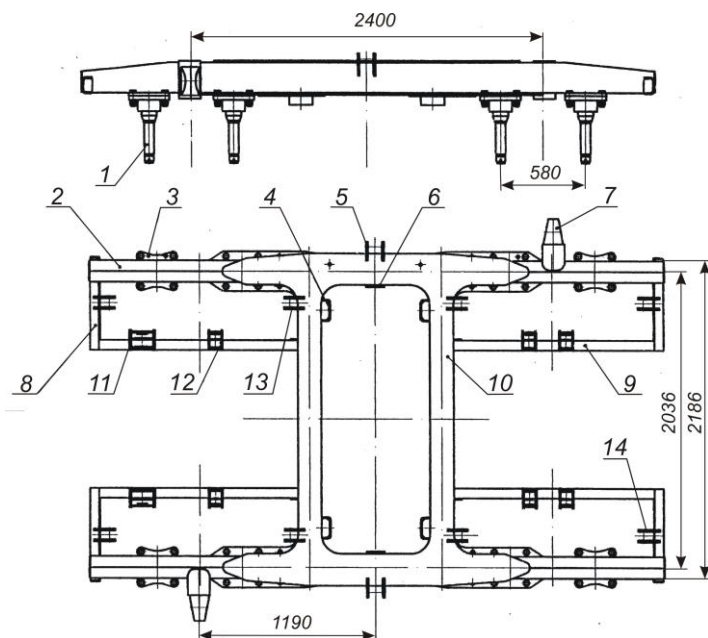


Рисунок 4.145 – Рама тележки модели 68-875

Рессорное подвешивание – двойное: буксовое и центральное.

Буксовое подвешивание состоит из четырех комплектов. Каждый комплект подвешивания (рисунок 4.146), расположенный на одной буксе, включает две наружные пружины 1, опирающиеся на кронштейны корпуса буксы 14 и поддерживающие раму 15 тележки, два фрикционных гасителя колебаний (элементы 2–5 и 13), расположенные внутри наружных пружин, и два резиновых кольца 8. Работа фрикционного гасителя колебаний рассмотрена в подразд. 3.3 (см. рисунок 3.18).

В этой ступени подвешивания для дополнительной связи букс с рамой тележки применяются шпинтоны 12, закрепляемые на боковой балке рамы. Шпинтоны не позволяют буксам, а следовательно, и колесным парам разъединиться с рамой тележки при сходе вагона с рельсов и совместно с пружинами ограничивают перемещения букс в горизонтальной плоскости.

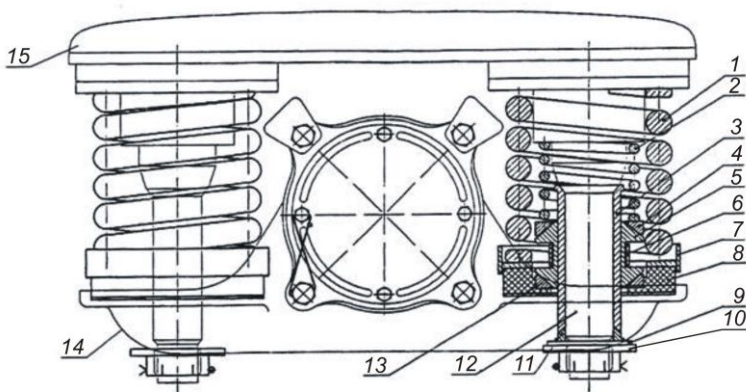


Рисунок 4.146 – Буксовое подвешивание тележки модели 68-875

Наружные пружины опираются на металлические поддоны 7, каждый из которых представляет собой опорное кольцо, сваренное заодно с кожухом. Между поддонами и кронштейнами корпуса буксы вводятся резиновые кольца 8 и прокладки, которые устанавливаются в углублениях кронштейнов корпуса буксы. Резиновые кольца предназначены для уменьшения высокочастотных колебаний рамы и снижения шума внутри вагона.

К элементам фрикционного гасителя колебаний относятся шпинтонная (фрикционная) втулка 3, шесть фрикционных клиньев (сухарей) 5, верхнее 4 и нижнее 13 опорные (нажимные) конусные кольца, между которыми находятся клинья, а также внутренняя (вспомогательная) пружина 2. Клинья 5 прижимаются к втулке 3 неподвижно усилием сжатия пружины 2.

Фрикционные клинья, обхватывающие шпинтонную втулку, связаны кольцом 6, которое в некоторых тележках может отсутствовать.

Стальная втулка 3 закрепляется неподвижно на шпинтоне 12 разрезным зажимным конусом 11, тарельчатой пружиной 9 и гайкой 10, накрученной на конец шпинтона. Тарельчатая пружина предназначена для предотвращения ослабления и падения шпинтонной втулки.

Фрикционные гасители демпфируют вертикальные колебания и создают еще одну дополнительную связь букс с рамой тележки в горизонтальной

плоскости. Коэффициент относительного трения фрикционного гасителя колебаний 0,05.

Центральное подвешивание (рисунок 4.147) – люлечного типа. Оно состоит из двух люлек, четырех двух- или трехрядных пружин 5, двух гидравлических гасителей колебаний 4 и двух продольных поводков 1.

К элементам люльки относятся: стальной корытообразный поддон 2 и две вертикально расположенные люлечные сочлененные подвески 6, с помощью которых поддон шарнирно подвешен к боковым балкам рамы.

Основное преимущество тележки модели 68-875 по сравнению с КВЗ-ЦНИИ – увеличение поперечной гибкости центрального подвешивания. Обеспечивается это за счет перехода от двухзвенной шарнирно сочлененной люлечной подвески к однозвенной в поперечном направлении. Люлечная подвеска такой конструкции (рисунок 4.148) имеет неподвижное звено – короткую тягу-подвеску 1 и подвижное звено – две серьги 7 увеличенной длины. Тяга-подвеска 1 соединена с серьгами 7 валиком 4. С целью защиты тяги-подвески от износа в ее отверстие вставлена втулка 8. Серьги в верхней и нижней частях связаны валиками (4 и 6) с опорными шайбами 5.

Поперечные колебания люльки осуществляются в этом случае только за счет серег. Неподвижное без поворотов в поперечном направлении закрепление тяги-подвески достигается соответствующим конструктивным исполнением узла соединения ее с рамой тележки.

В таком узле тяга-подвеска, имеющая Т-образную головку, опирается на рамку 2, установленную внутри боковой балки рамы на специальные вкладыши 3, приваренные к нижним полкам швеллеров боковой балки рамы. Наклонные сферические поверхности заплечиков Т-образной головки и сферические выемки на рамке исключают поворот тяги-подвески в поперечном направлении и в то же время обеспечивают свободный поворот ее в продольном.

Люльки связаны надрессорной балкой 14 (см. рисунок 4.147), которая опирается своими концевыми частями на пружины, размещенные в поддонах. На каждом поддоне установлено две двух- или трехрядных пружины 5. До 1990 года на тележку устанавливались комплекты трехрядных пружин, после 1990 года – комплекты двухрядных пружин.

На случай обрыва подвесок люльки и падения поддона с пружинами предусмотрено предохранительное устройство (см. рисунок 4.147), состоящее из четырех скоб 7. Скобы закрепляются на боковых балках рамы и обхватывают снизу крюки поддона.

Колебания кузова в вертикальной и горизонтальной плоскостях гасят гидравлические гасители 4, устанавливаемые наклонно под углом 45°. Гасители колебаний нижними концами крепятся к кронштейнам 9 надрессорной балки, а верхними – к кронштейнам 8 рамы тележки через резиновую втулку 3. Коэффициент сопротивления гасителя – 115 кН·с/м, а ход – 190 мм.

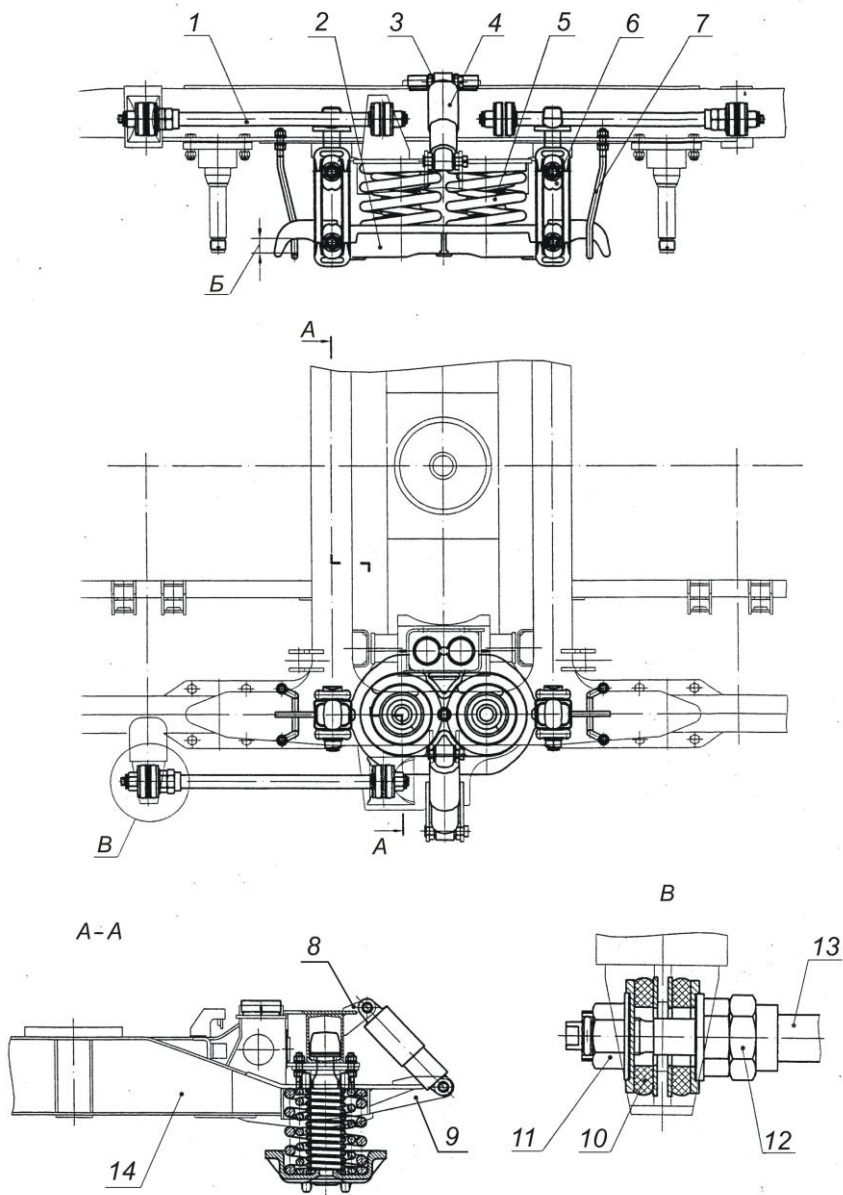


Рисунок 4.147 – Центральное подвешивание тележки модели 68-875

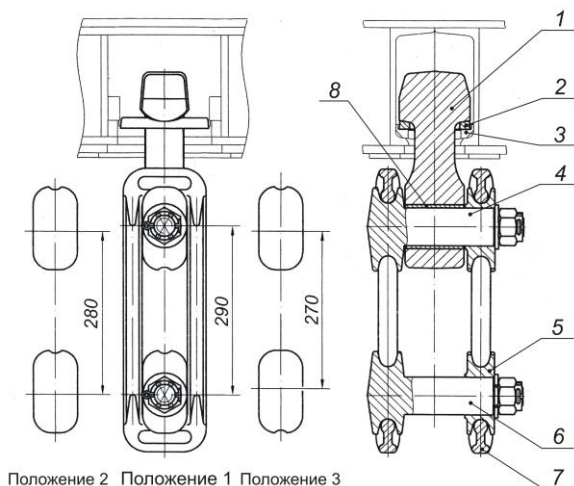


Рисунок 4.148 – Люлечная подвеска тележки модели 68-875

Продольные поводки тележки (4 – на рисунке 4.144 и 1 – на рисунке 4.147) служат для реализации момента трения в опорных скользянах. Поводки, связывающие наддресорную балку с рамой тележки, расположены диагонально (это видно на рисунке 4.144) и упруго препятствуют перекосу этой балки от действия момента сил трения, возникающих между скользянами тележек и кузова. Поводок (см. рисунок 4.147) состоит из тяги 13, резинометаллических пакетов 10 и гаек 11 и 12. Длину поводка, а следовательно, и зазоры между наддресорной и поперечными балками рамы регулируют при помощи гаек 11 и 12 за счет запаса резьбы на левой цапфе тяги. Для поворота или удержания тяги от вращения ее левый конец имеет форму квадрата.

Надресорная балка (наддресорный брус) тележки (рисунок 4.149) – сварная коробчатого сечения из стали марки 09Г2Д. Верхний лист 5 балки состоит из трех частей: среднего толщиной 10 мм и концевых – 16 мм. Концевые части верхнего листа уширены и имеют в нижней части специальные посадочные места (гнезда) 7 для комплектов пружин.

В средней части верхнего листа приварены кольцо 3, выполняющее роль подпятника, и втулка 4 для установки шкворня. Место размещения подпятника усилено ребрами 10 и планкой 11.

К верхнему листу приварены также две опоры 2 с вертикальными скользянами (боковыми 8 и торцевыми 12) и коробками 9 для установки опорных (горизонтальных) скользянов

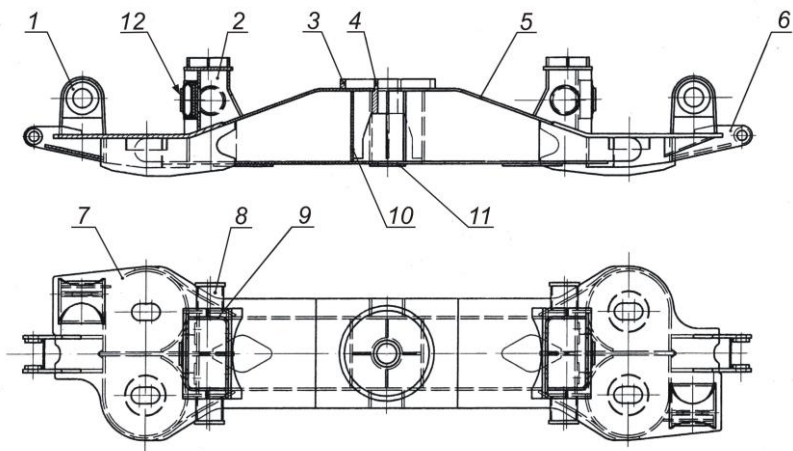


Рисунок 4.149 – Надрессорная балка тележки модели 68-875

Вертикальные боковые скользуны 8 совместно с упорами на средних поперечных балках рамы ограничивают продольные перемещения надрессорной балки в пределах зазора Г, а вертикальные торцевые скользуны 12 (15 на рисунке 4.144) совместно с упорами (скользунами) на боковых балках рамы – поперечные перемещения надрессорной балки в пределах зазора Д (см. вид В и сечение Б-Б на рисунке 4.144).

К надрессорной балке (см. рисунок 4.149) приварены также кронштейны 1 и 6 соответственно для направляющих поводков и гасителей колебаний.

Поперечное отклонение и возврат надрессорной балки обеспечиваются жесткостью пружин и возвращающим устройством люльки. Для ограничения больших отклонений надрессорной балки и смягчения горизонтальных сил на ней размещены упругие резинометаллические упоры. Зазор между этим упругим элементом и жестким упором продольной балки рамы – 45 мм.

Установка надрессорной балки в среднее положение производится изменением длины продольных поводков. Регулируя длину поводка, устанавливают требуемый зазор между вертикальными боковыми скользунами надрессорной балки и скользунами средних поперечных балок рамы. Для предотвращения падения надрессорной балки имеется предохранительная скоба.

О п о р н ы е у з л ы для кузова. Кузов вагона опирается на *горизонтальные скользуны* тележки (см. сечение Б-Б на рисунке 4.144), каждый из которых состоит из вкладыша 14, металлической 13 и резиновой 12 прокладок, которые устанавливаются в коробку 11 надрессорной балки. Резиновая

прокладка вводится для амортизации и поглощения шума, металлическая – для регулирования высоты установки вкладыша.

При такой схеме опирания кузова на тележку повышается плавность хода вагона вследствие уменьшения боковой качки и гашения извилистого движения тележки.

Для обеспечения свободного поворота тележки относительно кузова при прохождении кривых участков пути момент трения между скользящими подбирается в пределах 20–28 Н·м. Для реализации нормируемого момента трения в скользящих надрессорную балку связывают с рамой тележки продольными поводками и применяют разнородные материалы: скользящий кузов изготовляют из стали марки 40Х, а вкладыш опорного скользящего тележки – из полимерной композиции. Для исключения задиров рабочие поверхности скользящих шлифуют и смазывают.

Для принятой схемы опирания кузова на тележку между подпятником надрессорной балки и пятником кузова имеется зазор Ж (см. вид А на рисунке 4.144), равный 16 мм. Подпятник в этом случае воспринимает только горизонтальные усилия и служит направляющей при посадке кузова на тележки. Пятник кузова вагона соединен с подпятником тележки замковым шкворнем.

Шкворень (рисунок 4.150) состоит из двух полушкворней 2 и расположенной между ними замковой планки 1. Он позволяет быстро разъединить их, удалив вначале замковую планку, а затем оба полушкворня. Шкворень предупреждает отрыв тележки от кузова и служит кроме того осью вращения тележки относительно кузова при прохождении кривых участков пути.

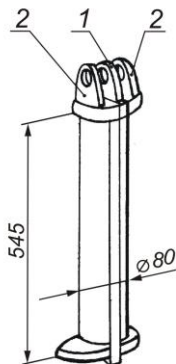


Рисунок 4.150 – Замковый шкворень

Тормозная рычажная передача тележки (рисунок 4.151) в отличие от передач тележек грузовых вагонов выполнена с двухсторонним нажатием колодок на поверхности катания колес. В тележке вместо триангелей применены траверсы 1, на цапфах которых установлены башмаки 7 с тормозными колодками 6. Вертикальные рычаги 2 и затяжки 3 прикреплены к раме тележки на подвесках 9. Траверсы вместе с башмаками и колодками подвешены на одинарных подвесках 5. Положение колодок фиксируется пружинным механизмом 8. Скобы 10 предохраняют траверсы от падения на путь.

Основные части тормозной рычажной передачи (узла «башмак – колодка – подвеска рычажной передачи») показаны на рисунке 4.152.

Расположение тормозной рычажной передачи на тележке 68-875 приведено на рисунке 4.153.

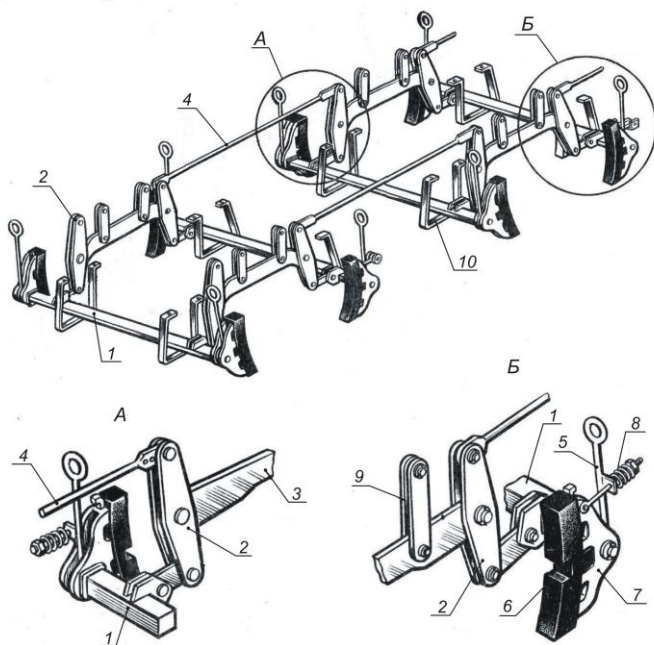


Рисунок 4.151 – Тормозная рычажная передача тележки:
 1 – траверса; 2 – вертикальный рычаг; 3 – затяжка вертикальных рычагов; 4 – тяга;
 5 – подвеска траверсы; 6 – тормозная колодка; 7 – башмак; 8 – пружинный механизм;
 9 – подвеска затяжки и вертикальных рычагов; 10 – предохранительная скоба



Рисунок 4.152 – Основные части тормозной рычажной передачи тележки:
 1 – шайба; 2 – шпильки; 3 – гайки; 4 – пружина с колпачком; 5 – подвеска башмака;
 6 – палец поводка; 7 – поводок; 8 – поворотный башмак; 9 – втулки; 10 – чека;
 11 – тормозная колодка

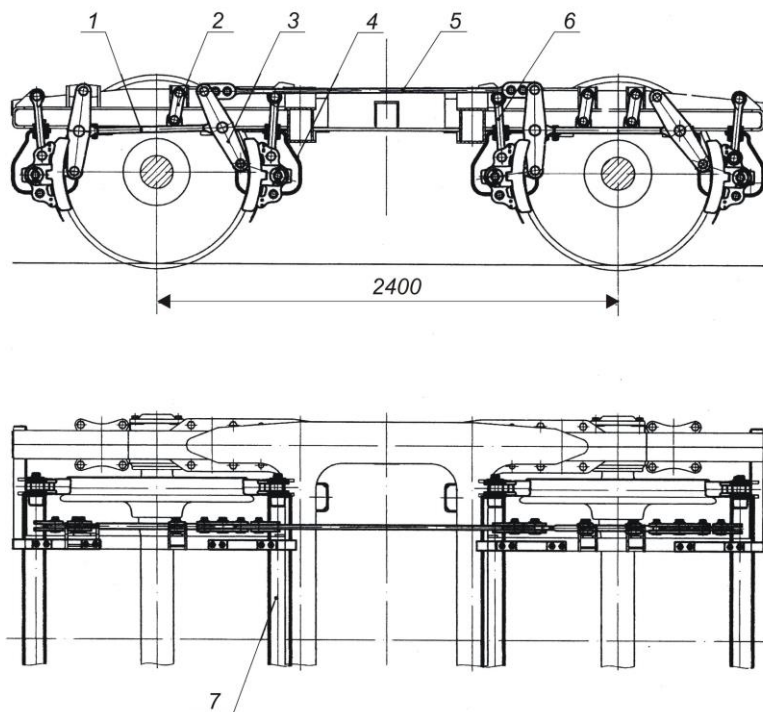


Рисунок 4.153 – Расположение тормозной рычажной передачи на тележке 68-875:
 1 – затяжка вертикальных рычагов; 2, 6 – подвески затяжки и башмака; 3 – вертикальный рычаг; 4 – предохранительная скоба; 5 – тяга; 7 – траверса

Тележка модели 68-876 (рисунок 4.154) оборудована текстропно-карданным приводом к генератору от торца оси. Она имеет более жесткое подвешивание и концевую поперечную балку, связывающую продольные боковые балки рамы. На концевой поперечной балке крепятся генератор, ведомый шкив привода с натяжным устройством и карданный вал.

Тележка модели 68-875 подкатывается под нектоловую сторону пассажирского вагона, модели 68-876 с приводом генератора от торца оси – под котловую.

Тележки моделей 68-4065/68-4066. Тележки (рисунок 4.155) подкатывается под вагоны с системой кондиционирования воздуха повышенной мощности (32 кВт).

Тележка модели 68-4065 отличалась от модели 68-875 раздельным гашением колебаний в центральном подвешивании. Для крепления вертикальных и горизонтальных гасителей на раме и адрессорной бал-

ке были предусмотрены соответствующие кронштейны. Все остальные узлы были унифицированы с тележкой 68-875. В последующем от раздельного гашения отказались. В настоящее время тележка модели 68-4065 конструктивно не отличается от модели 68-875.



Рисунок 4.154 – Тележка модели 68-876 с приводом от торца оси



Рисунок 4.155 – Тележка модели 68-4066

Тележки моделей 68-4066 и 68-876 различаются конструкцией привода подвагонного генератора. Тележка модели 68-4066 оборудована редукторно-карданным приводом от средней части оси к генератору повышенной до 32 кВт мощности. При переходе к новому приводу отпала необходимость в концевой поперечной балке. Редуктор закреплен на средней части оси одной из колесных пар.

Тележка КВЗ-ЦНИИ. Эта тележка (рисунок 4.156) выпускалась до 1985 г. Отличается от тележки модели 68-875 (ТВЗ-ЦНИИ-М) прежде всего конструкцией и параметрами рессорного подвешивания. Изменения есть и в конструкциях рамы и надрессорной балки.

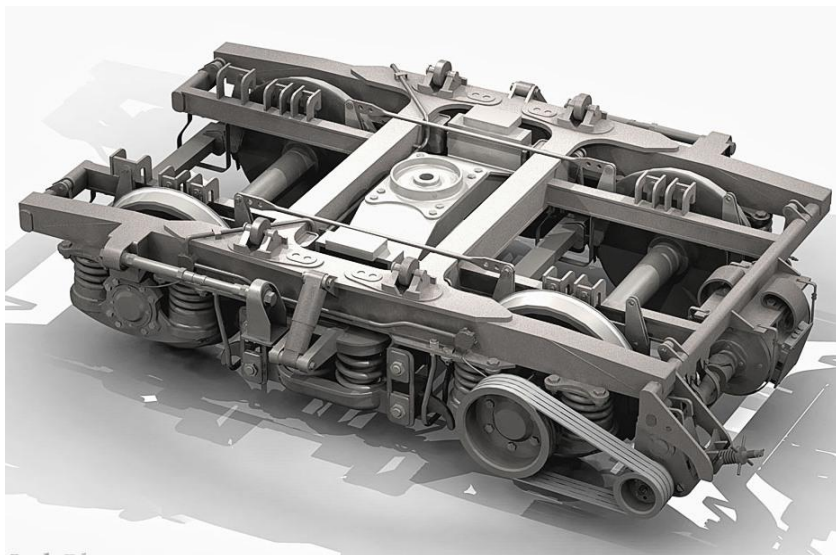


Рисунок 4.156 – Тележка типа КВЗ-ЦНИИ-1

В буксовом подвешивании (рисунок 4.157) под каждую наружную пружину устанавливается не одно, а два резиновых кольца 8 и 9. По сравнению с моделью 68-875 используются пружины меньшей высоты. Между резиновыми кольцами размещено металлическое кольцо 15, предохраняющее их от истирания.

В люлечном устройстве центрального подвешивания (рисунок 4.158) применяют двухзвенные люлечные сочлененные подвески, в которых и тяга-подвеска 4, и серьги 5 имеют возможность смещаться как в продольном, так и в поперечном направлениях.

Тяги-подвески крепятся шарнирно к боковым балкам рамы (см. рисунок 4.158) при помощи валика 3 и подшипников 2, которые расположены в упорах 1, приваренных к балке. Форма опорных валиков и проушин тяг-подвесок позволяют подвескам качаться не только поперек, но и вдоль тележки.

В качестве упругих элементов используются трехрядные пружины, которые опираются на поддон через прокладки 6.

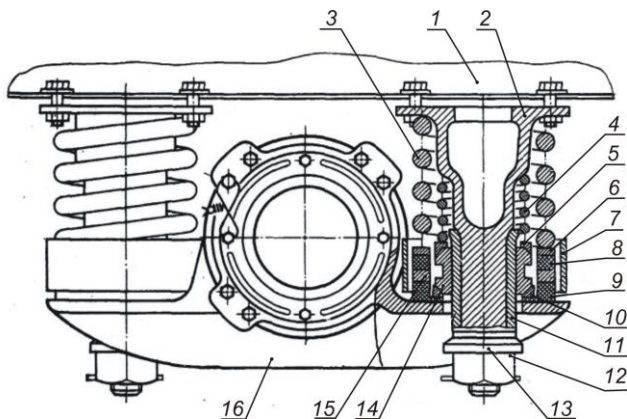


Рисунок 4.157 – Буксовое подвешивание тележки типа КВЗ-ЦНИИ:
 1 – боковая балка рамы; 2 – шпинтон; 3, 13 – цилиндрическая и тарельчатая пружины;
 4 – пружина гасителя колебаний; 5, 10 – кольца конические верхнее и нижнее; 6, 8 – кольца
 металлическое и резиновое; 7 – кожух; 9 – резиновая шайба; 11 – шпинтонная втулка;
 12 – гайка; 14 – фрикционный клин; 15 – кольцо металлическое опорное;
 16 – кронштейн корпуса буксы

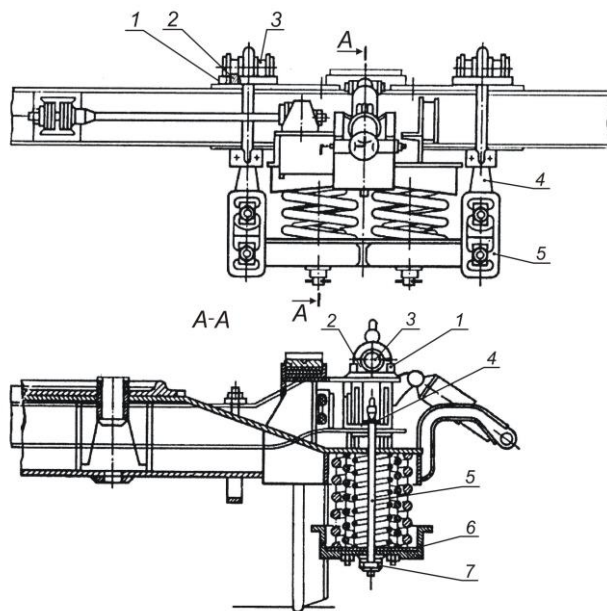


Рисунок 4.158 – Центральное подвешивание тележки типа КВЗ-ЦНИИ

Предохранительное устройство люлечного подвешивания состоит из четырех болтов 5, проходящих внутри комплектов пружин. Болты Т-образными головками через резиновую шайбу 4 опираются на боковые балки рамы. Снизу на болты накручены гайки 7.

Рама тележки показана на рисунке 4.159, надрессорная балка – на рисунках 4.160 и 4.161. Горизонтальный и вертикальный торцевой скользуны изображены на рисунках 4.162 и 4.163 соответственно.

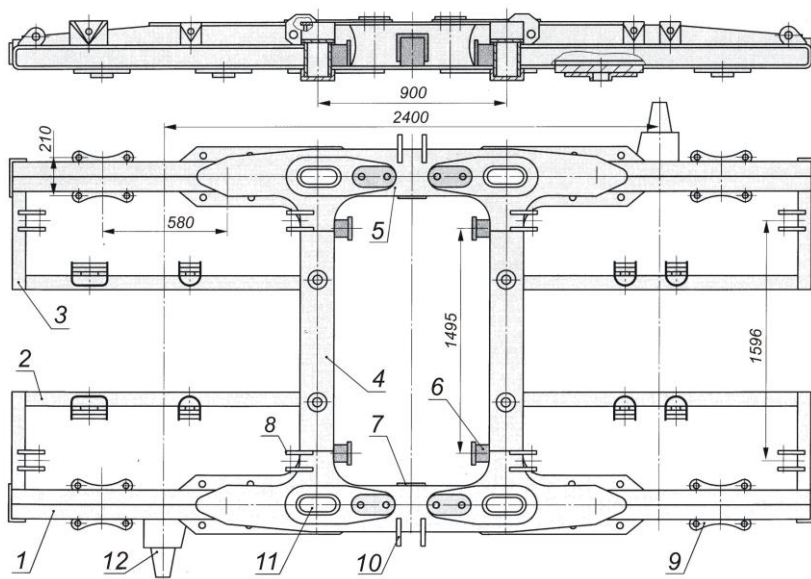


Рисунок 4.159 – Рама тележки КВЗ-ЦНИИ:

1, 3 – боковая и концевая балки; 2, 4 – средние продольная и поперечная балки; 5 – накладка; 6, 7 – скользуны; 8, 10, 12 – кронштейны рычажной передачи, гидравлического гасителя и продольного поводка; 9 – опорная плита; 11 – овальное отверстие для пропуска тяги-подвески люлечного центрального подвешивания

Коробка 3 для горизонтального скользуна см. (рисунок 4.162) фиксируется штырем 5 и крепится болтами к опоре 6.

Основные элементы вертикального торцевого скользуна (см. рисунок 4.163): 1 – основание (в виде коробки, приваренной к вертикальной торцевой стенке опоры); 2 – гнездо скользуна; 3 – скользуны съемный; 4 – амортизатор. Вертикальные боковые скользуны сварены из цилиндрических втулок и износостойких пластин.

Визуально тележка КВЗ-ЦНИИ отличается от модели 68-875 (см. рисунки 4.147 и 4.158) прежде всего конструктивным исполнением и местом

расположения узлов соединения подвесок с рамой (снаружи на верхних полках боковых балок), уменьшенной длиной серег, а также конструкцией люлочного предохранительного устройства (отсутствием предохранительных скоб и крюков у поддонов).

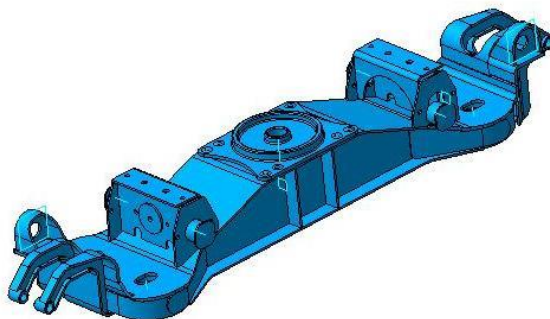


Рисунок 4.160 – Общий вид наддресорной балки тележки KV3-ЦНИИ

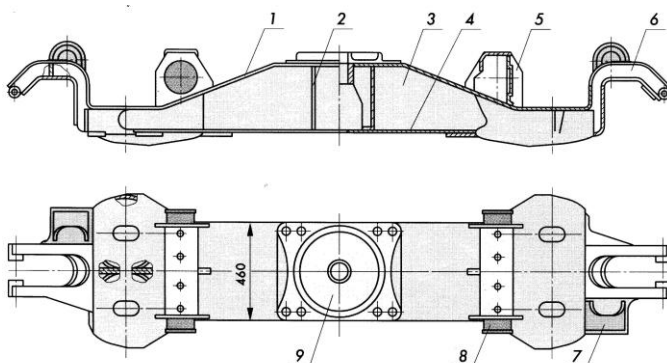


Рисунок 4.161 – Схема наддресорной балки тележки KV3-ЦНИИ:
 1 – пояс верхний; 2 – ребро жесткости; 3, 4 – боковой и нижний листы;
 5 – опора скользяна; 6, 7 – кронштейны гидравлического гасителя и поводка; 8 – скользян вертикальный; 9 – подпятник

Тележки KV3-ЦНИИ выпускались двух типов: KV3-ЦНИИ-I и KV3-ЦНИИ-II (рисунки 4.164 и 4.165). Первая подкатывается под кузова вагонов с массой брутто до 60 т, а вторая – от 60 до 72 т. Различаются эти тележки по жесткости рессорного подвешивания (у тележки KV3-ЦНИИ-II оно более жесткое) и по конструкции рамы. По внешнему виду тележки отличаются

числом гасителей. У КВЗ-ЦНИИ-I с каждой стороны ставят по одному гидравлическому гасителю колебаний, а в КВЗ-ЦНИИ-II – по два.

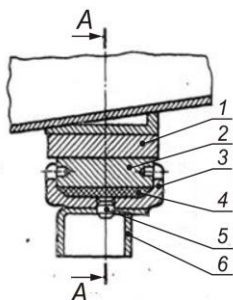


Рисунок 4.162 – Горизонтальный скользун:
1, 2 – скользящие кузов и тележки; 3, 6 – коробка и опора скользящего; 4 – резиновая пластина;
5 – штырь

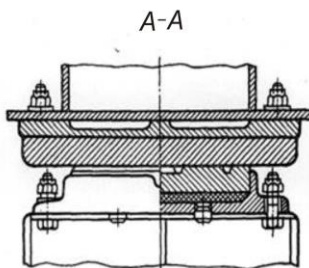


Рисунок 4.163 – Вертикальный торцевой скользун:
1 – основание; 2 – гнездо скользящего; 3 – скользун съемный;
4 – амортизатор

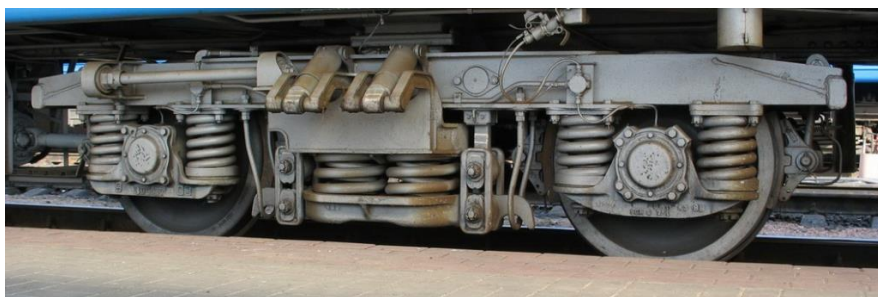


Рисунок 4.164 – Тележка типа КВЗ-ЦНИИ-II

4.10 Тележки пассажирских вагонов нового поколения безлюточного типа

Тверским вагоностроительным заводом разработаны для пассажирских вагонов нового поколения тележки безлюточного типа моделей 68-4071 и 68-4072, 68-4075 и 68-4076, 68-4095 и 68-4096. Тележки моделей 68-4075 и 68-4076 предназначены для скорости движения до 200 км/ч, остальных моделей – до 160 км/ч.

В тележках безлюточного типа горизонтальные поперечные перемещения кузова вагона относительно рамы тележки осуществляются только за счет гибкости упругих элементов центрального подвешивания.

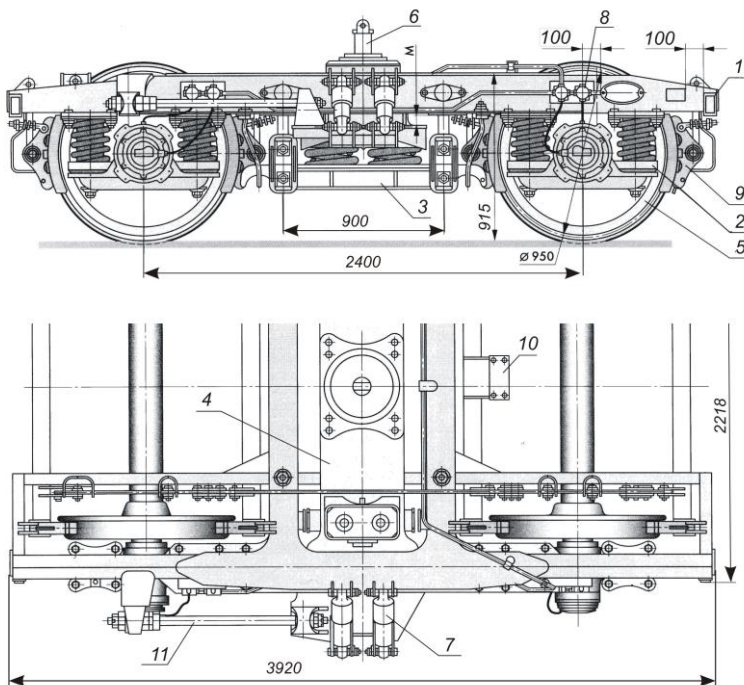


Рисунок 4.165 – Схема тележки типа КВЗ-ЦНИИ-II:

- 1 – рама; 2, 3 – буксовое и центральное подвешивания;
 4 – надрессорная балка; 5 – колесная пара с буксами; 6 – шкворень; 7 – гаситель колебаний;
 8 – устройство контроля нагрева букс; 9 – тормозная рычажная передача;
 10 – кронштейн авторежима; 11 – поводок

Характерные особенности тележек вагонов нового поколения: увеличенная до 2500 мм база, центральное подвешивание безлюечевого типа с раздельным гашением колебаний и использование дисковых тормозов. В тележках с высокими ходовыми качествами центральное подвешивание оборудовано стабилизаторами боковой качки, обеспечивающих упругое сопротивление крену кузова вагона в поперечном направлении.

Применение дисковых тормозов исключает воздействия на поверхности катания колес, устраняя тем самым термическую нагрузку на колеса, особенно при торможениях с высоких скоростей, а также при длительных торможениях. В результате значительно увеличивается пробег вагонов между обточками колесных пар.

Надежность тележек с дисковыми тормозами существенно увеличена также за счет упрощения конструкции тормозной рычажной передачи по

сравнению с рычажной передачей колодочного тормоза (сокращения количества рычагов, тяг и шарнирных соединений в конструкции дискового тормоза: 24 шарнира на вагон против 160 шарнирных соединений в конструкции колодочного тормоза).

Техническая характеристика тележек приведена в таблице 4.11.

Рассматриваемые тележки спроектированы для подкатки под пассажирские вагоны магистральных железных дорог массой брутто до 62 т и обеспечивают повышенную плавность хода вагона при установленных конструкционных скоростях движения.

Таблица 4.11 — Техническая характеристика тележек пассажирских вагонов нового поколения

Показатели	Модель					
	68-4071	68-4072	68-4095	68-4096	68-4075	68-4076
Масса, т	6,85	7,30	7,30	7,90	7,10	7,15
База, мм	2500		2500		2500	
Конструктивная скорость, км/ч	160		160		200	
Тип рессорного подвешивания	Двойное: центральное безлюлечное и буксовое					
Суммарный статический прогиб от массы брутто, м	0,270	0,288	0,270	0,288	0,285	0,290
Нагрузка на тележку от веса брутто кузова, кН	162	204	162	204	238	238
Тормоз	Дисковый				Дисковый, магниторельсовый	
Габарит по ГОСТ 9238	1-ВМ					

Тележки безлюлечного типа моделей 68-4095/68-4096. Это двухосные тележки безлюлечного типа с двухступенчатым рессорным подвешиванием. Тележки предназначены для пассажирских вагонов локомотивной тяги, эксплуатируемых со скоростью до 160 км/ч.

В тележках безлюлечного типа горизонтальные поперечные перемещения кузова вагона относительно рамы тележки осуществляется только за счет гибкости упругих элементов центрального подвешивания. На рисунках 4.166 и 4.167 показаны тележки моделей 68-4095 и 68-4096 соответственно. При этом тележка модели 68-4096 конструктивно отличается от модели

68-4095 наличием редуктора 32 кВт привода подвагонного генератора, а также привода ручного тормоза.



Рисунок 4.166 – Тележка модели 68-4095

Техническая характеристиках [36]:

- масса тележки, не более: модели 68-4095 – 7300 кг, модели 68-4096 – 7900 кг;
- длина тележки: по гребням колес – 3513 мм, по раме – 3457 мм;
- ширина тележки – 3087 мм;
- расстояние между продольными осями опорных скользунов – 1520 мм;
- база тележки – 2500 мм;
- база по рессорному подвешиванию (поперечная база): буксовому – 2036 мм, центральному – 2470 мм;
- конструкционная скорость – 160 км/ч;
- грузоподъемная сила (нагрузка от брутто кузова) – не более 280 кН;
- суммарный статический прогиб под нагрузкой брутто – не менее 220 мм;
- габарит по ГОСТ 9238 – 1-ВМ.

Технический уровень тележек характеризуется следующими показателями:

- назначенный срок службы несущих элементов тележки (рама, наддрессорная балка) – 40 лет;
- межремонтный пробег (пробег до первого деповского ремонта) 600 тыс. км или срок эксплуатации – не более 3 лет;
- среднее время восстановления работоспособного состояния тележки – не более 6 часов;
- средняя наработка на отказ вагонокомплекта тележек при доверительной вероятности 0,9 – не менее 100 000 км пробега;
- гарантийный срок эксплуатации тележки в сборе (кроме изнашиваемых и сменяемых деталей) – 4 года со дня отправки заказчику.

Основные составные части тележки (см. рисунок 4.167):

- рама 3 с кронштейнами;

- две колесные пары 4 и 5 с буксовыми узлами, тормозными дисками 9, 10 и редуктором 8 (для модели 68-4096);
- рессорное подвешивание – буксовое и центральное;

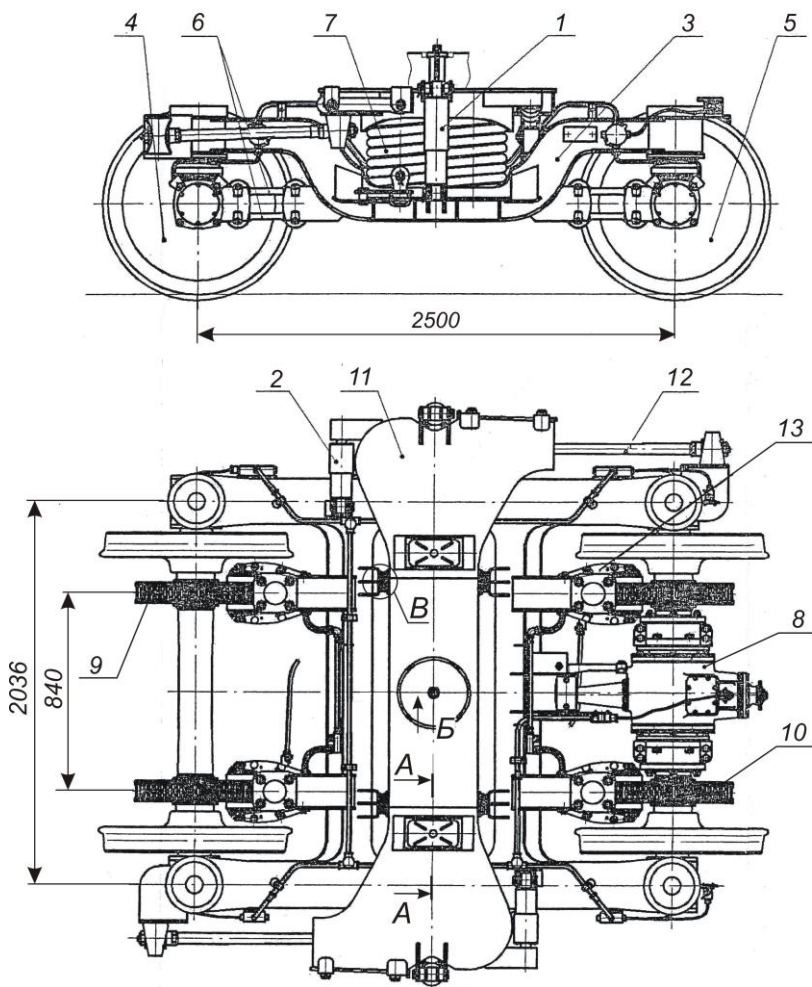


Рисунок 4.167 (начало) – Тележка модели 68-4096:

- 1, 2 – вертикальный и горизонтальный гидравлические гасители колебаний; 3 – рама;
- 4 – колесная с тормозными дисками 9; 5 – колесная пара с тормозными дисками 10 и редуктором 8; 6 – поводки буксового подвешивания; 7 – пружины центрального подвешивания;
- 11 – наддресорная балка; 12 – приводок; 13 – тормозной блок клещевого механизма

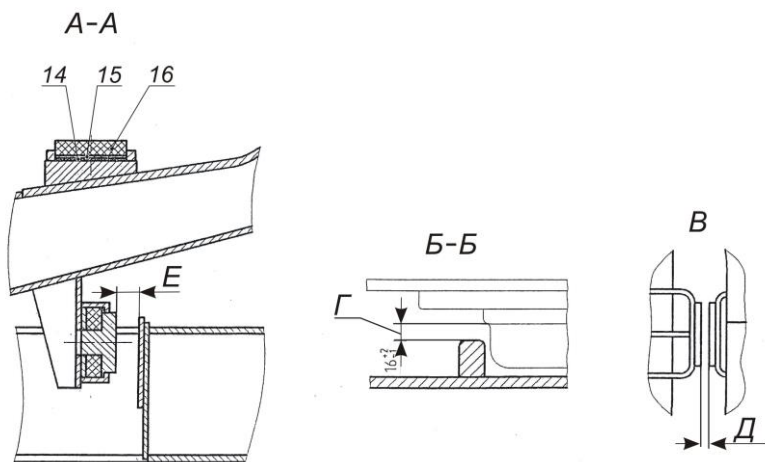


Рисунок 4.167 (окончание) – Тележка модели 68-4096:
 14, 15 – регулировочные прокладки; 16 – вкладыш (опорный скользящий)

- надрессорная балка 11;
- тормозное оборудование 13;
- датчики систем контроля перегрева подшипниковых узлов и противоюзной защиты.

Рама (рисунок 4.168) состоит из двух продольных балок 1 и двух поперечных балок 2 трапецеидального сечения. Продольные балки рамы в средней части изогнуты и опущены вниз, образуя площадки с сваренными в них специальными поддонами 14, вынесенными наружу для установки пружин центрального подвешивания. По концам продольных балок присоединены цилиндрические втулки 13, имеющие приваренное дно для установки пружин буксового подвешивания.

На раме монтируются упоры 8 и 9 – для ограничения перемещения надрессорной балки, а также кронштейны для установки: 3 – буксовых поводков, 4 – продольного поводка, 5 – вертикального гасителя, 6 – горизонтального гасителя, 7 – тормозных блоков с клещевыми механизмами; 11, 12 – кронштейны для пережатки тележки или вагона и для временного закрепления серьги перед выкаткой тележки. Рама тележки модели 68-4096 имеет также кронштейн 10 для крепления опоры от момента скручивания редуктора.

Рессорное подвешивание – двойное с суммарным статическим прогибом под нагрузкой брутто 230–260 мм (модель 68-4095) и 240–280 мм (модель 68-4096).

Параметры пружин рессорного подвешивания тележки приведены в таблице 4.12.

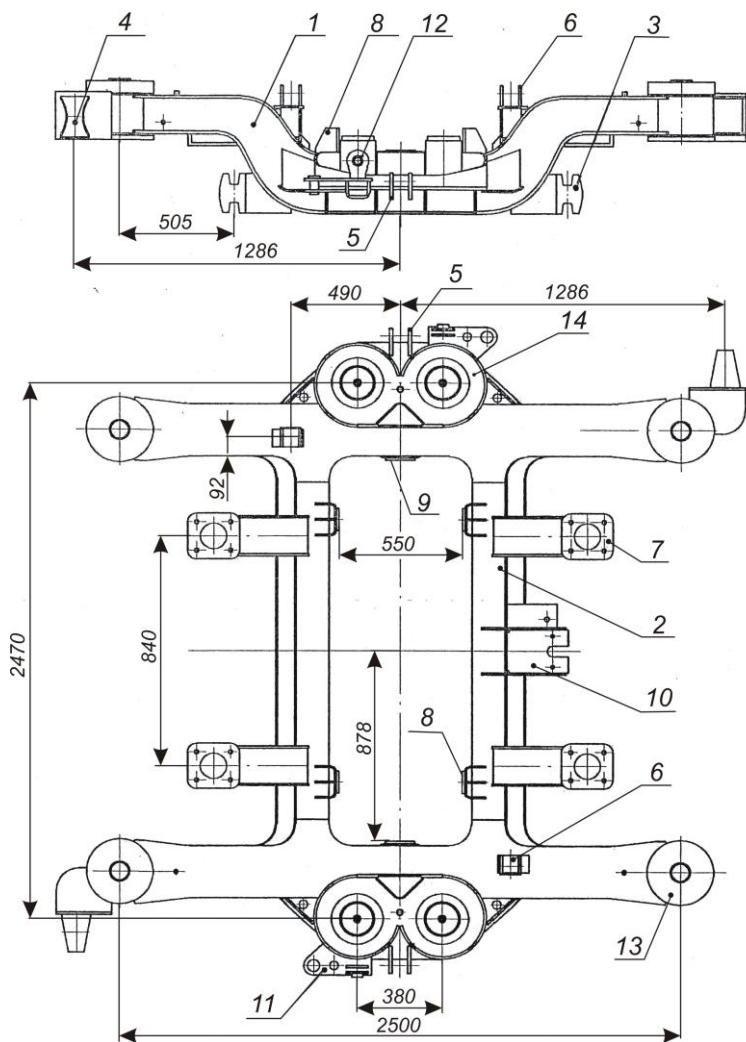


Рисунок 4.168 – Рама тележки модели 68-4096

Буксовое подвешивание – с цилиндрическими пружинами и поводковой связью бус с рамой – является первой ступенью рессорного подвешивания тележки и предназначено для передачи нагрузок от рамы тележки на колесную пару.

Таблица 4.12 – Параметры пружин рессорного подвешивания тележки модели 68-4095/68-4096

Наименование параметра	Буксовая ступень		Центральная ступень	
	Наружная пружина	Внутренняя пружина	Наружная пружина	Внутренняя пружина
Высота в свободном состоянии, мм	332	327	700	700
Средний диаметр витка, мм	156	94	252	180
Диаметр прутка, мм	42	28	47,5	25
Число витков:				
рабочих	4,75	7,65	7,50	7,90
полных	6,25	9,15	9,00	9,40
Направление навивки	левое	правое	правое	левое
Масса, кг	42	14	117	23,2

Буксовое подвешивание состоит из четырех комплектов. Каждый комплект (рисунок 4.169) состоит из одной однорядной или двухрядной пружины 1, гнезда опорного 2, резиновой прокладки 3 для гашения высокочастотных колебаний и двух поводков 4 с резинометаллическими шарнирами. Гнездо опорное устанавливается сверху на корпусе буксы и служит для фиксации пружин на корпусе.

Примечание – Буксовые поводки обеспечивают упругую связь буксы с рамой в продольном и поперечном направлениях.

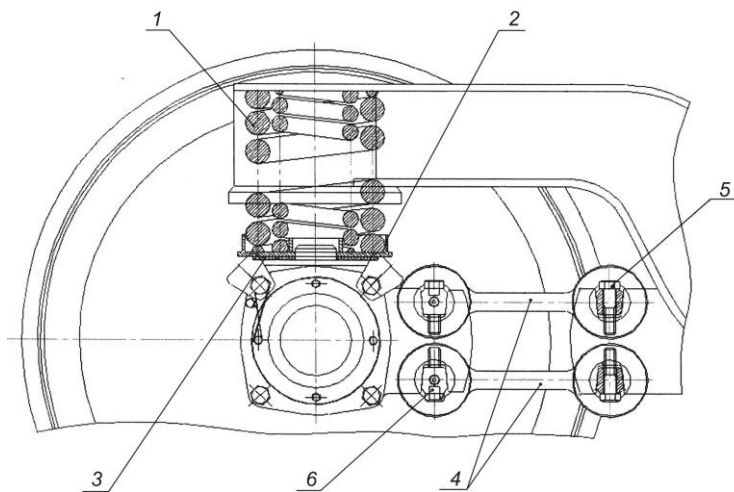


Рисунок 4.169 – Буксовое подвешивание тележек моделей 68-4095/68-4096

Резинометаллические шарниры (амортизаторы), применяемые в буксовых поводках, обладают демпфирующими свойствами, которые используются для обеспечения гашения колебаний рамы тележки. Поводки буксовые устанавливаются в клиновые пазы кронштейнов буксы и рамы тележки и закрепляются болтами 5. Болты от самоотворачивания стопорятся пружинными шайбами 6.

Примечание – До 2006 г. тележки выпускались с гидравлическими гасителями в буксовом подвешивании (как в моделях 68-4075 и 68-4076). В 2006 г. начат выпуск тележки без буксовых гидравлических гасителей.

В буксовом подвешивании вертикальная нагрузка от рамы тележки через пружины передается на колесные пары через потолочную часть корпусов букс. Поводки буксового подвешивания при вертикальных перемещениях поворачиваются в пределах деформации резино-металлических шарниров. Через буксовые поводки передаются продольные нагрузки от рамы на корпуса букс. При восприятии поперечных усилий поводки и пружины работают параллельно.

Центральное подвешивание является второй ступенью рессорного подвешивания тележки и предназначено для передачи нагрузки от кузова вагона через надрессорную балку, комплекты пружин на раму тележки и гашения резонансных колебаний.

Центральное подвешивание (рисунок 4.170) выполнено безлучечным с четырьмя двухрядными цилиндрическими пружинами 1, двумя вертикальными 2 и двумя горизонтальными 3 гасителями колебаний, а также двумя продольными поводками 4 с резинометаллическими пакетами 8. Наличие вертикальных и горизонтальных гасителей обеспечивает раздельное гашение вертикальных и горизонтальных колебаний.

Продольные поводки служат для исключения перекоса надрессорной балки от момента сил трения, возникающего между опорными скользунами тележки и вагона, и снижения влияния рессорных комплектов на передачу усилий вдоль оси пути.

Поводки состоят из тяги, резинометаллических пакетов и регулировочных гаек. Длину поводка и зазоры между упорами надрессорной балки и поперечными балками рамы регулируют при помощи гаек за счет запаса резьбы на левой цапфе тяги.

Гидравлические гасители колебаний (демпферы), создавая силы сопротивления колебательному процессу, способствуют снижению величин амплитуд и ускорений обрессоренных масс кузова вагона, что обеспечивает необходимую плавность хода, снижает воздействие динамических сил на элементы подвижного состава. Параметр сопротивления гидравлического гасителя – 45–55 кН·с/м.

Тележка оборудована устройствами ограничения предельного прогиба пружин и стяжным устройством.

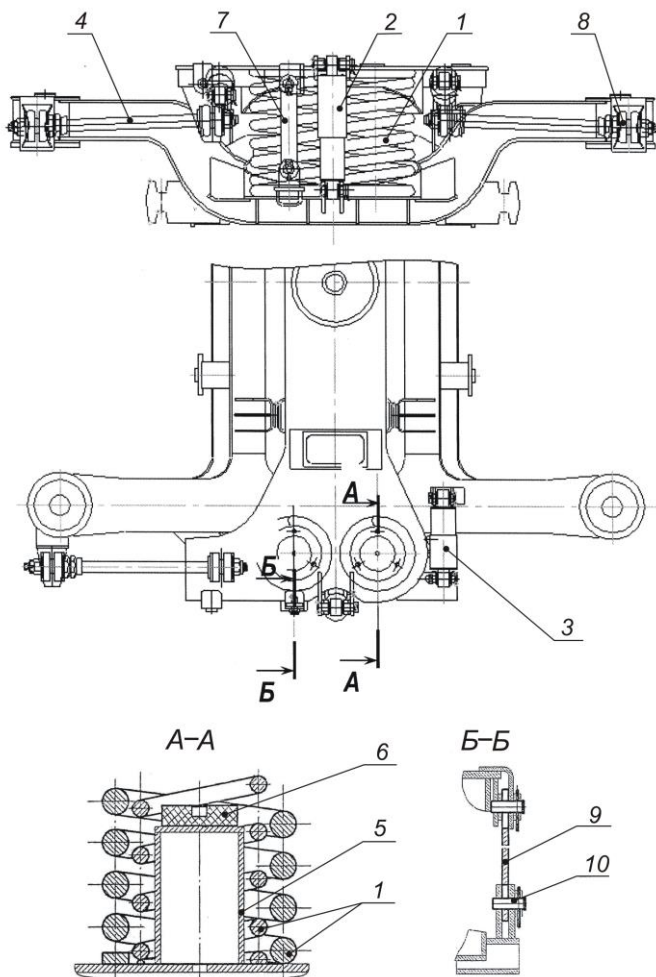


Рисунок 4.170 – Центральное подвешивание тележек моделей 68-4095/68-4096

Устройства для ограничения предельного прогиба пружин представляют собой опоры 5 с амортизирующими накладками 6, размещенные внутри комплектов пружин.

Для фиксирования надрессорной балки относительно рамы тележки перед подкаткой тележки под вагон служит стяжное устройство 7, состоящее из двух серег 9, осей 10 и элементов крепления. Пружины при этом должны

быть подвергнуты предварительному сжатию до совпадения паза серги с отверстиями в проушинах на раме тележки.

Надрессорная балка (надрессорный брус) тележки представляет собой сварную коробчатую конструкцию (рисунок 4.171).

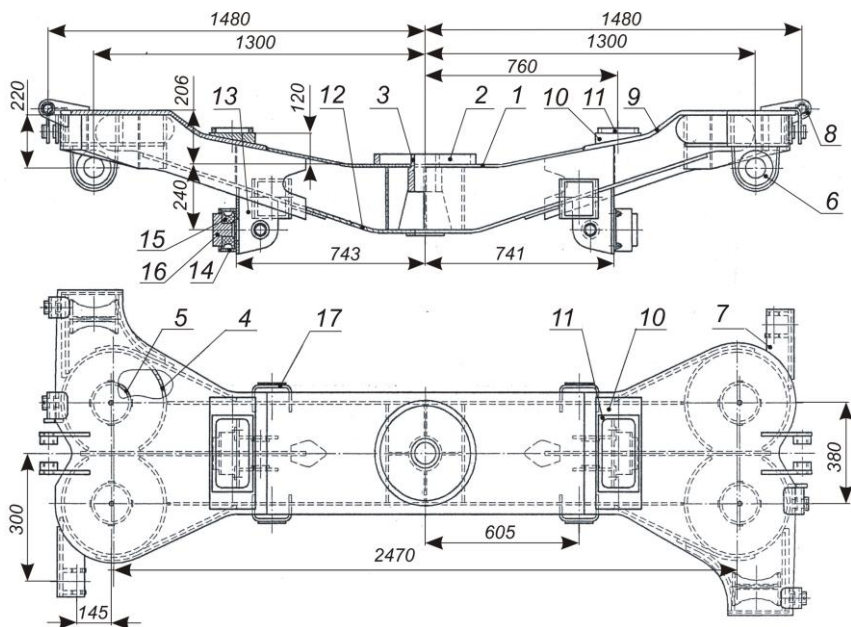


Рисунок 4.171 – Надрессорная балка тележек моделей 68-4095/68-4096

В средней части верхнего листа *1* балки приварено кольцо *2* и втулка *3*, посредством которых тележка связана с пятником кузова вагона. По концам балки приварены цилиндрические обечайки *4* для установки пружин, кольца *5* для установки и фиксации пружин, а также кронштейны: *6* – для установки поводков, *7*, *8* – для установки горизонтальных и вертикальных гасителей колебаний.

К опорным листам *9* приварены основания *10* и рамки *11* для установки вкладышей опорных скользунков.

К нижнему листу *12* приварены упоры *13*, на которые закрепляются при помощи болтов, гаек, шайб и шплинтов коробки скользун *14* с амортизаторами *15* и вставками *16*. Данные упоры ограничивают поперечное перемещение балки. Упоры *17* ограничивают продольные перемещения балки.

На надрессорной балке монтируются скользуну, используемые для опирания кузова. Каждый опорный скользун включает [см. рисунок 4.167

(окончание)] вкладыш скользуна 16, регулировочную подкладку 15 и резиновую прокладку 14, устанавливаемые внутри рамки опорной части наддрессорной балки.

Надрессорная балка связана в продольном направлении с рамой продольными поводками, а в поперечном направлении – горизонтальной жесткостью пружин и гидравлическими гасителями колебаний.

Колесные пары тележек (рисунки 4.172 и 4.173) состоят из оси 1, колес 3, тормозных дисков 2 и буксовых узлов 4 с противоюзными осевыми датчиками. Одна из колесных пар тележки модели 68-4096 (см. рисунок 4.173) дополнительно оборудована в средней части редуктором 5 для привода подвагонного генератора с опорой против скручивания и предохранительным упором.

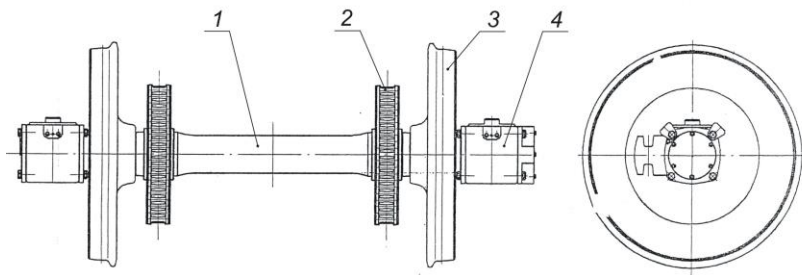


Рисунок 4.172 – Колесная пара с буксовыми узлами и тормозными дисками

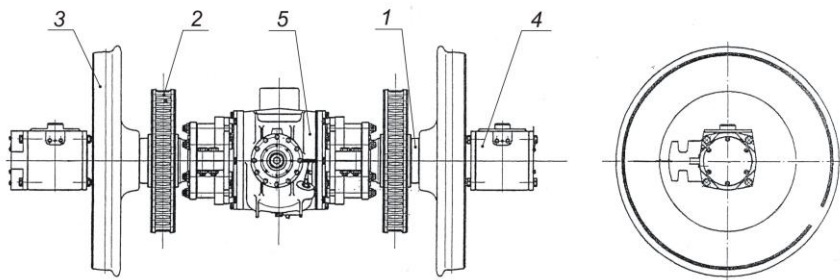


Рисунок 4.173 – Колесная пара с буксовыми узлами, тормозными дисками и редуктором

Разность диаметров по кругу катания колес: в одной колесной паре – 1 мм; в двух колесных парах одной тележки – 5 мм.

Значение остаточного динамического дисбаланса в плоскости каждого колеса относительно оси, проходящей через центры кругов катания колес, – не более 0,6 кг·м.

Примечание – Редуктор привода генератора предназначен для отбора мощности от средней части оси колесной пары. Тележка оборудована редуктором WBA-32/2 для привода подвагонного генератора номинальной мощностью 32 кВт.

Буксы колесных пар – с корпусами специальной конструкции. На одной из боковых сторон они имеют кронштейн (с клиновыми пазами) для установки буксовых поводков, а в верхней части – посадочное место для установки пружин. Буксы оснащены коническими подшипниковыми узлами с размером базового подшипника 130×230×150 мм.

Конструкция буксовых узлов тележки (правого и левого) рассмотрена в подразд. 2.7 (см. рисунки 2.43, а, б).

На каждом буксовом узле и редукторе устанавливается по одному термоматчику для контроля перегрева при возникновении неисправности в контролируемых узлах.

Примечание – Термоматчик предназначен для размыкания электрической цепи путем расплавления легкоплавкого сплава между токоведущими жилами кабеля при температуре аварийного перегрева подшипникового узла в корпусах букс и редуктора от 92 до 100 °С. Термоматчики вворачиваются в резьбовые гнезда корпусов букс и редуктора.

На левый буксовый узел (см. рисунок 2.43, б) каждой колесной пары устанавливается импульсный противоюзный датчик 14, который бесконтактно снимает сигналы ферромагнитного ротора – зубчатого колеса 15, которое монтируется на передней крышке 4 с помощью четырех болтов 16 и дистанционных шайб 17.

Примечание – Противоюзный датчик предназначен для регулирования работы дискового тормоза и предотвращения юза колесной пары.

Импульсный датчик осуществляет бесконтактный контроль числа оборотов колеса (частоты вращения колесной пары) и выдает пропорциональный сигнал частоты на прибор управления электронной системы вагона.

Расстояние между ротором и импульсным датчиком ($0,9 \pm 0,5$) мм обеспечивается подбором регулировочных прокладок 18.

Тормозное оборудование тележки. В тележках для рабочего торможения применяется электропневматический дисковый тип тормоза. В тележке модели 68-4096 имеется также привод ручного (стояночного) тормоза.

Тележки оборудованы дисковым тормозом производства «KNORR-BREMSE». Дисковый тормоз для рабочего торможения производства «KNORR-BREMSE» (рисунок 4.174) включает в себя два блока 1 клещевых

механизмов с приводным устройством к системе стояночного тормоза, два блока 2 клещевых механизмов, восемь тормозных накладок. Каждый блок включает в себя по два держателя тормозных накладок. Блоки клещевых механизмов закреплены при помощи болтовых соединений к кронштейнам поперечных балок рамы тележки.

Для передачи усилия от ручного тормоза к блокам 1 клещевого механизма служат специальные тросы, устанавливаемые в рычаги блоков.

Тормозные блоки клещевых механизмов 1 закреплены на кронштейнах поперечных балок рамы тележки.

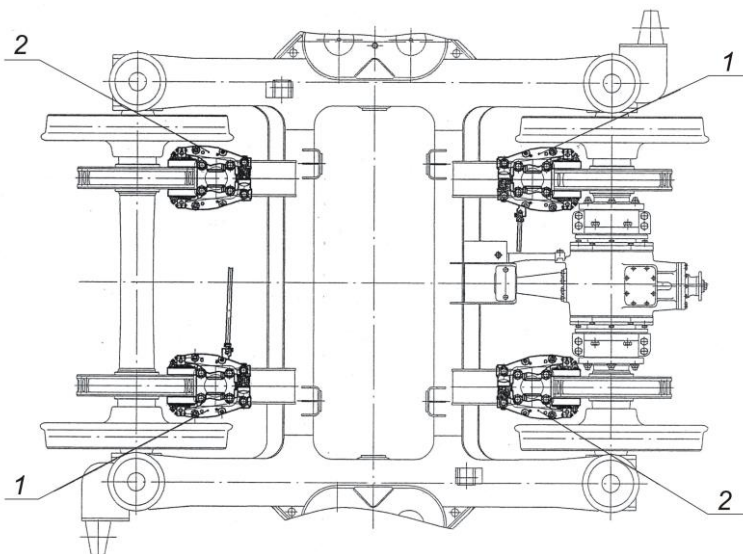


Рисунок 4.174 – Дисковый тормоз

М а р к и р о в к а. На наружных боковых сторонах *продольных балок рамы* тележки установлены фирменные таблички завода-изготовителя с указанием товарного знака предприятия-изготовителя, модели тележки, порядкового номера тележки по системе нумерации предприятия-изготовителя, даты выпуска.

На наружной стороне одного из концов каждой продольной балки рамы тележки нанесены ударным способом следующие знаки маркировки: условный номер предприятия-изготовителя «93», порядковый номер тележки по системе нумерации предприятия-изготовителя, месяц и две последние цифры года изготовления тележки, приемочное клеймо отдела технического контроля изготовителя и инспектора-приемщика. Знаки маркирования и клеймения заключены в рамку, нанесенную белым цветом.

На наружной стороне продольной балки рамы нанесен знак соответствия системы сертификации на федеральном железнодорожном транспорте, а также знаки заземления и конструкционная скорость тележки «160 км/ч».

На *верхнем листе в концевой части одной из продольных балок рамы* нанесены ударным способом маркировка порядкового номера рамы по системе нумерации предприятия-изготовителя.

На *корпусе буксового поводка* производится маркирование товарного знака или условного номера предприятия-изготовителя.

Составные части центрального подвешивания имеют следующую маркировку:

- на защитном кожухе гасителя колебаний устанавливается фирменная табличка с указанием условного номера предприятия-изготовителя, заводского номера и условного обозначения гасителя. На корпусе гасителя наносится знак соответствия. На нижней головке маркируется дата изготовления, условный номер предприятия-изготовителя, заводской номер гасителя;

- на тяге поводка маркируется условный номер предприятия-изготовителя, год изготовления;

- на верхней поверхности одного из бугелей торсионного стабилизатора маркируется условный номер или товарный знак предприятия-изготовителя, последние пять цифр номера чертежа, порядковый номер детали по системе нумерации предприятия-изготовителя, дата изготовления (месяц и две последние цифры года).

Конструктивные особенности тележек моделей 68-4095/68-4096 для двухэтажных вагонов. Центральное подвешивание тележек для двухэтажных вагонов (рисунок 4.175) дополнительно оборудовано стабилизаторами боковой качки торсионного типа, связывающими надрессорную балку с рамой тележки и обеспечивающими упругое сопротивление крену кузова вагона в поперечном направлении, повышая поперечную устойчивость при боковой качке кузова.

Введение стабилизатора боковой качки потребовало дополнительного оборудования рамы тележки кронштейнами для его крепления.

Стабилизатор боковой качки – торсионного типа, предназначен для обеспечения нормированного коэффициента запаса устойчивости двухэтажного вагона в поперечном направлении. Он состоит:

- из торсионного вала 5, свободно вращающегося в двух бугелях 6, прикрепленных к раме тележки;

- рычагов 7, обеспечивающих момент кручения на торсионном валу;

- регулируемых подвесок, состоящих из верхней 9 и нижней 8 тяг, соединенных между собой посредством стяжки с правой и левой резьбой.

Головка верхней тяги шарнирно присоединена к специальному кронштейну (упору) надрессорной балки.

Упоры 13 (см. рисунок 4.171), размещенные в нижней части надресорной балки, при применении торсионного стабилизатора совмещают в себе дополнительную функцию закрепления шарнирных элементов подвески к рычагам торсионного вала.

На раме тележки устанавливаются предохранительные скобы 10 (см. рисунок 4.175) от падения на рельсовый путь торсионного вала.

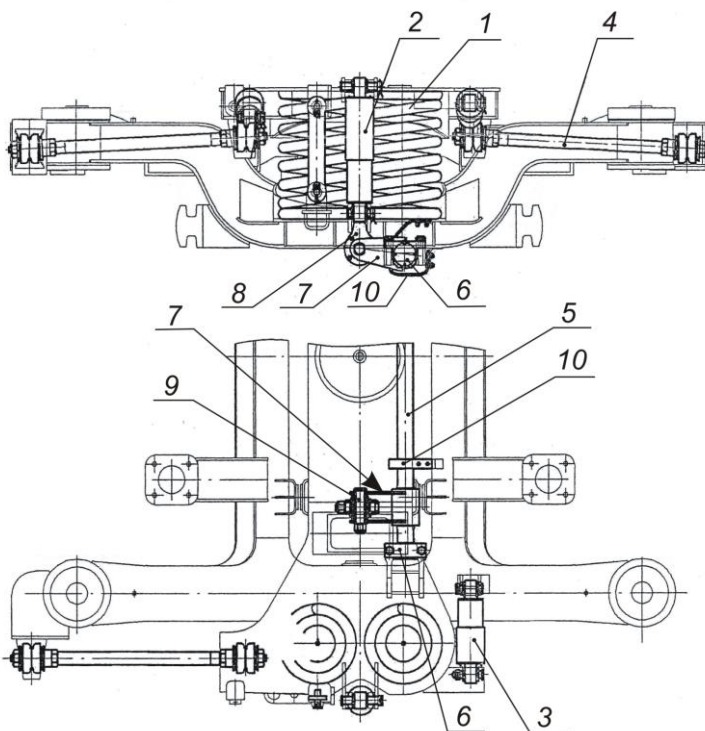


Рисунок 4.175 – Центральное подвешивание со стабилизатором боковой качки:

1 – пружины центрального подвешивания; 2, 3 – вертикальный и горизонтальный гидравлические гасители колебаний; 4 – продольный поводок; 5 – торсион; 6 – бугель; 7 – рычаг; 8, 9 – нижняя и верхняя тяги регулируемой подвески; 10 – предохранительная скоба

Конструкция и работа стабилизатора с одним торсионным валом подробно рассмотрена в подразд. 3.2 (см. рисунок 3.12).

Примечание – Торсион – упругий стержень, работающий на закручивание вокруг своей оси. Бугели образуют гнезда для подшипников вала.

Тележки безлюлечного типа моделей 68-4075/68-4076 (рисунки 4.176 и 4.177) предназначены для движения со скоростью до 200 км/ч. Основные конструктивные особенности тележек по сравнению с моделями 68-4095 и 68-4096 – наличие вертикальных гасителей колебаний в буксовом подвешивании и двух видов тормозов: дискового и магнитно-рельсового.



Рисунок 4.176 – Тележка модели 68-4075

Рама этих тележек в отличие от рамы тележек моделей 68-4095 и 68-4096 имеет дополнительно кронштейны для установки вертикального гасителя колебаний буксового подвешивания, магнитно-рельсового тормоза и ручного тормоза.

Колесные пары тележки модели 68-4075 (рисунок 4.178, а) оборудованы буксовыми узлами 4 с противоюзными осевыми датчиками, тормозными дисками 3 и тахогенератором. В тележке модели 68-4076 (рисунок 4.178, б) одна из колесных пар оборудована также редуктором 6 для привода подвагонного генератора

Примечание – Тахогенератор – составная часть электронного противоюзного устройства. Электронные противоюзные устройства выявляют и предотвращают заклинивание одной или нескольких колесных пар вагона, приводящее к небольшой величине замедления. По сравнению с противоюзными устройствами механического типа они характеризуются высокой чувствительностью и быстродействием.

Растормаживание заклинивающейся колесной пары вагона происходит при уменьшении ее линейной частоты вращения на 3-7 км/ч по сравнению с частотой ее вращения без юза.

Буксовые узлы оснащены коническими подшипниками размером 130×230×150 мм. Корпуса букс – специальной конструкции: с одной стороны имеют кронштейн для установки буксовых поводков, а с другой – кронштейн для крепления гидравлического гасителя колебаний.

Буксовое подвешивание отличается от моделей 68-4095 и 68-4096 наличием вертикальных гидравлических гасителей колебаний. Каждый рессорный комплект (рисунок 4.179) включает двухрядную пружину

ну 1, гнездо опорное 2, резиновую прокладку 3, вертикальный гидравлический гаситель колебаний 4 и продольные буксовые поводки 5. Поводки буксовые закрепляются в клиновых пазах кронштейнов буксы и рамы тележки болтами 11 и 12.

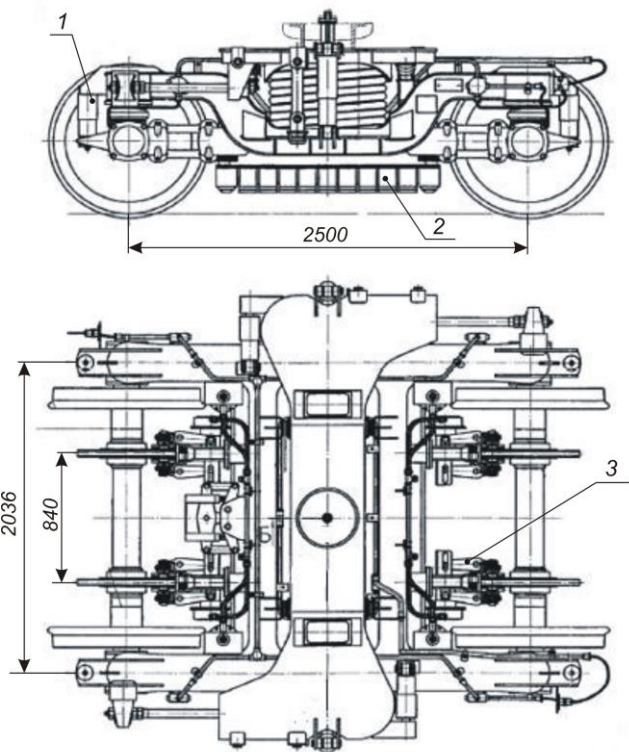


Рисунок 4.177 – Схема тележки модели 68-4075:

1 – вертикальный гаситель буксовой ступени подвешивания; 2 – магнитно-рельсовый тормоз; 3 – дисковый тормоз

Гидравлический гаситель колебаний имеет штыревое крепление. Гаситель устанавливается в кронштейнах рамы и корпуса буксы в резиновых амортизаторах 6 и закрепляется с помощью шайб 7, гаек 8 и шплинтов 9, которые предотвращают ослабление затяжки амортизаторов. В верхнем узле крепления гидравлического гасителя устанавливается втулка 10, предотвращающая перетяжку резиновых амортизаторов.

Центральное подвешивание – безлучное, по конструкции подобна тележкам моделей 68-4095 и 68-4096 (см. рисунок 4.170). Ос-

новное отличие – использование в качестве упругих элементов четырех од-
норядных (а не двухрядных) пружин.

Тормозное оборудование тележки. Тележка оснащена двумя видами тормозов – дисковым 3 и магнитно-рельсовым 2 (см. рисунок 4.177).

Причем дисковый тормоз работает при служебном, а совместно с магнитно-рельсовым – при экстренном торможении. Кроме того тележка имеет ручной тормоз.

Магнитно-рельсовый тормоз (рисунок 4.180) имеет башмаки 2 и воздушные цилиндры-подъемники 4. Опускание башмаков обеспечивается сжатым воздухом, а подъем – пружинами, размещенными в подъемниках.

Большой статический прогиб и использование вязкого трения в обеих ступенях подвешивания обеспечивают высокие ходовые

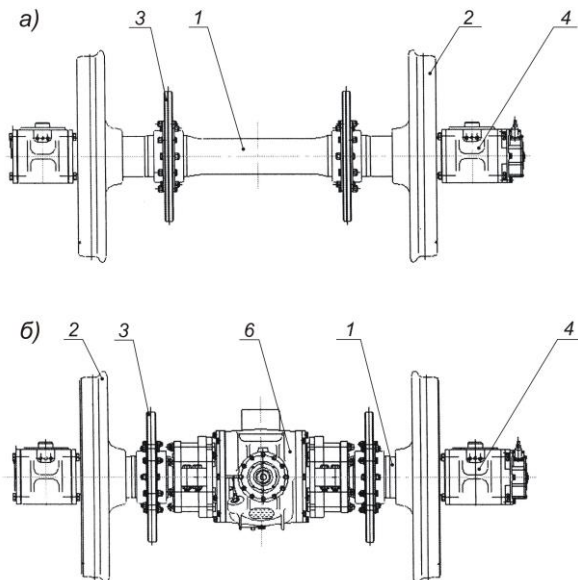


Рисунок 1.178 – Колесные пары пассажирского вагона:

а – с тормозными дисками; *б* – с тормозными дисками и редуктором;
1 – ось; 2 – колесо; 3 – тормозной диск; 4 – буксовый узел;
6 – редуктор

качества тележек при скоростях движения до 200 км/ч.

Тележки моделей 68-4071/68-4072. Предназначены для пассажирских вагонов, эксплуатируемых со скоростью до 160 км/ч. Конструктивно представляют собой переходные модели между конструкциями люлечных и безлюлечных тележек. Буксовое подвешивание выполнено как в люлечных тележках с использованием сухого трения для гашения колебаний, остальные составные части тележек аналогичны по конструкции безлюлечным тележкам.

Тележка модели 68-4072 отличается от модели 68-4071 жесткостью ресорного подвешивания и наличием подвагонного генератора мощностью 8 кВт с текстропно-карданным приводом (ТК-2) от торца оси. Тележка имеет так-

же концевую поперечную балку, на которой крепится генератор, и привод ручного тормоза.

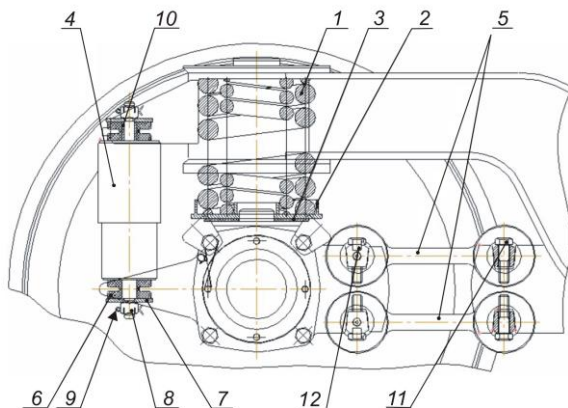


Рисунок 4.179 – Буксовое подвешивание тележки модели 68-4075

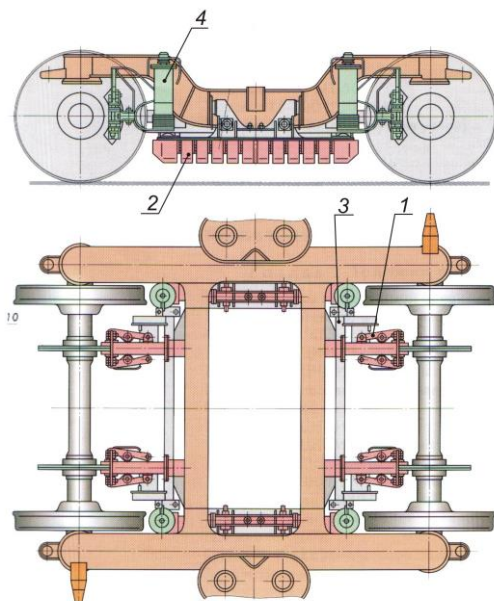


Рисунок 4.180 – Тормоза тележки модели 68-4075:

1 – тормозной диск с клещевым механизмом дискового тормоза; 2 – башмак с электромагнитами; 3 – поперечина; 4 – пневмоцилиндр

Тележка модели 68-4072 (рисунок 4.181) состоит из двух колесных пар 1, буксового подвешивания 2, рамы 5, центрального подвешивания 4, надрессорной балки 3 и тормозного оборудования 7.

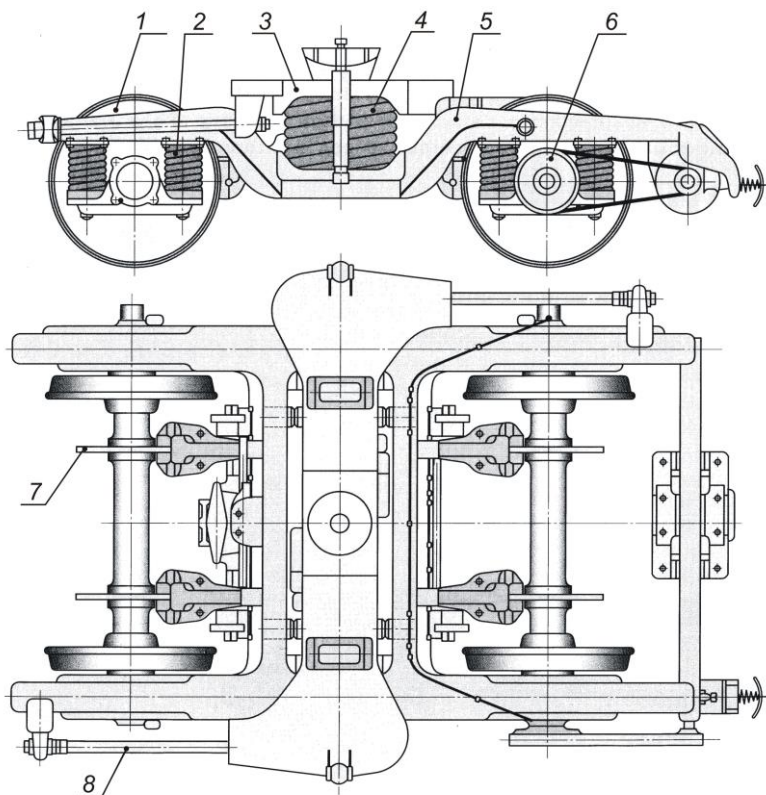


Рисунок 4.181 – Схема тележки модели 68-4072:

1 – колесная пара; 2 – буксовое рессорное подвешивание; 3 – надрессорная балка; 4 – центральное рессорное подвешивание; 5 – рама; 6 – текстропно-карданный привод генератора; 7 – дисковый тормоз; 8 – продольный поводок

Рама, надрессорная балка, колесные пары и дисковые тормоза – конструктивно схожи с моделью 68-4095.

Рессорное подвешивание – двойное с большим суммарным статическим прогибом, равным 270 мм, буксовое – пружинно-фрикционное, по конструкции аналогично модели 68-875, центральное – безюлечное. Сходно по конструкции с моделями 68-4075 и 68-4076 (с четырьмя одно-рядными пружинами).

Тележки моделей 68-7007 и 68-7012/68-7013 (Украина). Это первые тележки, созданные в Украине ПАО «КВСЗ» для пассажирских вагонов. В качестве прототипа выбрана тележка У-32 (Франция). Поэтому в конструкции тележек использованы многие технические решения, примененные во французской тележке. Безлюлечная конструкция тележек позволила реализовать большую величину суммарного статического прогиба рессорного подвешивания.

Тележки моделей 68-7012 и 68-7013 созданы на базе модели 68-7007. При этом тележку модели 68-7007 подкатывают под некотловую сторону вагона, тележки моделей 68-7012 и 68-7013 – под котловую.

Тележка модели 68-7007 (рисунок 4.182 и 4.183) характеризуется увеличенной до 2560 мм базой и большим суммарным статическим прогибом рессорного подвешивания (405 мм). Масса тележки – 6850 кг, высота тележки под неэкипированным вагоном – 940 мм, конструкционная скорость – 160 км/ч.



Рисунок 4.182 – Тележка модели 68-7007

Тележка оборудована [66]:

- торсионным стабилизатором боковой качки (торсионным гасителем колебаний боковой качки);
- электронным противоюзным устройством;
- дисковыми тормозами;
- датчиками активного измерения температуры буксовых узлов в реальном масштабе времени;

– механизмами передачи продольных и поперечных усилий между кузовом вагона и тележкой, которые имеют разные жесткостные характеристики, обусловленные их функциональным назначением.

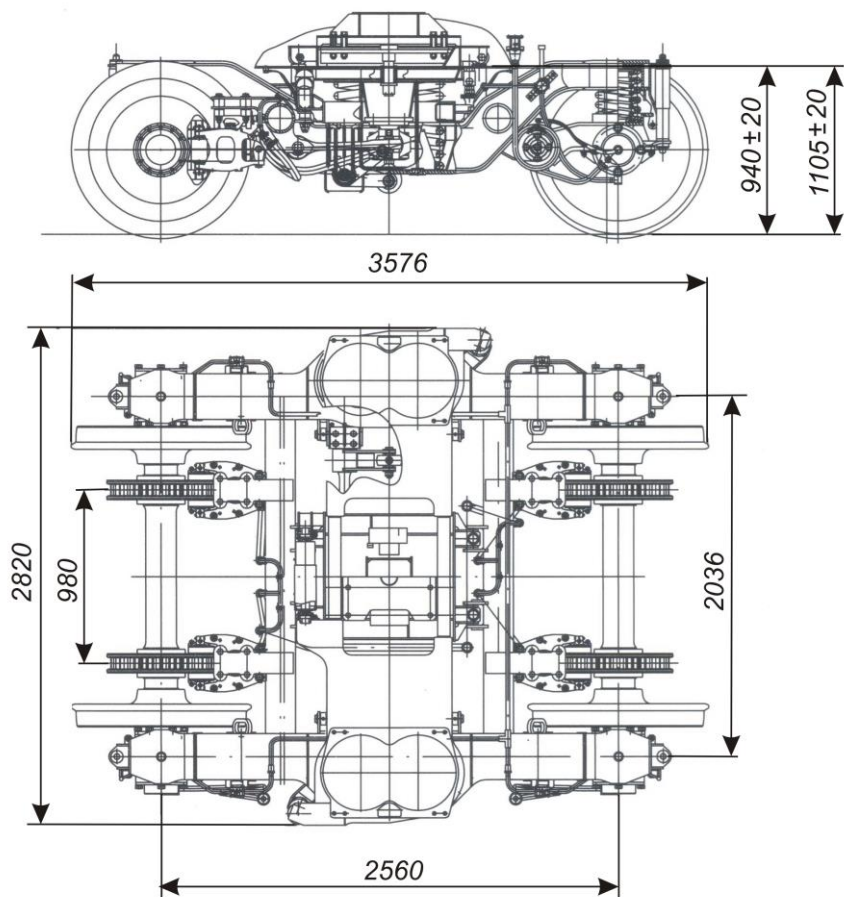


Рисунок 4.183 – Схема тележки модели 68-7007

Особенностью конструкции тележки является то, что опора кузова вагона осуществляется непосредственно на пружины рессорного подвешивания, при этом наддресорная балка неподвижно крепится к кузову вагона. Это позволяет поднимать тележку вместе с кузовом вагона, обеспечивая

легкую замену колесных пар при переходе с широкой колеи на колею нормальной ширины и при проведении необходимого ремонта. Вписывание вагона на тележках в кривые (при неподвижно закрепленной надрессорной балке) осуществляется за счет упругой деформации пружин центрального подвешивания.

Во всех подвижных соединениях тележки применены сайлент-блоки (резинометаллические изделия), что позволило устранить узлы трения в тележке и исключить износ основных элементов.

Буксовое рессорное подвешивание (рисунок 4.184) включает четыре двухрядных пружины, четыре вертикальных гасителя колебаний и поводковые связи букс с рамой; *центральное рессорное подвешивание* (рисунок 4.185) – две однорядных пружины, два вертикальных и один горизонтальный гасители колебаний, а также стабилизатор боковой качки (рисунок 4.186).

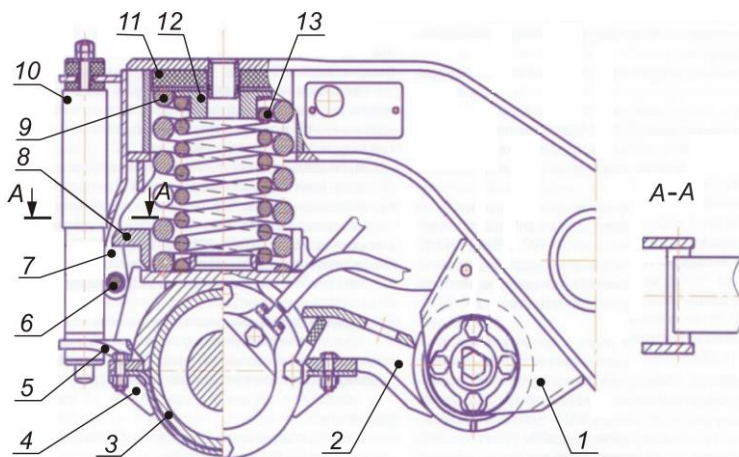


Рисунок 4.184 – Буксовое рессорное подвешивание тележки модели 68-7007:

- 1 – кронштейн на раме тележки; 2 – рычаг; 3 – корпус буксы;
- 4 – кронштейн для гидравлического гасителя колебаний; 5 – хомут; 6 – ось;
- 7 – кронштейн рамы; 8 – кронштейн; 9, 13 – цилиндрические пружины;
- 10 – гидравлический гаситель колебаний; 11 – резиновый амортизатор; 12 – центровик

Надрессорная балка, узел соединения кузова с тележкой и установка балансира тележки показаны на рисунках 4.187 – 4.189.

Тележка модели 68-7012 отличается от модели 68-7007 наличием привода ручного тормоза, тележка модели 68-7013 – наличием привода подвагонного генератора от средней части оси колесной пары и привода ручного тормоза [66].

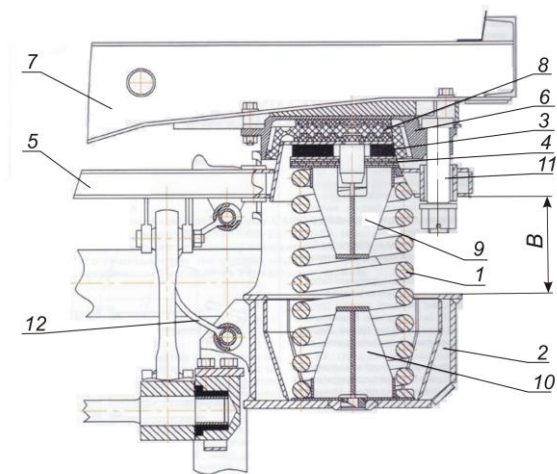


Рисунок 4.185 – Центральное рессорное подвешивание тележки модели 68-7007:
 1 – цилиндрическая пружина; 2 – корзина продольной балки рамы; 3 – резиновый амортизатор;
 4 – регулировочная шайба; 5 – наддресорная балка; 6 – поводок шкворневой балки;
 7 – шкворневая балка рамы вагона; 8 – резиновый амортизатор; 9, 10 – центровик;
 11 – стержень; 12 – тросовый ограничитель

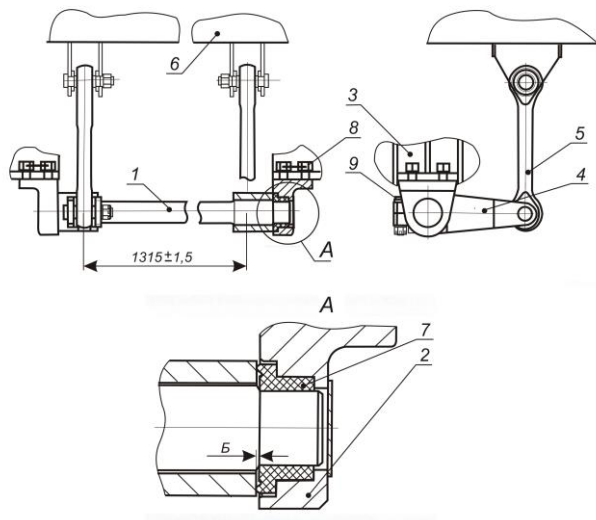


Рисунок 4.186 – Стабилизатор боковой качки тележки модели 68-7007:
 1 – торсион; 2 – блок подшипника; 3 – кронштейн рамы тележки; 4 – рычаг; 5 – вертикальная тяга;
 6 – наддресорная балка; 7 – втулка; 8, 9 – болты

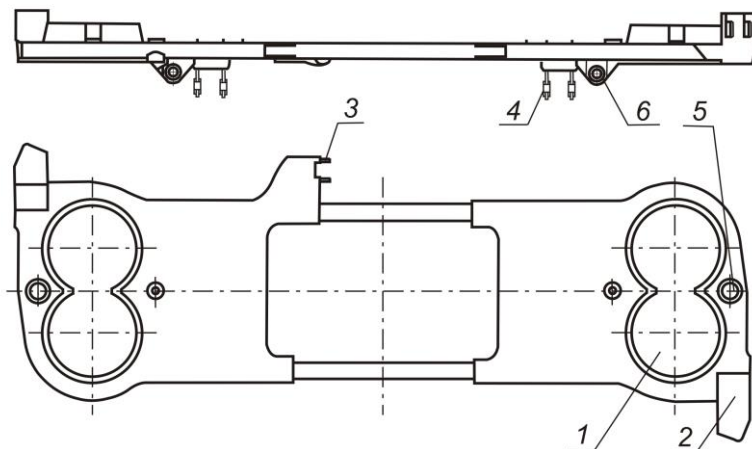


Рисунок 4.187 – Наддресорная балка тележки модели 68-7007:

1 – корзина; 2, 3 – кронштейны вертикального и горизонтального гасителей колебаний центральной ступени подвешивания; 4 – кронштейн вертикальных тяг стабилизатора боковой качки; 5 – втулка; 6 – резиновый амортизатор; 8 – кронштейн ограничителя

Тележка модели 68-7041 (Украина) (рисунок 4.190). Предназначена для установки на пассажирских вагонах, эксплуатирующихся на железных дорогах Украины, стран СНГ и Балтии с конструктивной скоростью до 160 км/ч.

Конструкция тележки создавалась с использованием наработок, полученных при создании тележки модели 68-7007, при этом конструкция тележки была упрощена, а технологичность значительно улучшена [66].

Главная особенность тележки – использование в центральном подвешивании пневматических рессор немецкой фирмы Contitech Railway Engineering. Необходимая управляющая аппаратура системы пневматического подвешивания была поставлена немецкой компанией «KNORR-BREMSE».

Способ крепления тележки к вагону аналогичен тележке модели 68-7007/7012.

Масса тележки – 6700 кг. Размеры базы тележки и статического прогиба соответствуют тележке модели 68-7007.

Тележка оборудована:

- торсионным стабилизатором боковой качки;
- буксовой ступенью подвешивания – с четырьмя комплектами двухрядных цилиндрических пружин и четырьмя вертикальными гидравлическими гасителями колебаний;

- центральной ступенью подвешивания – с двумя пневматическими рессорами фирмы «CONTITECH» и двумя вертикальными и одним горизонтальным гидравлическими гасителями колебаний;
- надрессорной балкой (разгрузочного типа);
- датчиками активного измерения температуры буксовых узлов в реальном масштабе времени.

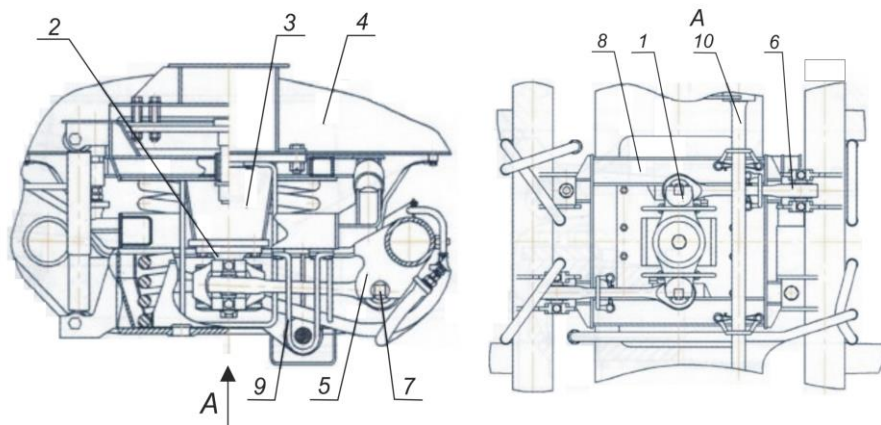


Рисунок 4.188 – Узел соединения кузова с тележкой модели 68-7007:

- 1 – баланси́р; 2, 3, 6 – приводные шкворень, упор (приводная тумба) и тяга;
 4 – рама вагона; 5 – кронштейн рамы тележки; 7 – упругий резиновый элемент; 8 – центральная рама; 9 – предохранительная скоба; 10 – торсионный вал

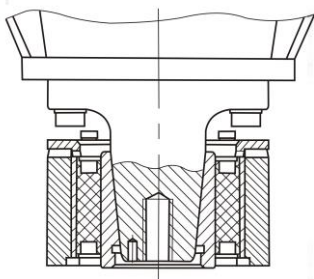


Рисунок 4.189 – Установка балансира тележки модели 68-7007

Тележка модели 68-7049 (Украина). Это тележка с пневматическим центральным подвешиванием (рисунок 4.191) для скорости движения до 200 км/ч. Разработана на базе тележки модели 68-7041.

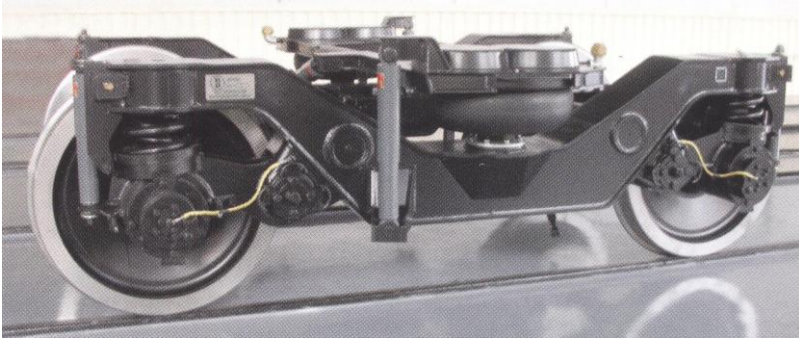


Рисунок 4.190 – Тележка модели 68-7041

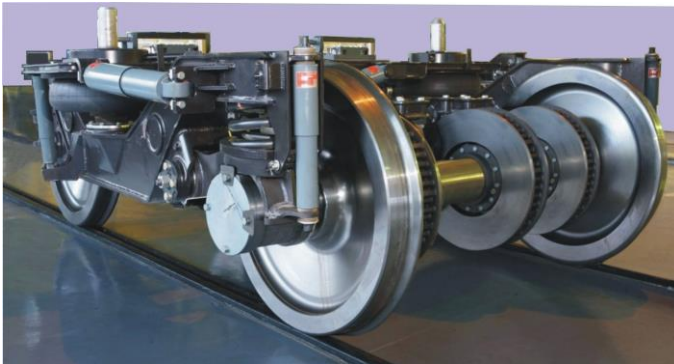


Рисунок 4.191 – Тележка модели 68-7049

4.11 Тележки зарубежных пассажирских вагонов, адаптированные к условиям эксплуатации железных дорог стран СНГ

Тележка скоростного поезда «Стриж». Скоростной поезд серии «Стриж» – это скоростной пассажирский поезд локомотивной тяги с вагонами сочлененного типа, разработанный испанской компанией «*Patentes Talgo S.L.*» («Тальго»). Представляет собой вариант испанского поезда «*Talgo 250*», адаптированный к условиям России. Максимальная скорость движения в эксплуатации – 200 км/ч. Вагоны поезда имеют узел сочленения с опиранием на одну одноосную тележку.

Особенностью ходовой части поезда является то, что ее конструктивная схема отличается от классической тележки и колесной пары.

Тележка характеризуется наличием следующих с и с т е м :

- независимо вращающихся колес;
- маятникового наклона кузова в кривых;
- радиальной установки колесных блоков в кривых;
- автоматического изменения ширины колеи.

Тележка поезда – одноосная (рисунок 4.192). Представляет собой колесный блок, состоящий из двух колесных узлов, установленных друг относительно друга в жесткой раме с обеспечением требуемой ширины. При этом колеса не связаны единой осью, как у обычной колесной пары.



Рисунок 4.192 – Одноосная тележка поезда «Стриж»

Колесный узел (рисунок 4.193) состоит из короткой оси, на которую запрессовано колесо. По концам оси установлены буксовые узлы. Каждое колесо узла оборудовано дисковым тормозом, антиблокировочной системой торможения (противоюзом) и датчиками контроля нагрева букс. Поезда, предназначенные для эксплуатации в международном сообщении, оборудуют магниторельсовым тормозом.

Колеса, не соединенные друг с другом жесткой осью, могут вращаться с различной угловой скоростью. Это предотвращает проскальзывание колес при движении в кривой, как это обычно происходит в стандартной колесной паре. Таким образом, использование колесных блоков позволяет свести к минимуму износ поверхности катания и колеса.

Рама тележки имеет сварную конструкцию. По концам рамы расположены вилкообразной формы проемы. В проемах установлены колеса колесных узлов. Над обоими вилкообразными концами рамы расположены колонки цилиндрической формы, на которых сверху установлены пневматические баллоны. Они выполняют роль рессорного подвешивания.

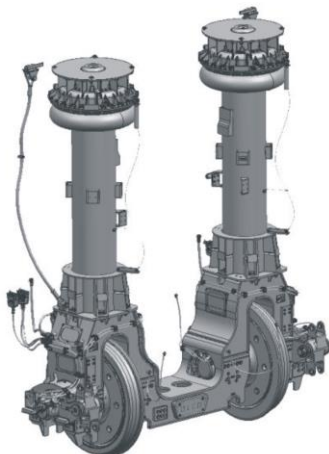


Рисунок 4.193 – Колесный блок тележки поезда «Стриж»

Таким образом, *рессорное подвешивание кузова* – пневматическое одно-ступенчатое. Расположенные под самой крышей кузова специальные кронштейны опираются на пневматические рессоры.

Система маятникового наклона кузова. Пневморессоры устроены так, что точка подвешивания кузова вагона находится выше его центра тяжести (рисунок 4.194) в отличие от классической схемы подвески. Это обеспечивает работу системы маятникового наклона кузова и повышает плавность хода и эластичность реагирования подвески.

а)



б)



Рисунок 4.194 – К опоре кузова на тележку поезда «Стриж»:
 а – колесный блок, оборудованный стойками с пневморессорами;
 б – опора кузова на тележку

Для питания пневморессор используются специальные компрессоры, расположенные в технических вагонах, подающие давление в 9 бар в питающую воздушную магистраль.

Поскольку точка подвешивания кузова находится выше его центра тяжести, то при движении вагона по кривым под действием центробежной силы кузов будет наклоняться на величину до $3,5^\circ$ внутрь или наружу кривой (в зависимости от скорости движения) по принципу маятника, компенсируя тем самым действие центробежной силы (рисунок 4.195).

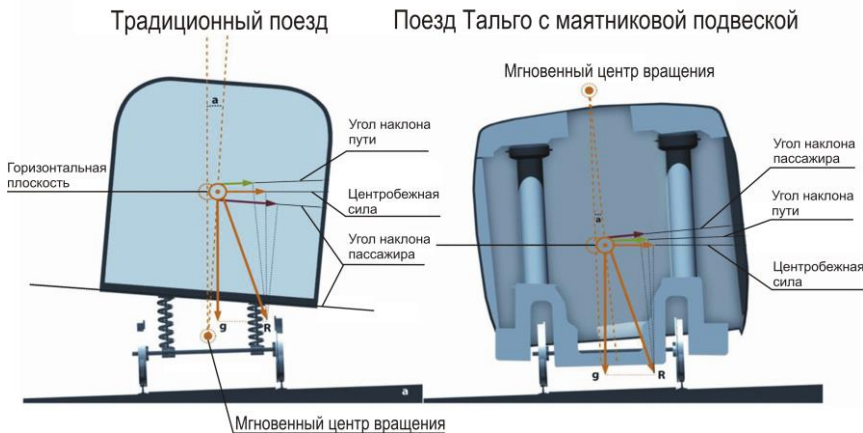


Рисунок 4.195 – К работе системы маятникового наклона кузова

При прохождении кривых участков пути система маятникового наклона кузова отклоняет кузов вагона в направлении естественно действующей на него центробежной силы, компенсируя, таким образом, действующее на пассажира непогашенное боковое ускорение. При этом особенно важно то, что наклон кузова происходит автоматически под действием силы тяжести и центробежной силы и не требует использования сложного сервопривода с электронным управлением, бортовых гироскопов, как это происходит у систем принудительного наклона кузова вагона.

Применение системы маятникового наклона кузова позволяет повысить скорость движения поезда в кривых участках пути. При этом снижается негативное влияние центробежного непогашенного ускорения на комфорт проезда пассажиров.

Система радиальной установки колесного блока. Тележка оборудована системой автоматического «подворачивания» осей колес (колесного блока) в кривых, устанавливается на всех колесных блоках и состоит из системы продольных и поперечных тяг и балансиров. Приме-

нение этой системы позволяет повысить ресурс работы элементов ходовой части поезда при снижении износа рельсов.

Применение пневматического подвешивания в совокупности с системами маятникового наклона кузова и радиальной установки колесных блоков в кривых позволяет обеспечить высокую степень плавности хода и, как следствие, повысить уровень комфорта поезда пассажиров.

Система автоматического изменения ширины колеи. Такой системой оборудуют поезда, эксплуатируемые в международном сообщении со странами Западной Европы (Москва – Минск – Варшава – Берлин). Применение данной системы обеспечивает безостановочное проследование поезда с колеи 1520 мм и 1435 мм и обратно. Для изменения ширины колеи используется специальное стационарное устройство, позволяющее выполнять технологические операции в движении. Этапы изменения ширины колеи рассмотрены в подразд. 1.1.

Тележки поезда «Ласточка». Электропоезд «Ласточка» создан для РЖД компанией «Siemens AG» на основе платформы электропоезда «Desiro ML» под названием «Desiro RUS». Предназначен для обеспечения пригородных пассажирских перевозок. Максимальная скорость движения в эксплуатации – 160 км/ч.

Тележки электропоезда «Ласточка», как и тележки поезда «Сапсан», выполнены на базе тележек семейства SF 500. Конструкция ходовой части разработана с учетом кривых малого радиуса и большей осевой нагрузки на ось [186,4 кН (19 тс)], поскольку концепцией электропоезда «Ласточка» предусматривается перевозка не только сидящих, но и стоящих пассажиров.

В составе поезда имеются моторные и немоторные тележки. Моторные тележки отличаются наличием тягового оборудования и тормозных дисков на колесах. Моторными тележками оснащены головные вагоны, немоторными – промежуточные вагоны.

Рассмотрим конструкцию немоторной тележки поезда (рисунок 4.196) [31]. Конструктивно тележка состоит из рамы, шкворневого узла, двойного рессорного подвешивания, колесных пар и тормозного оборудования.

Опирание кузова на тележку производится через *адантеры 13* – элементы, обеспечивающие передачу вертикальной нагрузки от кузова вагона на пневморессоры тележки. Представляют собой литую металлическую пустотелую конструкцию, закрепленную на раме кузова.

Рама тележки (рисунок 4.197) обеспечивает передачу нагрузки от кузова на колесные пары, передачу тяговых и тормозных усилий, а также служит для монтажа основных узлов тележки. Рама тележки образована двумя продольными балками *4* и поперечной балкой *10*.

Шкворневой узел (рисунок 4.198) служит для передачи продольных усилий тяги и торможения с рамы тележки на раму кузова, ограничения поперечных перемещений кузова и является опорой для установки

демпфера гашения поперечных перемещений. Шкворень крепится к раме кузова и представляет собой литую алюминиевую конструкцию. Своей нижней частью шкворень входит в «окно» поперечной балки рамы тележки.

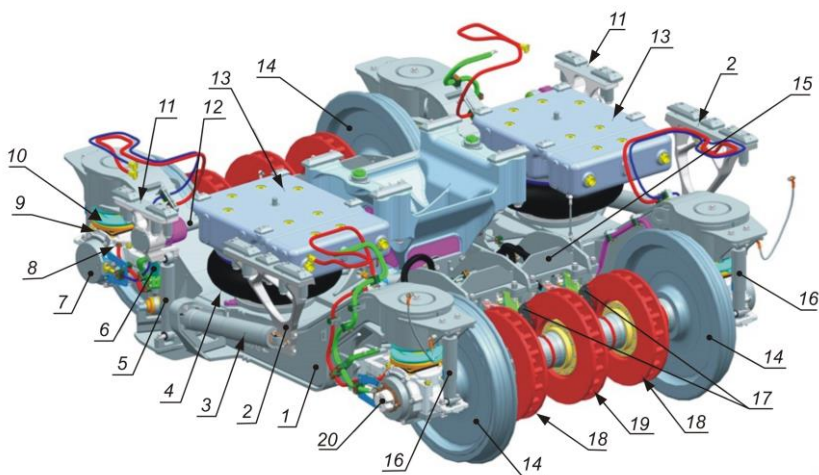


Рисунок 4.196 – Тележка немоторная электропоезда «Ласточка»:

1 – продольная балка рамы; 2 – кронштейн демпфера виляния; 3 – демпфер виляния; 4 – пневморессора; 5 – вертикальный демпфер второй ступени рессорного подвешивания; 6 – поводок торсионной системы стабилизации; 7 – датчик скорости; 8 – датчик температуры буксового узла; 9 – корпус буксового узла; 10 – пружины первой ступени рессорного подвешивания; 11 – кронштейн торсионной системы стабилизации; 12 – торсион системы стабилизации; 13 – адаптер кузова вагона; 14 – колесо; 15 – поперечная балка рамы; 16 – демпфер вертикальных колебаний первой ступени рессорного подвешивания; 17 – клещевой механизм дисковых тормозов; 18, 19 – тормозные диски типа С13 и С14; 20 – заземляющее устройство.

На боковых поверхностях шкворня, в зоне контакта с упорами буферных устройств, обеспечивающих передачу продольного усилия и ограничения поперечных перемещений, установлены скользящие накладки.

В нижней части шкворня закреплена пластина – ограничитель вертикального перемещения, предотвращающая выход шкворня из «окна» поперечной балки тележки при подъеме кузова. Пластина имеет износостойкие накладки.

Продольное усилие с рамы тележки на шкворень передается через два резинометаллических буферных устройства, размещенных на кронштейнах поперечной балки рамы тележки. Деформирующее воздействие шкворня на буфер ограничено предохранительным упором. Для ограничения поперечных перемещений шкворня в «окне» поперечной балки рамы служат резиновые буфера. Они имеют металлические предохранительные упоры.

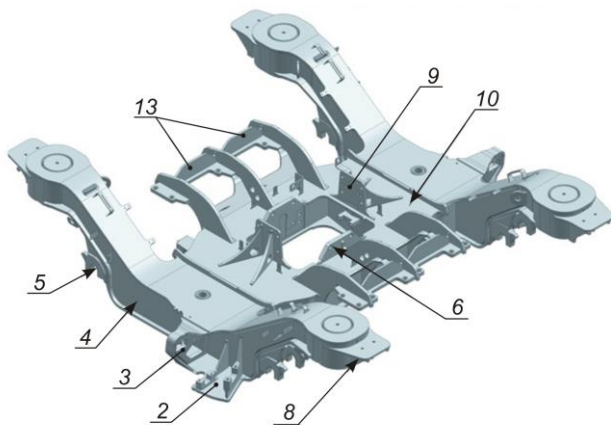


Рисунок 4.197 – Рама немоторной тележки электропоезда «Ласточка»: 2 – кронштейн установки вертикального демпфера второй ступени рессорного подвешивания и поводка торсионной системы стабилизации; 3, 8 – кронштейны установки демпферов виляния и вертикальных колебаний первой ступени рессорного подвешивания; 4 – продольная балка рамы тележки; 5, 13 – кронштейны установки поводка буксового узла и клещевого механизма дисковых тормозов; 6, 9 – кронштейны крепления буферного устройств передачи продольных усилий и буферного устройства ограничения поперечных перемещений; 10 – поперечная балка рамы тележки.

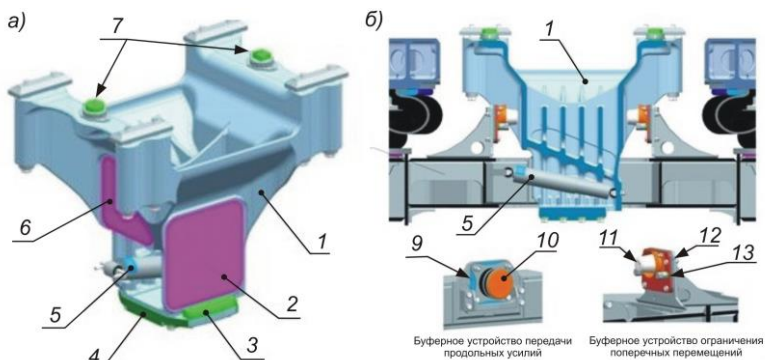


Рисунок 4.198 – Шкворневой узел тележки электропоезда «Ласточка»: 1 – шкворень; 2, 6 – скользящие; 3 – вставки ограничителя вертикального перемещения; 4 – пластина ограничителя вертикального перемещения; 5 – демпфер гашения поперечных перемещений; 7 – установочные болты; 8 – поперечная балка рамы тележки; 9, 12 – регулировочные вкладыши; 10 – резино-металлический элемент упора; 11 – буфер; 13 – ограничитель поперечных перемещений.

Первая ступень подвешивания (рисунки 4.199 и 4.200) состоит из четырех комплектов, расположенных между корпусами букс и рамой тележки. Каждый комплект включает двухрядную цилиндрическую пружину 10, вертикальный гидравлический демпфер 2, многослойную упругую резинометаллическую рессору 13 и упругие ограничители вертикального перемещения 3 и 5. Применение упругого упора 3 обеспечивает увеличение жесткости рессорного подвешивание по мере возрастания нагрузки (прогиба), за счет воздействия упора на нижнюю опору пружины. Комплект регулировочных прокладок 8 между верхней опорой и рамой тележки используется при развеске электропоезда.

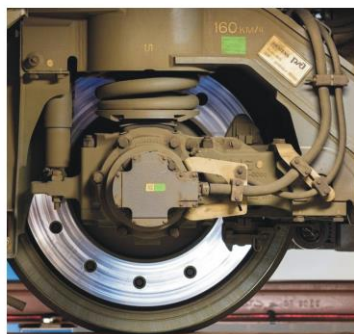
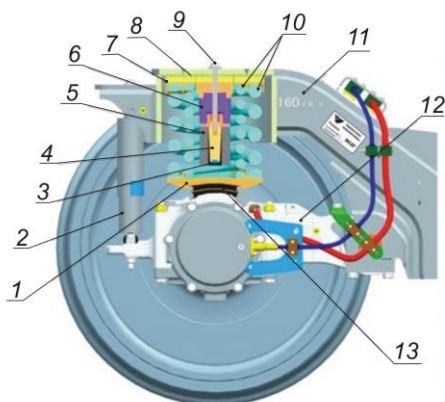


Рисунок 4.199 – Первая ступень подвешивания тележки электропоезда «Ласточка»:

- 1 – нижняя опора пружин; 2 – демпфер вертикальных колебаний; 3 – упругий упор;
- 4 – упор; 5 – резиновый амортизатор; 6 – направляющая; 7 – верхняя опора пружин;
- 8 – комплект регулировочных прокладок; 9 – болт стяжной; 10 – комплект из двух цилиндрических винтовых пружин; 11 – боковая продольная балка рамы тележки; 12 – корпус буксы;
- 13 – многослойная резинометаллическая рессора

Вторая ступень подвешивания служит для амортизации и гашения, возникающих между рамой тележки и кузовом вертикальных и поперечных колебаний, а также обеспечивает поддержание положения кузова вагона на одном уровне относительно головок рельсов независимо от изменяющейся нагрузки (увеличения или уменьшения количества пассажиров в вагоне).

Вторая ступень подвешивания тележки (рисунок 4.201) включает две пневматических рессоры 1, два вертикальных гидравлических демпфера 3, два демпфера виляния 2, демпфер поперечных перемещений (на рисунке не виден) и стабилизатор боковой качки 4 (показан поводок стабилизатора). На пневморессоры установлены адаптеры 5.

Демпфер поперечных перемещений между кузовом и тележкой 5 (см. рисунок 4.198) установлен между шкворнем 1 и поперечной балкой 8 рамы тележки. С одной стороны он связан с кузовом вагона при помощи шкворня, с другой стороны – с рамой тележки посредством консоли.

Пневматическая система тележки показана на рисунке 4.202, установка пневморессоры – на рисунке 4.203.

В тележке используются пневматические рессоры с автоматическим регулированием давления. Благодаря этому при меняющейся населенности вагона автоматически поддерживается постоянная высота расположения пола над уровнем головки рельса. Кузов вагона опирается на резиновую пневматическую рессору (см. рисунки 4.202 и 4.203) через адаптер 2, закрепленный на раме кузова. Внутренние полости адаптера служат дополнительным резервуаром сжатого воздуха (100 л) и связаны с пневматической рессорой втулкой. Один из адаптеров тележки оснащен предохранительным клапаном, другой – разобщительным краном, используемым при техническом обслуживании для выпуска воздуха.

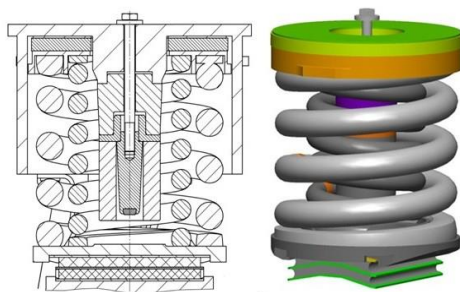


Рисунок 4.200 – Комплект пружин первой ступени подвешивания тележки электропоезда «Ласточка»

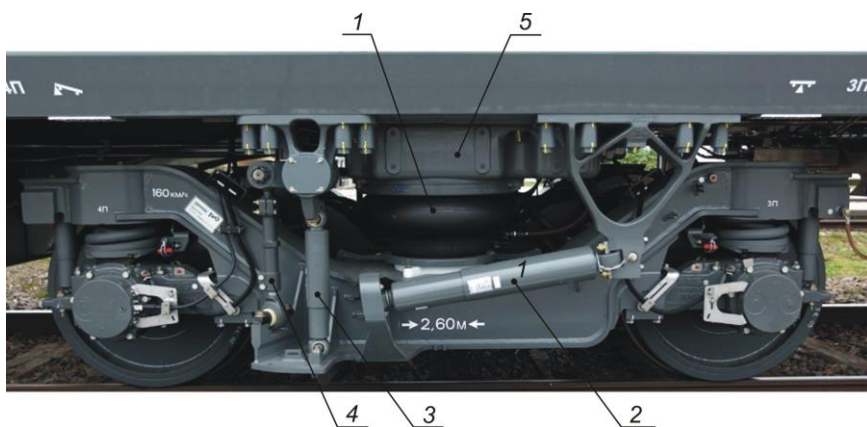


Рисунок 4.201 – Тележка немоторная электропоезда «Ласточка» с элементами второй ступени рессорного подвешивания

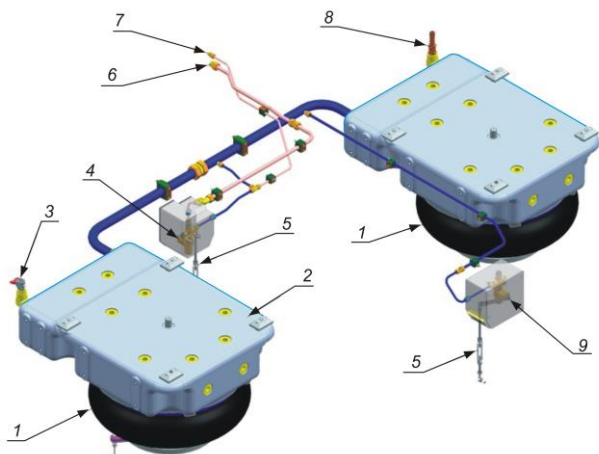


Рисунок 4.202 – Пневматическая система подвешивания тележки электропоезда «Ласточка»:

1 – пневморессора (сильфон); 2 – адаптер; 3 – разобщительный кран; 4 – клапан регулирования высоты пола вагона в зависимости от изменения нагрузки; 5 – тяги управления; 6, 7 – трубопроводы от модулей пневматических приборов МОН-17 и МОС-12; 8 – предохранительный клапан пневморессоры; 9 – клапан ограничения хода максимально допустимого уровня кузова вагона.

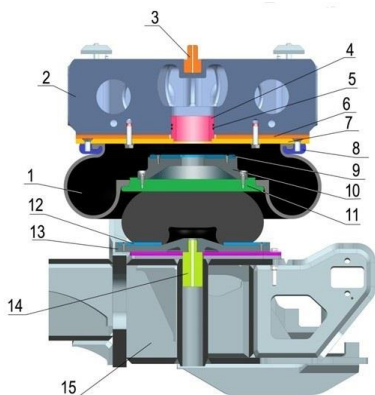


Рисунок 4.203 – Пневморессора второй ступени подвешивания тележки электропоезда «Ласточка»:

1 – пневморессора (сильфон); 2 – адаптер; 3, 4 – центрирующая и уплотнительная втулки; 5 – уплотнительные кольца; 6 – прокладки; 7 – крепежная плита; 8 – кольцо; 9 – плита опоры; 10 – опора; 11 – установочный обод; 12 – регулировочные прокладки; 13 – опорная плита; 14 – втулка отвода воздуха; 15 – поперечная балка рамы тележки

В систему пневматического подвешивания тележки кроме двух пневморессор входят также трубопроводы сжатого воздуха с установленными на них впускным клапаном и клапаном ограничения хода.

Стабилизатор боковой качки (торсионная система стабилизации) обеспечивает упругое сопротивление боковой качке кузова и предотвращает

наклон кузова вагона во внешнюю сторону при движении по кривым участкам пути.

Основной элемент стабилизатора – торсионный вал 1 (рисунок 4.204, а), по концам которого установлены рычаги 2 системы стабилизации и опорные втулки 3. С помощью опорных втулок торсионный вал устанавливается в сайлент-блоки кронштейнов 5 кузова вагона.

Торсионный вал связан с рамой тележки посредством поводков 5. Каждый поводок (рисунок 4.204, б) представляет собой верхнюю 7 и нижнюю 10 опоры, соединенные тягой 6. Верхняя опора поводка имеет палец 9, который вставляется в проушину рычага торсиона и закрепляется корончатой гайкой. Нижняя опора представляет собой сайлент-блок и имеет поводок 10, который устанавливается в кронштейн рамы тележки. Боковая качка кузова при движении поезда приводит к

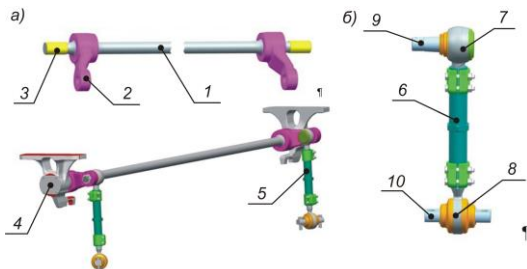


Рисунок 4.204 – Элементы стабилизатора боковой качки:

- а – торсионный вал с опорными втулками и рычагами системы стабилизации; б – поводок системы стабилизации; 1 – торсионный вал; 2 – рычаг системы стабилизации; 3 – опорная втулка; 4 – кронштейн кузова вагона; 5 – поводок; 6 – тяга поводка; 7, 8 – верхняя и нижняя опоры; 9 – палец верхней опоры; 10 – поводок нижней опоры

круговому движению рычага и скручиванию торсиона, что при движении в кривых участках пути предотвращает наклон кузова вагона во внешнюю сторону.

К о л е с н ы е п а р ы немоторных тележек (рисунок 4.205) состоит из полой оси с элементами защиты от ударов щебня, двух цельнокатаных колес, двух буксовых узлов и трех фрикционных тормозных дисков.

Колеса немоторной и моторной тележек имеют одни и те же геометрические параметры. Однако колесо немоторной тележки в отличие от моторной является цельнокатаным (сплошным).

На внешней поверхности обода цельнокатаного колеса имеется кольцевая проточка (рисунок 4.206), наружная грань которой используется в эксплуатации для контроля минимального размера диаметра колеса по кругу катания. Номинальный диаметр колеса – 920 мм, минимальный – 840 мм.

Ось колесной пары – цельнокованая полая, изготавливается из специальной осевой стали ЕА4Т. Диаметр отверстия оси колесной пары составляет 65 мм.

На торцах оси выполнены четыре резьбовых отверстия для крепления переднего упорного кольца буксового узла. Открытая средняя часть ось имеет защиту от ударов щебнем (рисунок 4.207). Защита представляет собой силиконовые маты разной длины, закрытые сверху двумя половинами жестяного кожуха, стянутого хомутами.

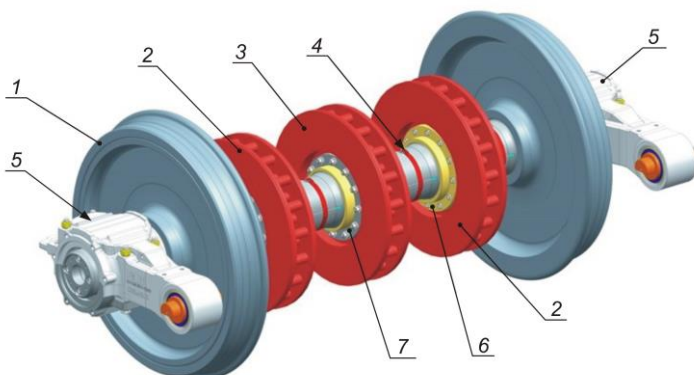


Рисунок 4.205 – Колесная пара немоторной тележки электропоезда «Ласточка»:

- 1 – цельнокатаное колесо; 2, 3 – наружный и внутренний фрикционные диски;
4 – хомут защиты оси; 5 – буксовый узел; 6 – ступица фрикционного диска;
7 – зажимное кольцо

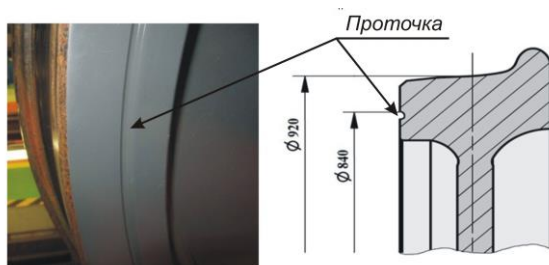


Рисунок 4.206 – Проточка минимального диаметра колеса поезда «Ласточка»

Буксовые узлы (рисунок 4.208) оборудованы двухрядным коническим подшипником кассетного типа.

Корпуса букс – разъемной конструкции. Собственно корпусом является верхняя часть корпуса, нижняя – крышкой. Обе части корпуса буксы связаны

между собой четырьмя буксовыми шпильками. Верхняя часть корпуса имеет два кронштейна (прилива): один – для крепления гидравлического демпфера вертикальных колебаний первой ступени подвешивания, второй – для установки валика резинометаллического блока (сайлент-блока) подвески буксового узла к раме тележки. Такая конструкция корпуса буксы делает возможным замену колесных пар без разборки их направляющих.

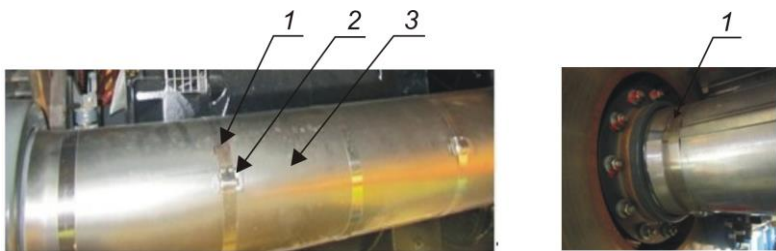


Рисунок 4.207 – Устройство защиты оси от ударов камней SISRAP и его крепления (кожухи на оси колесной пары)

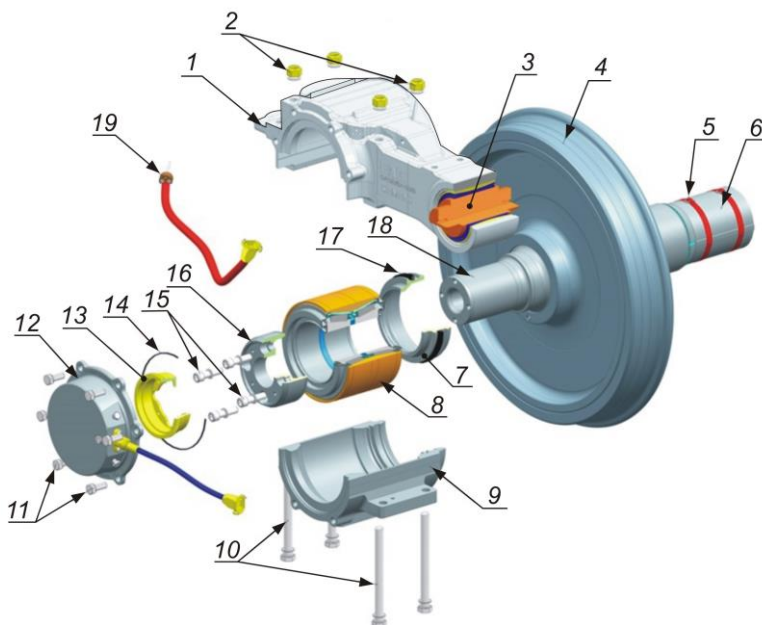


Рисунок 4.208 – Буксовый узел с разнесенными элементами:
 1 – корпус буксы (верхняя часть); 2 – гайки буксовых шпилек; 3 – валик сайлент-блока; 4 – цельнокатаное колесо; 5 – хомут защиты оси; 6 – защита оси; 7 – заднее упорное кольцо; 8 – двухрядный конический подшипник кассетного типа; 9 – корпус буксы (нижняя часть); 10 – шпильки буксовые; 11 – болты крепления датчика скорости (защиты от скольжения); 12 – крышка датчика скорости (защиты от скольжения); 13 – индуктор датчика скорости (защиты от скольжения); 14 – уплотнительное кольцо; 15 – болты крепления переднего уплотнительного кольца; 16 – переднее уплотнительное кольцо; 17 – упорное кольцо подшипника; 18 – шейка оси колесной пары; 19 – двойной температурный датчик

С внешней стороны, на одном из корпусов буксового узла колесной пары устанавливаются осевые импульсные датчики защиты от скольжения, датчики угла поворота системы БЛОК (ДПС) и заземляющие контакты. Буксовые датчики и устройства с аппаратурой электропоезда связаны с помощью кабелей, зафиксированных на кронштейнах буксовых узлов.

Тележки электропоезда компании Штадлер. В Республике Беларусь эксплуатируются электропоезда компании Штадлер (Stadler Bussnang AG, Швейцария), используемые в межрегиональном сообщении. Это сочлененные электрические моторвагонные поезда с максимальной скоростью движения 160 км/ч, адаптированные к условиям эксплуатации на Белорусской железной дороге.

Ходовая часть электропоезда включает пять тележек: две моторные и три ходовые. Моторные тележки устанавливают под концевые вагоны, ходовые – под промежуточные. Моторные тележки отличаются от ходовых наличием тягового двигателя, редуктора, траверсы и резинометаллического пакета сцепки. База моторной тележки – 2700 мм, ходовой – 2750 мм.

Тормозная система тележек включает четыре колесных тормозных диска, два на каждую колесную пару. Тележки оборудованы (выборочно) противоюзными датчиками.

Ходовая (немоторная) тележка (тележка Якобса), используемая в поездах типа FLIRT BELARUS с сочлененными кузовами вагонов, показана на рисунке 4.209.

Рама состоит из двух боковых продольных 2 и двух средних поперечных 14 балок. Служит опорой для всех узлов тележки.

Рессорное подвешивание – двухступенчатое. *Первая ступень* подвешивания включает четыре комплекта, каждый из которых (рисунок 4.210) имеет двухрядную цилиндрическую пружину 2 и вертикальный гидравлический гаситель колебаний 1. Рама 4 опирается на двухрядную пружину, установленную на верхней опорной поверхности буксы, через упругую прокладку. Букса связана с рамой направляющей тягой, состоящей из двух частей (верхней 3 и нижней 7) с помощью резиновой опоры 5 и демпфера 1.

Вторая ступень подвешивания (рисунок 4.211) – пневматическая, включает четыре пневматических баллона 2, четыре демпфера вертикальных колебаний 3, два демпфера виляния 1 и 9, два демпфера поперечных колебаний 8, а также стабилизатор боковой качки (элементы 5 и 7). Пневматическое подрессоривание кузова обеспечивает автоматическое поддержание кузова на определенной высоте независимо от нагрузки.

Продольное сцепление тележки с кузовом осуществляется с помощью поворотной цапфы, лемниската и продольных рычагов. Цапфа поворотная прикреплена к узлу соединения кузовов. Она соединяет-

ся с рамой тележки с помощью шкворня, лемнискаты и двух продольных рычагов.

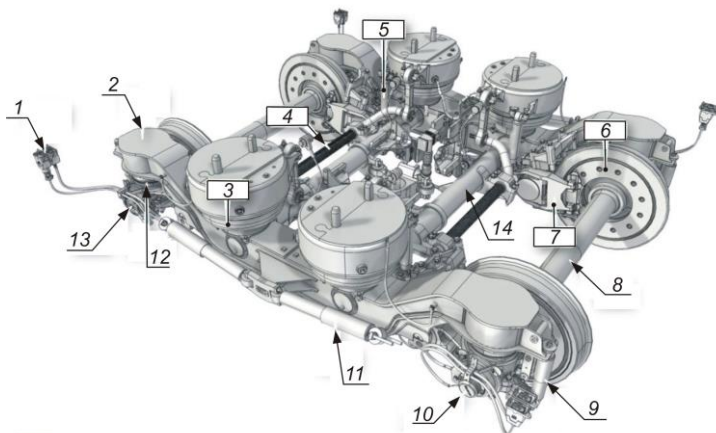
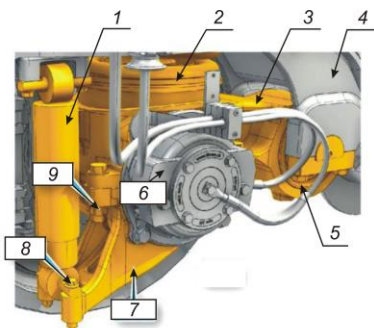


Рисунок 4.209 – Ходовая тележка Якобса электропоезда компании Штадлер:

1 – электрические соединения; 2 – продольная балка рамы тележки; 3, 12 – невморессоры; 4 – стабилизатор боковой качки; 5 – демпфер вертикальных колебаний второй ступени подвешивания; 6 – цельнокатаное колесо с тормозными дисками; 7 – блок клещевых тормозов; 8 – колесная пара; 9 – демпфер вертикальных колебаний первой ступени подвешивания; 10 – импульсный датчик буксы; 11 – демпфер виляния; 13 – устройство заземления; 14 – средняя поперечная балка рамы тележки

Рисунок 4.210 – Первая ступень подвешивания тележки Якобса электропоезда компании Штадлер:

1 – вертикальный гаситель колебаний; 2 – комплект пружин; 3, 7 – верхняя и нижняя части направляющей буксовой тяги; 4 – рама тележки; 5 – резиновая опора; 6 – буксовый узел; 8, 9 – резьбовые соединения демпфера вертикальных колебаний и направляющей буксовой тяги



К о л е с н ы е п а р ы имеют полые оси, колеса с тормозными дисками и буксы с коническими подшипниковыми узлами.

В электропоездах типа FLIRT с классической схемой опирания кузовов вагонов на две тележки используются ходовые (немоторные) тележки, пока-

занные на рисунке 4.212. Вторая ступень подвешивания тележки с опорными узлами показана на рисунке 4.213.

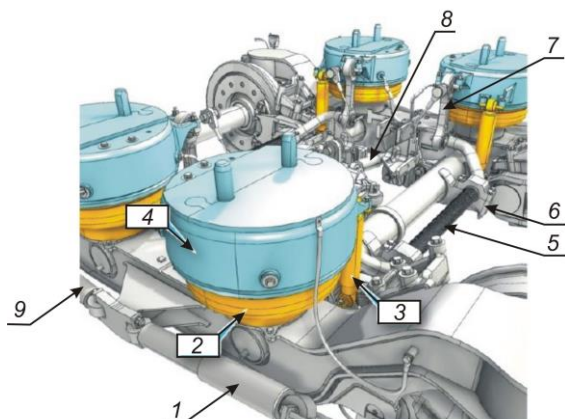


Рисунок 4.211 – Вторая ступень подвешивания тележки Якобса электропоезда компании Штадлер:

- 1, 9 – демпферы виляния;
- 2 – пневморессора;
- 3, 8 – демпферы вертикальных и поперечных колебаний;
- 4 – опорная часть пневморессоры;
- 5 – торсионный вал стабилизатора боковой качки;
- 6 – кронштейн рамы для крепления торсионного вала;
- 7 – рычаг торсиона

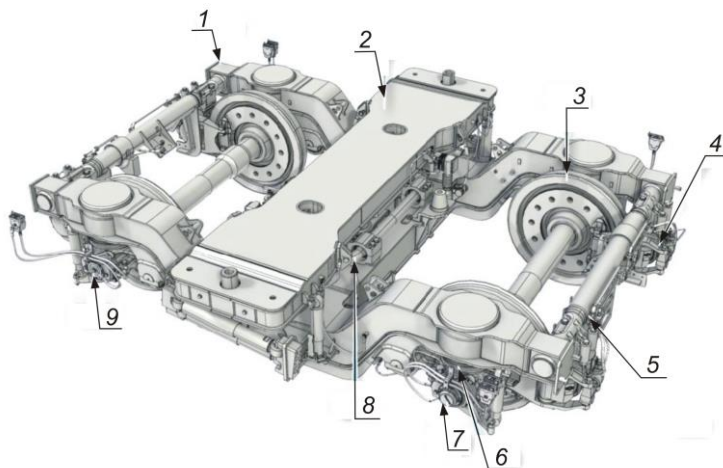


Рисунок 4.212 – Ходовая тележка электропоезда компании Штадлер:

- 1 – рама тележки; 2 – траверса; 3 – колесная пара; 4, 5 – компановки систем и труб тормоза;
- 6 – рессора первой ступени подвешивания; 7 – импульсный датчик буксы; 8 – стабилизатор боковой качки; 9 – осевые опоры, заземление

Кроме электропоездов типа FLIRT компания Штадлер изготавливает электропоезда типа KISS («Аэроэкспресс»), в которых применяются тележки, приведенные на рисунке 4.214.

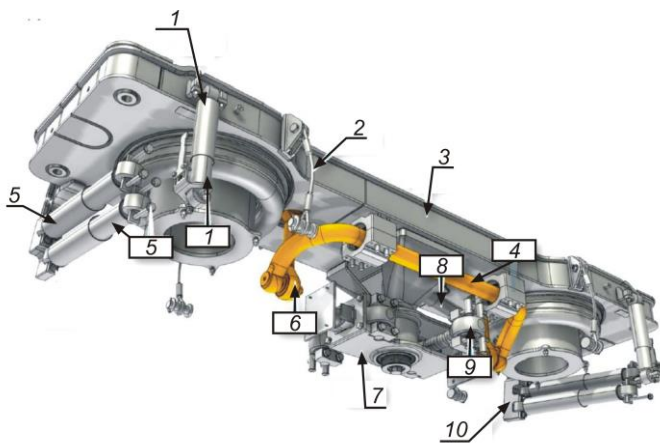


Рисунок 4.213 – Вторая ступень подвешивания тележки с опорными узлами электропоезда компании Штадлер:

1, 8 – демпферы вертикальных и поперечных колебаний; 2 – подъемный трос; 3 – траверса; 4, 6 – торсионный вал и шарнирный рычаг стабилизатора боковой качки; 5 – демпфер виляния; 7 – лемнискат; 9 – продольный рычаг; 10 – суппорт демпфера виляния

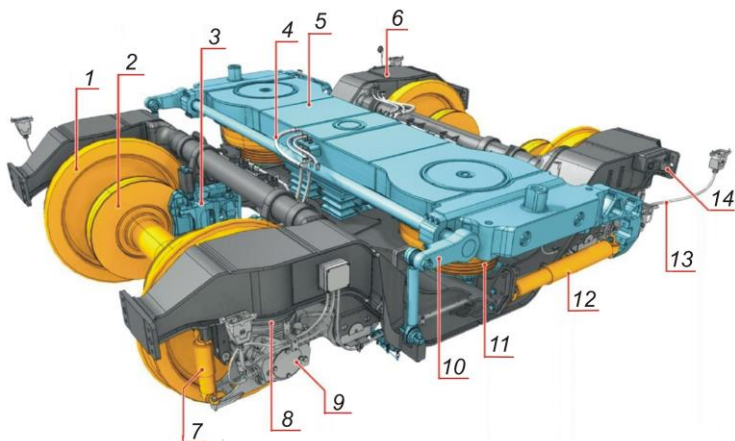


Рисунок 4.214 – Ходовая тележка электропоезда KISS («Аэроэкспресс») компании Штадлер:

1 – колесная пара; 2 – тормозной диск оси; 3 – компановка систем тормоза; 4 – трубопровод; 5 – траверса; 6 – рама; 7 – демпфер вертикальных колебаний первой ступени подвешивания; 8 – первая ступень подвешивания; 9 – накладка на ось; 10 – стабилизатор боковой качки; 11 – пневморессора; 12 – демпфер виляния; 13 – электроподключение; 14 – ограничитель поперечного зазора

4.12 Тележки высокоскоростных поездов

Высокоскоростным принято считать движение поездов со скоростью более 200 км/ч. Однако в настоящее время за рубежом термин «высокоскоростное движение» относится к диапазону скоростей движения от 250 до 350 км/ч. Появился и термин «сверхскоростное движение», соответствующее скорости 350 км/ч и более. Диапазон скоростей от 180 до 250 км/ч следует относить к скоростному движению.

Впервые в мире высокоскоростное движение было организовано в 1964 году в Японии с открытием движения на высокоскоростной магистрали (ВСМ) Синкансен (Токио – Осака). Первое в Европе высокоскоростное сообщение открыто в 1981 году во Франции, в России – в 2009 году.

Увеличение скорости движения предполагает уменьшение уровня динамического взаимодействия ходовых частей вагонов с путевой структурой, что обуславливает необходимость снижения неподрессоренных масс и улучшения ходовых качеств вагона.

Особенности тележек высокоскоростных поездов (ВСП).

1 *Высокие требования к плавности хода и уровню комфорта*, что предполагает использование во вторичном подвешивании пневматических рессоров (а не винтовых), обеспечивающих повышенную плавность хода.

2 *Требование устойчивого движения при высокой скорости*, предполагающее большую осевую базу тележки, небольшую неподрессоренную массу (примерно 1850 кг), низкий момент инерции относительно вертикальной оси.

3 *Высокие требования к системе торможения*, что предполагает оборудование колесных пар тормозными дисками.

Тележки высокоскоростного поезда «Сапсан». Высокоскоростной поезд «Сапсан» («*Velaro RUS*») – электропоезд производства немецкой компании «*Siemens AG*», созданный для эксплуатации в России. Свое название получил в честь птицы сапсан – самой быстрой из семейства соколиных. Максимальная скорость движения в эксплуатации – 250 км/ч. Нагрузка на ось – 17–18 тс.

Основой при разработке тележек высокоскоростного поезда «Сапсан» послужили тележки семейства SF 500 высокоскоростного поезда ICE3, на базе которого и был создан ВСП «Сапсан» («*Velaro RUS*»). Тележки поезда, получившие обозначение SF 520, адаптированы для колеи 1520 мм и конструктивных особенностей верхнего строения пути.

В составе поезда используются моторные и немоторные тележки, узлы которых максимально унифицированы. Моторная тележка отличается только наличием тягового привода и размещением тормозных дисков. Колесные пары моторной тележки оборудованы двумя тормозными дисками на каж-

дом колесе, немоторной тележки – тремя тормозными дисками на каждой оси.

Техническая характеристика тележки SF 520: максимальная эксплуатационная скорость – 300 км/ч, база – 2600 мм, масса тележки моторной (немоторной) со шкворнем и поперечной балкой – 11,93 т, номинальный диаметр колес – 920 мм.

Рассмотрим конструкцию немоторной (ходовой) тележки (рисунок 4.215) [4].

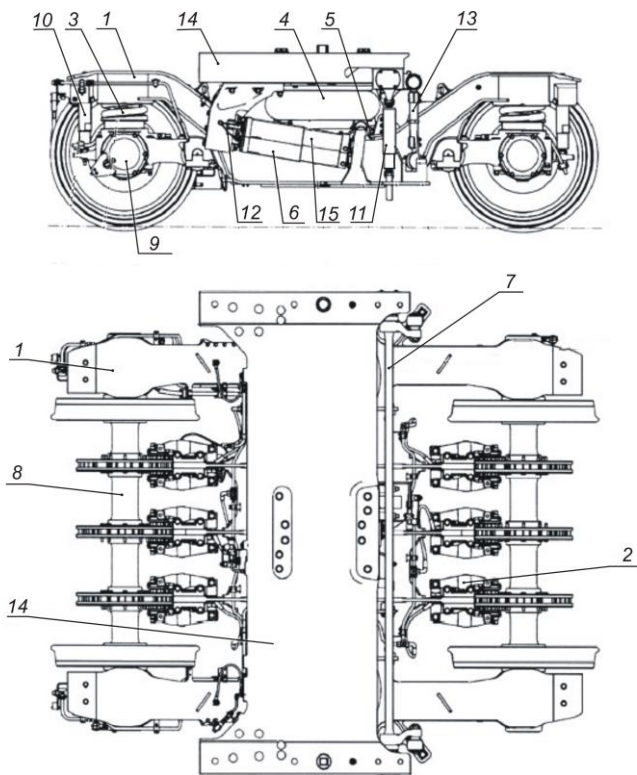


Рисунок 4.215 – Схема немоторной тележки ВСП «Сапсан»:

1 – рама тележки; 2 – клещевой механизм фрикционного тормоза; 3 – цилиндрическая пружина первой ступени подвешивания; 4 – пневморессора; 5 – демпфер поперечных колебаний кузова; 6, 15 – демпферы виляния тележки; 7 – стабилизатор боковой качки; 8 – колесная пара; 9 – буksа; 10, 11 – демпферы вертикальных колебаний рамы тележки (первая ступень подвешивания) и кузова (вторая ступень подвешивания); 12 – страховочный трос демпферов виляния; 13 – регулируемая тяга стабилизатора боковой качки; 14 – траверса

Основные составные части тележки: две колесные пары 8, рама 1, рессорное подвешивание, траверса (наддресорная балка) 14 и тормозное оборудование 2. Кузов опирается на пневморессоры 4 через траверсу 14, закрепленную болтами к кузову.

Конструктивная схема тележки, поясняющая устройство и работу рессорного подвешивания и соединение тележки с рамой кузова, показана на рисунке 4.216.

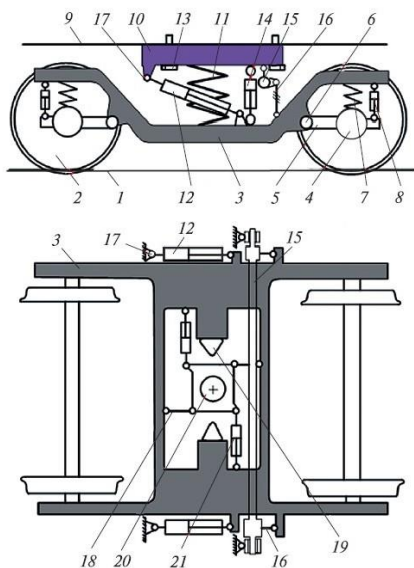


Рисунок 4.216 – Конструктивная схема немоторной тележки ВСП «Сапсан»: 1 – уровень головок рельсов; 2 – колесная пара; 3 – рама тележки; 4 – бокса колесной пары; 5 – рычаг разъемного буксового балансира; 6 – сайлент-блок буксового рычага; 7 – цилиндрическая пружина первой ступени подвешивания; 8, 14 – демпферы вертикальных колебаний рамы тележки (первая ступень подвешивания) и кузова (вторая ступень подвешивания); 9 – уровень боковой продольной балки кузова; 10 – траверса тележки; 11 – пневморессора второй ступени подвешивания (условно показана в виде пружины); 12 – демпфер виляния тележки; 13 – болт крепления траверсы к раме кузова; 15 – балка стабилизатора боковой качки; 16 – регулируемая тяга балки стабилизатора боковой качки кузова; 17 – шарнирное крепление демпфера виляния к траверсе тележки; 18 – тяга передачи продольных усилий; 19 – ограничительно упорный резиновый буфер; 20 – шкворень траверсы, вставленный в центральный рычаг лемнискатного механизма; 21 – демпфер поперечных колебаний кузова

Колесные пары 2 связаны с рамой 3 тележки посредством буксовых балансиров 5 разъемной конструкции, жестко закрепленных на буксах 4 болтовым соединением. Одной стороной, имеющей рычаг 5, балансиры шарнирно соединены с рамой тележки мощными резинометаллическими сайлент-блоками 6, другой стороной – вертикальным демпфером 8 и двухрядной цилиндрической пружины 7.

Первую ступень рессорного подвешивания образуют элементы 6, 7 и 8. В рассматриваемой ступени двухрядные цилиндрические пружины 7 воспринимают вертикальную нагрузку, сайлент-блоки 6 – продольную и поперечную горизонтальные нагрузки.

Вторую ступень рессорного подвешивания образуют две пневморессоры 11 с системой поводков, демпферы 12, 14, 21 и стабилизатор боковой качки (элементы 15 и 16).

Пневморессоры 11 соединяют раму тележки 3 с траверсой 10 и упруго передают вертикальную нагрузку от кузова на раму тележки. Они опираются своими центрами на средние части боковых балок рамы.

Вертикальные демпферы 14 обеспечивают гашение вертикальных колебаний кузова (траверсы) относительно рамы 3 тележки. Демпферы расположены с обеих сторон тележки.

Демпферы виляния 12 установлены между траверсой 10 и рамой 3 тележки и предназначены для гашения колебаний виляния тележки. Они установлены парами, что обеспечивает их резервирование при выходе из строя одного из них. Как следует из рисунка 4.216 (вид сверху), демпферы виляния (левые и правые) установлены в одну сторону. В результате этого левая пара демпферов гасит виляние рамы 3 тележки вправо, правая пара демпферов – виляние рамы тележки влево.

Для гашения поперечных колебаний кузова введены демпферы поперечных колебаний 21. Они размещены по диагонали, что обеспечивает гашение поперечных колебаний в левую и правую стороны.

Гашение поперечных раскачиваний кузова (качки кузова относительно его продольной оси) осуществляет торсионный *стабилизатор боковой качки*. Он включает торсион 15 с тягами 16. Торсион 15 – балка круглого профиля с высоким моментом сопротивления на скручивание. Торцы торсиона крепятся на резиновых шарнирах к траверсе 10. По концам торсиона на него жестко напрессованы кулачки, которые шарнирно соединены с регулировочными тягами 16. Эти тяги с противоположной стороны шарнирно закреплены к раме тележки 3. Торсион не препятствует равномерному вертикальному перемещению кузова, но как только эти перемещения становятся несинхронными, торсион 15 с тягами 16 сразу начинает принудительно выравнивать положение кузова относительно рамы тележки.

Рассмотрим *соединение тележки с кузовом*.

Для соединения кузова с тележкой используется траверса (надрессорная балка) со шкворнем и лемнискатный механизм. Траверса 10, являясь конструктивно составной частью тележки, закреплена болтами 13 к кузову 9 вагона. Нижняя часть траверса опирается на тележку через две пневморессоры 11 и шкворень, который закреплен на траверсе болтовым соединением. Шкворень предназначен для передачи продольных и поперечных усилий от рамы тележки к кузову и является осью вращения тележки относительно кузова. Седлом шкворня служит корпус лемнискатного механизма 20, который позволяет шкворню вращаться в нем вокруг вертикальной оси при повороте тележки. Шкворень связан с лемнискатным механизмом резьбовым соединением в вертикальной плоскости. Корпус лемнискатного механизма шарнирно соединен с рамой тележки тяговыми поводками 18 (для передачи продольных усилий) и поперечными демпферами 21. Для передачи поперечных усилий между рамой тележки и траверсой используются пневмо-

рессоры 11, демпферы поперечных колебаний кузова 21 и ограничительно упорные резиновые буфера 19. Пневморессоры обеспечивают центрирование траверсы относительно рамы тележки.

Ниже рассмотрим более подробно конструкцию основных узлов тележки.

Р а м а (рисунок 4.217) – сварная Н-образной формы. Состоит из двух боковых продольных 1 и двух поперечных балок 2 коробчатого профиля. На раме имеются приливы и кронштейны для крепления элементов рессорного подвешивания, шарнирного соединения колесной пары и тормозного оборудования. Линейные размеры рамы: длина – 3360 мм, ширина – 3069 мм.

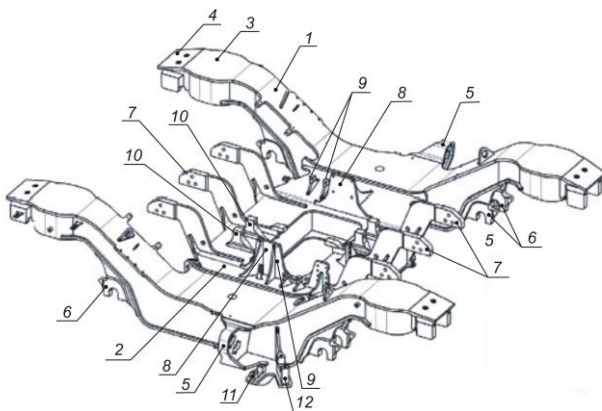


Рисунок 4.217 – Рама немоторной тележки ВСП «Сапсан»:

1, 2 – боковая и поперечная балки рамы тележки; 3 – опорные гнезда цилиндрических пружин первой ступени подвешивания; 4, 5 – приливы рамы для крепления вертикальных гасителей первой ступени подвешивания и демпферов виляния тележки; 6 – приливы рамы для шарнирного соединения колесной пары; 7 – кронштейны для закрепления к раме клещевых механизмов тормозов; 8 – кронштейны резиновых буферов ограничения поперечных смещений кузова; 9, 10 – точки присоединения к раме гасителей поперечных колебаний кузова и тяговых поводков; 11, 12 – точки присоединения к раме вертикальных гасителей колебаний второй ступени подвешивания и регулируемых тяг стабилизатора боковой качки кузова

Первая ступень подвешивания (рисунок 4.218) состоит из четырех комплектов, расположенных над каждым буксовым узлом. Каждый комплект включает наружную 1 и внутреннюю 2 пружины, вертикальный гидравлический гаситель колебаний 3, резинометаллические амортизаторы 5 и 6, листовую рессору (упругую чашу) 4 и резинометаллический сайлент-блок 15, шарнирно связывающий рычаг буксового балансира с рамой тележки.

Двухрядная пружина, размещенная в гнезде 9 боковой балки рамы, опирается на верхнюю поверхность буксового балансира 14 через листовую

рессору 4, резинометаллический амортизатор 5 и тарель 8. Резинометаллический амортизатор 5 обеспечивает восприятие ударных вертикальных нагрузок от буксы колесной пары. На листовую рессору 4, выполняющую чисто защитную функцию, опирается малый внутренний резинометаллический амортизатор 6, который является ограничителем вертикального перемещения шпинтона на величину 28 мм. Крепление вертикального демпфера к раме и к рычагу буксового балансира выполнено шарнирными сайлент-блоками 12.

На рисунке 4.219 показана колесная пара с элементами первой ступени рессорного подвешивания.

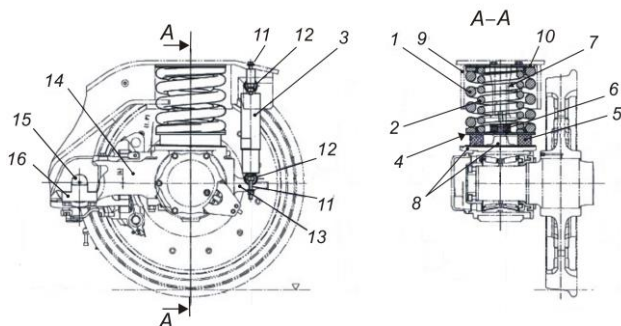


Рисунок 4.218 – Буксовое рессорное подвешивание (первая ступень подвешивания) тележки ВСП «Сапсан»:

1, 2 – наружная и внутренняя пружины; 3 – вертикальный гаситель колебаний; 4 – листовая рессора (упругая чаша); 5 – резинометаллический амортизатор; 6 – малый упорный резинометаллический амортизатор; 7 – шпинтон; 8 – тарель разъемного буксового балансира; 9 – гнездо рамы тележки для цилиндрической пружины; 10 – вкладыш; 11 – болт крепления вертикального демпфера; 12 – шарнирное соединение (сайлент-блок) вертикального демпфера; 13 – кронштейн разъемного буксового балансира для крепления вертикального демпфера; 14 – буксовый балансира; 15 – валик сайлент-блока буксового рычага; 16 – крепежный суппорт валика сайлент-блока

Вторая ступень подвешивания (рисунок 4.220) включает две основных пневморессоры 4, две аварийных монолитных резиновых рессоры 3, стабилизатор боковой качки 1, два демпфера вертикальных 2 и два демпфера поперечных колебаний кузова (на рисунке они не показаны), а также четыре демпфера виляния тележки 5 и 6.

На рисунке 4.221 показано рессорное подвешивание, смонтированное на тележке, а на рисунке 4.222 – установка демпфера поперечных колебаний кузова.

Стабилизатор боковой качки уменьшают крен кузова во внешнюю сторону кривой. Применение стабилизатора является обязательным при ис-

пользовании во второй ступени подвешивания пневматических рессор, поскольку они не могут ограничивать боковые перемещения траверсы. На рисунке 4.223 показано шарнирное соединение элементов стабилизатора. Торсионный вал 2 устанавливается на шарнирах вращения вала в траверсе 1. Шарниры крепятся к траверсе болтовым соединением. Вал торсиона связан с рамой тележки с помощью шарнирно соединенных рычагов 4 и регулируемых тяг 5.

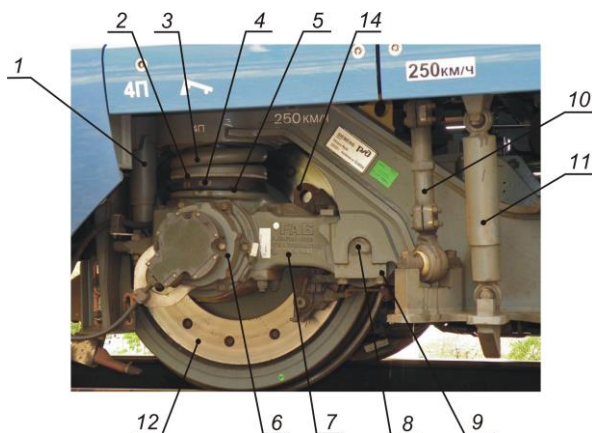


Рисунок 4.219 – Колесная пара с элементами первой ступени рессорного подвешивания тележки ВСП «Сапсан»:

1 – вертикальный гаситель колебаний; 2 – листовая рессора (упругая чаша); 3 – двухрядная пружина; 4 – резинометаллический амортизатор; 5 – тарель буксового балансира для пружины; 6 – букса; 7 – рычаг разъемного буксового балансира; 8 – валик сайлент-блока буксового рычага; 9 – крепежный суппорт валика сайлент-блока; 10 – регулируемая тяга стабилизатора боковой качки (вторая ступень подвешивания); 11 – демпфер вертикальных колебаний кузова (вторая ступень подвешивания); 12 – тормозной диск на колесе

Траверса (рисунок 4.224) выполняет три функции: является соединительным элементом между тележкой и кузовом, служит дополнительным единым резервуаром для пневморессор системы пневматического подвешивания и обеспечивает передачу тягового и тормозного усилия на кузов вагона.

Устройство передачи продольных усилий на тележку. Передача тягового и тормозного усилий от рамы на траверсу осуществляется (рисунок 4.225) посредством двух тяговых поводков 14 и центрального рычага 17 лемнискатного механизма. Центральный рычаг лемнискатного механизма включает корпус 1 и подшипник шкворня 15. Поводки крепятся к раме тележки и к центральному рычагу лемнискатного механизма, в который вставлен шкворень траверсы.

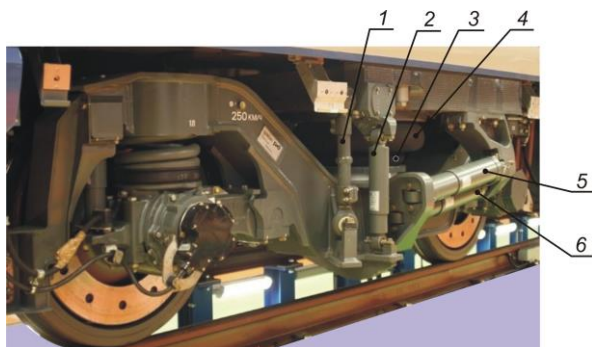


Рисунок 4.220 – Тележка с элементами рессорного подвешивания второй ступени тележки ВСП «Сапсан»:

1 – регулируемая тяга стабилизатора боковой качки; 2 – демпфер вертикальных колебаний кузова; 3 – аварийная монолитная резиновая рессора; 4 – основная пневморессора; 5, 6 – демпферы виляния тележки

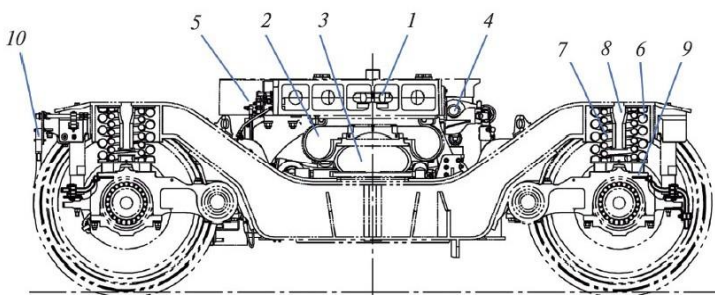


Рисунок 4.221 – Рессорное подвешивание тележки ВСП «Сапсан»:

1 – траверса с внутренними полостями подачи сжатого воздуха к основным пневморессорам; 2 – основная пневморессора; 3 – аварийная монолитная резиновая рессора; 4 – балка стабилизатора боковой качки; 5 – устройство выравнивания уровня полов вагонов; 6, 7 – наружная и внутренняя пружины первой ступени подвешивания; 8 – шпинтон; 9 – буксовый балансир; 10 – датчик поперечного ускорения

К о л е с н ы е п а р ы немоторной тележки (рисунок 4.226) выполнены с полыми осями, на средней части которых имеются три тормозных диска.

Составные части колесной пары показаны на рисунке 4.227. Для оценки допустимого износа обода колеса на нем выполнены контрольные канавки (рисунок 4.228).

Б у к с о в ы й у з е л включает подшипниковый узел, разрезной буксовый балансир с рычагом (поводком), и монтажные детали (датчик вращения, терморпары и др.). Буксовый балансир выполняет функцию съемного буксового поводка.

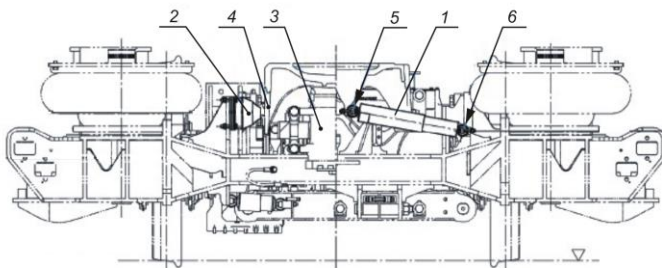


Рисунок 4.222 – Расположение на тележке ВСП «Сапсан» демпфера поперечных колебаний:

1 – демпфер поперечный; 2 – упорный резиновый буфер; 3 – центральный рычаг лемнискатного механизма; 4 – упорная планка шкворня траверсы; 5, 6 – шарнирно-болтовые крепления поперечного демпфера к шкворню траверсы и к раме тележки

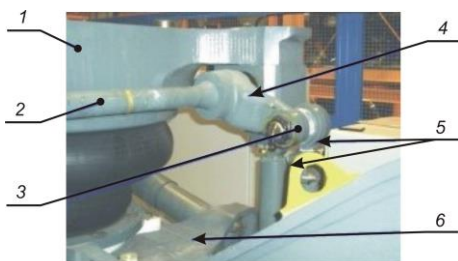


Рисунок 4.223 – Соединение элементов стабилизатора боковой качки ВСП «Сапсан»:

1 – траверса; 2 – балка торсиона; 3 – пальцевый шарнир рычага торсиона; 4 – рычаг торсиона; 5 – регулируемая тяга торсиона; 6 – рама тележки

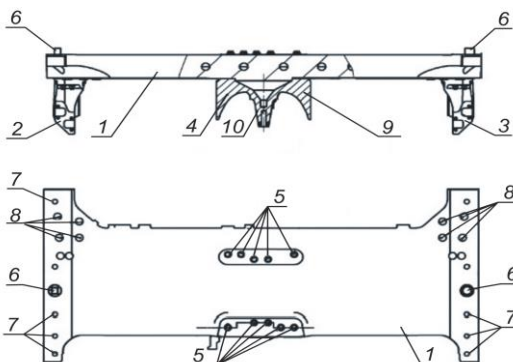


Рисунок 4.224 – Траверса тележки ВСП «Сапсан»:

1 – траверса; 2, 3 – кронштейны поворотных демпферов (демпферов влияния тележки); 4 – шкворень; 5 – крепежные болтовые соединения шкворня к траверсе; 6 – посадочный штифт; 7 – отверстия под болтовые соединения траверсы к раме кузова вагона; 8 – болтовые соединения траверсы с кронштейном поворотного демпфера; 9 – упорная планка шкворня; 10 – посадочная коническая втулка шкворня в лемнискатный механизм

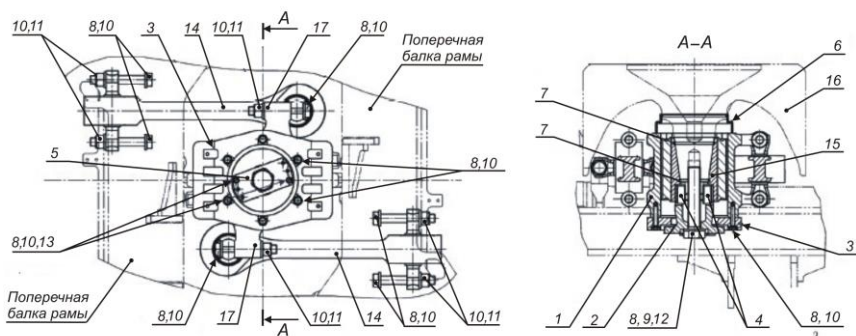


Рисунок 4.225 – Узел лемнискатного механизма тележки ВСП «Сапсан»:
 1 – корпус центрального рычага; 2 – втулка для устройства передачи продольного усилия;
 3–5 – упорная плита, призматическая шпонка и предохранитель устройства передачи продольного усилия; 6 – манжета; 7 – уплотнительное кольцо круглого сечения; 8–12 – винты с шестигранной головкой; 13 – шайба; 14 – тяговый поводок; 15 – подшипник шкворня;
 16 – шкворень; 17 – центральный рычаг

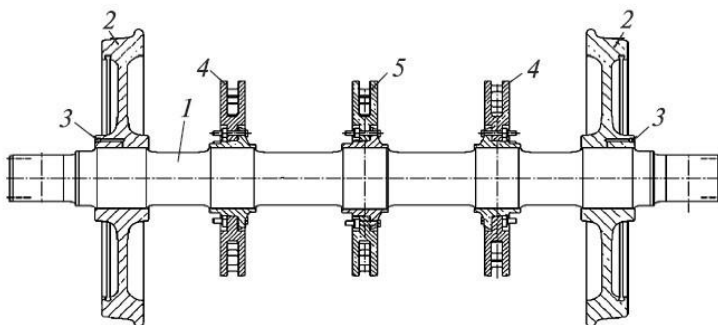


Рисунок 4.226 – Колесная пара немоторной тележки ВСП «Сапсан»:
 1 – ось; 2 – колесо; 3 – технологическое отверстие для гидравлической запрессовки;
 4 – вентилируемый тормозной диск; 5 – лопасти автоматической вентиляции тормозного диска

Буксовый подшипниковый узел (рисунок 4.229) – это конический подшипниковый узел, размещенный в разъемном буксовом балансире, который является корпусом буксы. В узле используется конический двухрядный подшипник фирмы FAG (ФРГ).

На рисунке 4.230 показан буксовый узел с разнесенными элементами. Разъемный буксовый балансир жестко закреплен болтовым соединением на подшипниковом блоке 5. Одной стороной, имеющей рычаг 1, балансир шарнирно соединен с рамой тележки резинометаллическим сайлент-блоком

8, другой стороной, имеющей кронштейн, связан с ней вертикальным демпфером. На верхней опорной поверхности балансира установлена тарель 3 для цилиндрической пружины.

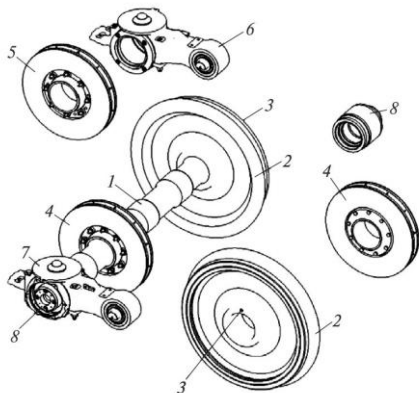


Рисунок 4.227 – Составные части колесной пары немоторной тележки ВСП «Сапсан»: 1 – ось; 2 – колесо; 3 – резьбовая заглушка; 4, 5 – тормозные диски; 6 – буксовый балансир с сайлент-блоком; 7 – буксовый балансир с буксой 8 и сайлент-блоком

Рисунок 4.228 – Канавка предельной обточки обода колеса

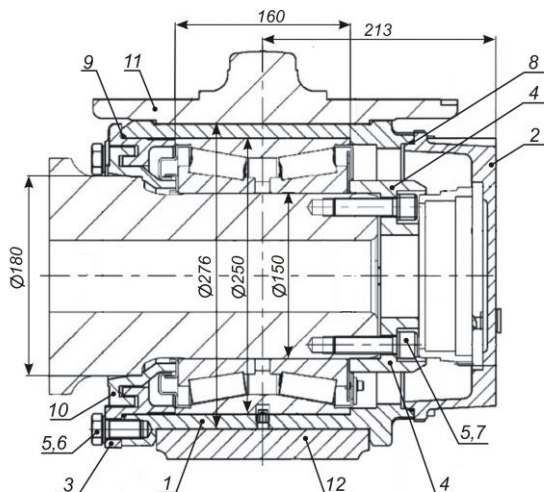
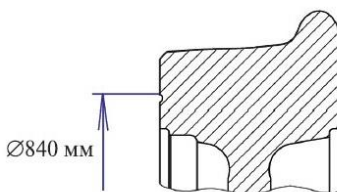
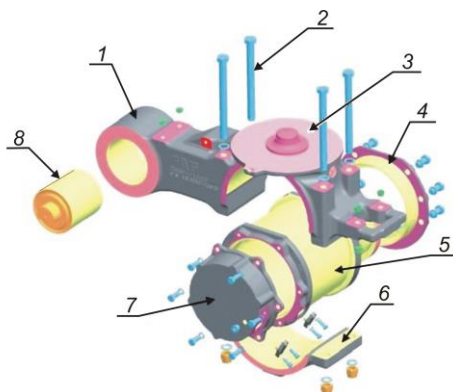


Рисунок 4.229 – Подшипниковый узел тележки ВСП «Сапсан»:

1 – основной корпус подшипникового блока FAG TAROL; 2, 3 – передняя и задняя крепительные крышки; 4 – прижимная шайба (колпачок); 5 – стопорная шайба; 6, 7 – винты с шестигранной и цилиндрической головками; 8, 9 – уплотнительные кольца круглого сечения; 10 – лабиринтное уплотнительное кольцо; 11, 12 – верхняя и нижняя части буксового балансира

Рисунок 4.230 – Буксовый узел тележки ВСП «Сапсан»:

1 – рычаг буксового балансира;
 2 – стяжные болты; 3 – тарель цилиндрической пружины; 4, 7 – задняя и передняя крышки буксы; 5 – подшипниковый блок; 6 – съемная нижняя часть буксового балансира; 8 – сайлент-блок



Колесная пара с подшипниковым блоком и без него показана на рисунке 4.231.

а)



б)



Рисунок 4.231 – Колесная пара без подшипникового блока (а) и с блоком (б)

Тележки высокоскоростных поездов Японии. Тележки ВСП Японии обозначаются, как правило, номерами серий.

Тележки ВСП серии 0 (конструктивная скорость – 230 км/ч). Буксовый узел тележки поводковой конструкции. Первая ступень подвешивания – пружинная с вертикальным гасителем колебаний, вторая – пневматические рессоры диафрагменного типа. Аналогом является тележка ТСК-1.

Тележки ВСП серии 100 (конструктивная скорость – 270 км/ч). В моторных вагонах использованы тележки типа DT202, принципиально не отличающиеся от тележек поезда серии 0. Для прицепных вагонов сконструирована тележка типа TR7000.

Тележки ВСП серии 300 (конструктивная скорость – 300 км/ч). Для ВСП серии 300 были спроектированы и изготовлены тележки уменьшенной массы. В тележках впервые применены рамы H-образной кон-

*струкции (без концевых балок). Диаметр колес уменьшили до 860 мм (против 910 мм у вагонов поезда серии 100), применили полые оси, корпусные элементы буксовых узлов и редукторов изготовили из алюминиевых сплавов. Все это позволило снизить примерно на 30 % массу тележки. В буксовых узлах применены *буксы-балансиры*, в буксовом подвешивании – гидравлические гасители колебаний.*

Тележки экспериментального ВСП STAR 21. Тележки размещены по принципу сочленных вагонов с целью удаления от пассажирских купе источников шума и вибраций. Для улучшения условий движения была увеличена высота установки пневморессор вторичного подвешивания. Неподдресоренная масса снижена за счет полых осей, колес диаметром 800 мм, корпусов буксовых подшипников из алюминия. В целом удалось снизить массу тележки до 5 т. В тележке впервые в Японии применили конические роликовые подшипники фирмы «Тимкен» с гидродинамическим лабиринтным уплотнением HDL.

Тележки ВСП серии 500 (конструктивная скорость – 320 км/ч). Тележки с рамами Н-образной формы без концевых балок, не имеют подрессорных балок, база тележки – 2500 мм, диаметр колес – 860 мм.

В первой ступени рессорного подвешивания применены *буксы-рычаги с цилиндрическими пружинами*, залитыми в резиновую оболочку (типа «Элиго»), и гидравлические гасители колебаний.

В центральной ступени рессорного подвешивания применены *пневматические рессоры диафрагменного типа*, а между рамой тележки и кузовом вагона включены гидравлические гасители колебаний. Характеристики устройств пневматического подвешивания регулируются с помощью компьютерной системы управления в зависимости от скорости движения, населенности поезда и состояния пути.

Тележки ВСП серии 700 (конструктивная скорость – 300 км/ч). Тележки с рамами Н-образной формы без концевых балок. База тележки равна 2500 мм, диаметр колес – 860 мм.

В первой ступени рессорного подвешивания применены *буксы-балансиры* с цилиндрическими пружинами и гидравлическими гасителями колебаний. *Центральное рессорное подвешивание – пневматическое*, имеет нелинейную характеристику. *Полуактивная система гашения поперечных колебаний* центральной ступени рессорного подвешивания обеспечивает необходимый уровень комфорта.

Тележки ВСП e f S E T (конструктивная скорость – 350 км/ч). Обозначение efSET обозначает «Экологически чистый поезд супер экспресс». Общий вид тележки показан на рисунке 4.232.

Тележки высокоскоростных поездов Франции. ВСП железных дорог Франции получили серийное обозначение *TGV* – (фран. «Trains a Grande

Vitesse» – «Высокоскоростной поезд»). Эксклюзивным поставщиком поездов семейства TGV является компания «Alstom Transport».

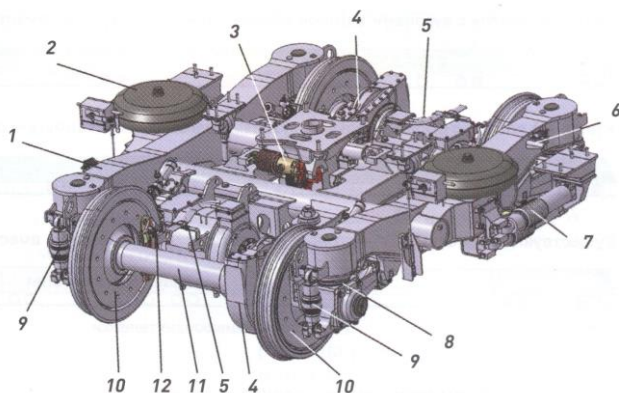


Рисунок 4.232 – Тележка моторная перспективного ВСП efSET:

1 – рама тележки; 2 – пневматическая рессора центрального подвешивания и устройства наклона кузова; 3 – активатор автоматической системы подавления колебаний кузова; 4 – тяговый редуктор; 5 – тяговый электродвигатель; 6 – блок датчиков, передающий в поездные устройства регистрации данные об ускорениях рамы тележки и буксового узла; 7 – гидравлический гаситель колебаний влияния тележки; 8 – узел первичной ступени подвешивания; 9 – вертикальный гидравлический гаситель колебаний первичной ступени подвешивания; 10 – тормозной диск; 11 – ось колесной пары; 12 – клещевидный тормозной механизм пневматического тормоза с тормозными колодками

Характерная особенность всех поездов семейства TGV – использование концепции сочлененных прицепных вагонов относительно небольшой длины.

При этом на каждую тележку опираются кузова двух соседних прицепных вагонов, что позволило уменьшить число прицепных тележек и понизить уровень пола. Тележки, используемые в сочлененных вагонах, получили название «тележки Якобса». Узел сочленения кузовов вагонов с тележкой показан на рисунке 4.233.

Тележки ВСП TGV A (Atlantique) (максимальная скорость движения 300 км/ч). В поезде используются тележки Y237 (рисунок 4.234). В этих тележках применено более мягкое первичное рессорное подвешивание, а база тележки по причинам устойчивости составляет 3 м. Критическая скорость новой тележки Y237 как минимум втрое выше, чем у тележек поездов предыдущего поколения. Ощутимый прогресс в области комфорта достигнут за счет применения пневматического рессорного подвешивания.

В тележке используется система рессорного подвешивания SR-10. Особенность этой системы в том, что поперечные и вертикальные гасители ко-

лебаний между кузовами и тележкой отсутствуют, а вместо них установлены гасители колебаний между тележкой и двумя кузовами, что позволяет использовать преимущества сочлененных вагонов.

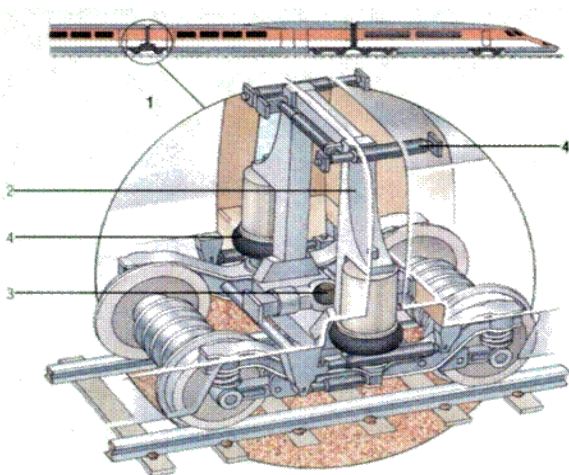


Рисунок 4.233 – Узел сочленения смежных кузовов вагонов ВСП TGV

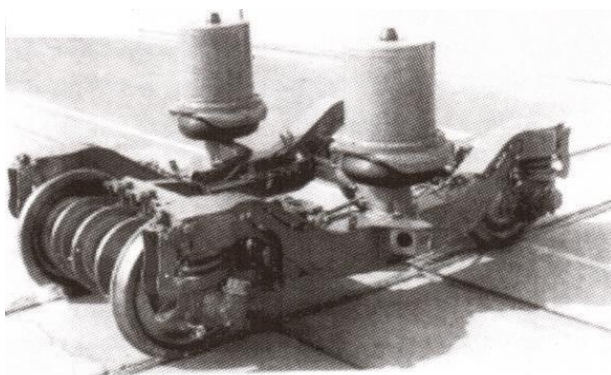


Рисунок 4.234 – Тележка Y237 ВСП TGV

Тележки ВСП TGV 2N (максимальная скорость движения 300 км/ч). Это ВСП третьего поколения. В ВСП используются тележки Y237, масса которых уменьшена на 1 т за счет снижения массы рамы (на 170 кг), массы рессорного подвешивания и воздушных резервуаров (стальные резервуары

заменены на алюминиевые). Диаметр колес прицепных вагонов – 910 мм, моторных – 920 мм.

Тележки ВСП А G V (конструктивная скорость – 360 км/ч). Это ВСП нового (четвертого) поколения, получил обозначение AGV (Automotrice a Grande Vitesse), поскольку разработан компанией «Альстом» без участия Национального общества железных дорог Франции (SNCF). Поэтому в его названии нет уже привычной аббревиатуры TGV – бренда, который принадлежит SNCF. Эти поезда предназначены в дальнейшем для замены ВСП TGV.

В тележках поезда применена новая система активного в поперечном направлении рессорного подвешивания, стабилизирующего положение кузова относительно тележек. Такое центрирование кузова облегчает условия работы второй ступени подвешивания и тем самым способствует повышению уровня комфорта пассажиров в пути. В поезде используется также индукционный вихретоковый тормоз, что позволило обеспечить, несмотря на повышенную скорость, неизменную длину тормозного пути.

Моторная тележка ВСП AGV показана на рисунке 4.235.

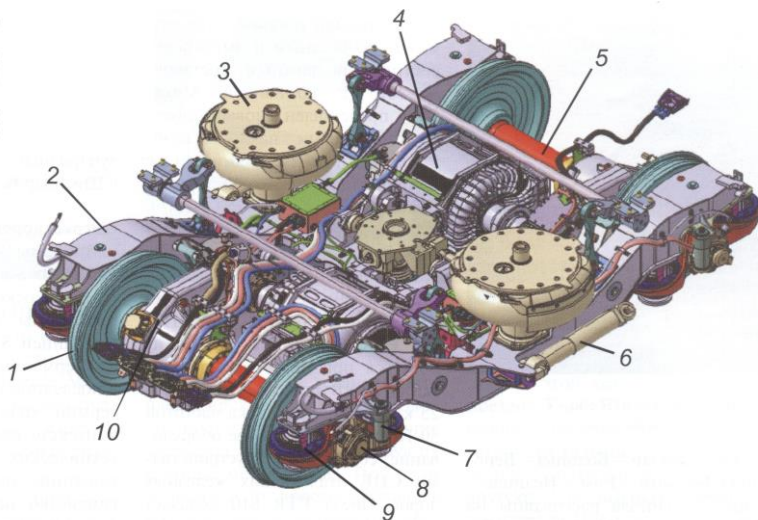


Рисунок 4.235 – Моторная тележка ВСП AGV:

- 1 – колесная пара; 2 – рама тележки; 3 – пневматическая рессора центрального подвешивания; 4 – тяговый электродвигатель; 5 – ось колесной пары; 6 – гидравлический гаситель колебаний виляния; 7 – вертикальный гидравлический гаситель колебаний первичной ступени подвешивания; 8 – буксовый узел; 9 – пружина первичной ступени подвешивания; 10 – тяговый редуктор

Тележки высокоскоростных поездов Германия. ВСП железных дорог Германии имеют серийное обозначение *ICE – от Inter City Express (англ. «международный экспресс»)*

Тележки ВСП ICE 1 (конструктивная скорость – 280 км/ч). Под прицепными вагонами используются тележки типа *Minden-Deutz-530* со стальными цилиндрическими пружинами.

Тележки ВСП ICE 2 (максимальная скорость движения 280 км/ч). В прицепных вагонах используют тележки типа *SGP 400*, разработанные компанией SGP, а также тележки типа *SF 400 (SF 400–ICE)* (рисунок 4.236). В них во вторичном подвешивании применяются пневматические рессоры. В тележках используется модульная концепция. Благодаря этому тележка имеет простую базовую конструкцию, которую можно адаптировать в зависимости от потребностей заказчиков.

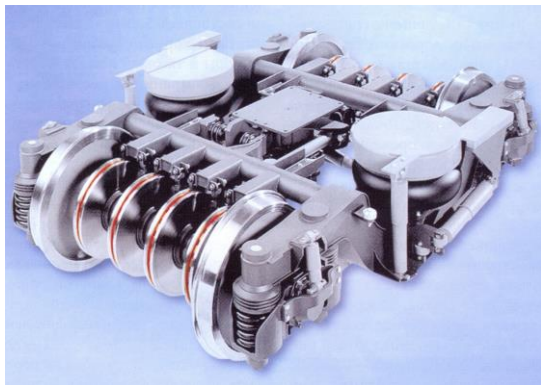


Рисунок 4.236 – Немоторная тележка SF 400

Техническая характеристика тележки SF 400: колесная база – 2500 мм; диаметр колес новых/изношенных – 920/860 мм; масса – 7050 кг; максимальная расчетная осевая нагрузка – 166.8 кН (17 тс); максимальная скорость – 280 км/ч. Особенности конструкции:

1 *Специальная система направления колесных пар* – обеспечивает оптимальное поведение колесных пар при взаимодействии с рельсами. В состав такой системы у каждой буксы входят два поводка, с натягом закрепленных в продольном элементе рамы тележки и снабженных резиновыми втулками.

2 *Буксовое рессорное подвешивание* – в первой ступени подвешивания для снижения шума и вибраций применены стальные винтовые пружины сжатия, включенные последовательно с резинометаллическими элементами.

Тележки SGP 400 допускают установку активных поперечных рессор, имеют гидравлические демпферы разворота. Наряду с рекуперативным тормозом используется также электропневматический.

Тележки SF 400 – это тележки с минимальным воздействием на путь за счет *радикальной установки колесных пар в кривых*.

Техническая характери-

3 *Центральное рессорное подвешивание* – во второй ступени подвешивания применены пневматические баллоны с запасными резервуарами большой емкости.

4 *Дисковый тормоз* – на каждой оси колесной пары смонтированы (в зависимости от исполнения тележки) три или четыре тормозных диска диаметром 640 мм и толщиной 110 мм.

Тележки ВСП ICE 2/2 (максимальная скорость движения 330 км/ч). Используются два варианта тележек с пневматическим рессорным подвешиванием: *SGP 500*, созданная на базе тележки *SGP 400* для ВСП ICE 2, и *HLD-K* с сочлененной рамой. Диаметр колес 920 мм. Тормозные диски поддерживающих тележек установлены на осях колесных пар, в моторных тележках – на внутренней стороне колес. Основным тормозом является рекуперативный, вторичным – электропневматический. Исследовался вопрос применения линейного вихретокового тормоза.

Тележки ВСП ICE 3 (максимальная скорость движения 320 км/ч). В ВСП ICE3 используются *тележки семейства SF 500* (рисунок 4.237), которые создавались на основе конструкции тележек *типа SPG 400* и *HLD-KL*. Рамы тележек – Н-образной формы, сварные с балками коробчатого профиля. В *первой ступени* подвешивания применены винтовые пружины с центральными резиновыми элементами и буксами-рычагами, во *второй* – пневматические рессоры. В обеих ступенях использованы гидравлические гасители колебаний и ограничители углового поворота тележки вокруг вертикальной оси.

Тележки семейства SF 500 послужили основой для создания тележек ВСП «Сапсан», конструкция которых рассмотрена выше.

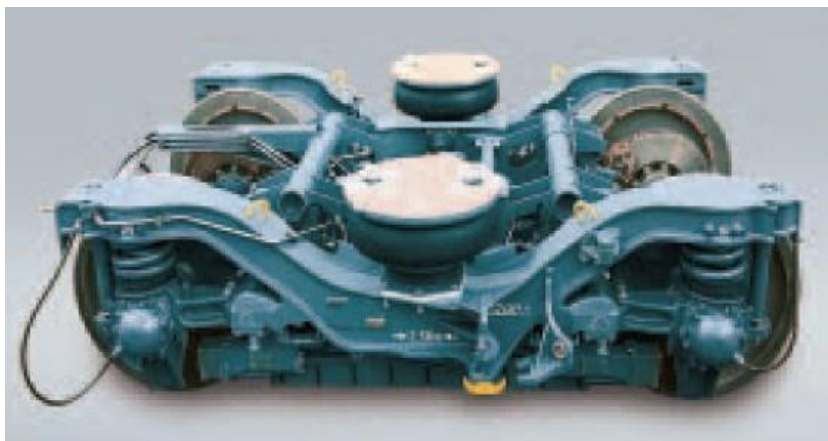


Рисунок 4.237 – Немоторная тележка SF 500 высокоскоростного поезда ICE3

Тележки высокоскоростных поездов Испании. ВСП для железных дорог Испании получили серийное обозначение *AVE* (испанская высокая скорость).

ВСП Испании – это сочлененные поезда с изменяемой шириной колеи и пассивной системой наклона кузова. В качестве примера рассмотрим *ВСП AVE S130, Talgo 250* (максимальная скорость движения – 250 км/ч), который был адаптирован для эксплуатации на железных дорогах России, получив название «Стриж».

Главные особенности ВСП: сочлененные промежуточные вагоны, одноосные тележки с независимо вращающимися и раздвижными колесами и система наклона кузова. Тележки расположены под узлами сочленения.

Тележка состоит из рамы (представляющей собой поперечную балку) сложной конфигурации и пары независимо вращающихся на собственных осях колес, и обычной оси не имеют (см. рисунок 4.197). В данном случае рама выполняет функцию общей оси. *Отсутствие общих осей* позволяет обустроить межвагонные проходы над поперечными балками рам тележек по всей длине состава, а также понизить уровень пола как в пассажирских салонах, так и на входных площадках и в переходах.

Независимость колес предполагает ощутимые преимущества перед обычными колесными парами с общей осью, так как такое техническое решение устраняет влияние и необходимость в строгом соблюдении равенства диаметров колес, а также повышает стабильность хода.

В ВСП применена простая и эффективная *система направления колес*. Она обеспечивает установку колес параллельно оси пути, как в прямых, так и в кривых, что сокращает износ тех и других и повышает безопасность. Система представляет собой совокупность тяг, поводков и шарнирных упругих связей букс с кузовом.

Смещение колес по осям. Особенностью тележки является возможность смещения колес по осям с использованием технологии Talgo RD. При этом колеса могут устанавливаться на осях в одном из двух разных положений, соответствующих двум выбранным значениям ширины колеи (1435/1668 мм), и фиксироваться в нужном положении с помощью блокировочных устройств.

Тележки высокоскоростных поездов Китая. В Китае эксплуатируются ВСП семейства *CRH* (China Railway Highspeed), которые выпускают китайские совместные предприятия, используя передовые технологии Италии, Японии, Германии и Канады.

ВСП серий *CRH 1* (скорость 200 км/ч) построены по технологии компании Bombardier Transportation, *CRH 2* (скорость 250/300 км/ч) – компании Kawasaki Heavy Industries, *CRH 3* (скорость 300 км/ч) – компании Siemens Transportation System, *CRH 5* (скорость 250 км/ч) – компании Alstom.

Тележка ВСП CRH3 показана на рисунке 4.238. Электропоезд *CRH3 (Velaro CN)* представляет собой последнюю разработку Siemens на базе платформы высокоскоростных поездов *Velaro*, прообразом которой были поезда ICE3 с распределенной тягой.



Рисунок 4.238 – Тележка немоторная ВСП *Velaro CN*

4.13 Основные термины и определения

Тележки грузовых вагонов [ГОСТ 9246–2013].

Трехэлементная двухосная тележка (далее – тележка) – отдельная сборочная единица грузового вагона, конструкция которой включает в себя одну надрессорную балку и две боковые рамы, опирающиеся на колесные пары.

Примечание – Тележка грузового вагона обеспечивает его движение, служит для опоры кузова на рельсы, передачи, восприятия и амортизации динамических нагрузок между кузовом вагона и рельсами, создания тормозной силы.

Тип тележки – группа тележек, имеющих одинаковые технические характеристики.

База тележки – расстояние в продольном относительно оси пути направлении между центрами цилиндрических поверхностей шеек осей колесных пар, установленных в тележке.

Надрессорная балка – составная часть (деталь или сборочная единица) несущей конструкции тележки, передающая нагрузки от кузова вагона на две боковые рамы через рессорное подвешивание.

Боковая рама – составная часть (деталь или сборочная единица) несущей конструкции тележки, передающая нагрузки от надрессорной балки на шейки двух осей колесных пар через буксовые узлы.

База боковой рамы – расстояние между наружными упорами боковой рамы, ограничивающими перемещения буксы или адаптера колесной пары в продольном относительно оси пути направлении.

Рессорное подвешивание – детали тележки, расположенные между боковыми рамами и надрессорной балкой, обеспечивающей восприятие и амортизацию нагрузок от кузова вагона.

Сменные элементы тележки – составные части (детали или сборочные единицы), указанные в эксплуатационной документации на тележку, для которых в период эксплуатации между плановыми ремонтами наступить отказ вследствие изнашивания (без нарушения условий эксплуатации) и которые подвергают замене по состоянию при техническом содержании вагона.

Конструкционная скорость вагона – максимальная скорость движения вагона, указанная в конструкторской документации на него.

Минимальная расчетная масса вагона – масса нетто четырехосного вагона, при установке под кузов которого двух тележек соответствующего типа должны быть обеспечены требования к расстоянию от уровня верха головок рельсов до опорной поверхности подпятника, разности полных статических прогибов рессорного подвешивания, расчетному статическому прогибу и коэффициенту относительно трения рессорного подвешивания, приведенные в настоящем стандарте.

Максимальная расчетная статическая осевая нагрузка – одна четвертая часть максимального веса брутто, передаваемая на рельсы одной колесной парой.

Максимальная расчетная масса вагона – масса четырехосного вагона брутто при максимальной расчетной статической осевой нагрузке.

Подпятник – составная часть тележки, предназначенная для опирания пятника кузова вагона на тележку, размещенная по центру надрессорной балки, допускающая поворот пятника вокруг вертикальной оси и ограничивающая его горизонтальные перемещения.

Примечание – Подпятник тележки включают в себя прокладки, вкладыши и другие износостойкие элементы, установленные на его поверхности.

Опорная поверхность подпятника – поверхность подпятника, предназначенная для передачи веса кузова вагона и других вертикальных сил на тележку.

Упорная поверхность подпятника – боковая поверхность подпятника, предназначенная для передачи горизонтальных сил от кузова вагона на тележку.

Боковой скользян – составная часть тележки, расположенная в конечных частях надрессорной балки и предназначенная для ограничения угловых перемещений между кузовом вагона и тележкой относительно продольной оси пути.

Рабочая поверхность бокового скользяна – поверхность, предназначенная для восприятия нагрузок и сил трения от кузова вагона на тележку.

Боковой скользян зазорного типа – скользян боковой, имеющий зазор между его рабочей поверхностью и ответной поверхностью на кузове вагона.

Боковой скользян постоянного контакта – скользян боковой, прижатый своей рабочей поверхностью к ответной поверхности на кузове вагона и оборудованный упругими элементами.

Установочная высота бокового скользяна постоянного контакта – расстояние от опорной поверхности съемного бокового скользяна

на надрессорной балке до рабочей поверхности скользуна, прижатой к ответной поверхности на кузове вагона.

Расчетный статический прогиб – статический прогиб упругих элементов рессорного подвешивания, эквивалентный подвешиванию с линейной зависимостью силы от деформации (постоянной жесткостью) без учета сил трения.

Полный статический прогиб – статический прогиб упругих элементов рессорного подвешивания, соответствующий их деформации от свободного состояния до состояния под нагрузкой без учета сил трения.

Фрикционный гаситель колебаний – демпфирующее устройство в рессорном подвешивании, обеспечивающее гашение колебаний силами сухого трения.

Фрикционный клин – составная часть фрикционного гасителя колебаний, обеспечивающая силы трения в рессорном подвешивании за счет прижатия упругими элементами рессорного подвешивания ее вертикальной поверхности непосредственно или через промежуточные детали к боковой раме, а наклонной поверхности – непосредственно или через промежуточные детали к надрессорной балке.

Опорная поверхность фрикционного клина – поверхность фрикционного клина, предназначенная для опирания на упругие элементы рессорного подвешивания.

Опорная поверхность надрессорной балки – поверхность, расположенная в концевой части надрессорной балки, предназначенная для опирания на упругие элементы рессорного подвешивания.

Завышение фрикционного клина – положение опорной поверхности фрикционного клина выше опорной поверхности надрессорной балки.

Занижение фрикционного клина – положение опорной поверхности фрикционного клина ниже опорной поверхности надрессорной балки.

Ведущий вертикальный рычаг – вертикальный рычаг тормозной рычажной передачи тележки с нажатием тормозных колодок на поверхность катания колес, к которому прикладывается сила от тормозной рычажной передачи на кузове вагона.

Ведомый вертикальный рычаг – вертикальный рычаг тормозной рычажной передачи тележки с нажатием тормозных колодок на поверхность катания колес, который взаимодействует с распорной тягой и серьгой мертвой точки.

Распорная тяга – составная часть тормозной рычажной передачи тележки с односторонним нажатием тормозных колодок на поверхность катания колес, которая предназначена для передачи силы от ведущего вертикального рычага к ведомому вертикальному рычагу.

Подвеска треуголя – составная часть тормозной рычажной передачи тележки с односторонним нажатием тормозных колодок на поверхность катания колес, которая служит для соединения треуголя с кронштейном боковой рамы тележки.

Шарнир мертвой точки – составная часть тормозной рычажной передачи тележки с нажатием тормозных колодок на поверхность катания колес, взаимодействующая с серьгой мертвой точки и предназначенная для восприятия реакции силы, создаваемой ведомым вертикальным рычагом.

Серьга мертвой точки – составная часть тормозной рычажной передачи тележки с односторонним нажатием тормозных колодок на поверхность ката-

ния колес, которая служит для передачи реакции силы от шарнира мертвой точки к ведомому вертикальному рычагу.

Тележки пассажирских вагонов [ГОСТ Р 55821–2013].

Тележка – конструкция, обеспечивающая движение вагона и передающая нагрузку кузова вагона на железнодорожный путь.

Тележка безлюлечного типа – тележка, в которой горизонтальные поперечные перемещения кузова вагона относительно рамы тележки осуществляются только за счет гибкости упругих элементов центрального подвешивания.

Тележка люлечного типа – тележка, в которой горизонтальные поперечные перемещения кузова вагона относительно рамы тележки осуществляются только за счет шарнирных соединений и гибкости упругих элементов центрального подвешивания.

Предохранительное устройство – элемент, выполняющий несущую функцию только при отказе штатных элементов крепления детали и (или) оборудования.

Фрикционный тормоз – устройство, в котором сила торможения создается путем прижатия специальных фрикционных элементов – тормозных колодок или накладок дисковых тормозов к вращающимся поверхностям – колесам или специальным тормозным дискам.

Рельсовый тормоз – устройство, действующее совместно с колодочным или дисковым тормозами при экстренном торможении и обеспечивающее замедление движения железнодорожного подвижного состава независимо от контакта между колесом и рельсом, путем электромагнитного взаимодействия рельса и башмака, расположенного на тележке.

Примечание – Различают два вида рельсового тормоза: вихретоковый и магнито-рельсовый. Вихретоковый тормоз работает без использования сил трения. При магнито-рельсовом тормозе торможение происходит за счет прижатия тормозных башмаков к рельсам.

Грузоподъемная сила – сила, определяемая как сила тяжести кузова вагона брутто, воспринимаемая тележкой и применяемая при расчетах конструкций на прочность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Бачурин, Н. С.** Ходовые части грузовых и пассажирских вагонов : учеб.-метод. пособие / Н. С. Бачурин, К. М. Колясов, О. В. Черепов. – Екатеринбург : УрГУПС, 2007. – 62 с.
- 2 Вагоны : учеб. для студентов вузов / Л. А. Шадур [и др.] ; под ред. Л. А. Шадура. – М. : Транспорт, 1980. – 439 с.
- 3 Высокоскоростной железнодорожный подвижной состав : [моногр.] / В. А. Гапанович [и др.] ; под ред. В. А. Гапановича. – СПб. : Изд-во ООО «Типография «НП-Принт», 2014. – 304 с.
- 4 Высокоскоростные поезда «САПСАН» В1 и В2 : учеб. пособие / Н. Ю. Богомолов [и др.] ; под ред. А. В. Ширияева. – М. : ОАО «Российские железные дороги», 2013. – 522 с.
- 5 Двухосная трехэлементная тележка для грузовых вагонов колеи 1520 мм с осевой нагрузкой 23,5 тс. Модель 18-9810. Руководство по эксплуатации 4536-07.00.00.000 РЭ. – СПб. : ОАО «НВЦ «Вагоны», 2010. – 53 с.
- 6 Двухосная трехэлементная тележка для грузовых вагонов с осевой нагрузкой 25 тс железных дорог колеи 1520 мм. Модель 18-9855. Руководство по эксплуатации 4701-09.00.00.000 РЭ. – СПб. : ОАО «НВЦ «Вагоны», 2010. – 54 с.
- 7 ГОСТ 9246–2013. Тележки двухосные трехэлементные грузовых вагонов железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия. – Введ. 2013–09–27. – М. : Стандартинформ, 2014. – 23 с.
- 8 ГОСТ Р 55821–2013. Тележки пассажирских вагонов локомотивной тяги. Технические условия. – Введ. 2013–11–22. – М. : Стандартинформ, 2014. – 16 с.
- 9 ГОСТ 4728–2010. Заготовки осевые для железнодорожного подвижного состава. Технические условия. – Введ. 2010–11–25. – М. : Стандартинформ, 2010. – 10 с.
- 10 ГОСТ Р 55184–2012. Демпферы гидравлические железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия. – Введ. 2014–01–01. – М. : Стандартинформ, 2013. – 12 с.
- 11 ГОСТ 33200–2014. Оси колесных пар железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия. – Введ. 2014–12–22. – М. : Стандартинформ, 2015. – 41 с.
- 12 ГОСТ 10791–2011. Колеса цельнокатаные. Технические условия. – Введ. 2011–03–15. – М. : Стандартинформ, 2011. – 27 с.
- 13 ГОСТ 4835–2013. Колесные пары железнодорожных вагонов. Технические условия. – Введ. 2013–08–28. – М. : Стандартинформ, 2013. – 57 с.
- 14 ГОСТ 32769–2014. Подшипники качения. Узлы подшипниковые конические букс железнодорожного подвижного состава. Технические условия. – Введ. 2014–05–30. – М. : Стандартинформ, 2015. – 24 с.
- 15 ГОСТ 520–2011. Подшипники качения. Общие технические условия. – Введ. 2011–05–12. – М. : Стандартинформ, 2012. – 24 с.
- 16 ГОСТ 24955–81. Подшипники качения. Термины и определения. – Введ. 1981–09–28. – М. : Госкомиздат СССР, 1981. – 23 с.
- 17 ГОСТ 18572–2014. Подшипники качения. Подшипники буксовые роликовые цилиндрические железнодорожного подвижного состава. Технические условия. – Введ. 2014–05–30. – М. : Стандартинформ, 2015. – 26 с.
- 18 ГОСТ 14572–2011. Пружины цилиндрические винтовые тележек и ударно-тяговых приборов подвижного состава железных дорог. Технические условия. – Введ. 2011–05–12. – М. : Стандартинформ, 2011. – 16 с.

19 ГОСТ 32400–2013. Рама боковая и балка надрессорная литые тележек железнодорожных грузовых вагонов. Технические условия. – Введ. 2014–07–01. – М. : Стандартиформ, 2014. – 50 с.

20 ГОСТ 34385–2018. Буксы и адаптеры для колесных пар тележек грузовых вагонов. Общие технические условия. – Введ. 2018–12–01. – М. : Стандартиформ, 2018. – 23 с.

21 Конструирование и расчет вагонов : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / В. В. Луккин [и др.] ; под ред. П. С. Анисимова. – М. : ФГОУ «УМК по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. – 688 с.

22 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (не-самоходных). – М. : ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.

23 **Пастухов, И. Ф.** Конструкция вагонов : учеб. для техникумов и колледжей ж.-д. трансп. / И. Ф. Пастухов, В. В. Пигунов, Р. О. Кошкалда. – 2-е изд. – М. : Маршрут, 2004. – 504 с.

24 **Пигунов, В. В.** Ходовые части вагонов. Расчет деталей : учеб. пособие / В. В. Пигунов. – Гомель : БелГУТ, 2005. – 251 с.

25 Руководящий документ по ремонту и техническому обслуживанию колесных пар с буксовыми узлами грузовых вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524) мм. РД ВНИИЖТ 27.05.01–2017. – М. : ОАО «ВНИИЖТ», 2017. – 242 с.

26 Руководящий документ по ремонту и техническому обслуживанию колесных пар с буксовыми узлами пассажирских вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524) мм. – М. : ОАО «ВНИИЖТ», 2015. – 280 с.

27 Руководящий документ по техническому обслуживанию, ремонту и освидетельствованию колесных пар грузовых вагонов с буксовыми коническими подшипниками «БРЕНКО» касетного типа производства компаний «Амстел Рейл Компани, Инк» и ООО «ЕПК-Бренко Подшипниковая Компания» в габаритах 150×250×160, 130×250×160 и 130×250×160 мм. – М. : Дирекция Совета по железнодорожному транспорту государств-участников содружества, 2011. – 24 с.

28 Руководящий документ по техническому обслуживанию, ремонту и освидетельствованию колесных пар с буксовыми коническими подшипниковыми узлами SKF BT2-8720 (в габаритах 150×250×160 мм) и SKF BT2-8705 (в габаритах 130×250×160 мм) для грузовых вагонов № РД 32 ЦВ-ВНИИЖТ-СКФ-2008.01. – М. : ОАО «РЖД», 2008. – 29 с.

29 Руководящий документ по техническому обслуживанию, ремонту и освидетельствованию колесных пар вагонов с буксовыми узлами, оборудованными подшипниками роликовыми радиальными с короткими цилиндрическими роликами и защитными шайбами сдвоенными типа Н6-882726Е2К1МУ в габаритах 130×250×160 мм, производства ОАО «Харьковский подшипниковый завод» № РД 32 ЦВ-ВНИИЖТ-ХАРП-2009. – М. : ОАО «РЖД», 2009. – 17 с.

30 Руководящий документ. Ремонт тележек модели 18-578 с упруго-катковыми скользунгами грузовых вагонов. РД 32 ЦВ 082-2006. – М. : ОАО «РЖД», 2006. – 92 с.

31 Скоростной электропоезд ЭС1 «Ласточка» : учеб. пособие / А.Ю Слизов [и др.] ; под ред. А.В.Ширяева. – М. : ООО «Издательский дом «Автограф», 2015. – 236 с.

32 **Соколов, М. М.** Архитектура грузовых вагонов : учеб. пособие для работников железнодорожного транспорта / М. М. Соколов, А. В. Третьяков, И. Г. Морчиладзе. – М. : ИБС-Холдинг, 2006. – 394 с.

33 **Соколов, М. М.** Гносеология вагонов : курс лекций / М. М. Соколов, И. Г. Морчиладзе. – М. : ИБС-Холдинг, 2009. – 548 с.

34 Современное вагоностроение. Т. 3 : [моногр.] / Б. Г. Цыган [и др.] ; под ред. Б. Г. Цыгана. – Кременчуг. : Кременчугская городская типография, 2012. – 626 с.

35 Тележка двухосная. Модель 18-555. Руководство по эксплуатации 555.00.000 РЭ. – М. : ОАО «РЖД», 2014. – 62 с.

36 Тележка модели 68-4096. Руководство по эксплуатации 4096.00.000 РЭ. – М. : ОАО «РЖД», 2008. – 72 с.

37 Унификация букс и подшипников качения грузовых вагонов для колеи 1520 мм. Р-514/1. – М. : ОСЖД, 2008. – 6 с.

38 **Анофрієв, В. Г.** Дослідження та розробка комплексу системних технічних рішень вантажних вагонів нового покоління та впровадження їх у виробництво та експлуатацію (ви-тяг) / В. Г. Анофрієв и [и др.] // Вагонный парк. – 2011. – № 12. – С. 49–55.

39 **Блохин, Е. П.** Тележки ZK1 полувагонов, построенных в КНР / Е. П. Блохин [и др.] // Вагонный парк. – 2012. – № 9 (66). – С. 12–14.

40 **Бубнов, В. М.** Пути совершенствования прочностных характеристик ходовых частей грузовых вагонов / В. М. Бубнов, С. В. Мямлин, Н. Б. Манкевич // Вагонный парк. – 2012. – № 2(59). – С. 4–6.

41 **Бороненко, Ю. П.** Инновации в тележках грузовых вагонов: реальность и перспективы / Ю. П. Бороненко, Е. А. Рудакова, А. М. Орлова // Наука и транспорт. – 2009. – С. 14–17.

42 **Бороненко, Ю. П.** Опыт проектирования трехэлементных тележек / Ю. П. Бороненко, А. М. Орлова // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 5. – С. 58–62.

43 **Бочкарев, Н. А.** Тележки грузовых вагонов: переход к новому поколению. Организация серийного производства тележек 18-578 для новых вагонов / Н. А. Бочкарев // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 7. – С. 53–55.

44 **Галиев, И. И.** Тележки грузовых вагонов: переход к новому поколению. Всесторонне учитывать недостатки предыдущих конструкций / И. И. Галиев, В. А. Нехаев, В. А. Николаев // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 5. – С. 55–58.

45 **Ефимов, В. П.** Тележки грузовых вагонов: переход к новому поколению. Технический уровень тележки 18-578 в сравнении с тележкой 18-100 / В. П. Ефимов // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 7. – С. 56–60.

46 **Ефимов, В. П.** Тележки для перспективных грузовых вагонов / В. П. Ефимов, А. А. Пранов, А. Э. Павлюков // Железнодорожный транспорт. – 2002. – № 4. – С. 46–49.

47 **Кравчук, Л. В.** Перспективная штамповарная тележка модели 18-9999 / Л. А. Кравчук // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2017. – № 4 (52). – С. 34–35.

48 **Мещерков, А. Ю.** Сдвоенные подшипники повышают надежность буксового узла / А. Ю. Мещерков, Т. А. Смирнова // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2011. – № 2 (26). – С. 26–27.

49 **Мещерин, Ю. В.** Особенности конструкции тележек с осевой нагрузкой 25–27 тс и их проявление в условиях эксплуатации / Ю. В. Мещерин // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2015. – № 2 (42). – С. 24–25.

50 **Орлова, А. М.** Унификация тележек грузовых вагонов: проблемы и перспективы / А. М. Орлова // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2010. – № 3 (23). – С. 40–41.

51 **Орлова, А. М.** Тележка модели 18-9810: современные технологии, безопасность движения, снижение износов / А. М. Орлова, Е. А. Щербаков // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2010. – № 2 (22). – С. 24–26.

52 **Орлова, А. М.** Конструктивные особенности тележек моделей 18-9810 и 18-9855 / А. М. Орлова, Е. А. Щербаков // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2011. – № 6. – С. 48–50.

53 **Радзиховский, А. А.** О влиянии конструкции адаптера на долговечность кассетных подшипников / А. А. Радзиховский, К. В. Назаренко // Вагонный парк. – 2009. – № 9–10. – С. 12–15.

54 **Рыбников, Е. К.** Ходовые качества грузового вагона на тележках ДП-3 / Е. К. Рыбников [и др.] // Техника железных дорог. – 2012. – № 2. – С. 59–63.

55 **Савушкин, Р. А.** О результатах испытаний вагонов с осевой нагрузкой 27 тс на тележках модели 18-6863 / Р. А. Савушкин // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2017. – № 2. – С. 22–24.

56 **Савушкин, Р. А.** Техничко-экономические характеристики и особенности конструкции вагонов с осевой нагрузкой 27 тс / Р. А. Савушкин [и др.] // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2018. – № 2 (54). – С. 36–39.

57 **Смирнова, Т. А.** Подшипники кассетного типа гарантируют надежность и долговечность / Т. А. Смирнова // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2009. – № 2 (18). – С. 20–21.

58 **Соколов, А. М.** Осевая нагрузка 27 тс новая веха развития вагоностроения / А. М. Соколов, А. М. Орлова // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2016. – № 3 (47). – С. 5–7.

59 **Тен, А. А.** Тележки «Моушн контрол» для грузовых вагонов / А. А. Тен [и др.] // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2011. – № 4 (28). – С. 16–19.

- 60 **Ушкалов, В. Ф.** О совершенствовании комплексной модернизации тележек грузовых вагонов / В. Ф. Ушкалов, С. С. Пасичник, И. В. Подьяльников // Вагонный парк. – 2011. – № 12. – С. 8–11.
- 61 **Францев, А. И.** Насколько ремонтнопригодны тележки повышенной грузоподъемности / А. И. Францев, И. А. Францев // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2012. – № 3 – С. 20–22.
- 62 **Харьбин, И. А.** Совершенствовать ходовую часть грузовых вагонов / И. А. Харьбин, А. М. Орлова, А. В. Додонов // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2009. – № 2 (18). – С. 26–29.
- 63 **Харьбин, И. А.** Скользуну: результаты испытаний и перспективы применения / И. А. Харьбин, А. В. Додонов // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2010. – № 2 (26). – С. 27–31.
- 64 **Цыган, Б. Г.** Современное состояние и перспективы развития ходовых частей грузового подвижного состава / Б. Г. Цыган, С. Д. Мокроусов // Вагонный парк. – 2011. – № 10. – С. 30–34.
- 65 **Цыган, Б. Г.** Современное состояние и перспективы развития ходовых частей грузового подвижного состава / Б. Г. Цыган, С. Д. Мокроусов // Вагонный парк. – 2011. – № 8. – С. 30–35.
- 66 **Шелест, Д. А.** Технічне обслуговування та ремонт пасажирських візків моделей 68-7007/7012/7013 / Д. А. Шелест // Вагонный парк. – 2011. – № 3. – С. 49–55.
- 67 **Шпади, Д. В.** Новым грузовым вагонам – инновационные узлы и детали / Д. В. Шпади // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2011. – № 4 (28). – С. 2–6.
- 68 **Gerlach et al, T.** Leichtes Rad / T. Gerlach et al // Eisenbahningenieur. – 1998. – № 3. – S. 72–79.
- 69 **Murawa, F.** Rader mit Gummifederung / F. Murawa // Eisenbahningenieur. – 2010. – № 2. – S. 36–41.
- 70 **Schneider, J.** Radsätze für Hochgeschwindigkeitsfahrzeuge / J. Schneider, F. Muravf // Eisenbahningenieur. – 2000. – № 5. – S. 43–47.
- 71 **Vials, P.** Effektive Verdichtung für Achslager von Schienenfahrzeugen / P. Vials // Eisenbahningenieur. – 1995. – № 7. – S. 495–497.
- 72 **Von Madeyski, Th.** Neues Design für rollendes Material / Th von Madeyski // Internationales Verkehrswesen. – 1997. – № 5. – С. 221–226.

Учебное издание

ПИГУНОВ Владимир Владимирович
ПИГУНОВ Анатолий Владимирович

**КОНСТРУКЦИЯ ХОДОВЫХ ЧАСТЕЙ
ВАГОНОВ**

Учебное пособие

Редактор И. И. Э в е н т о в
Технический редактор В. Н. К у ч е р о в а

Подписано в печать 28.12.2018 г. Формат бумаги 60x84 1/16
Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 22,55. Уч.-изд. л. 23,43. Тираж 150 экз.
Зак. № . Изд. № 61.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта,
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/361 от 13.06.2014.
№ 2/104 от 01.04.2014.
№ 3/1583 от 14.11.2017.
Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель