

МОДЕРНИЗАЦИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Рекомендовано

*Экспертным советом Федерального учебно-методического
объединения в системе среднего профессионального образования
по укрупненной группе профессий, специальностей 23.00.00
«Техника и технологии наземного транспорта»
в качестве учебного пособия для использования в учебном процессе
образовательных организаций и учреждений, реализующих
программы СПО по специальности 23.02.06 «Техническая
эксплуатация подвижного состава железных дорог (вагоны)».*
*Регистрационный номер экспертного
заключения 2 от 27 декабря 2016 г.*

Москва
2017

УДК 629.46
ББК 39.24
О-48

Рецензент: главный инженер эксплуатационного вагонного депо Новосokolьники Октябрьской дирекции инфраструктуры — структурного подразделения Центральной дирекции инфраструктуры — филиала ОАО «РЖД» *А.И. Замур-гин*

Ойя В.И.

О-48 Модернизация грузовых вагонов: учеб. пособие. — М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2017. — 84 с.

ISBN 978-5-89035-992-6

Изложены общие сведения о ходовых частях грузовых вагонов и требования, предъявляемые к конструкциям и технико-экономическим параметрам вагонов.

Описаны конструкции и технические характеристики отечественных и зарубежных грузовых тележек и колесных пар грузовых вагонов. Приведены результаты испытаний грузовых вагонов на опытных тележках.

Предназначено для студентов техникумов и колледжей железнодорожного транспорта, а также может быть полезно для работников, занимающихся производством, эксплуатацией и ремонтом вагонов.

УДК 629.46
ББК 39.24

ISBN 978-5-89035-992-6

© Ойя В.И., 2017
© ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2017

Введение

Транспортная система страны является неотъемлемой частью производственной и социальной инфраструктуры государства, обеспечивая ее территориальную целостность и национальную безопасность. Железнодорожный транспорт в этой системе играет ключевую роль в социально-экономическом развитии Российской Федерации, выполняя около 85 % грузооборота и более 37 % пассажирооборота транспорта общего пользования. Из-за ряда серьезных проблем, связанных с износом вагонного парка, уровнем аварийности, воздействием на окружающую среду и здоровье человека, российские перевозчики вытесняются с международного рынка. Грузовые вагоны не отвечают запросам клиентуры по потребительским качествам, грузоподъемности и скорости доставки.

Опыт эксплуатации грузовых вагонов показывает, что постоянно возрастающая интенсивность эксплуатации, повышение нагрузок от оси колесной пары на рельсы, устаревшие технологии строительства и ремонта привели к росту неисправностей и увеличению отцепок вагонов в пути следования.

Повышение осевых нагрузок, скоростей движения, ужесточение требований к снижению динамических воздействий на перевозимые грузы и путевые устройства, в первую очередь, отражаются на ходовых частях грузовых вагонов. Отдельные узлы тележек, такие как рессорное подвешивание, достаточно быстро изменяются, тогда как, например, колесные пары являются довольно консервативными конструкциями, остающимися актуальными в течение длительного времени. Буксовые узлы, рамы, надрессорные балки и элементы механической части автотормозов, располагающиеся на тележках, по частоте появления новых модификаций занимают промежуточное положение между рессорным подвешиванием и колесными парами. С целью улучшения эксплуатационных качеств ходовые части грузовых вагонов относятся к числу узлов, которые наиболее интенсивно совершенствуются и проходят модернизацию.

Целью данного учебного пособия является освещение на современном уровне с учетом сведений основополагающей учебной

литературы (приведенной в списке рекомендуемой литературы в конце книги) истории, основных вопросов и перспектив модернизации грузовых вагонов.

Учебное пособие предназначено для студентов железнодорожных техникумов и колледжей, а также может быть использовано как практическое руководство для работников, занимающихся производством, эксплуатацией и ремонтом вагонов.

Глава 1. ОБЗОР И АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

1.1. Парк отечественных грузовых вагонов и их ходовых частей

Вагонное хозяйство является одной из важных отраслей железнодорожного транспорта. Основу вагонного хозяйства составляет вагонный парк. Успешное выполнение планов перевозок во многом зависит от размеров вагонного парка и эффективности его использования. Поэтому важнейшее значение имеет рациональность конструкции вагонов, от которой в значительной мере зависят удобства перевозок, провозная способность железных дорог, возможности механизации и автоматизации при изготовлении и ремонте вагонов, а также в процессе их эксплуатации.

В современном парке представлены вагоны самых разных типов и конструкций. Парк грузовых вагонов состоит из крытых, полувагонов, платформ, цистерн и вагонов специального назначения. К грузовым вагонам специального назначения относятся вагоны, предназначенные для перевозки отдельных видов груза, отличающихся особыми условиями перевозки, а также вагоны для технических нужд дороги.

Несмотря на большое разнообразие типов и конструкций, в каждом вагоне можно выделить общие для всех вагонов основные узлы.

Ходовые части (главный узел вагона). Они обеспечивают безопасность взаимодействия вагона с железнодорожным путем во всем диапазоне скоростей движения, предусмотренном техническим заданием на проектируемую конструкцию. Служат для безопасного движения по рельсовому пути с необходимой плавностью хода и наименьшим сопротивлением движению. К ходовым частям относятся колесные пары, буксы и их направляющие, пружины, рессоры или иные амортизаторы, балки, а также другие детали

рессорного подвешивания. Ходовые части выделяются в самостоятельные узлы, называемые *тележками*.

Через ходовые части статические нагрузки от вагона передаются на элементы пути. От них зависят динамические процессы, возбуждаемые при движении вагонов по железнодорожному пути. Отдельные элементы ходовых частей, обладая большой массой, испытывают в движении ускорения, следовательно, помимо статических нагрузок, на них действуют значительные силы инерции. Многие основные детали ходовых частей взаимодействуют через поверхность контакта небольшой площади. Ходовые части также подвержены воздействиям среды, в которой они работают.

Рама вагона (воспринимает основные усилия, действующие на вагон). Она состоит из продольных и поперечных балок, жестко соединенных между собой. Рама является основанием кузова, а во многих современных вагонах она вместе с кузовом представляет единую несущую конструкцию. Рама имеет пятники и скользуны, с помощью которых соединяется с ходовыми частями вагона.

Кузов. Предназначен для размещения грузов. Устройство кузова зависит от типа вагона.

Конструкция кузова напрямую связана с технико-экономическими показателями, а также с производительностью вагона и в целом перевозочного процесса на железнодорожном транспорте. Она определяет конкурентоспособность вагона на рынке транспорта. В большинстве конструкций на изготовление кузова приходится более половины всего расхода металла. Иными словами, кузов — наиболее металлоемкий узел вагона, он в большей мере определяет объем инвестиций в развитие вагонного парка.

Кузов вагона воспринимает все виды действующих нагрузок. Кузов испытывает сложные климатические воздействия, на его работоспособность влияет взаимодействие с погрузочно-разгрузочными устройствами, с грузами, многие из которых имеют агрессивные свойства.

Ударно-тяговые приборы. Служат для сцепления вагонов между собой и локомотивом, для передачи и смягчения действия растягивающих и сжимающих усилий от локомотива и от одного вагона к другому.

Ударно-тяговые приборы работают при высокой динамической нагруженности их деталей, приводящей к износам и разрушениям.

Тормозное оборудование. Предназначено для замедления движения или полной остановки поезда и удержания его на месте. Тормозное устройство состоит из пневматической или электропневматической части и рычажной передачи.

Во время эксплуатации вагонов на них действуют разнообразные статические и динамические нагрузки, которые приводят к износу отдельных сборочных единиц и деталей, а также к появлению трещин и других повреждений — отказов. Отказом считается любая техническая неисправность сборочной единицы или детали, которая не позволяет нормально эксплуатировать вагон. Изношенные узлы и детали грузовых вагонов восстанавливаются или заменяются, а возникающие в процессе эксплуатации неисправности устраняются при периодических и текущих ремонтах. Наиболее сложным является капитальный ремонт, при котором изношенные узлы и детали вагона восстанавливаются до альбомных размеров и допусков.

Однако в условиях рыночной экономики некоторые вагоны нецелесообразно подвергать простому капитальному ремонту, т.е. восстановлению первоначальных параметров, так как отдельные их узлы в современных условиях эксплуатации показывают недостаточную работоспособность.

В целях доведения технического уровня этих вагонов (старотипных вагонов) до современных требований при направлении их в капитальный ремонт должна проводиться их комплексная модернизация, т.е. замена малонадежных частей новыми. Так, при модернизации на старотипные вагоны устанавливаются новые элементы, а старые части усиливаются постановкой накладок и других деталей. В результате такой модернизации назначенный срок эксплуатации вагона становится больше, чем если бы был проведен обычный капитальный ремонт.

Возможность продления срока службы вагонов с обязательной модернизацией и сертификацией отвечает интересам вагоностроительной отрасли.

С 02.08.2014 г. вступил в силу технический регламент Таможенного союза (ТРТС) «О безопасности железнодорожного подвижного состава». По нормам регламента эксплуатация грузового подвижного состава прекращается при достижении назначенного срока службы. Продление этого срока возможно только при модернизации

ции подвижного состава с последующей сертификацией как вновь изготовленной продукции.

В России и странах СНГ ведутся работы по созданию грузовых вагонов нового поколения, которые должны повысить конкурентоспособность железнодорожного транспорта и привлечь на железные дороги новые объемы грузов. Одной из главных задач является создание новых грузовых тележек. Грузовые тележки должны:

- повысить безопасность движения порожних грузовых вагонов при скорости движения свыше 60 км/ч;
- исключить случаи излома боковых рам и надрессорных балок в эксплуатации;
- снизить расходы на обточку и замену колес, замену рельсов и содержание пути;
- увеличить межремонтные пробеги до 500 тыс. км и более.

Для повышения межремонтных пробегов в настоящее время модернизируют типовую тележку модели 18-100 по проекту М1698 (рис. 1.1). Данная модернизация направлена на защиту основных пар трения тележки от износов в эксплуатации. В буксовый проем боковой рамы тележки устанавливается износостойкая сменная прокладка (рис. 1.1, *в*), применяются составные фрикционные планки (рис. 1.1, *д*), стальные фрикционные клинья тележки 18-100 заменяют на чугунные (рис. 1.1, *з*), в подпятник надрессорной балки устанавливается износостойкий элемент в виде плоской прокладки

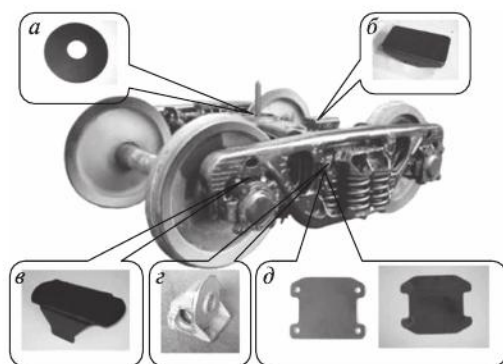


Рис. 1.1. Тележка модели 18-100 с модернизацией по проекту М1698:

а — износостойкий диск; *б* — износостойкий колпак скользуна; *в* — сменная прокладка; *г* — чугунный клин; *д* — составная фрикционная планка

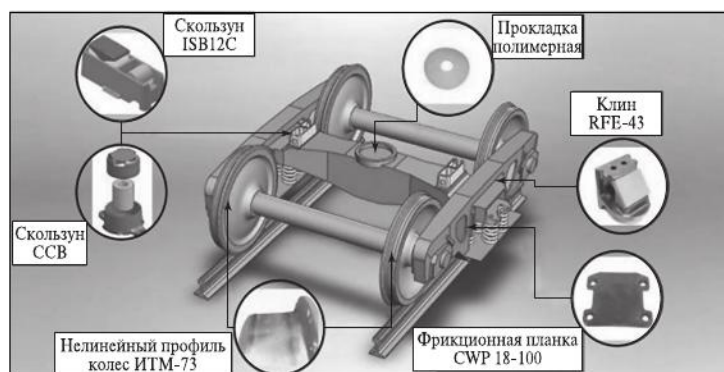


Рис. 1.2. Тележка модели 18-100 с модернизацией по проекту С03.04

(рис. 1.1, а), скользящие оборудуются износостойкими колпаками (рис. 1.1, б). Тележка 18-100, прошедшая данную модернизацию, имеет обозначение 18-100М.

Второй вариант модернизации типовой тележки 18-100 выполняется по проекту С03.04 (рис. 1.2). Курсирование таких тележек в магистральном сообщении разрешено с марта 2007 г.

В данной модернизации применены: боковые скользящие постоянного контакта для гашения колебаний виляния тележки; фрикционные клинья из высокопрочного чугуна с упругими полиуретановыми накладками; износостойкие фрикционные планки; прокладки между пятником и подпятником для улучшения работы пятникового узла. Изменен профиль колеса для уменьшения износа гребней колес и рельсов. Используются накладки буксового проема, которые защищают узел трения от износа.

В настоящее время в России продолжается выполнение программы по модернизации ходовых частей грузовых вагонов.

1.2. Модернизация зарубежных ходовых частей грузовых вагонов

На железнодорожных линиях с большим числом кривых малого радиуса вагоны оборудуют тележками с принудительной радиальной установкой колесных пар, тележками со связями с рамой.

В Австралии разработана тележка со связями с рамой, которые позволяют передавать нагрузку от шкворневой балки на боковины тележки через скользящие с упругими прокладками. Продольные

силы от тележки на кузов передаются через боковые поводки, соединенные с помощью резиновых шайб с кронштейнами тележки и кузова.

В ФРГ в 1972 г. была создана двухосная тележка для грузовых вагонов, у которой поперечная балка, соединяющая обе боковые рамы тележки, состоит из двух разрезных балок. При такой конструкции происходит выравнивание сил с обеих сторон тележки. Боковины тележки могут поворачиваться в продольной плоскости одна относительно другой благодаря боковым подпятникам.

В США разработана конструкция тележки, на раму которой с помощью роликового опорного узла большого диаметра передается вертикальная нагрузка от массы кузова вагона. Смежные концы поводков под серединой боковины закреплены с помощью резинометаллического шарнира в кронштейнах рамы тележки, а на наружном конце установлены пружины подвешивания, которые нагружаются вертикальными силами, передаваемыми от рамы тележки на оси колес, а также воспринимают поперечные горизонтальные нагрузки, возникающие при движении тележки.

Исследования динамических характеристик железнодорожных составов с поперечным сцеплением между колесными парами и тележками во время движения по кривым помогают конструкторам при выборе, оценке и составлении конструктивных параметров систем подвесок во время проектирования и модернизации подвижного состава.

С целью снижения сопротивления движению грузового вагона в кривых участках пути фирма ASF (США) предложила модернизацию буксового опорного узла стандартной тележки — применили специальную упругую проставку между боковой рамой и буксой колесных пар. Эта проставка, фиксируемая в боковой раме болтовым соединением, имеет промежуточные резиновые элементы, которые исключают зазоры в буксовом узле. Благодаря этому в модернизированной тележке типа Roadmaster отсутствуют неконтролируемые взаимные перекосы боковых рам и колесных пар. Дополнительное увеличение массы тележки при ее модернизации составляет примерно 135 кг на 2 буксовых узла. Расходы на модернизацию окупаются в течение одного-двух лет эксплуатации. Установлено, что вагоны с модернизированными тележками имеют хорошие характеристики вписывания в кривые при заметной эко-

номии топлива, затрачиваемого на тягу поезда. Отмечается, что модернизированная тележка по своим свойствам практически не уступает специальным тележкам с принудительной радиальной установкой колесных пар в кривые.

Ниже приведены различные конструктивные варианты механизмов радиальной установки колесных пар для стандартных двухосных тележек с отдельными боковыми рамами.

Двухосная тележка вагона с радиальной установкой колесных пар в криволинейных участках пути, разработанная в США в 1986 г., имеет Н-образные боковины, которые жестко связаны поперечным брусом. Механизм радиальной установки колесных пар состоит из двух поворотных траверс С-образной формы в плане и продольного шарнирного рычага. Траверсы связаны между собой цилиндрическим продольным валом с резиновым сайлент-блоком, который допускает относительный поворот траверс вокруг вертикальной оси. На траверсах приварены кронштейны для установки триангелей тормозной рычажной передачи. Боковины опираются на траверсы через плоские резинометаллические блоки, которые фиксируются относительно боковин и букс цилиндрическими штырями. При боковом отnose кузова вагона в кривой рычаг поворачивается и через траверсы осуществляет радиальную установку колесных пар.

Фирма ABB Traction создала конструкцию тележки с радиально устанавливаемыми осями колесных пар для грузовых вагонов. Эта тележка позволяет повысить скорость движения, увеличить полезную нагрузку и улучшить ходовые качества вагона при значительном снижении износа колес и рельсов в кривых участках пути. Для получения хороших ходовых качеств грузового вагона в порожнем и груженом состояниях тележка имеет более мягкое рессорное подвешивание при оптимальных характеристиках демпфирования.

Подвижной состав с независимо (свободно) вращающимися колесами (НВК) привлек внимание в теоретическом и экспериментальном аспектах сравнительно недавно: в 1942 г. появились первые теоретические публикации немецких авторов. Это было обусловлено высоким уровнем развития сети скоростных железных дорог в Германии и наиболее острым проявлением проблемы боковых колебаний подвижного состава с традиционными конструкциями колесных пар и вагонных тележек.

В вагонной тележке с независимо вращающимися колесами благодаря исключению продольного проскальзывания колес уменьшаются износ поверхностей катания колеса и рельса и сопротивление движению на 15—20 %.

Одновременно исчезает тенденция к вилянию, снижаются энергозатраты и шум. Конструкция тележек с независимо вращающимися колесами реализована в поезде Talgo.

При использовании НВК существенно изменяются кинематика и динамика движения вагонов в прямых и кривых участках пути.

В настоящее время подвижной состав с независимо вращающимися колесами интенсивно применяется в США, Англии, Швеции, Германии, Болгарии, Канаде, Испании, Италии, Франции, Польше и Японии. Эта проблема, как видно из приведенного анализа, становится одной из актуальнейших. На международном конгрессе по динамике подвижного состава (Амстердам, 1989 г.) около 15 % докладов было посвящено вопросам использования независимо вращающихся колес.

В 1988 г. был закончен первый этап испытаний тележки фирмы «Фиат» с независимо вращающимися колесами и повышенной гибкостью подвешивания во всех направлениях при скорости движения до 230 км/ч. При движении со скоростью 140 км/ч амплитуда поперечных колебаний экипажа на этих тележках составила 2 мм, а амплитуда поперечных ускорений — $0,2 \text{ м/с}^2$ (для обычной конструкции эти показатели равны 4 мм и $0,5 \text{ м/с}^2$ соответственно). Преимущества тележек рассматриваемой конструкции перед тележками обычных конструкций проявляются начиная со скорости движения 60—70 км/ч. При прохождении кривых малых радиусов колеса тележки фирмы «Фиат» набегают на рельсы под значительно меньшим углом, чем в обычных тележках.

Предложенная итальянским инженером фирмы «Фиат» Фредериком тележка с независимо вращающимися колесами имеет две боковины, в вилкообразных концах которых закреплены колеса. Ее испытания показали, что эта тележка более устойчива в движении, чем стандартная тележка. При движении тележки с независимо вращающимися колесами, несмотря на неровности рельсовой колеи, не возникает такого интенсивного виляния, как у обычной тележки.

Испытания колесных пар с независимо вращающимися колесами, проведенные в Германии и Швейцарии, позволили выявить

границы целесообразного применения конструкций указанного типа с разными видами поверхности катания (вогнутая дуга окружности, нелинейная конусность, цилиндрическая поверхность, упругая связь колеса с осью).

Имеется большое число предложений и реализаций конструкции с независимо вращающимися колесами.

Патент ФРГ содержит несколько вариантов конструкции с независимо вращающимися колесами. В одном из них предусмотрена ходовая часть с четырьмя свободно вращающимися колесами, попарно связанными поперечными тягами для параллельной установки, а для радиальной установки обеих пар колес одной тележки они связаны диагональной тягой.

Два варианта одноосной ходовой части с независимо вращающимися колесами рассмотрены выше. В одном из вариантов колесо свободно вращается на шейке оси, которая жестко соединена с рамой. Патент ФРГ содержит описание нескольких конструкций ходовой части с независимо вращающимися колесами. По одному из вариантов колеса соединены подвижно с рамой ходовой части, на которую опирается кузов экипажа. Колеса с рамой могут поворачиваться под кузовом в кривых вокруг вертикальной и продольной осей. В другом варианте кузов через шкворневые балки и пружины опирается на две двухколесные ходовые части с независимо вращающимися колесами, рамы которых соединены между собой тягами.

Другая конструкция тележки с независимо вращающимися колесами предусматривает автономное закрепление каждого колеса относительно U-образного в плане несущего элемента рамы тележки. Для каждого колеса с обеих сторон предусмотрены цапфы, на которые через подшипники установлены корпуса букс, охватываемые U-образными гнездами. Букса может разворачиваться относительно упомянутого U-образного элемента.

В Болгарии тележки с независимо вращающимися колесами проектируются для скоростей движения до 320 км/ч. Тележки с независимо вращающимися колесами были исследованы и в Италии. Полученные в этой стране результаты исследования силы взаимодействия показали, что для конструкции с независимо вращающимися колесами можно получить при конусности поверхности катания колес не менее 0,2 значительное уменьшение направляющих

сил при движении в кривых малого радиуса и лучшее поведение экипажей при движении в кривых с большими радиусами.

В Англии предложена конструкция тележки с независимым вращением колес, которые вместе с осями закрепляются в рычагах, шарнирно соединенных с боковинами рамы тележки.

При движении вагона по рельсовому пути возникают различные динамические силы, в том числе и ударные. Эти силы обусловлены:

- конструкцией и состоянием колесной пары (коничность поверхностей катания колес, несовпадение геометрических осей колес с шейкой оси, местные неисправности поверхности катания);
- конструкцией и состоянием верхнего строения пути (стыки, крестовины, пучины, неравномерный износ рельсов);
- переменной величиной тягового усилия локомотива, торможением, соударением вагонов и т.д.

Для уменьшения действия динамических сил на отдельные узлы вагона кузов вагона подвешивают на упругие элементы. Этими элементами служат рессоры, пружины и различные прокладки.

Инженеры Ленинградского института железнодорожного транспорта совместно с Уральским вагоностроительным заводом имени Ф.Э. Дзержинского предложили устройство, которое содержит несущие пружины, установленные в проеме боковой рамы тележки. На несущие пружины опирается надрессорная балка, на которую передается нагрузка от кузова вагона. Клин прижат нажимной пружиной к фрикционной планке и к надрессорной балке. Между фрикционной планкой и вертикальной стенкой проема боковой рамы тележки установлен игольчатый подшипник, а на горизонтальных поверхностях установлены концевые упругие упоры в виде дугообразных пластин, вставленных в пазы. Между торцами фрикционной пластины и упругими упорами имеются зазоры. Характеристика данного рессорного подвешивания является наиболее рациональной для системы амортизации с фрикционным упругим сопротивлением. За счет увеличивающейся разности работ сил трения и возмущения при билинейной характеристике рессорного подвешивания реализуются устойчивые амплитуды колебаний, исключается блокирование и снижается динамическая жесткость рессорного подвешивания. В результате снижается динамическая нагруженность, повышается сохранность вагонов и перевозимых грузов.

В ФРГ было проведено исследование в области снижения небрежесоренных масс ходовых частей вагонов при использовании винтовых пружин для грузовых тележек с нагрузкой на ось 25 т: французской типа Y25C и UIC, типа М 25 с осевым рессорным подвешиванием; английской типа Gloucester Mk IV с центральным рессорным подвешиванием и того же типа модернизированной тележки с фрикционными гасителями колебаний. Приведены результаты испытаний динамических качеств тележек при скоростях движения от 60 до 110 км/ч. Предложен новый вариант исполнения ходовых частей двухосного вагона с 2-ступенчатым буксовым рессорным подвешиванием из винтовых пружин и клиновыми фрикционными гасителями колебаний. Сравнительные эксплуатационные испытания динамических и ходовых качеств двухосных вагонов при скоростях движения от 50 до 112 км/ч с новым и обычным исполнением ходовых частей показали существенное преимущество в плавности хода и по динамическому воздействию на путь вагона с рессорным подвешиванием ходовых частей из винтовых пружин с фрикционными гасителями колебаний.

Немаловажной частью в грузовых вагонах является конструкция узлов и деталей кузова. Так, в США была разработана съемная крыша для полувагонов, которая позволила проводить монтажные и демонтажные работы с использованием универсальных грузоподъемных средств с ручным управлением.

Шиберная задвижка разгрузочного люка бункерного вагона имеет реечный привод и состоит из двух крышек: верхней и нижней. Продольные рейки жестко крепятся к нижней крышке и взаимодействуют с шестернями приводного вала. По периметру соединения верхней крышки с люком расположено эластомерное уплотнение грушевидного поперечного сечения. Особенностью предлагаемой конструкции является возможность перемещения верхней крышки вверх в конце закрытия с обеспечением герметичности соединения крышки с люком.

В США запатентованы три устройства:

- пневматический привод крышек нижних разгрузочных люков бункерного вагона. Привод содержит пневмоцилиндр двойного действия, приводящий в действие рычажную систему открытия и закрытия крышек разгрузочных люков вагона при подаче в его

рабочие полости сжатого воздуха из резервуара, который сообщается с поездной воздушной магистралью;

- устройство, предотвращающее самопроизвольное открывание клапана пневматического разгрузочного механизма бункерного вагона;

- замок крышки разгрузочного люка бункерного типа. Особенностью конструкции является установка второй блокирующей собачки, которая входит в контакт с рычагом и под действием пружины удерживает его в открытом положении при открытой крышке. Специальный упор на стенке бункера выводит блокирующую собачку из зацепления с рычагом, после чего замок закрывается пневмоцилиндром и удерживается в закрытом состоянии своей пружиной. Наличие блокирующей собачки позволяет уменьшить усилие, развиваемое пружиной замка и, следовательно, мощность пневмоцилиндра, управляющего замком.

Позднее было изобретено устройство шиберной задвижки разгрузочного люка бункерного вагона. Привод задвижки — тросовой. Два тросовых барабана жестко посажены на сквозной поперечный приводной вал, установленный в подшипниках на наружном конце задвижки. Два троса, по одному на каждый барабан, охватывают несколько ручьев на каждом барабане и закрепляются одним концом на наружном конце направляющей рамы, а другим — на торцевой стенке бункера, оба ниже задвижки. При вращении вал перемещается вместе с задвижкой в сторону открытия или закрытия в зависимости от направления вращения.

Таким образом, исследователи и разработчики стали уделять большое внимание:

- замене и усилению деталей кузова и рамы вагона;
- проведению модернизационных работ по отдельным деталям и узлам вагона;
- проведению модернизации ходовых частей вагона.

Глава 2. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ГРУЗОВЫХ ТЕЛЕЖЕК

2.1. Отечественные грузовые тележки

Ходовыми частями называются устройства, которые обеспечивают безопасное движение вагона по рельсовому пути с минимальным сопротивлением и необходимой плавностью хода. Ходовые части современных вагонов обычно объединяются в одну унифицированную для большого числа типов конструкцию, которая называется тележкой вагона. Кузов вагона через систему пятник — подпятник опирается на тележки, которые служат для направления движения вагона, распределения и передачи всех нагрузок на путь и восприятия тяговых и тормозных сил.

В конструкциях тележек грузовых вагонов размещаются колесные пары, рессорное подвешивание, гасители колебаний и тормозное оборудование.

Несмотря на большое разнообразие существующих конструкций, тележки грузовых вагонов можно объединить по следующим основным признакам:

- числу колесных пар (тележки подразделяются на двух-, трех-, четырех- и многоосные);
- системе рессорного подвешивания (с одинарным, двойным, тройным и четверным подвешиванием);
- способу передачи нагрузки от кузова вагона (применяют тележки с устройством пятник — подпятник и с опиранием, полным или частичным, на скользуны);
- способу связи рамы с буксовыми узлами колесных пар (существуют конструкции: с опиранием рамы тележки без наддрессирования; шпинтонно-пружинной бесчелюстной связью; рычажно-бесчелюстной связью);
- технологии изготовления рам (тележки бывают с литыми, штампованными или штампосварными боковыми рамами, наддрессорными и соединительными балками или сварными рамами).

Тележки также разделяются по системе взаимодействия отдельных элементов сборочных единиц и деталей, а также другим конструктивным особенностям.

Богатый отечественный и зарубежный опыт проектирования и эксплуатации, анализ преимуществ и недостатков отдельных сборочных единиц и деталей позволяют совершенствовать конструкции тележек при эксплуатации с повышенными скоростями, увеличенными осевыми нагрузками и при переходе с одной колеи на другую. Основными технико-экономическими параметрами тележек грузовых вагонов являются: собственная масса — тара; база тележки — расстояние между центрами осей крайних колесных пар; тип и параметры рессорного подвешивания; высота от уровня головок рельсов до плоскости опорного узла тележки; тип и конструкция тормоза, конструкционная скорость.

В соответствии с техническими требованиями и назначением тележек последние должны иметь необходимые ходовые качества для обеспечения безопасности движения: устойчивость против схода с рельсов, плавность при вписывании в кривые участка пути, минимальные вертикальные и горизонтальные динамические силы и ускорения, конструкционную скорость движения, требуемые показатели плавности хода вагона, гарантированную прочность и надежность в эксплуатации.

Первые грузовые вагоны, строившиеся на Александровском заводе для Петербург-Московской железной дороги, имели двухосные тележки буксового подвешивания со штампованной рамой (рис. 2.1).

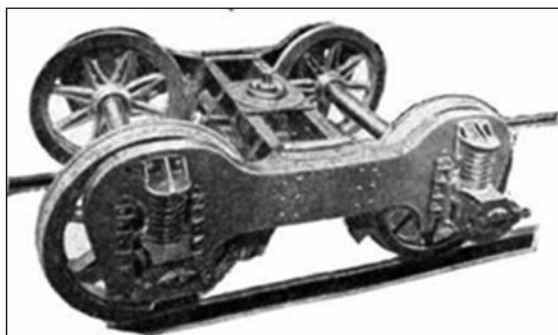


Рис. 2.1. Тележка буксового подвешивания со штампованной рамой

С 1906 г. для крытых вагонов и платформ была создана тележка одинарного подвешивания, в которой упругие элементы располагались в ее центре — центральное рессорное подвешивание. В этой тележке (рис. 2.2) на буксы опирались длинные прогнутые балки (балансиры). Посередине оба балансира соединялись нижней поперечной балкой, препятствующей смещению одной стороны тележки относительно другой. Такая балка впоследствии называлась поперечной связью тележки. На каждом конце поперечной связи размещался рессорный комплект, состоящий из четырех цилиндрических пружин, на которые опиралась надрессорная балка, склепанная из двух коробчатых элементов. Нагрузка от кузова передавалась на надрессорную балку обычным способом — через подпятник и боковые скользуны. Недостатком данной тележки были балансиры, обладавшие большой массой и трудоемкостью дорогостоящих поковок.

Предпочтение было отдано тележке с двумя боковыми рамами поясной конструкции (рис. 2.3). Боковая рама тележки состояла из трех поясов (верхнего, диагонального и нижнего) и двух колонок, соединенных с поясами. Поясные тележки, отличавшиеся простой конструкции, получили широкое применение. Первые такие тележки были построены в 1898 г. Мытищинским вагоностроительным заводом для крытых вагонов и платформ. Эти тележки были распространены и за рубежом. Первые поясные тележки имели колеса диаметром 1050 мм и базу 1905 мм. При использовании колес диаметром 950 мм база тележки была сокращена до 1750 мм.

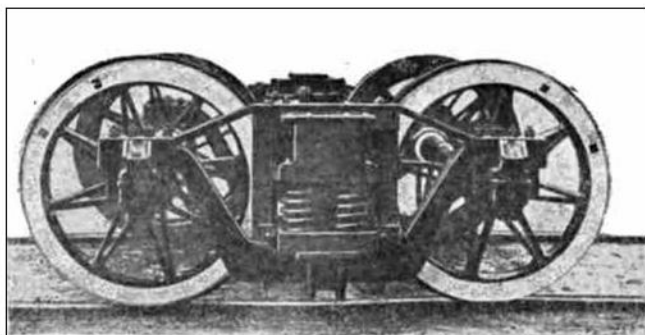


Рис. 2.2. Тележка центрального подвешивания с балансирами

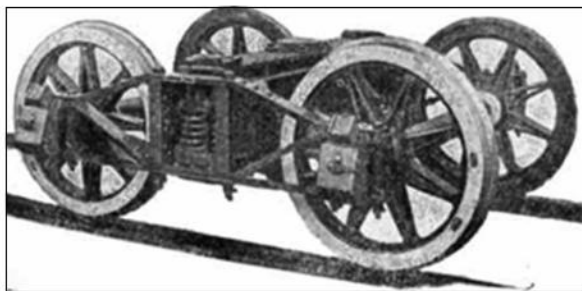


Рис. 2.3. Тележка с поясными боковыми рамами

Однако, поскольку при этом было неудобно заменять тормозные колодки, была принята база тележки, равная 1800 мм. Масса такой усовершенствованной тележки (рис. 2.4) составляла 4,5 т.

С 1937 г. Уралвагонзавод (УВЗ) начал изготавливать тележки с литыми стальными боковыми рамами и надрессорными балками. Они были более прочными и надежными, чем поясные, и поэтому постепенно вытесняли последние. Литые тележки типа УВЗ (рис. 2.5) имели боковые рамы, отлитые отдельно от корпусов букс, что

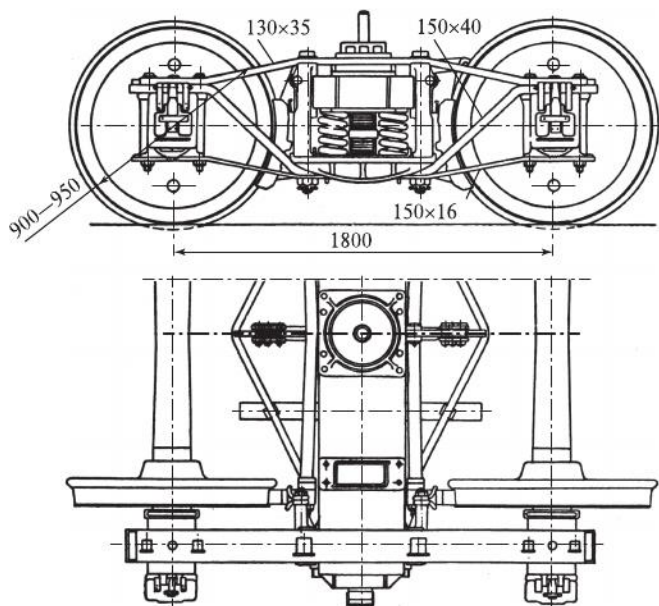


Рис. 2.4. Поясная тележка с комбинированными рессорными комплектами

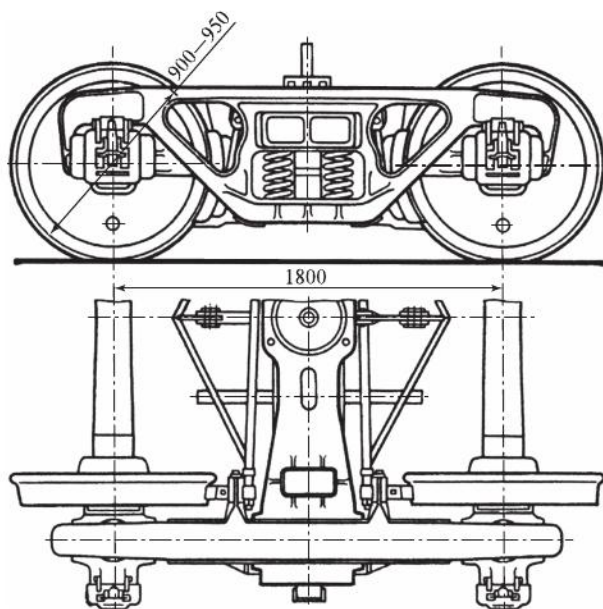


Рис. 2.5. Тележка типа УВЗ

облегчало смену колесных пар при ремонте. Буксы входили в буксовые проемы боковых рам. В средних проемах размещались комбинированные рессорные комплекты, концы поперечной связи и надрессорной балки. Последняя имела форму бруса равного сопротивления изгибу коробчатого замкнутого сечения и была отлита заодно с подпятником, коробками для скользунов и приливом для мертвой точки тормоза. Масса тележки составляла 4,6 т.

В конце Великой Отечественной войны на Уралвагонзаводе была разработана конструкция тележки типа М-44. Она имела боковые рамы, отлитые заодно с корпусами букс. Взаимное смещение боковых рам предотвращалось надрессорной балкой, которая жестко соединялась с последними. Отливка таких боковых рам была нетехнологичной, а смена колесных пар усложнена. Поэтому тележку модернизировали, предусмотрев отдельную отливку корпусов букс и боковых рам. Такая безсвязевая тележка была обозначена как МТ-50 (модель 1950 г.).

Литые тележки обладали достаточной прочностью, однако они не обеспечивали необходимой плавности хода. Эти недостатки были

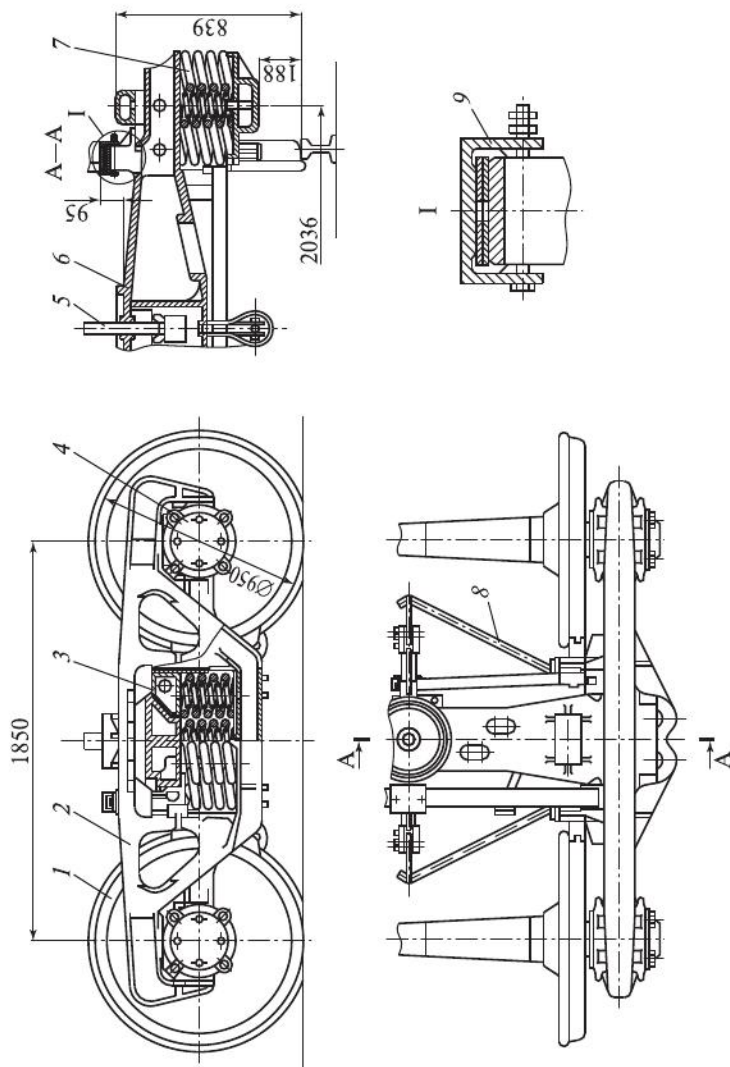


Рис. 2.6. Тележка типа ЦНИИ-ХЗ-О:

1 — колесная пара; 2 — боковая рама; 3 — клиновой гаситель колебаний; 4 — букса; 5 — шкворень; 6 — надрессорная балка; 7 — рессорный комплект; 8 — рычажная передача тормоза; 9 — вертикальный скользун

устранены в тележках с рессорным подвешиванием системы инженера А.Г. Ханина. Первые из них появились в 1940 г. После длительных испытаний они стали называться тележками типа ЦНИИ-ХЗ-О. Эти тележки стали преобладающими в парке грузовых вагонов (рис. 2.6). Вагоны с такими тележками могут безопасно эксплуатироваться со скоростями движения до 120 км/ч. Грузовая тележка ЦНИИ-ХЗ-О (модель 18-100) в настоящее время подвергается комплексной модернизации. Ее техническая характеристика приведена в табл. 2.1.

В специализированных грузовых вагонах, обращающихся со скоростью до 140 км/ч, применяются тележки модели 18-115 (рис. 2.7)

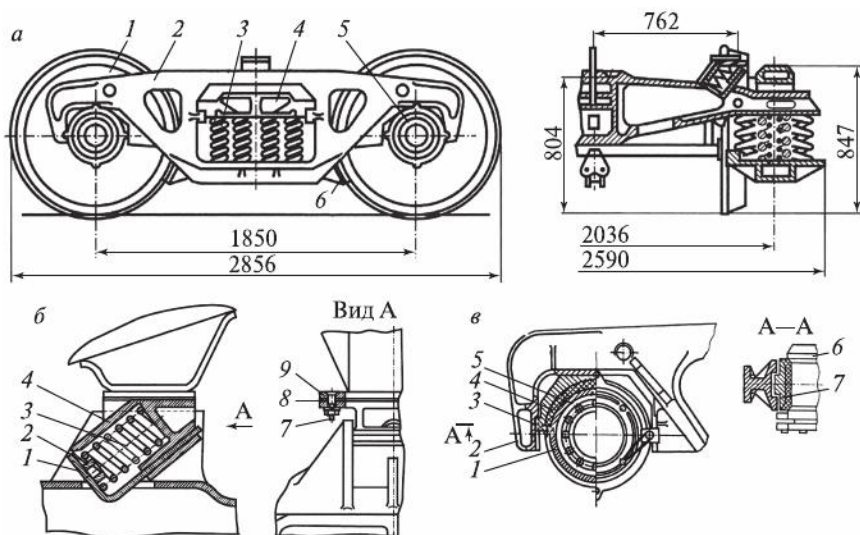


Рис. 2.7. Тележка модели 18-115:

a — общий вид: 1 — колесная пара; 2 — боковая рама; 3 — рессорный комплект; 4 — наддрессорная балка; 5 — буксовый узел; 6 — тормозная колодка; 7 — плоскость подпятника; 8 — упруго-фрикционный скользящий; 9 — упруго-фрикционный скользящий: 1 — Г-образная плита; 2 — бонка; 3 — пружина; 4 — фрикционный клин; 5 — опора; 6 — наддрессорная балка; 7 — болт крепления фрикционной планки; 8 — регулировочная прокладка; 9 — фрикционная планка кузова вагона; *в* — буксовый узел: 1 — корпус буксы; 2 — боковая рама; 3 — съемное седло; 4 — резиновая прокладка; 5 — цилиндрический роликовый подшипник; 6 — бурт на корпусе буксы для фиксации резиновой прокладки

Таблица 2.1

Техническая характеристика тележки 18-100

Показатель	Модель 18-100
Масса тележки, кг	4680
База тележки, мм	1850
Допускаемая скорость, км/ч	120
Гибкость рессорного подвешивания, мм/МН	125
Прогиб рессорных комплектов под статической нагрузкой, мм	49
Расстояние от уровня головок рельсов до опорной поверхности подпятника, мм	801
Тип рессорного подвешивания	Одноступенчатый, центральный

Таблица 2.2

Техническая характеристика тележки 18-115

Показатель	Модель 18-115
Масса тележки, кг	4700
База тележки, мм	1850
Допускаемая скорость, км/ч	140
Гибкость рессорного подвешивания, мм/МН	173
Прогиб рессорных комплектов под статической нагрузкой, мм	68
Расстояние от уровня головок рельсов до опорной поверхности подпятника, мм	812
Тип рессорного подвешивания	Одноступенчатый, центральный

с улучшенными динамическими качествами. Ее техническая характеристика приведена в табл. 2.2. Основными конструктивными особенностями этой тележки по сравнению с тележкой модели 18-100 являются:

- более совершенная схема опирания кузова — часть нагрузки передается на подпятник, а часть — через упруго-фрикционные скользуны;
- в конструкции буксового узла боковая рама тележки опирается на буксу через резиновый амортизатор;
- измененная конструкция рессорного подвешивания.

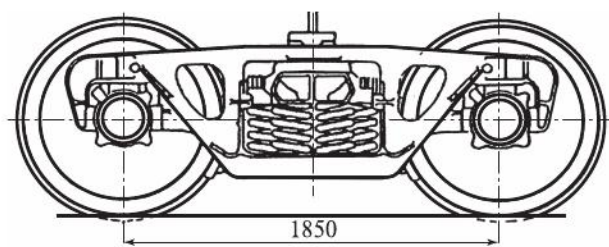


Рис. 2.8. Схема тележки модели 18-131

Для грузовых вагонов с нагрузкой от колесной пары на рельсы 25 т разработаны усиленные двухосные тележки моделей 18-131 (рис. 2.8), 18-120 и 18-755. В их конструкции применены нетиповые колесные пары с усиленными осями, шейки которых имеют диаметр 140 мм. Поэтому буксовые узлы оборудованы цилиндрическими подшипниками с увеличенными размерами, т.е. 140×260×80 мм (вместо 130×250×80 мм в тележках модели 18-115). Боковые рамы усиленных тележек опираются на буксы через резиновые прокладки. Жесткость каждого рессорного комплекта составляет 4,28 МН/м, а коэффициент относительного трения гасителей колебаний — 0,08.

В тележке модели 18-120 кузов вагона с помощью пятника опирается на подпятник наддрессорной балки, а в модели 18-755, кроме того, через упруго-фрикционные скользуны с моментом трения в горизонтальной плоскости 8—12 кН·м. Литые боковые рамы и наддрессорные балки тележек усилены. По прочностным и ходовым качествам тележки отвечают требованиям, обеспечивающим эксплуатацию со скоростями движения до 120 км/ч.

Тележка КВЗ-И2 (рис. 2.9) предназначена для рефрижераторных вагонов, эксплуатирующихся в поездах со скоростями до 120 км/ч. Ее рама опирается на буксовые узлы колесных пар, проходя две ступени рессорного подвешивания. Тормозное оборудование — с двухсторонним нажатием колодок.

Рама, в отличие от рассмотренных выше литых конструкций, сварена из двух продольных, двух средних и двух концевых поперечных, а также четырех вспомогательных продольных балок.

Буксовая ступень рессорного подвешивания содержит два шпинтона, на которых размещаются однорядные пружины, опирающиеся через резиновые шайбы на кронштейны корпуса буксы. Каждый шпинтон крепится к продольной балке рамы болтами. Снизу на на-

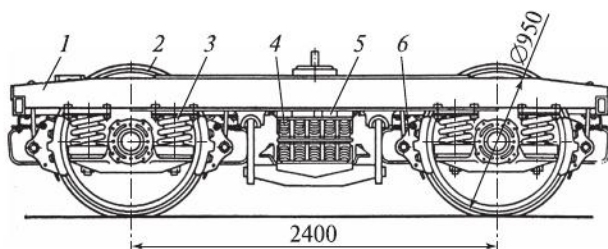


Рис. 2.9. Тележка KB3-I2:

1 — рама; 2 — колесная пара; 3 — буксовое подвешивание; 4 — центральное подвешивание; 5 — наддрессорная балка; 6 — рычажная передача тормоза

резную часть шпинтона наворачивается гайка так, чтобы между шайбой и кронштейном буксы оставался зазор.

Центральное подвешивание тележки KB3-I2 — люлечное, состоящее из двух эллиптических рессор системы Галахова, уложенных на штампованную подрессорную связь, которая опирается на люлечные балки, подвешенные шарнирно к раме. На эллиптических рессорах расположена наддрессорная балка, на которую через подпятник опирается кузов вагона.

Трехосные тележки. Эти тележки разработаны для шестиосных вагонов и применяются в основном на путях промышленного транспорта. Среди них лучшей является тележка типа УВЗ-9м (модель 18-102) (рис. 2.10) конструкции Уральского вагоностроительного завода (третий модернизированный вариант). Ее техническая характеристика приведена в табл. 2.3. Последующие типы — УВЗ-11А и УВЗ-11 спроектированы с повышенной до 25 и 30 т осевой нагрузкой, которые затем объединены моделью 18-102. Приведенные выше типы трехосных тележек разрабатывались на основе длительного опыта эксплуатации тележек, начиная с 1955 г. (постройки Крюковского вагоностроительного завода: тип KB3-1, затем усовершенствованный тип KB3-1м, в которых выявлены существенные недостатки). В тележке типа КУВЗ, разработанной совместно Крюковским и Уральским вагоностроительными заводами, часть недостатков была устранена. Все эти тележки оснащены центральным рессорным подвешиванием. Трехосную тележку типа УВЗ-10м с буксовым подвешиванием разработал Уралвагонзавод. На каждой буксе этой тележки размещалось по две двухрядных пружины с фрикционными гасителями колебаний. Все перечис-

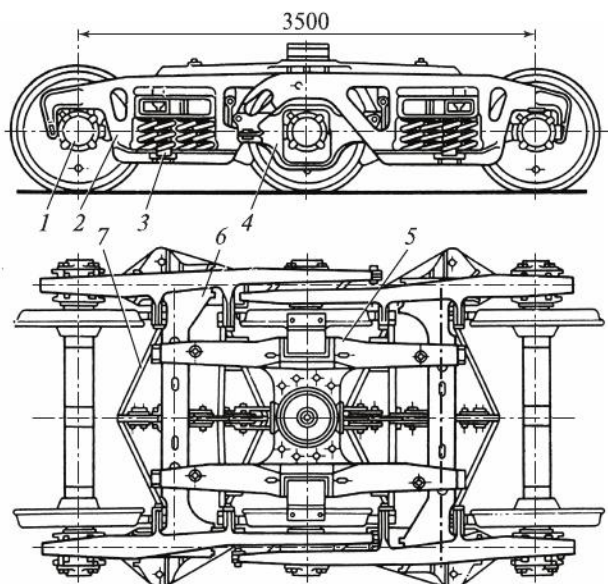


Рис. 2.10. Трехосная тележка типа УВЗ-9м (18-102):

1 — букса; 2 — боковая рама; 3 — рессоры; 4 — балансиры; 5 — шкворневая балка; 6 — надрессорная балка; 7 — триангель

Таблица 2.3

Техническая характеристика тележек 18-102 и 18-101 грузовых вагонов

Показатель	Модель 8-102	Модель 18-101
Масса тележки, кг	8600	12 000
База, мм	3,50	3,20
Допускаемая скорость, км/ч	120	120
Гибкость рессорного подвешивания, мм/МН	0,148	0,075
Прогиб рессорных комплектов под статической нагрузкой, мм	0,052	0,050
Расстояние от уровня головок рельсов до опорной поверхности подпятника, мм	0,815	0,839
Тип рессорного подвешивания	Одноступенчатый, центральный	Двухступенчатый

ленные выше трехосные тележки имеют сложную конструкцию, повышенное воздействие на элементы пути и др. Поэтому на дорогах России они не нашли широкого применения и допускаются к эксплуатации на магистральных линиях лишь с ограниченной скоростью.

Тележка типа УВЗ-9м признана лучшей из трехосных конструкций, в которой четыре литые боковые рамы своими крайними концами опираются непосредственно на роликовые буксы, а средними — через балансиры. При такой конструкции общая нагрузка, передаваемая от кузова на тележку, распределяется поровну между тремя колесными парами типа РУ-950. На четыре рессорные комплекты центрального подвешивания опираются две литые надрессорные балки, на которых размещена шкворневая балка, имеющая форму в виде Н-образной отливки. Исполнительная часть тормозного оборудования, подвешенного к боковым рамам, имеет двухстороннее нажатие тормозных колодок на среднюю и одностороннее нажатие на крайние колесные пары.

Каждый из четырех комплектов рессорного подвешивания состоит из четырех двухрядных цилиндрических пружин и одного пружинно-фрикционного гасителя колебаний. Пружины — взаимозаменяемые с пружинами тележки модели 18-100. Все литые детали, включая боковые рамы, надрессорные и шкворневые балки, балансиры, изготовлены из углеродистой стали марки 20Л1 с пределом прочности 420 МПа.

Четырехосные тележки. Применяются в большегрузных восьмиосных полувагонах и цистернах, а также в транспортерах. Они состоят из двух типовых двухосных тележек, объединенных соединительной балкой. Причем в полувагонах соединительные балки литой конструкции, а в цистернах — штампосварной. Литая соединительная балка представляет собой отливку коробчатого сечения из мартеновской стали такого же качества, как и боковые рамы и надрессорные балки тележки модели 18-100. Штампосварная балка, пятники и подпятник выполнены из стали марки 09Г2Ф-15.

Тележка модели 18-101 (рис. 2.11) (см. также табл. 2.3) имеет две двухосные тележки модели 18-100, связанные между собой соединительной балкой. Наиболее рациональной конструкцией, по сравнению с литой, является штампосварной вариант соединительной балки, которая состоит из двух штампованных элементов

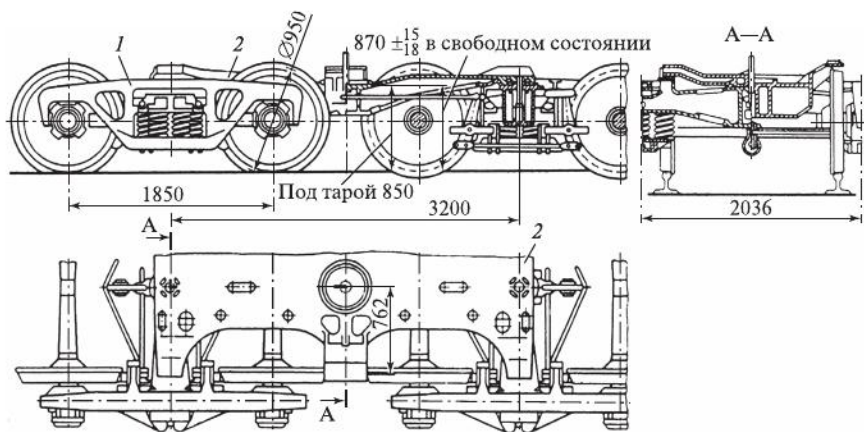


Рис. 2.11. Четырехосная тележка (18-101):
1 — тележка 18-100; 2 — соединительная балка

из стали марки 09Г02Д (верхнего листа толщиной 16 мм и нижнего толщиной 20 мм), подкрепленных продольными и поперечными ребрами жесткости.

Снизу по концам балки сварены крайние пятники, которыми она опирается на подпятники двухосных тележек, а сверху — центральный подпятник, с помощью которого нагрузка от кузова передается на четырехосную тележку. К специальным крыльям по концам балки снизу приварены крайние скользуны, которые располагаются над скользунами двухосных тележек.

В средней части также на крыльях размещены центральные скользуны, над которыми располагаются скользуны кузова вагона.

С целью увеличения межремонтных пробегов вагонов, уменьшения износа трущихся поверхностей деталей тележек, улучшения плавности хода, увеличения осевой нагрузки, уменьшения износа колес и верхнего строения пути, повышения безопасности движения поездов, увеличения скорости движения типовые грузовые тележки модели 18-100 постоянно подвергаются комплексной модернизации и совершенствованию.

На базе типовой тележки модели 18-100 разработаны и подкапываются под грузовые вагоны следующие модели тележек: 18-578 (рис. 2.12), 18-9771 (рис. 2.13), 18-9800 (рис. 2.14), 18-9836 (рис. 2.15), 18-9810 (рис. 2.16), 18-194-1 (рис. 2.17), 18-7020 (рис. 2.18).

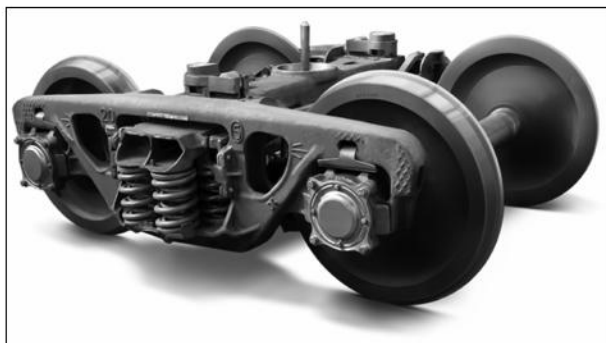


Рис. 2.12. Тележка модели 18-578

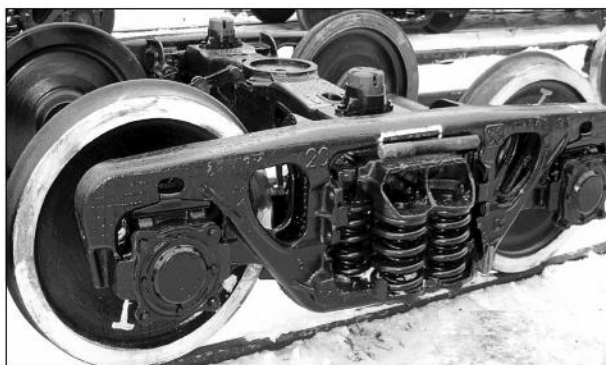


Рис. 2.13. Тележка модели 18-9771

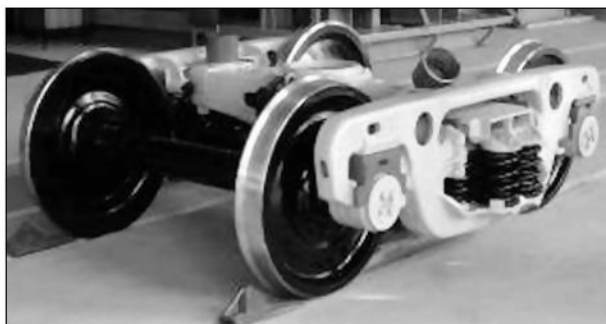


Рис. 2.14. Тележка модели 18-9800



Рис. 2.15. Тележка модели 18-9836



Рис. 2.16. Тележка модели 19-9810



Рис. 2.17. Тележка модели 18-194-1

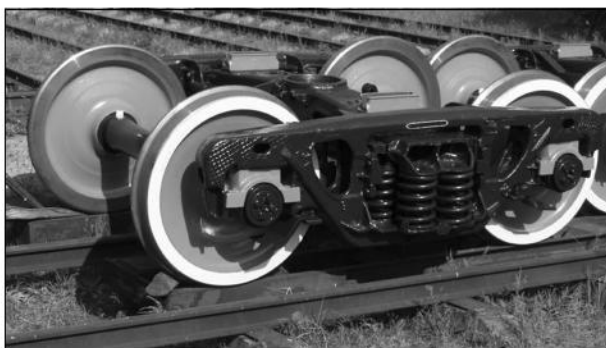


Рис. 2.18. Тележка модели 18-7020

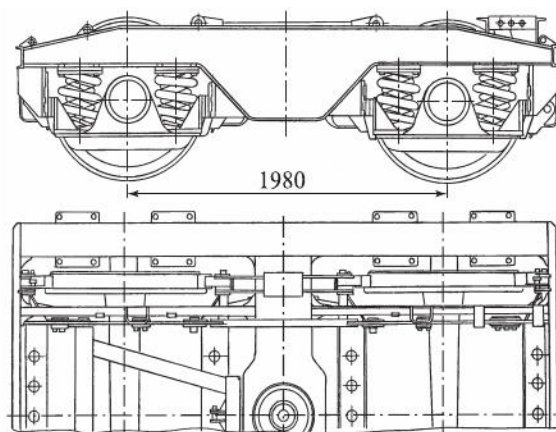


Рис. 2.19. Схема тележки модели 55-316

С использованием европейского опыта по созданию тележек с буксовым подвешиванием и Н-образной сварной рамой на ВЛРЗ (г. Великие Луки) была изготовлена тележка модели 55-316 (рис. 2.19).

2.1.1. Методика исследования основных элементов тележки модели 55-316

Объектом испытаний, проводившихся ВНИИЖТ при непосредственном участии автора, была тележка модели 55-316, изготовленная на ВЛРЗ.

Основная задача экспериментальных исследований — создание альтернативной конструкции универсальной тележки для грузовых

вагонов. Отличительная особенность указанной тележки — наличие штамповарной одноэлементной жесткой рамы и буксового рессорного подвешивания. В тележке использованы типовые колесные пары. Тележка рассчитана на осевую нагрузку 25 т и конструкционную скорость 120 км/ч.

При проведении ходовых динамических испытаний регистрировались следующие процессы на вагоне:

- вертикальные и горизонтальные (поперек оси пути) ускорения кузова;
- коэффициенты вертикальной динамики на боковой раме (по продольной балке);
- коэффициенты вертикальной динамики по наддрессорному брусу (по поперечной балке);
- рамные силы по боковой раме (по продольной балке);
- прогибы центрального или буксового подвешивания (вертикальные и горизонтальные);
- влияние тележек.

Кроме этого, на каждом магнитографе на одном из каналов регистрировались обороты колеса вагона-лаборатории для автоматического определения скорости движения при обработке магнитных записей на компьютере. Для измерения и регистрации процессов использовалась типовая тензометрическая и регистрирующая аппаратура, установленная в вагоне-лаборатории.

На порожнем полувагоне на тележках 55-316 средний статический прогиб составлял 15 мм (только от нагрузки кузова). От обрессоренной массы тележки можно ожидать еще 7—8 мм. Таким образом, фактически измеренный прогиб на порожнем режиме (22—23 мм) достаточно хорошо совпадает с расчетным значением (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Результаты измерения статических прогибов рессорных комплектов тележки 55-316

Модель тележки	Осевая нагрузка, т	Номера осей и стороны измерения							
		правая		левая		правая		левая	
55-316	порожний вагон	14	17	16	14	16	9	13	22
	25	78	74	72	70	—	—	—	—
		75	69	70	70	—	—	—	—
		76	73	73	72	—	—	—	—

Среднее значение статического прогиба от массы кузова брутто равнялось 73 мм. Разность прогибов груженого и порожнего вагонов составляет, таким образом, 58 мм.

Образцы диаграмм нагружения рессорных комплектов тележки приведены на рис. 2.20 и 2.21.

При изготовлении макетного образца тележки 55-316 были проведены варианты динамические испытания. Так, можно было изменять трение в рессорных комплектах и в упругих скользунах при взаимных поворотах тележки и кузова. При динамических ходовых испытаниях полувагона на тележках модели 55-316 на полигоне Белореченская — Майкоп были рассмотрены четыре варианта конструктивных характеристик тележек и загрузки вагона.

В качестве исходного варианта испытывался полувагон с осевой нагрузкой 25 т на тележках модели 55-316 заводской поставки. В упругих скользунах были установлены роликовые опоры с крышками. Ролики и крышка были обильно смазаны консистентной смазкой и можно предположить, что трение при поворотах тележки и кузова в этом варианте было наименьшим.

Трение в рессорном подвешивании тележки 55-316 регулировалось путем изменения плеч подвижной опоры, передающей часть нагрузки буксовой пружины на фрикционный гаситель (рис. 2.22). Несложно показать, что чем больше высота h при прочих постоянных параметрах, тем меньше трение. Кроме того, при увеличении высоты h выравнивается трение при изменении направления движения пары трения (сжатие и распрямление буксовых пружин).

Во втором варианте испытаний были внесены изменения в тележках. В упругих скользунах вместо роликов были установлены неподвижные стальные вкладыши и сохранены крышки. Обильная смазка поверхностей трения сохранилась. Можно предположить, что момент трения при поворотах тележки и кузова увеличился, но незначительно. В буксовом подвешивании пары трения были приподняты на 30 мм каждая по сравнению с заводским вариантом. По результатам измерения коэффициентов относительного трения сила трения немного уменьшилась. Основной положительный эффект получен, очевидно, из-за выравнивания сил трения при изменении направления движения пары трения (вверх, вниз).

В третьем варианте испытаний крышки скользунов были удалены, неподвижные стальные вкладыши были приподняты путем

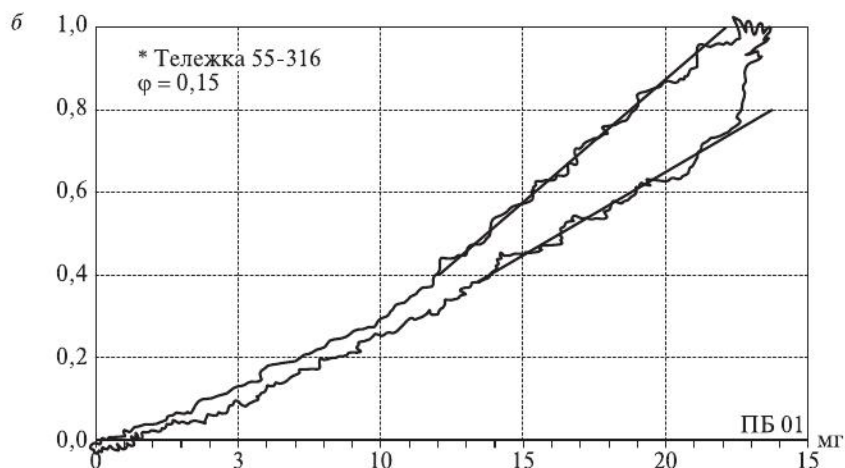
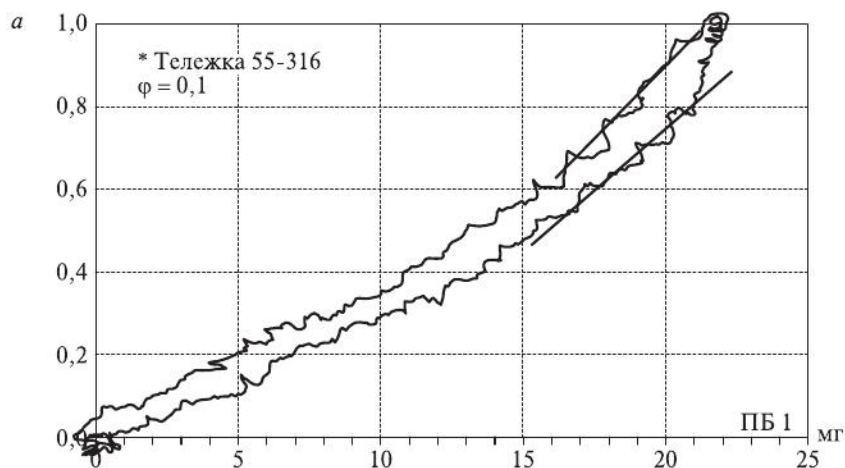


Рис. 2.20. Диаграммы нагружения рессорных комплектов тележки модели 55-316 (порожний режим):

a — правая сторона тележки; *б* — левая сторона тележки

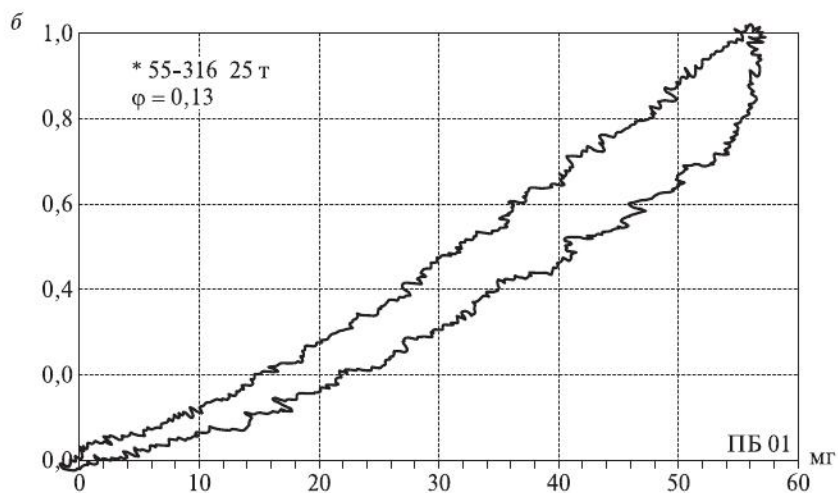
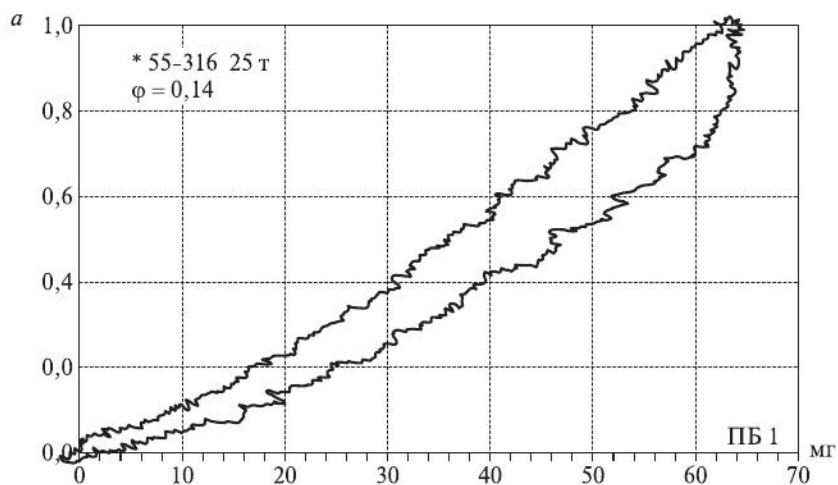


Рис. 2.21. Диаграммы нагружения рессорных комплектов тележки модели 55-316 (груженный режим — 25 т):

a — правая сторона тележки; *б* — левая сторона тележки

установки прокладок. Толщина прокладок была выбрана так, чтобы после удаления крышек общая высота скользунов не изменилась. С поверхностей трения скользунов была удалена консистентная смазка, что позволило увеличить момент трения при поворотах тележки и кузова. Высота пар в буксовом подвешивании была уменьшена на 40 мм по сравнению со вторым вариантом и на 10 мм по сравнению с исходным вариантом. При этом коэффициент относительного трения увеличился.

Четвертый вариант опытного объекта представлял собой полувагон на тележках модели 55-316 по третьему варианту в порожнем состоянии.

Наименьшие значения максимально наблюдаемых вертикальных ускорений кузова и среднеквадратических отклонений (СКО) получены для полувагона на тележках модели 55-316 во втором варианте испытаний при движении как по прямым, так и по кривым участкам пути (табл. 2.5 и 2.6).

Вертикальные ускорения кузова в зоне пятника полувагона на тележках второго варианта с ростом скоростей движения опытного поезда от 40 до 120 км/ч по прямым увеличиваются от 1,4 до 4 м/с², что на 20–60 % меньше, чем были получены для полувагона с осевой нагрузкой 23,5 т/ось на типовых тележках модели 18-100.

Сравнительная оценка порожних полувагонов также показала, что вертикальные ускорения кузова опытного полувагона на 9–32 % ниже, чем у эталона в рассматриваемом диапазоне скоростей движения.

Наименьшие значения коэффициентов вертикальной динамики, как и ускорения кузова, получены для полувагона на тележках модели 55-316 во втором варианте испытаний. В прямых участках

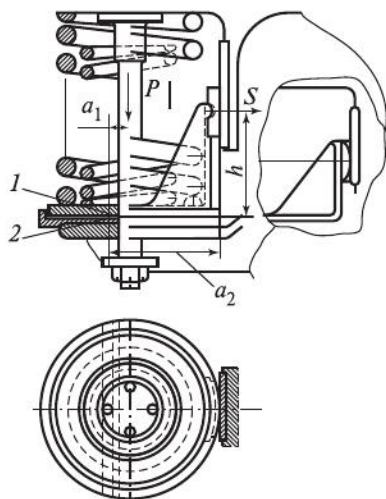


Рис. 2.22. Демпфер с фрикционной планкой, укрепленной на раме тележки

Таблица 2.5

Вертикальные ускорения кузова в районе пятника полувагона на тележках модели 55-316 в сравнении с тележкой-эталонном модели 18-100 при движении по прямым участкам пути, м/с²

Вариант испытаний	Скорость движения, км/ч									
	40		60		80		100		120	
	макс	СКО	макс	СКО	макс	СКО	макс	СКО	макс	СКО
Исходный 25 т/ось	1,8	0,6	2,0	0,8	3,1	1,07	4,4	1,3	5,0	1,4
Вариант 2	1,4	0,4	2,0	0,6	3,0	0,9	3,7	1,1	4,0	1,2
Вариант 3	1,5	0,6	2,4	0,86	3,4	1,2	4,3	1,5	4,6	1,55
Вариант 4, порожний полувагон	1,8	0,4	2,5	0,7	3,5	1,05	5,5	1,7	6,5	2,05
Эталон 23,5 т/ось	1,7	0,5	2,4	0,7	4,5	1,3	6,0	1,6	6,2	1,65
Эталон порожний	2,5	0,5	3,0	0,9	4,0	1,25	6,0	1,7	8,0	2,2

Таблица 2.6

Вертикальные ускорения кузова в районе пятника полувагона на тележках модели 55-316 при движении по кривым участкам пути, м/с²

Вариант испытаний	Скорость движения, км/ч									
	Кривая радиусом 650 м					Кривая радиусом 350 м				
	40	60	80	100	110	20	40	60	80	
Исходный, 25 т/ось	2,2	2,1	3,0	4,0	4,3	0,9	1,6	2,1	2,8	
Вариант 2, 25 т/ось	1,4	1,9	2,7	3,9	4,2	0,9	1,3	1,6	2,5	
Вариант 3, 25 т/ось	1,9	2,5	3,3	4,0	4,2	1,1	1,6	2,0	2,7	
Вариант 4, порожний полувагон	2,4	3,0	4,0	6,0	7,0	1,0	1,6	2,1	3,2	

пути значения коэффициента вертикальной динамики не превышали 0,54 при скоростях движения до 120 км/ч и 0,51 при движении в кривой радиусом 650 м с возвышением наружного рельса 150 мм со скоростями до 110 км/ч (табл. 2.7 и 2.8).

Сравнивая результаты вертикальной динамики груженых полувагонов на тележках модели 55-316 и на типовых тележках, можно отметить преимущество опытных тележек второго варианта.

Помимо записей вертикальной динамики по боковой раме тележки в зоне буксового подвешивания регистрировались динамические прогибы рессор буксовой ступени подвешивания полувагона на тележках модели 55-316 (табл. 2.9).

Вносимые в конструкцию буксовых узлов изменения по высоте установки пар трения в основном повлияли на динамические показатели полувагона на тележках модели 55—316 в вертикальной плоскости, а изменения в скользунах — на динамические показатели в горизонтальной плоскости (табл. 2.10).

Наименьшие значения горизонтальных ускорений кузова в рассматриваемом диапазоне скоростей получены для полувагона с третьим вариантом тележки модели 55-316. В этом варианте горизонтальные ускорения кузова не превышали $3,4 \text{ м/с}^2$, что на 25 % меньше, чем были получены для полувагона с осевой нагрузкой 23,5 т на серийных тележках.

Преимущество опытных тележек наблюдается и для порожних вагонов. Во всем рассматриваемом диапазоне скоростей движения вертикальные ускорения кузова полувагона на тележках модели 55-316 на 30—70 % меньше, чем для порожнего полувагона на серийных тележках.

2.1.2. Результаты динамических ходовых испытаний полувагона на тележках модели 55-316

Значения динамических процессов, происходящих в верхнем строении пути при воздействии вагона на тележках модели 55-316, приведены в табл. 2.11.

Анализируя данные табл. 2.11, можно отметить, что общая нагрузка вагона соответствовала заданной, однако по тележкам она распределилась неравномерно, что привело к осевой нагрузке до 260,2 кН. Кромочные напряжения в прямом участке пути от воздействия опытного вагона (приведены в числителе) выше анало-

Таблица 2.7

Коэффициенты вертикальной динамики по раме тележки модели 55-316 в сравнении с тележкой-эталонном модели 18-100 при движении по прямым участкам пути

Вариант испытаний	Скорость движения, км/ч									
	40		60		80		100		120	
	макс	СКО	макс	СКО	макс	СКО	макс	СКО	макс	СКО
Исходный, 25 т/ось	0,31	0,13	0,35	0,15	0,44	0,16	0,54	0,18	0,58	0,19
Вариант 2	0,25	0,09	0,3	0,11	0,4	0,13	0,49	0,16	0,54	0,16
Вариант 3	0,36	0,13	0,38	0,16	0,46	0,19	0,57	0,23	0,62	0,24
Вариант 4, порожний полувагон	0,6	0,13	0,65	0,17	0,8	0,22	0,95	0,29	1,1	0,35
Эталон, 23,5 т/ось	0,23	0,07	0,3	0,1	0,45	0,14	0,55	0,17	0,6	0,18
Эталон порожний	0,4	0,12	0,5	0,15	0,8	0,19	0,75	0,22	0,9	0,26

Таблица 2.8

Коэффициенты вертикальной динамики по раме тележки в зоне буксового узла полувагона на тележках модели 55-316 при движении по кривым участкам пути

Вариант испытаний	Скорость движения, км/ч									
	Кривая радиусом 650 м					Кривая радиусом 350 м				
	40	60	80	100	110	20	40	60	80	
Исходный, 25 т/ось	0,46	0,39	0,38	0,47	0,54	0,34	0,33	0,38	0,5	
Вариант 2, 25 т/ось	0,36	0,32	0,38	0,46	0,51	0,38	0,3	0,31	0,41	
Вариант 3, 25 т/ось	0,44	0,45	0,47	0,6	0,67	0,4	0,34	0,35	0,50	
Вариант 4, порожний полувагон	0,6	0,64	0,77	1,0	1,2	0,58	0,57	0,61	0,8	
Эталон, 23,5 т/ось	0,3	0,33	0,5	0,65	—	0,28	0,27	0,32	0,44	
Эталон порожний	—	0,4	0,45	0,6	—	—	0,4	0,45	0,6	

Таблица 2.9

Динамические прогибы рессор буксовой ступени подвешивания полувагона на тележках модели 55-316 при движении по прямым участкам пути

Вариант испытаний	Скорость движения, км/ч									
	40		60		80		100		120	
	макс	СКО	макс	СКО	макс	СКО	макс	СКО	макс	СКО
Исходный, 25 т/ось	5,0	2,4	9,0	3,0	13,0	3,8	16,0	5,6	23,0	6,8
Вариант 2	5,0	1,6	7,0	2,4	11,0	3,7	16,0	5,7	19,0	6,6
Вариант 3	6,0	1,7	7,0	2,4	12,0	3,4	17,0	4,5	19,0	5,2
Вариант 4, порожний полувагон	6,0	1,3	8,0	1,7	11,0	2,4	14,0	3,4	15,0	4,0
Эталон, 23,5 т/ось	4,0	1,4	7,0	2,0	17,0	4,5	20,0	6,0	22,0	6,5
Эталон порожний	3,0	0,6	4,0	0,9	4,5	1,2	7,0	1,8	9,0	2,4

Таблица 2.10

Горизонтальные ускорения кузова в районе пятника полувагона на тележках модели 55-316 в сравнении с тележкой-эталоном 18-100 при движении по прямым участкам пути, м/с²

Вариант испытаний	Скорость движения, км/ч									
	40		60		80		100		120	
	макс	СКО	макс	СКО	макс	СКО	макс	СКО	макс	СКО
Исходный, 25 т/ось	0,31	0,13	0,35	0,15	0,44	0,16	0,54	0,18	0,58	0,19
Вариант 2	0,25	0,09	0,3	0,11	0,4	0,13	0,49	0,16	0,54	0,16
Вариант 3	0,36	0,13	0,38	0,16	0,46	0,19	0,57	0,23	0,62	0,24
Вариант 4, порожний полувагон	0,6	0,13	0,65	0,17	0,8	0,22	0,95	0,29	1,1	0,35
Эталон, 23,5 т/ось	0,23	0,07	0,3	0,1	0,45	0,14	0,55	0,17	0,6	0,18
Эталон порожний	0,4	0,12	0,5	0,15	0,8	0,19	0,75	0,22	0,9	0,26

Таблица 2.11

Максимально наблюдаемые значения динамических процессов в пути при воздействии вагона на тележках 55-316

Участок пути	Скорость, км/ч	Показатели					Напряжения в кромке подошвы рельса, МПа
		Горизонтальная нагрузка на колеса, кН	Горизонтальная нагрузка на шпалу, кН	Полуразность кромочных напряжений, МПа	Полусумма кромочных напряжений, МПа	Вертикальная нагрузка на шпалу, кН	
Прямая	60	—	13,0 17,0	58,5 37,0	151,0 139,0	48,0 —	167,0 158,0
	80	—	13,0 17,1	62,5 41,0	160,5 146,0	51,0 —	180,0 167,0
	100	—	17,0 —	63,5 48,0	165,0 150,0	54,0 —	192,0 183,0
Кривая радиусом 650 м	60	—	14,0 25,5	39,5 64,0	138,0 137,0	63,0 —	165,0 169,0
	80	—	18,5 27,5	45,0 68,0	141,0 150,0	69,0 —	170,0 179,0
	100		26,0 30,0	62,5 79,0	165,0 165,0	75,0 —	195 211,0
Кривая радиусом 350 м	60	74,0 53,0	33,0 34,0	62,5 65,0	134,5 140,0	—	178,0 191,0
	80	77,0 63,0	37,5 43,0	68,0 72,0	135,5 152,0	—	183,0 200,0
	100	78,0 72,0	38,5 47,5	70,0 83,0	165,0 170,0	—	224,0 219,0

гичных данных от воздействия контрольного вагона (приведены в знаменателе). Это объясняется не только повышенной осевой нагрузкой, которая привела к возрастанию осевых напряжений подвижного состава, но и повышенным воздействием на путь (полуразность кромочных напряжений под опытным вагоном выше). Однако кромочные напряжения не достигли критического значения (240,0 МПа), и следовательно, по этому критерию нет ограничения скорости движения.

Полусуммы кромочных напряжений с возрастанием скорости движения с 60 до 100 км/ч растут незначительно (на 9 %), что подтверждается и вертикальными нагрузками рельса на шпалы, которые возрастают с 48,0 до 54,0 кН. Однако здесь следует отметить, что с возрастанием осевой нагрузки на 6,5 % полусумма кромочных напряжений выросла на 9—11 %. Это указывает на то, что в прямых участках пути не удалось скомпенсировать увеличение вертикального воздействия на путь от роста осевой нагрузки за счет улучшения конструкции тележки. Последнее может привести к увеличению напряжений в балласте под шпалой и на основной площадке земляного полотна.

Анализируя воздействия на путь в кривой радиусом 650 м, следует отметить превышение значений кромочных напряжений, полученных при воздействии контрольного вагона, над аналогичными значениями, полученными под опытным вагоном. Последнее можно отнести за счет лучшего вписывания в кривые участки пути вагона на тележках 55-316, что подтверждается значениями полуразностей кромочных напряжений и горизонтальных нагрузок рельсов на шпалы. Так, полуразность кромочных напряжений под контрольным вагоном оказалась на 22,6—60 % выше, чем под опытным, а горизонтальные нагрузки рельсов на шпалы превысили аналогичные данные под опытным на 21,5—80 %. Причем с возрастанием скорости движения эта разность уменьшается, т.е. большие значения соответствуют скорости движения 60 км/ч. Улучшение вписывания в кривые участки пути опытного вагона приводит к снижению дополнительной вертикальной нагрузки на упорную нить от рамной силы. Последнее привело к выравниванию показателей вертикального воздействия на путь от обоих вагонов, что подтверждается значениями полусуммы кромочных напряжений, которые оказались равными. Следовательно, можно ожидать оди-

наковых напряжений в балласте под шпалой и на основной площадке земляного полотна.

Аналогичный вывод можно сделать и при сравнении воздействия на путь этих вагонов в кривой радиусом 350 м. Значения полусуммы кромочных напряжений при воздействии контрольного вагона в этом случае уже превышают аналогичные значения под опытным вагоном, т.е. снижение горизонтального воздействия на путь полностью компенсирует увеличение осевой нагрузки. Значения полуразности кромочных напряжений под контрольным вагоном с возрастанием скорости движения превышают аналогичные значения от воздействия опытного вагона на 6—18 %, а горизонтальные нагрузки рельсов на шпалы — на 4—12 %. Хорошее вписывание тележки в кривые участки пути привело к тому, что тележка, имея осевую нагрузку 250,0 кН, не имеет ограничения скорости движения в этой кривой по критерию изгибной прочности рельсов.

2.2. Зарубежные грузовые тележки

Зарубежные вагонные тележки в основном конструктивно похожи на отечественные. Для грузовых вагонов также используются в большинстве случаев тележки с одноступенчатым рессорным подвешиванием. Многие узлы и детали зарубежных грузовых тележек аналогичны по своему устройству узлам и деталям отечественных тележек.

2.2.1. Тележки грузовых вагонов Франции

Для грузовых вагонов на французских железных дорогах применяются тележки серии Y с одноступенчатым буксовым подвешиванием, разработанные Национальным обществом железных дорог Франции (SNCF). Эти тележки получили широкое распространение на европейских железных дорогах (рис. 2.23—2.25).

Базовый вариант семейства тележек Y25 — тележка Y25C имеет жесткую в плане H-образную раму и билинейное надбуксовое рессорное подвешивание с фрикционными гасителями колебаний. База тележки составляет 1800 мм, высота от центра подпятника до уровня головок рельсов — 925 мм.

Рама тележки может выполняться как сварной, так и литой, при этом в обоих случаях используются сварка и элементы из литой стали. В конструкции сварной рамы опоры рессор, буксовые на-

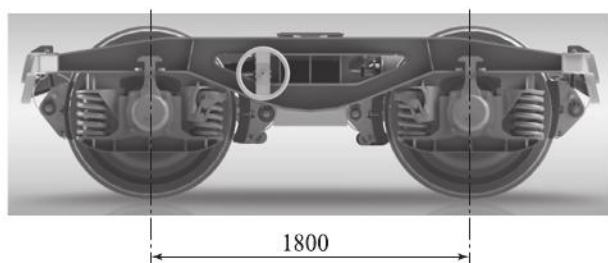


Рис. 2.23. Тележка Y25

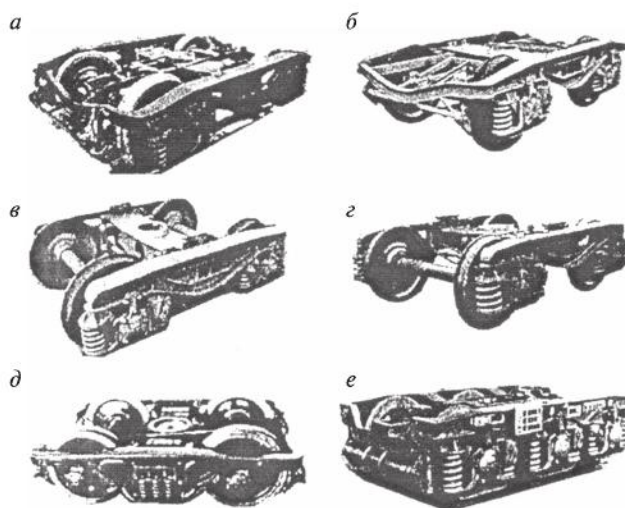


Рис. 2.24. Тележки грузовых вагонов французских железных дорог:
a — Y2; *б* — Y25; *в* — Y27; *г* — Y31; *д* — ANF25; *е* — трехосная тележка

правляющие и элементы фрикционного гасителя колебаний выполнены из литой стали.

Литая рама тележки состоит из двух боковин и шкворневой балки, которые изготавливаются отдельно. На концах шкворневой балки имеются цилиндрические опорные поверхности, которые вставляются в боковины и завариваются. Тележки с литой рамой обозначаются, например, как Y25 sm.

Такая же конструкция встроенной в боковины шкворневой балки принята и для сварной рамы.

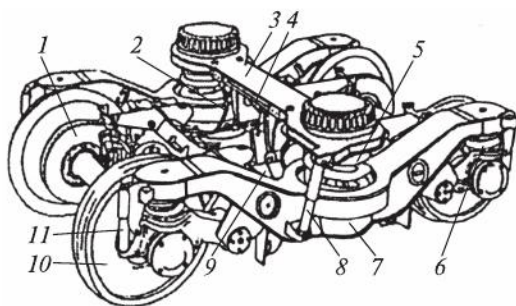


Рис. 2.25. Тележка Y32:

1 — дисковый тормоз; 2 — гаситель колебаний боковой качки; 3 — соединительная балка; 4 — гаситель поперечных колебаний; 5 — упругий элемент центрального подвешивания; 6 — упругий элемент буксового подвешивания; 7 — продольная боковая балка рамы; 8 — гаситель вертикальных колебаний центрального подвешивания; 9 — колодочный тормоз; 10 — колесная пара; 11 — гаситель колебаний буксового подвешивания

Для изготовления элементов сварной рамы используется листовая углеродистая сталь с пределом прочности на разрыв 42—48 кгс/мм², обладающая хорошей свариваемостью и высокими характеристиками ударной вязкости.

По установившейся традиции изготовления стандартных тележек сварные рамы не подвергаются отжигу. Правильность подобной практики подтверждена опытным путем.

Под всеми тележками, имеющими нагрузку от оси на рельсы 20 т устанавливаются колесные пары с диаметром колеса 920 мм.

Первичное рессорное подвешивание выполнено билинейным и состоит из комплектов двухрядных пружин (по два комплекта на буксу), причем внутренняя пружина имеет меньшую высоту, чем наружная.

Гибкость подвешивания одной тележки при нагрузке на подпятник до 12,6 т составляет 3 мм/т; при нагрузке свыше 12,6 т гибкость снижается до 1 мм/т. В подвешивании используется специально разработанный для тележек этого типа и запатентованный SNCF фрикционный гаситель колебаний, служащий для гашения как вертикальных, так и поперечных горизонтальных колебаний. Сила трения гасителя пропорциональна воспринимаемой рессорными комплектами нагрузке.

Для связи колесной пары с рамой тележки в продольном направлении используются челюсти с износостойкими прокладками из марганцовистой стали. Из-за особенностей конструкции фрикционного гасителя колебаний продольный зазор между буксой и рамой тележки отсутствует, что приводит к более жесткой фиксации колесных пар в тележках и увеличению длины волны колебаний виляния.

Тележки последних лет постройки оборудуются упругими боковыми скользунми. Упругий скользун состоит из направляющей корпуса, двух ограничителей и двух пружин, прижимающих верхнюю направляющую корпуса скользуна с накладкой к скользуну кузова вагона. Сила прижатия составляет 1200 кг. Направляющая скользуна присоединена к раме тележки двумя болтами. Корпус скользуна взаимодействует с направляющей через накладки, изготовленные из износостойкой марганцовистой стали.

В пятниковом узле тележек Y25 применяются различные виды термореактивных пластмассовых материалов. Типичным и наиболее распространенным представителем таких материалов служат прокладки английской фирмы Railko, изготавливаемые на основе фенольных смол, армируемых асбестовыми тканями.

С 1976 г. на европейских железных дорогах ведутся работы по повышению осевых нагрузок до 22,5 т. Исследования в ходе испытаний, проводившихся на различных железных дорогах Польши и Чехии, показали, что после необходимых усиления конструкции тележки могут использоваться с осевой нагрузкой 22 т.

Итальянская фирма Socimi разработала модификации тележек Y25 Maxiride 70 и Maxiride 100 (рис. 2.26) для использования на железных дорогах США и Канады под грузовые вагоны с нагрузкой от оси на рельсы 25 и 30 т (табл. 2.12).

Модификации тележки Y25. Тележка Y31B — для повышенных скоростей движения грузовых вагонов при перевозках скоропортящихся грузов (создана в 1972 г.). Тележка Y31C — для вагонов-платформ (создана в 1982 г.). Тележка Y35 — для крытых вагонов для перевозки легковых автомобилей (создана в 1982 г.). Тележка Y37 — для грузовых вагонов со скоростями 160 км/ч (создана в 1988 г.).

2.2.2. Тележки грузовых вагонов Германии

В отличие от французских железных дорог с преобладанием прямолинейных участков пути сеть линии Германии состоит на 38 % из кривых, из которых около 1/3 имеют радиус ≥ 500 м. Это обстоятельство в значительной степени повлияло на выбор принципа самоустанавливающихся колесных пар, который используется практически на всех типах тележек грузовых вагонов Германии.

Тележка 665. Наиболее распространенным типом современной тележки для грузовых вагонов Германии является стандартная тележка 665, рассчитанная на нагрузку от оси на рельсы 22,5 т (табл. 2.13). При разработке этой тележки требовалось обеспечить взаимозаменяемость с другой стандартной тележкой Y25.

Таблица 2.13

Техническая характеристика тележки 665

Показатель	Модель 665
Колея, мм	1435
Пригодна для колеи, мм	1524
База тележки, мм	1800
Расстояние между центрами подшипников осевых букс, мм	2000
Диаметр колеса, мм	
стандартного	920
специального	840
Расстояние от зеркала подпятника до головки рельса под тарой вагона 20 т и колесе диаметром 920 мм, мм	880
Высота опорных скользунов от головки рельса, мм	900
Расстояние между опорными скользунами, мм	1700
Длина параболических рессор, мм	1200
Габариты тележки, мм:	
длина	3340
ширина	2300
Масса тележки, кг:	
с рычажной тормозной передачей, рассчитанной на усилие 60 кН	4640
с рычажной тормозной передачей, рассчитанной на усилие 120 кН	4840
Конструктивная скорость, км/ч	120

Тележка имеет податливую на кручение цельносварную раму, выполненную из стальных листов.

Рессорные листы, за исключением области зажима в рессорном хомуте и поверхностей трения в области проушин, выполнены как балки, работающие на изгиб и обладающие равнопрочностью во всех сечениях благодаря параболической форме. Более высокая стоимость рессор такого типа по сравнению с традиционными листовыми рессорами окупается за счет снижения их массы, улучшения характеристик подрессоривания и более высокой усталостной прочности, что подтверждено результатами многочисленных стендовых испытаний и опытом эксплуатации.

Перемещения колесных пар относительно рамы тележки составляют в продольном направлении ± 6 мм, в поперечном ± 23 мм.

Кузов вагона опирается на подпятник с износостойкой прокладкой (такой же, как на тележках Y25) и скользуны, при изготовлении которых использована пара трения пластмасса—сталь. В тележке могут применяться как упругие, так и жесткие скользуны. Так как упругие скользуны не имеют явных преимуществ, на железных дорогах Германии используются жесткие скользуны с зазором 5 мм: круглые стальные опоры с отшлифованной поверхностью на раме тележки контактируют с выполненными из безасбестовых полиамидных материалов элементами скольжения, крепящимися на болтах снизу к поперечным балкам вагона.

Все присоединительные размеры тележки 665, включая положение точки крепления тормозной тяги, соответствуют размерам тележки Y25, что обеспечивает их взаимозаменяемость.

Тележка DRRS. Для начатой в 1991 г. эксплуатации двух пар скоростных грузовых поездов на линиях Гамбург—Мюнхен и Бремен—Штутгарт фирма Talbot разработала тележку DRRS, которая удовлетворяет следующим требованиям:

- пригодность с точки зрения ходовых качеств и тормозного обслуживания для скоростей движения 160 км/ч при осевой нагрузке 18 т;
- хорошие ходовые качества на прямых и кривых участках пути для обеспечения сохранности перевозимого груза;
- возможность радиальной установки колесных пар при вписывании в кривые;
- хорошая звукоизоляция;
- удобство обслуживания, небольшая масса и низкая стоимость.

Тележка DRRS безлюлочной конструкции с надбуксовым рессорным подвешиванием имеет раму, идентичную раме тележки Y25 и представляющую собой сварную конструкцию с применением стальных отливок.

Поддрессирование осуществляется с помощью установленных на крыльях буксы двух резиновых рессор роликового (диафрагменного) типа, расположенных друг над другом и смещенных друг относительно друга в продольном направлении. Возникающее при этом горизонтальное усилие, зависящее от нагрузки, через толкатель действует на буксу и создает демпфирующий эффект в вертикальном и горизонтально-поперечном направлениях. Одновременно при преодолении горизонтального возвращающего усилия обеспечивается возможность радиальной установки колесных пар в кривых.

При оборудовании традиционным колодочным тормозом эта тележка пригодна для скоростей 120 км/ч при осевой нагрузке 22,5 т. При максимальной скорости движения 160 км/ч требуется установка более эффективного тормоза. С этой целью тележка оборудуется дисковым тормозом с электропневматическим управлением, причем на каждой колесной паре размещаются три осевых тормозных диска с индивидуальным приводом. Кроме того, тележка имеет противоюзное устройство и авторежим.

2.2.3. Совершенствование и модернизация зарубежных грузовых тележек

Для улучшения конструкции и выполнения технических требований к условиям эксплуатации модернизация зарубежные грузовые тележки модернизируются так же, как и отечественные.

Грузовые тележки семейства Y25 оборудуются устройствами для радиальной установки колесных пар при прохождении кривых участков пути. На тележках последних лет постройки применяются упругие скользуны. В пятниковом узле тележек Y25 используются различные виды терморезистивных пластмассовых материалов английской фирмы Railko, изготавливаемых на основе фенольных смол и армируемых асбестовыми тканями. Для увеличения осевой нагрузки рамы тележек подвергают усилению. В первую очередь усиливается узел соединения надрессорной и боковых рам. Повышается качество и улучшается форма швов сварных соединений. Для увеличения скоростей движения грузовых поездов в тележках

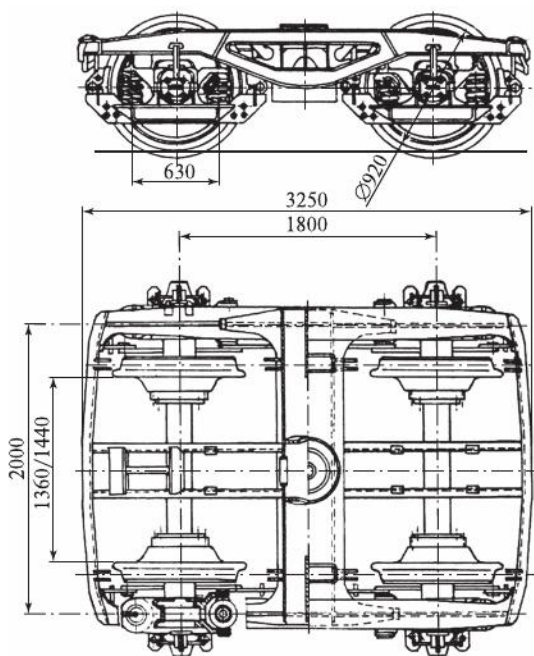


Рис. 2.27. Двухосные грузовые тележки с раздвижными колесными парами БТ6-К2М2 и БТ7-К2М2

применяются дисковые тормоза с электропневматическим управлением. В последние годы в конструкции рессорного подвешивания грузовых тележек ряда западно-европейских стран получили широкое распространение параболические рессоры с линейной и билинейной силовыми характеристиками, которые более эффективно гасят колебания грузовых вагонов.

Разработаны и прошли испытания болгарские двухосные грузовые тележки с раздвижными колесными парами БТ6-К2М2 и БТ7-К2М2 (рис. 2.27) для грузовых вагонов, обращающихся по колеям 1520 и 1435 мм. Тележки снабжены колесными парами для движения по двум различным колеям. Оси колесных пар — полые. Они выполнены из толстостенных горячекатаных труб. Переход с одной колеи на другую и обратно происходит во время движения с помощью переходного устройства со скоростью до 20 км/ч.

Глава 3. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ КОЛЕСНЫХ ПАР

Колесные пары относятся к ходовым частям и являются одним из ответственных элементов вагона. Они предназначены для направления движения вагона по рельсовому пути и восприятия всех нагрузок, передаваемых от вагона на рельсы при их вращении. При работе в сложных условиях загрузки колесные пары должны обеспечивать высокую надежность, так как от них во многом зависит безопасность движения поездов. Поэтому к колесным парам предъявляются особые повышенные требования Госстандартами, Правилами технической эксплуатации железных дорог, Инструкцией по осмотру, освидетельствованию, ремонту и формированию вагонных колесных пар, а также другими нормативными документами при проектировании, изготовлении и содержании в эксплуатации. Конструкция и техническое состояние колесных пар влияют на плавность хода, на силы, возникающие при взаимодействии вагона и пути, и на сопротивление движению.

При работе в современных режимах эксплуатации железных дорог и экстремальных условиях окружающей среды колесная пара вагона должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- обладать достаточной прочностью, имея при этом минимальную необрессоренную массу (с целью снижения тары подвижного состава и уменьшения непосредственного воздействия на рельсовый путь и элементы вагона при прохождении неровностей рельсовой колеи);
- обладать некоторой упругостью, обеспечивающей снижение уровня шума и смягчение толчков, возникающих при движении вагона по рельсовому пути;
- совместно с буксовыми узлами обеспечивать возможно меньшее сопротивление при движении вагона и возможно большее сопротивление износу элементов, подвергающихся изнашиванию при эксплуатации.

Колесная пара (рис. 3.1) состоит из оси 1 и двух укрепленных на ней колес 2. Тип колесной пары определяется типом оси и диаметром колес, а также конструкцией подшипника и способом

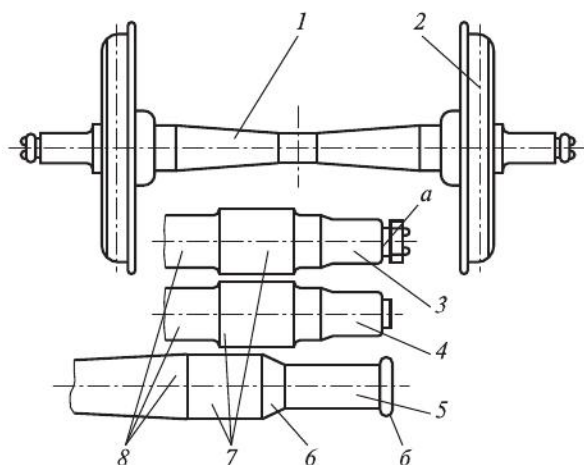


Рис. 3.1. Колесная пара и формы шеек

крепления его на оси. Типы вагонных осей различают по размерам и форме шейки — для роликовых подшипников качения и подшипников скольжения. Размеры оси устанавливают в зависимости от расчетной нагрузки, воспринимаемой ею при эксплуатации.

Колесные пары Ш-950 предназначены для эксплуатации с подшипниками скольжения, а колесные пары РУ1-950, РУ1Ш-950, РУ-950 и РУ-1050 — с роликовыми подшипниками (РУ — роликовая унифицированная, Ш — торцевое крепление внутренних колец подшипников приставной шайбой). Исходя из расчетной нагрузки определяются диаметры шеек 3, 4, 5 (см. рис. 3.1), подступичной 7 и средней 8 частей оси. Предподступичная часть 6 является ступенью перехода от шейки к подступичной части оси и служит для установки уплотняющих устройств буксы. На подступичных частях 6 прочно закрепляются колеса 2.

В настоящее время еще продолжают эксплуатировать колесные пары с осями типа Ш с подшипниками скольжения, которые заменяются на роликовые. На торцах их шеек 5 имеются буртики 6, ограничивающие продольные перемещения подшипников скольжения, располагающихся в верхних частях.

Типы колесных пар в зависимости от применяемых типов осей и подшипников приведены в табл. 3.1. Колесные пары с осями, предназначенными для эксплуатации с роликовыми подшипни-

Таблица 3.1

Типы колесных пар вагонов

Тип колесной пары	Тип оси	Диаметр колеса, мм	Тип подшипника на колесной паре	Применение
РУ1-950	РУ1	950	Качения	На всех грузовых и пассажирских вагонах постройки после 1963 г.
РУ1Ш-950	РУ1Ш	950	Качения	На всех грузовых и пассажирских вагонах постройки с 1979 г.
РУ-950	РУ	950	Качения	На всех грузовых и пассажирских вагонах постройки до 1964 г.
РУ-1050	РУ	1050	Качения	На пассажирских вагонах постройки до 1959 г.
III-950	III	950	Скольжения	На старотипных грузовых вагонах

ками, различаются между собой по конструкции торцевого крепления внутренних колец роликовых подшипников на шейке: 3 — с нарезной частью *a* для навинчивания корончатой гайки; 4 — с помощью приставной шайбы, для чего на торцах просверливаются отверстия с нарезкой для болтов крепления. Крепление выполнено в двух вариантах: тремя или четырьмя болтами. Колесные пары с формой шейки 3 обозначаются РУ1-950, а с формой 4 — РУ1Ш-950.

Уже при создании первых вагонов (1846 г.) уделялось большое внимание конструкции, прочности и надежности колесных пар, каждая из которых состоит, как известно, из оси и двух колес. По мере увеличения грузоподъемности и тары вагонов, а также скорости движения поездов повышались и нагрузки, действующие на колесные пары. Соответственно этому возрастали диаметры осей (табл. 3.2). Для решения этих задач сначала заменили ось нормального типа усиленной. При этом грузоподъемность нормального двухосного вагона увеличилась с 12,5 до 16,5 т.

В 1927 г. диаметры оси снова были увеличены, а в 1933 г. были приняты три типа стандартных осей — I, II и III. В последнем типе оси, предназначенном для тележечных вагонов, расстояние между

Таблица 3.2

Размеры осей колесных пар, мм

Тип оси	Год выпуска	Расстояние между серединами шеек	Длина шейки	Диаметр			
				шейки	предподступичной части	подступичной части	середины оси
Нормальная	1892	2114	170	100	120	135	126
Усиленная	1908	2114	170	105	120	145	136
Грузовая (товарная)	1927	2114	170	110	130	155	140
Пассажирская нормальная	1909	2114	210	115	135	155	140
Пассажирская	1927	2114	210	120	140	165	155
I	1933	2114	170	110	130	155	140
II	1933	2114	210	120	140	165	145
III	1933	2036	254	140	168	178	150
III	1935	2036	254	145	168	182	160
III	1972	2036	254	145	170	194	165
IV	1948	2070	280	155	185	200	165
РУ	1953	2036	248	135	165	194	165
РУ1	1962	2036	176	130	165	194	165
РУ 1 Ш	1972	2036	196	130	165	194	165

серединами шеек оси снизили до 2036 мм, что уменьшило плечо изгибающего момента от равнодействующей силы, приходящейся на шейку оси, а также сократило длину оси. В предыдущих типах оси этот размер, равный 2114 мм, соответствовал расстоянию между вертикальными плоскостями симметрии рессорного подвешивания, в результате чего шейки осей нетележечных вагонов, где применялись длинные оси, загружались более равномерно.

В 1935 г. в связи с постройкой вагонов грузоподъемностью 60 т ось III типа была усилена: ее диаметры увеличивали в 1948, 1959, 1965 и в 1972 гг. В 1948 г. была введена ось IV типа для думпкаров и транспортов.

Применение роликовых подшипников в вагонных буксах привело к видоизменению шеек оси (отсутствие бурта и др.). Размеры таких осей также изменялись. Ось типа РУ (роликовая унифицированная) предназначена для оборудования подшипников с наружным диаметром 280 мм, а оси типов РУ1 и РУШ — диаметром 250 мм, причем последняя предусматривает крепление приставной шайбой. Оси типов РУ и РУ1 отличаются от оси РУШ тем, что на их концах имеется резьба для навинчивания корончатых гаек, предотвращающих сдвиг подшипников.

Совершенствовались не только форма и размеры осей, но и химический состав, механические свойства материала осей, а также технология их изготовления.

В настоящее время согласно последнему стандарту (ГОСТ 22789) оси изготавливают из углеродистой стали марки ОсВ, содержащей углерода 0,40—0,48 %, марганца 0,55—0,85 %, кремния 0,15—0,35 %, фосфора не более 0,04 %, серы не более 0,045 %, хрома не более 0,3 %, никеля не более 0,3 %, меди не более 0,25 %. Гарантийный срок эксплуатации оси составляет 8,5 лет, а срок службы — 15 лет. Для повышения прочности и надежности среднюю часть оси обтачивают, а всю ось подвергают упрочняющей накатке роликами.

Как известно, основная деформация оси — это деформация поперечного изгиба, напряжения которого распределяются по поперечному сечению неравномерно, достигая наибольшего значения в наружных волокнах и наименьшего — во внутренних. Это позволяет заменить сплошное сечение оси полым и тем самым существенно уменьшить ее массу.

Полые оси были сделаны из толстостенных труб, прокатанных на трубопрокатной пильгерной установке. Другая опытная партия таких осей была отлита центробежным способом в 1946—1948 гг. по технологии, разработанной Научно-исследовательским бюро вагоностроения (НИБ) Министерства транспортного машиностроения. Лабораторные и эксплуатационные испытания полых осей, проведенные в НИБ совместно с ВНИИЖТ и МВТУ имени Баумана в 1948 г., показали принципиальную возможность их создания. Однако прочность испытанной конструкции оказалась недостаточной.

В 1957—1965 гг. Уралвагонзавод разработал конструкцию и изготовил опытную партию (1000 шт.) полых осей, которые, отличаясь от предшествующих увеличенным диаметром подступичных частей, позволяли использовать стандартные колеса за счет соответствующей расточки отверстия в ступице. Испытания колесных пар, сформированных с такими полыми осями, показали, что они достаточно прочны. Откорректированная конструкция полой оси (рис. 3.2) на 80—85 кг стала легче сплошной. Было принято решение изготавливать ее методом поперечно-винтовой прокатки.

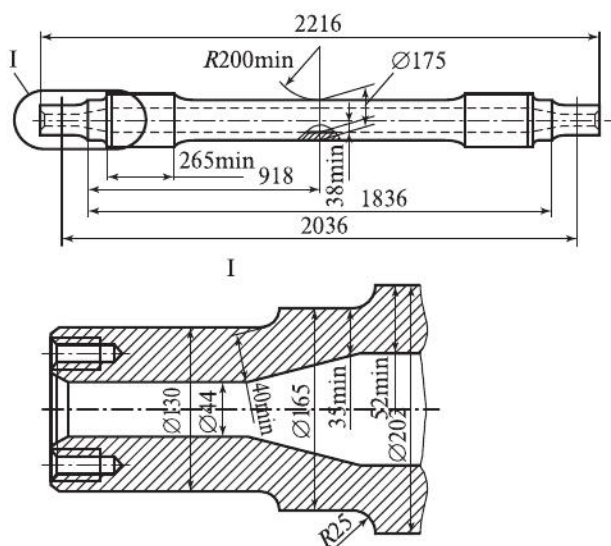


Рис. 3.2. Полая ось

В дореволюционное время в России, как и во многих других странах, применялись преимущественно составные (бандажные) колеса, состоявшие из колесного центра, бандажа и дополнительных укрепляющих элементов.

До 1892 г. применялись колеса, центры которых изготавливали из дерева твердой породы (рис. 3.3). Они обладали малой массой и были первыми упругими колесами. (Кстати, созданию упругих металлических колес и сейчас уделяют постоянное внимание конструкторы многих стран.) Однако колеса с деревянными центрами (колеса Манзеля) из-за усушки дерева и ослабления болтов требовали частого осмотра и ремонта, поэтому их изымали из эксплуатации.

До 1900 г. наибольшее распространение имели кованые центры, а затем литые спицевые, дисковые стальные и чугунные.

Чугунные дисковые центры были просты в изготовлении, но обладали большой массой (256 кг, стальной катаный имел массу 175 кг), малой прочностью, часто повреждались при формировании колесных пар. Поэтому в 1948 г. изготовление чугунных центров было прекращено.

Из-за неравномерной жесткости обода спицевого центра прочность его соединения с бандажом часто снижалась. Во время движения вагона спицевые центры вызывали завихрение воздуха, который подхватывал песок с балластного слоя пути и наносил его на трущиеся поверхности ходовых частей.

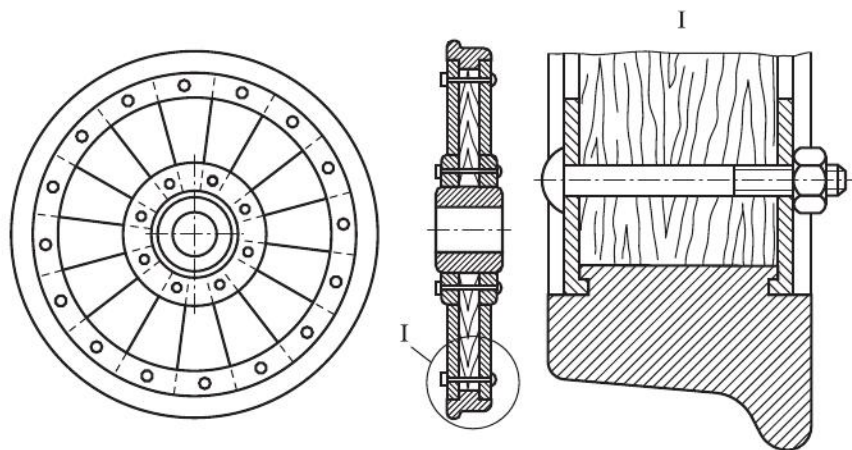


Рис. 3.3. Колесо с деревянным центром

Составные колеса по сравнению с цельными обладают существенными недостатками: меньшая прочность и надежность (возможность ослабления бандажа, частое появление трещин и сдвигов колеса с оси), большая трудоемкость формирования колесной пары (необходимость расточки и насадки бандажей), большая масса (на 36 кг для колеса диаметром 950 мм). Эти недостатки особенно проявлялись при повышении скорости движения поездов и увеличении нагрузок на колеса. Поэтому еще в начале 1931 г. был предусмотрен переход от бандажных колес широкой колеи к более совершенным безбандажным, который завершился в 70-х гг.

Из числа безбандажных колес сравнительно просто изготавливались и меньше стоили чугунные колеса с твердым (отбеленным) ободом. Такие колеса широко применялись в США, где их называли колесами Гриффина.

Чугунные колеса имели первые вагоны, строившиеся на Александровском заводе. В 1901 г. было разрешено применение колес Гриффина в грузовых нетормозных вагонах, в связи с чем Русско-Бельгийская компания в Одессе построила специальный завод для их производства. Более широкое применение колеса Гриффина в нашей стране получили с 1915 г., когда из США и Канады начали поступать заказанные там вагоны, имевшие такие колеса. Подобные колеса с 1932 г. изготавливал Брянский завод «Красный Профинтер», а с 1943 г. — Уралвагонзавод. В 1953 г. производство чугунных колес для вагонов широкой колеи в Советском Союзе было прекращено, поскольку на этих колесах часто появлялись выщербины, раковины и отколы, что не только сокращало срок их службы, но и угрожало безопасности движения поездов. Об этих недостатках было известно еще в довоенное время, однако дефицит колесных пар, особенно усилившийся во время и после окончания войны, не позволял тогда отказаться от чугунных колес.

Более надежными были стальные литые колеса, изготавливавшиеся еще в прошлом веке. В 1951 г. Рижский вагоностроительный завод изготовил опытную партию стальных литых колес. Их производство было сравнительно простым (отливка в кокиль и последующая термообработка, не требовалось прокатное или прессовое оборудование). Однако износ поверхности катания (прокат) оказался в 3 раза интенсивнее, чем у цельнокатаных колес; уступали последним они и по прочности. Цельнокатаные колеса, несмотря

на сложность оборудования для их производства, полностью вытеснили другие типы колес.

Производство цельнокатаных колес в Советском Союзе впервые было организовано в 1935 г. на Нижнеднепровском трубопрокатном заводе имени Карла Либкнехта. Впоследствии эти колеса стали изготавливать Нижнетагильский и Выксунский металлургические заводы. С годами форма, материал и термическая обработка колес совершенствовались. Раньше колеса грузовых и пассажирских вагонов изготавливали из стали одной марки.

В настоящее время цельнокатаные колеса грузовых вагонов изготавливают из стали, содержащей углерода 0,55—0,65 %, кремния 0,20—0,42 %, марганца 0,5—0,9 %, фосфора не более 0,035 % и серы не более 0,04 %. Термически обработанные колеса должны иметь предел прочности 911—1107 МПа, относительное удлинение не менее 8 %, относительное сужение 14 %, твердость по Бринеллю не менее 255 ед., ударную вязкость при температуре +20 °С не менее 0,2 МДж/м². От ранее применявшейся стали эта марка отличается повышенным содержанием углерода и более высоким пределом прочности, в результате чего срок службы колес увеличился на 15—17 %.

Отличительными особенностями цельнокатаных колес (рис. 3.4), изготавливаемых по новому стандарту (ГОСТ 9036) (с 1982 г.), по сравнению с предыдущей конструкцией являются более рациональное распределение металла по сечению диска и ступицы, отсутствие отверстий в диске для водил колесотокарного станка, являвшихся концентраторами напряжений, меньшая (на 20 кг) масса колеса. Кроме того, более жесткие допуски в отклонении размеров элементов цельнокатаных колес позволили уменьшить их дисбаланс.

Цельнокатаные колеса изготавливали с диаметрами кругов катания 950 и 1050 мм, причем колеса второго размера использовались в качестве запасных частей для некоторых вагонов прежней постройки.

Для рационального взаимодействия колес и рельсового пути важное значение имеет форма поверхности катания — профиль колеса. Стандартный профиль имеет гребень высотой 28 мм и толщиной 33 мм, измеренной на расстоянии 18 мм от вершины, угол наклона наружной грани 60°, а также коническую поверхность

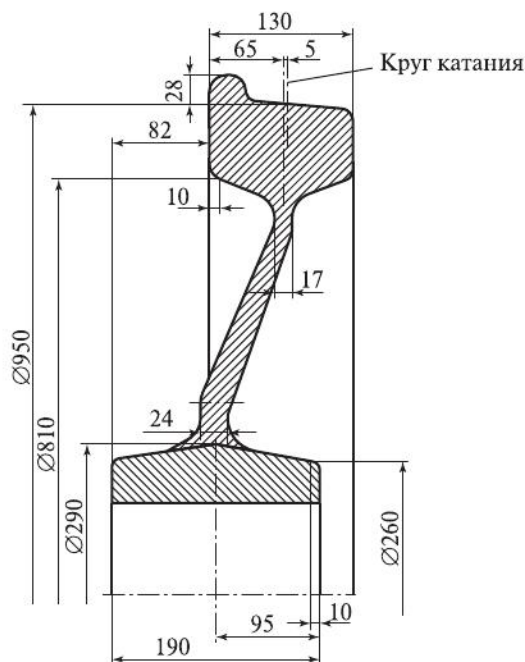


Рис. 3.4. Цельнокатаное колесо

катания с конусностями 1:10 и 1:3,5 (уклоны 1:20 и 1:7) и фаску 6×6 мм. Для уменьшения износов и повышения устойчивости колесной пары на рельсах ВНИИЖТ предложил новый профиль.

Для колесных пар вагонов, эксплуатируемых со скоростями движения 39—44 м/с (140—1690 км/ч), предусмотрена динамическая балансировка. Дисбаланс в плоскости каждого колеса относительно оси, проходящей через центры кругов катания колес, не должен превышать 0,6 кг·м.

Колеса с осью соединяются с помощью прессовой посадки. Проводились исследования, связанные с применением тепловой посадки. Ведутся работы в области создания раздвижных колесных пар, пригодных для движения по дорогам различной колеи. Одна из таких конструкций предлагалась еще в 1926 г.

В 1957 г. на Брянском машиностроительном заводе была создана раздвижная колесная пара (рис. 3.5). Колесо 1 с удлиненной ступицей может перемещаться вдоль оси 2 при переходе вагона с колеи одной ширины на колею другой ширины. Между ступицей

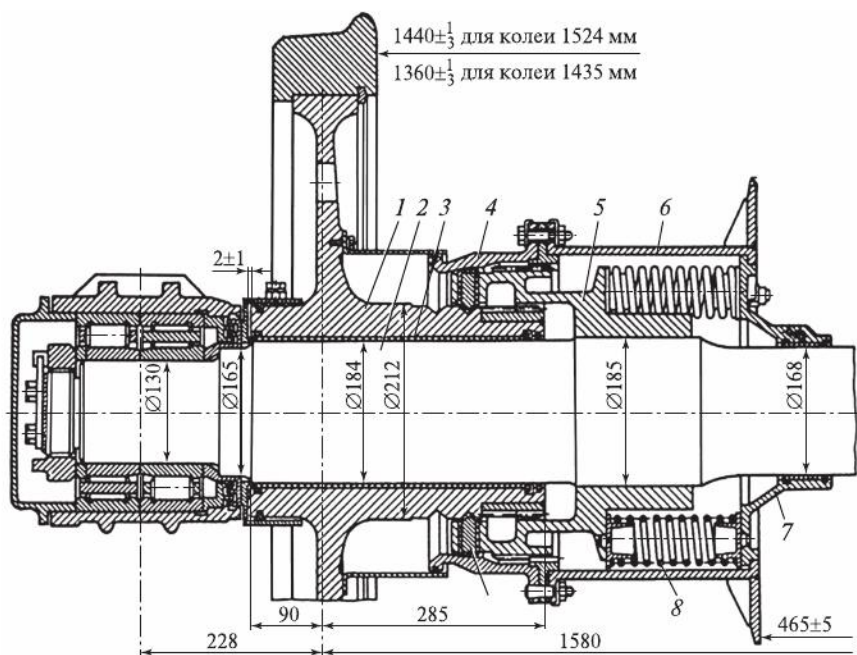


Рис. 3.5. Раздвижная колесная пара

колеса и подступичной частью оси расположена капроновая втулка 3. На наружной поверхности ступицы имеются две кольцевые выточки для закрепления колеса на оси с помощью секторов 9. В одну выточку секторы входят, если колесо находится в колее 1520 мм, а во вторую — в колее 1435 мм. Такое положение секторов фиксируется барабаном 5, укрепленным на оси путем горячей посадки. Для предупреждения самопроизвольного выхода секторов из кольцевых выточек ступицы предусмотрено замковое кольцо 4, прикрепленное болтами к буферу 6. Внутри буфера расположены пружины 8, опирающиеся на крышку 7 и отжимающие буфер и замковое кольцо к середине оси. Повороту колеса на оси препятствует зубчатое зацепление барабана и ступицы колеса.

Передвижение колес из одного положения в другое происходит автоматически при движении вагона по специальному стенду, соединенному одним кольцом с колеей 1520 мм, а вторым — с колеей 1435 мм.

Глава 4. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ БУКСОВЫХ УЗЛОВ КОЛЕСНЫХ ПАР

Буксы являются важнейшими элементами ходовых частей вагона, от надежности которых во многом зависит безопасность движения поездов. Буксы располагаются на шейках оси и преобразуют вращательное движение колесных пар, обеспечивая продвижение вагона с необходимыми скоростями. Буксы воспринимают и передают колесным парам силу тяжести груженого вагона, а также динамические нагрузки, возникающие при движении вагона. Буксы предохраняют шейки оси от загрязнения и повреждения, являясь резервуаром для смазки и местом размещения подшипников. Они ограничивают продольные и поперечные перемещения колесных пар относительно рамы тележки.

Одной из первых была создана букса вагона нормального типа. Корпус этой буксы отливали из чугуна. Он состоял из верхней и нижней частей, соединенных двумя болтами с гайками и контргайками (рис. 4.1).

Для осмотра шейки оси, подшипника, подбивки (смазочного устройства) и смены подбивки нижнюю часть корпуса опускали вниз. Смазку в корпус буксы заливали через масленку, отлитую вместе с верхней частью.

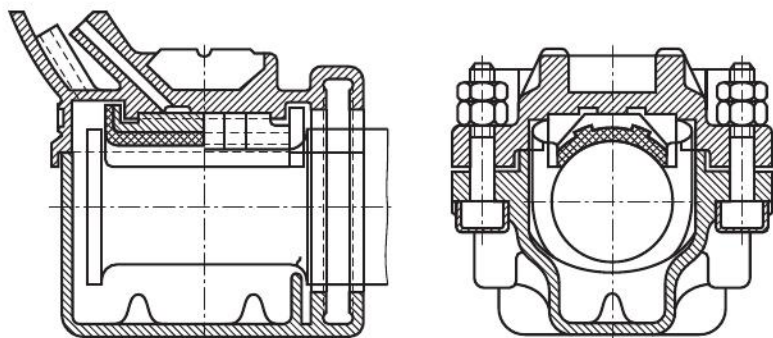


Рис. 4.1. Букса с разъемным корпусом

В масленке были два канала, по которым смазка поступала к подшипнику и к подбивке. Масленка закрывалась задвижной крышкой. Для удержания подбивки от выворачивания на дне нижней части корпуса имелись приливы. Место прилегания подшипника в верхней части корпуса представляло собой круглое гнездо. В кольцевом пазе корпуса размещалась уплотняющая шайба, войлочное кольцо которой прилегал к предподступичной части оси. Паза, сделанные в боковых стенках корпуса, охватывали буксовую лапу, которая ограничивала перемещение колесной пары в горизонтальной плоскости.

В первых вагонах применялись и другие конструкции разъемных букс с отверстием для добавления смазки, которое закрывалось пробкой, а верхняя и нижняя части корпуса соединялись хомутом и нажимным болтом.

Разъемные буксы обладали существенными недостатками: болты часто ослаблялись, в результате чего подбивка переставала питать смазкой шейку оси; из-за неплотного прилегания частей корпуса смазка загрязнялась и вытекала; в корпусе возникали трещины и отколы. Все это создавало грение в буксах, нередко приводившее к тяжелым последствиям. Поэтому разъемные корпуса букс в 30-х гг. были вытеснены более надежными цельнолитыми различных конструкций. В нетележных вагонах боковые стенки цельнолитого корпуса имели узкие паза для буксовых лап, а в тележных — широкие для челюстей. В тележках без челюстей, где роль буксовых направляющих выполняли цилиндрические пружины, корпуса букс отливались с нижними боковыми опорами («крыльями») для этих пружин. В других тележках, где нагрузка на буксу передавалась не через «крылья», а сверху, корпус имел форму поверхности, удобную для опирания балансира, пружины или рессоры. В поясных тележках грузовых вагонов корпус буксы был приспособлен для болтового соединения с поясами.

В зависимости от способа подвода смазки корпуса букс изготавливали приспособленными для размещения либо подбивки, либо смазочного устройства, называемого польстером. Это создавало неудобства, поэтому с 1945 г. отливали объединенные корпуса, т.е. пригодные для установки и польстера, и подбивки. Следует отметить, что немецкое слово «польстер», обозначающее матрац или подушку, употребляется у нас неправомерно, поскольку впервые

такое устройство было предложено русским механиком Константиновым еще в 1881 г.

Поскольку вагоны имели оси с разными размерами шеек, корпуса букс также различались своими размерами. Различие было также и в способе соединения корпуса с крышкой.

Корпуса букс отливали из серого или ковкого чугуна. Для повышения прочности и снижения массы чугунные корпуса в 1930-е гг. были заменены стальными.

В полстерной буксе крышка крепилась болтами, а смазку можно было долить через специальное отверстие («глазок»). В других буксах применялись откидные крышки с шарнирным креплением и упругим элементом, прижимавшим крышку к корпусу. Шарниры размещались в верхней части корпуса, в некоторых буксах — сбоку. Откидные крышки можно было быстро открыть и закрыть, что ускоряло осмотр и ремонт букс. Несмотря на большое разнообразие конструкций откидных крышек, герметичность последних была недостаточно надежной, что нарушало нормальную работу буксы. Лучшей, как показал опыт эксплуатации, оказалась штампованная крышка конструкции Уралвагонзавода с гофрированной резиновой прокладкой (рис. 4.2).

Уплотняющую (пылевую) шайбу, которая служила задним затвором корпуса буксы, изготавливали из войлока или фанеры с войлочным кольцом; применялись также трехслойные шайбы, выполненные из войлока, мешковины и сукна или кожи. Однако они не полностью предохраняли корпус от попадания в него пыли и влаги и от выплескивания смазки. Лучшей оказалась резиновая уплотняющая шайба, разработанная ВНИИЖТ.

Нагрузка от корпуса буксы на подшипник передавалась через буксовый вкладыш — стальной штампованный или литой. Вкладыш облегчал и ускорял смену подшипника. От конструкции вкладыша зависело распределение нагрузки на подшипник.

В первых вагонах подшипники были медными. Впоследствии их изготавливали трехслойными. Корпус был вначале чугунным, а затем стальным. Подшипник прилегал к шейке оси антифрикционным слоем, лучшим материалом для которого оказался кальциевый баббит. Между корпусом и антифрикционным слоем находилась латунная армировка. В аварийных ситуациях, когда выплавлялся баббит, шейка оси соприкасалась не со стальным корпусом

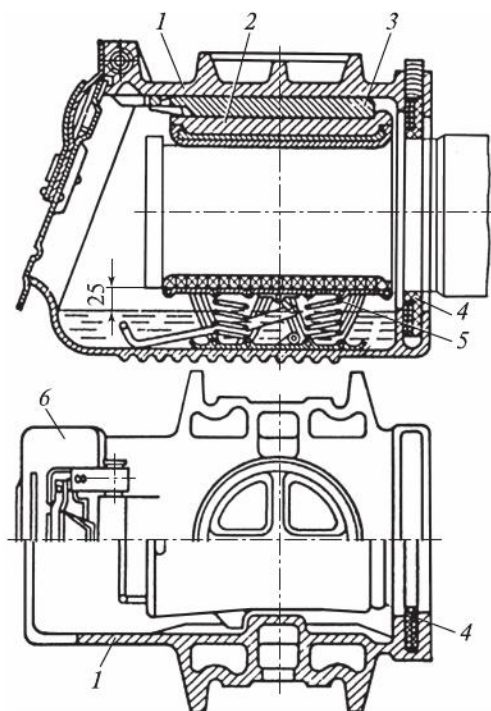


Рис. 4.2. Букса с подшипником скольжения тележки грузового вагона:
 1 — корпус; 2 — подшипник; 3 — вкладыш; 4 — уплотняющая шайба; 5 —
 полстер; 6 — крышка

подшипника, а с латуной, что предохраняло шейку от интенсивного нагрева.

С 1978 г. стали применять двухслойные подшипники без латунной армировки (рис. 4.3). Такие более монолитные конструкции лучше отводят тепло, образующее в результате трения баббита по шейке, чем трехслойные.

Для подвода смазки к шейке оси служили подбивочные концы, уложенные особым способом на дно корпуса буксы, где также находилось осевое масло. По капиллярам волокон этих концов смазка снизу вверх поступала к шейке оси, а при ее вращении — под подшипник. При движении вагона от тряски концы иногда спрессовывались, и тогда прекращалась подача смазки к шейке оси. Этот способ смазки имел также и другие недостатки.

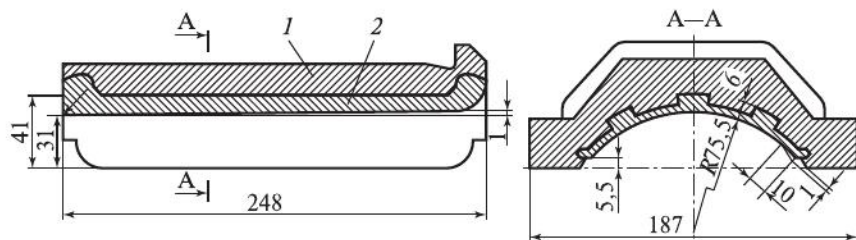


Рис. 4.3. Двухслойный подшипник для оси III типа:

1 — стальной корпус; 2 — баббитовый слой

Несколько лучше смазка подводилась при замене концов подбивочными валиками, которые представляли собой хлопчатобумажный чулок с ворсовой манжетой из полшерстяной пряжи, заполненный теми же подбивочными концами. По упругости такие валики оказались более стабильными.

Подбивочные концы и упругие валики были вытеснены польстером. Польстер имеет полшерстяную щетку, постоянно прижимаемую пружинами к шейке оси. По опущенным вниз фитилям смазка поступает к щетке. В 1965 г. конструкция польстера была модернизирована, что обеспечило более надежную его работу.

Резкое улучшение работы букс достигается при замене подшипников скольжения роликовыми. Важные преимущества роликовых подшипников:

- уменьшается сопротивление движению в диапазоне эксплуатационных скоростей (60—70 км/ч) на 20 %, а при трогании с места — в 7—10 раз, что сокращает расход энергии (топлива) локомотивами на 4—11 % или позволяет увеличить массу поезда или скорость его движения на 5—9 %. Все это способствует повышению провозной и пропускной способности железных дорог;

- сопротивление движению не зависит от времени стоянки поезда и температуры окружающего воздуха. В подшипниках скольжения летом (при температуре 15—20 °С) после стоянки вагона в течение 5 мин коэффициент трения составляет 0,027, после 2 ч — 0,070, после 15 ч — 0,130, а в роликовых подшипниках — 0,015, или в 9 раз меньше. Зимой поезд, составленный из вагонов с подшипниками скольжения, трудно трогается с места, особенно на дорогах Урала и Сибири, при этом нередко возникают повреждения автосцепных устройств, рам кузова и других частей вагона;

- сокращается расход смазки в 5 раз (правда, при роликовых подшипниках применяются более дорогие сорта);
- не расходуются подбивочные материалы и баббит;
- повышается надежность буксового узла (отказы снижаются примерно в 10 раз), так как почти исключаются случаи трения букс, в результате чего уменьшаются ремонтные затраты, становится возможным увеличить скорости движения, безостановочные пробеги, ускорить оборот вагонов;
- резко сокращается объем работ по обслуживанию букс в поездах и на станциях, не требуются станционные смазчики в осенних и весенних переаправках букс, сокращается штат слесарей и осмотровиков вагонов, уменьшается число пунктов технического обслуживания вагонов;
- не требуются буксосмазочное хозяйство (пункты пропитки и генерации подбивочных концов, станционные трубопроводы и др.) и обслуживающий его штат работников.

Для сопоставления всех преимуществ и недостатков вагонов с роликовыми подшипниками ВНИИЖТ выполнил технико-экономические расчеты. Они показали, что капитальные вложения, связанные с переводом вагонного парка на роликовые подшипники, окупаются в короткие сроки, особенно если такой перевод осуществляется быстро.

В результате проведенных испытаний для оборудования пассажирских и грузовых вагонов были приняты цилиндрические подшипники размерами 130×250×80 мм и с горячей посадкой внутренних колец на шейку оси. Дополнительно с торца подшипники закрепляли гайкой (рис. 4.4). Испытывалась также надежность закрепления подшипника торцевой шайбой, притягиваемой к шейке оси тремя или четырьмя болтами (ось типа РУ1 Ш).

Предпочтение цилиндрическим подшипникам отдано из-за большей их долговечности (в 6—8 раз), меньшего коэффициента трения (в 2—3 раза), меньшей стоимости (в 1,5 раза), лучшей приспособленности к безвтулочной посадке. При горячей посадке не требуются дополнительные детали (втулки), увеличивающие габариты, массу и стоимость буксы, уменьшаются напряжения в шейке оси и в подшипнике от его посадки, в 5 раз снижаются трудоемкость и в 2,5 раза расходы на монтаж и демонтаж буксы.

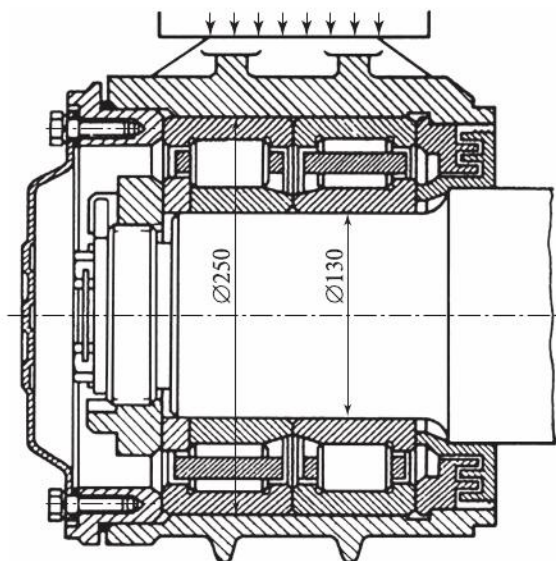


Рис. 4.4. Букса грузового вагона

В буксах с роликовыми подшипниками применялась смазка ЛЗ-1. С 1972 г. вместо нее стали использовать смазку ЛЗ-ЦНИИ с противозадирной присадкой, которая позволяет увеличить допустимую осевую нагрузку для цилиндрических подшипников.

С 1983 г. все новые грузовые вагоны оборудуют буксами с роликовыми подшипниками.

Глава 5. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВАГОНОВ-ХОППЕРОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ

Вагоны-хопперы представляют собой саморазгружающиеся вагоны бункерного типа для перевозки массовых сыпучих грузов. Кузов хоппера имеет наклонные торцевые стенки для выгрузки груза самотеком и разгрузочные бункеры с люками. Для перевозки зерна, цемента, минеральных удобрений, технического углерода используются закрытые вагоны-хопперы, для перевозки горячего агломерата и окатышей, угля, торфа, кокса — открытые.

Строительство и эксплуатация вагонов-хопперов в России началось с середины 60-х гг. прошлого века. В процессе эксплуатации хопперов выявлялись недостатки в их конструкции по следующим направлениям:

- развитие отдельных элементов кузова вагона;
- совершенствование разгрузочных механизмов;
- увеличение нагрузки на ось и обеспечение прохода кривых малого радиуса;
- изменение конструкции разгрузочных бункеров;
- установка на вагоны-хопперы предохранительных устройств, исключающих самопроизвольное открытие крышек люков разгрузочных бункеров;
- потребность в локальной выгрузке перевозимого груза из вагона-хоппера;
- применение разгрузочных устройств, позволяющих производить механизированную (пневмоцилиндром) или ручную разгрузку бункерного вагона;
- применение в ходовых частях вагонов-хопперов тележек с билинейным рессорным подвешиванием.

5.1. Устройство для открывания и закрывания крышек люков вагонов-хопперов

На рис. 5.1 показана схема устройства для открывания и закрывания крышек люков бункерного вагона. Устройство состоит

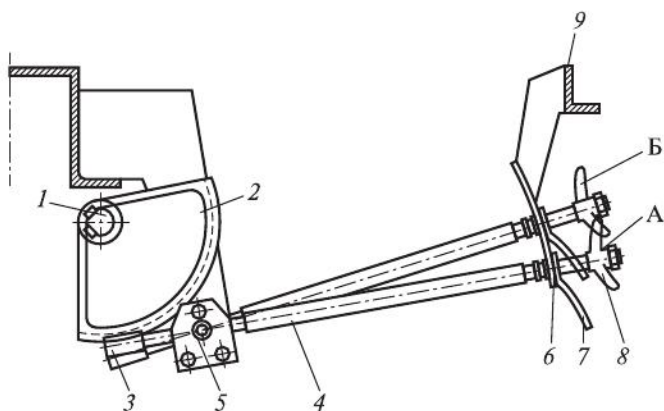


Рис. 5.1. Устройство для открывания и закрывания крышек разгрузочных люков бункерного вагона

из червячной самотормозящей пары — червяка и червячного секторов, которые имеют одно из двух положений: могут находиться или не находиться в зацеплении друг с другом в зависимости от положения, которое занимает червячный вал механизма ручного привода открывания разгрузочных люков.

Приводной вал 1 является основным, так как он имеет постоянное соединение с рычажной системой открывания крышек разгрузочных люков. Приводной вал для открывания (закрывания) крышек можно повернуть пневмоцилиндром при наличии сжатого воздуха на месте разгрузки. При этом червяк 3 должен быть выведен из зацепления со своим сектором 2. При отсутствии сжатого воздуха поворот приводного вала, следовательно, и открывание крышек для разгрузки можно произвести вручную только при зацепленном состоянии червяка с сектором путем вращения штурвала 8 на червячном валу.

Принцип устройства для открывания крышек разгрузочных люков заключается в следующем. На приводном валу 1 механизма открывания и закрывания крышек люков закреплен червячный сектор 2, в зацеплении с которым может находиться червяк 3, который вместе с сектором образует самотормозящую пару.

Червяк 3 закреплен на червячном валу 4, имеющем ось опоры 5 червячного вала, кронштейн 6, укрепленный к одному из элементов 9 рамы вагона, рукоятку червячного вала 7, штурвал 8. Опора 5

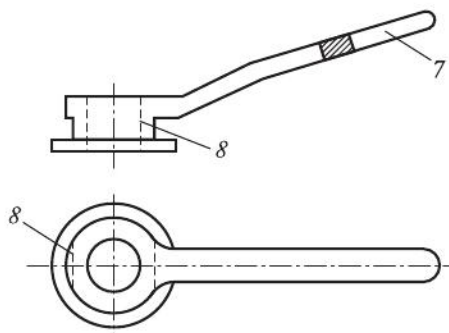


Рис. 5.2. Рукоятка червячного вала

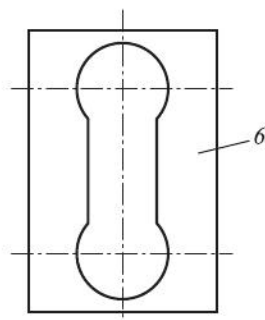


Рис. 5.3. Кронштейн

оси поворота крепится к хребтовой балке вагона с помощью листового кронштейна. Червячный вал 4 может поворачиваться на оси 5 на величину прорези в кронштейне 6.

Рукоятка червячного вала расположена на червячном валу 4, находится в зацеплении с неподвижным жестко закрепленным на раме кронштейном 6, в котором выполнена прорезь, имеющая по концам круглообразные уширения для фиксирования червячного вала 4 в верхнем или нижнем положении.

Рукоятка 7 устроена так, что червячный вал 4 проходит через ее отверстие, а сама рукоятка имеет выступ по диаметру с отфрезерованными параллельными плоскостями (рис. 5.2). При горизонтальном положении рукоятки ее выступ свободно входит в прорезь кронштейна 6 (рис. 5.3) и червячный вал можно переместить в верхнее или нижнее положение и, повернув рукоятку вниз, можно зафиксировать червячный вал: в нижнем положении А (см. рис. 5.1), при котором червяк 3 будет находиться в зацеплении с сектором 2; или приводной вал будет находиться в верхнем положении Б (см. рис. 5.1), при котором червяк 3 не будет находиться в зацеплении с сектором 2 на главном валу и механизм ручного привода будет отключен от пневмопривода.

5.2. Конструкция грузовой тележки, обеспечивающей плавный проход по кривым малого радиуса

Конструкция грузовой тележки для повышения эксплуатационной надежности за счет уменьшения усилий взаимодействия колес

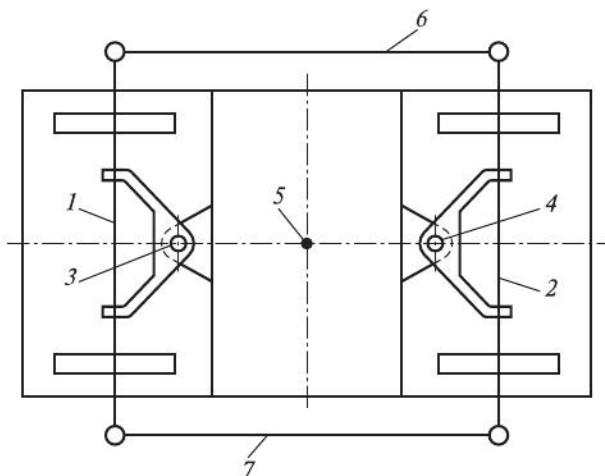


Рис. 5.4. Двухосная тележка рельсового транспортного средства

с рельсами показана на рис. 5.4. Двухосная тележка оборудована устройством, обеспечивающим самоустановку колесных пар при движении по криволинейным участкам пути.

Двухосная тележка рельсового транспортного средства содержит колесные пары 1 и 2, имеющие вертикальные оси поворота 3 и 4, расположенные между центром (шкворнем) 5 тележки и горизонтальной осью соответствующей колесной пары. Тележка снабжена продольными соединительными элементами 6 и 7, шарнирно связанными с осями колесных пар.

Первая колесная пара при входе тележки в кривую по ходу движения под действием силы от наружного рельса поворачивается в сторону внутреннего рельса. Вторая колесная пара будет синхронно с первой колесной парой поворачиваться в сторону внутреннего рельса, поскольку соединительные элементы 6 и 7 обеспечивают постоянство расстояния между осями колесных пар.

5.3. Изменение конструкции разгрузочных бункеров вагонов-хопперов

Разгрузочные качества вагонов-хопперов для перевозки сыпучих грузов определяются в основном величиной углов наклона к горизонту торцевых стенок кузова, стенок бункера и угла наклона ребер,

образованных этими стенками. В известных вагонах-хопперах моделей 11715 и 19-758 для перевозки цемента (рис. 5.5) угол наклона торцевых стенок кузова и стенок бункера равен 50° , $\alpha = \beta = 50^\circ$, где α — угол наклона к горизонту боковой стенки бункера, β — угол наклона к горизонту торцевой стенки бункера. Угол γ наклона к горизонту ребра, образованного боковой и торцевой стенками бункера, равен 40° , т.е. угол γ меньше углов наклона стенок бункера на 10° , что значительно ухудшает разгрузочные качества вагона. Увеличение угла γ за счет увеличения углов α и β приведет к чрезмерному увеличению размеров разгрузочных люков. Это, в свою очередь, увеличит давление груза на крышки люков (увеличение их массы) и усложнит конструкцию привода. В предлагаемой конструкции вагона-хоппера для перевозки сыпучих грузов основным техническим результатом является обеспечение более быстрой и надежной выгрузки, чем в существующих вагонах такого типа.

Указанный технический результат достигается тем, что в вагоне-хоппере бункерного типа для сыпучих грузов, содержащем кузов с вертикальными боковыми, наклонными торцевыми стенками

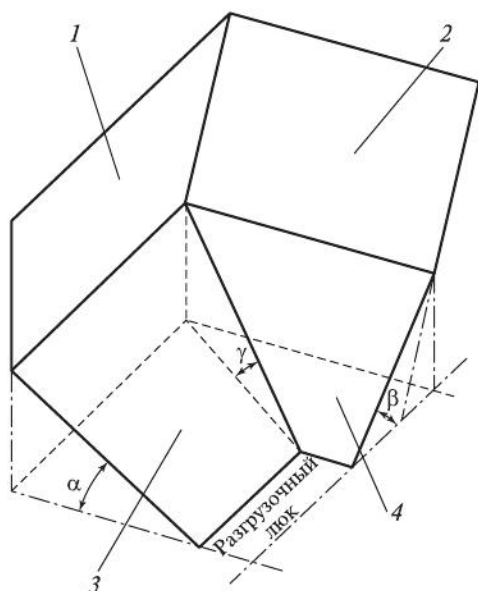


Рис. 5.5. Разгрузочный бункер вагона для сыпучих грузов

и бункерами с разгрузочными люками, в каждом углу кузова установлена косынка, которая соединяет между собой боковую и торцевую стенки кузова и стенки бункера.

На рис. 5.6. изображено разгрузочное устройство вагона-хоппера бункерного типа для перевозки сыпучих грузов.

Вагон-хоппер бункерного типа для сыпучих грузов содержит кузов с вертикальными боковыми стенками 1, наклонными торцевыми стенками 2 и бункерами. Бункер вагона-хоппера выполнен с боковыми стенками 3 и торцевыми стенками 4. В каждом углу кузова установлена косынка 5, которая соединяет между собой боковую 1 и торцевую 2 стенки кузова и стенки 4 и 5 бункера, т.е. косынка 5 перекрывает одновременно ребро, образованное пересечением боковой стенки 3 бункера с торцевой стенкой 4 бункера, и ребро, образованное пересечением боковой стенки 1 кузова с торцевой стенкой 2. Угол наклона косынки 5 к горизонту $\varphi = 50^\circ$, т.е. углы $\varphi = \alpha = \beta = 50^\circ$.

Кроме увеличения углов наклона ребер к горизонту, косынки 5 увеличивают жесткость конструкции кузова.

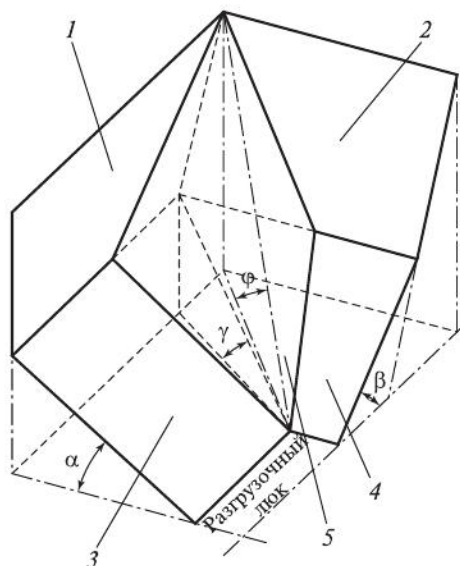


Рис. 5.6. Модернизированный бункер

5.4. Устройство для блокировки приводного вала открывания и закрывания крышек люков

Устройство для открывания и закрывания крышек разгрузочных люков вагонов-хопперов недостаточно надежно блокирует приводной вал. Для повышения надежности блокировки приводного вала разработано устройство (рис. 5.7), которое содержит приводной вал 1, кинематически связанный системой рычагов 2 и 3 и регулируемые тяги 4 с крышками люков 5. Приводной вал 1 выполнен поворотным от силового рабочего цилиндра 6. В указанном положении (рис. 5.7 и 5.8) ведущие рычаги 2 перешли «мертвую точку», т.е. оси тяг смещены от продольной оси вала на величину l . Блокировочная часть устройства содержит блокировочный сектор 7 (см. рис. 5.8), жестко закрепленный на приводном валу 1. Блокировочный сектор 7 имеет опорные ступеньки 8 и 9 для запирающего рычага 10, шарнирно закрепленного на раме вагона, воздухораспределитель 11 со штоком и сообщенными полостями, одна из которых соединена магистралью с силовым рабочим цилиндром 6, а другая — с краном управления (не показан), дополнительный силовой цилиндр 12, соединенный трубопроводом с краном управления.

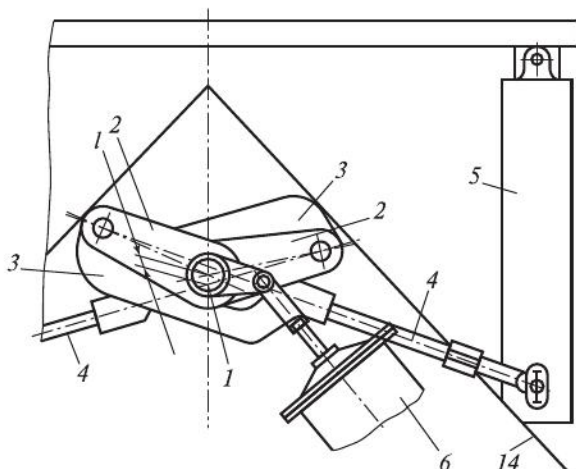


Рис. 5.7. Устройство для открывания и закрывания крышек разгрузочных люков вагона-хоппера

Шток цилиндра 12 шарнирно соединен с запирающим рычагом 10, который смонтирован так, что может взаимодействовать со штоком воздухораспределителя 11. Между рабочим цилиндром 6 и краном управления может быть расположен обратный клапан 13.

Для проведения разгрузки кран управления устанавливается в положение «Открыто», и воздух от крана поступает в воздухораспределитель 11 и пневмоцилиндр 12. Под действием давления воздуха поршень пневмоцилиндра 12 перемещается, сжимая пружину и поворачивая запирающий рычаг 10. Рычаг 10, поворачиваясь, отойдет от ступеньки 9 сектора 7 и одновременно нажмет на шток воздухораспределителя 11, который откроет путь воздуху в рабочий цилиндр 6. Под действием штока рабочего цилиндра 6 приводной вал 1 повернется по часовой стрелке, а вместе с ним повернется сектор 7 и займет положение, показанное на рис. 5.8. В этом положении крышки люков 5 открыты и груз из вагона высыпается. После разгрузки кран управления устанавливается в положение «Закрыто». При таком положении воздух от крана поступит в полость рабочего цилиндра 6, работающую на закрытие крышек. Одновременно воздух из пневмоцилиндра 12 через кран управления выйдет в атмосферу. Воздух из половины рабочего цилиндра, которая работала на открытие крышек люков, через обратный клапан 13 и кран управления выйдет в атмосферу.

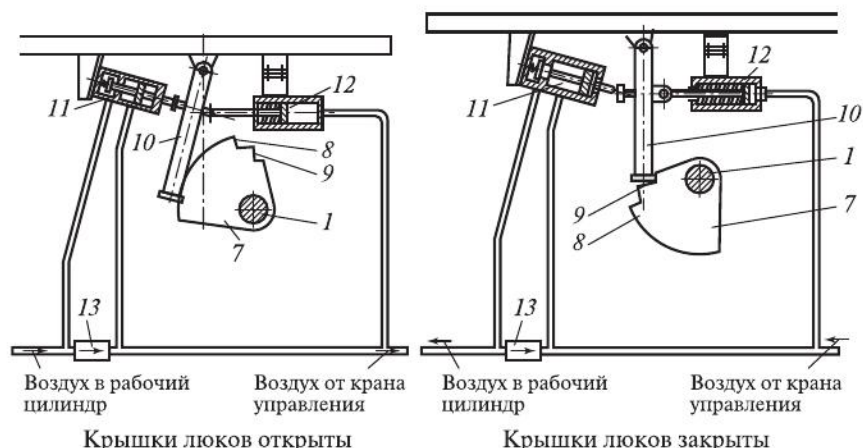


Рис. 5.8. Положение блокировочной части при открытых и закрытых крышках люков

Вал при закрытии крышек люков будет блокироваться в два этапа. Из положения, показанного на рис. 5.8, приводной вал будет поворачиваться против часовой стрелки, а вместе с ним будет поворачиваться и сектор 7. Если между крышками 5 и полом 14 по какой-то причине остался зазор, приводной вал заблокируется ступенькой 8 сектора 7. Если разгружаемый материал не попадает между крышкой и полом, приводной вал 1 повернется дополнительно, а запирающий рычаг 10 установится на ступеньку 9 сектора 7.

5.5. Конструкция билинейного рессорного подвешивания на грузовые тележки

При скоростях движения груженых вагонов до 50—60 км/ч рессорное подвешивание, как правило, заблокировано и практически не работает из-за излишней силы трения в клиновых гасителях. При этом возрастает силовое воздействие на путь и увеличивается напряжение в элементах тележки и кузова. Кроме того, в порожнем режиме статический прогиб рессорного подвешивания составляет 8—10 мм в зависимости от тары вагона. При таких небольших прогибах, во-первых, «страдает» динамика порожнего вагона, во-вторых, не удастся компенсировать износы в клиновой системе гасителя. Поэтому примерно в 50 % порожних вагонов один или несколько гасителей вообще не работают. В результате возникают предпосылки к сходу порожних вагонов с рельсов, что и наблюдается в эксплуатации.

По условию работы автосцепок разность прогибов рессор под брутто и тарой не должна превышать 55 мм. Это условие лимитирует суммарную минимальную жесткость подвешивания и, следовательно, ограничивает возможности улучшения вертикальной и горизонтальной динамики вагона на этих тележках в груженом, и особенно, в порожнем состоянии.

Техническим результатом модернизации является повышение эффективности тележки путем улучшения динамических характеристик вагона на этих тележках. Для достижения этого результата в тележке устанавливаются двухрядные витые цилиндрические пружины, наружные пружины выполнены длиннее внутренних примерно на 15—25 мм (рис. 5.9).

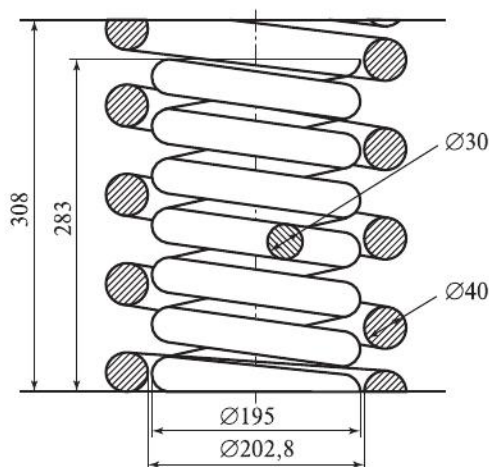


Рис. 5.9. Рессорный комплект тележки

Работа тележки заключается в следующем:

- При движении порожнего вагона работают только наружные пружины, что увеличивает статический прогиб в порожнем режиме вагона. При движении груженого вагона работают внутренние и наружные пружины.
- Благодаря билинейности жесткость рессорного подвешивания тележки уменьшается, что улучшает динамические показатели вагона в груженом и, особенно, в порожнем состоянии. Кроме того, уменьшается вероятность блокирования рессорного подвешивания.

5.6. Конструкция вагона-хоппера с локальной выгрузкой сыпучих грузов

Такие вагоны-хопперы могут быть использованы при ремонтных работах и строительстве железнодорожного пути, а также на путях промышленных предприятий, в карьерах и угольных разрезах. Вагон-хоппер оборудован разгрузочными бункерами, расположенными вдоль и поперек кузова. Каждый разгрузочный люк бункера имеет индивидуальный привод открывания и закрывания крышек. Крышки разгрузочных бункеров выполнены в виде двух челюстей, управляемых одним цилиндром, что позволяет производить частичную выгрузку груза. Общий вид вагона и разгрузочных люков представлены на рис. 5.10 и 5.11.

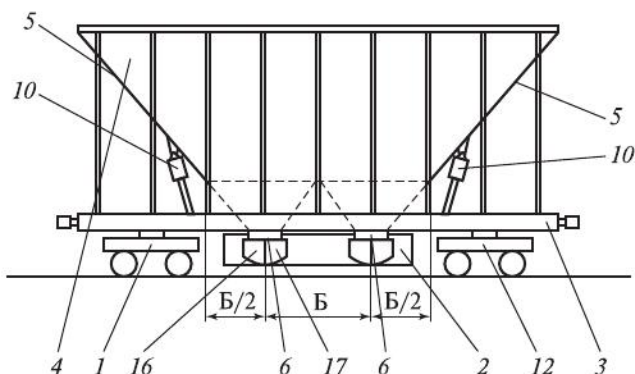


Рис. 5.10. Общий вид вагона-хоппера с локальной выгрузкой груза:
 1, 12 — тележки; 3 — рама; 4 — кузов; 5 — торцевые стенки; 6 — разгрузочные люки; 10 — пневмоцилиндр с узлом поворота; 16, 17 — крышки люков; Б — расстояние между поперечными рядами люков

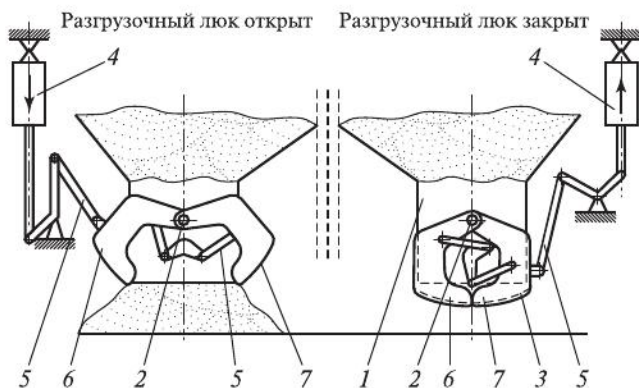


Рис. 5.11. Разгрузочные люки вагона-хоппера:
 1 — разгрузочные люки; 2 — ось; 3 — заслонка; 4 — пневмоцилиндр с узлом поворота; 5 — система рычагов; 6, 7 — челюсти крышек люков

Данные направления в совершенствовании конструкции вагонов-хопперов успешно применяются в вагоностроении.

Рекомендуемая литература

1. *Арбузов А.Я.* Анализ конструкций двухосных тележек грузовых вагонов с жесткой рамой и надбуксовым рессорным подвешиванием. Материалы Великолукского локомотивовагоноремонтного завода по созданию грузовых тележек нового поколения. — Великие Луки, 1994.

2. Вагоны. Основы конструирования и экспертизы технических решений: учебное пособие для вузов ж.-д. трансп. / А.П. Азовский, Е.В. Александров, В.В. Кобищанов, В.Н. Котуранов, В.П. Лозбинов, М.Н. Овечников, Б.Н. Покровский, В.И. Светлов, А.А. Юхневский; под ред. В.Н. Котуранова. — М.: Маршрут, 2005.

3. Железнодорожные цистерны. Конструкции, техническое обслуживание и ремонт: учебное пособие для работников железнодорожного транспорта / И.Г. Морчиладзе, А.П. Никодимов, М.М. Соколов, А.В. Третьяков; под ред. А.В. Третьякова. — М.: ИБС-Холдинг, 2006.

4. Конструирование и расчет вагонов: учебник для вузов ж.-д. транспорта / В.В. Лукин, Л.А. Шадур, В.Н. Котуранов, А.А. Хохлов, П.С. Анисимов; под ред. В.В. Лукина. — М.: УМК МПС России, 2000.

5. *Лукин В.В., Анисимов П.С., Федосеев Ю.П.* Вагоны. Общий курс: учебник для вузов ж.-д. трансп. / под ред. В.В. Лукина. — М.: Маршрут, 2004.

6. Проспект технологического института железнодорожной техники Болгарских государственных железных дорог, 1995.

7. *Соколов М.М., Третьяков А.В., Морчиладзе И.Г.* Архитектоника грузовых вагонов: учебное пособие для работников железнодорожного транспорта. — М.: ИБС-Холдинг, 2006.

8. *Харыбин И.А., Орлова А.М., Додонов А.В.* Совершенствовать ходовую часть грузовых вагонов // Вагоны и вагонное хозяйство. — № 1. — 2009.

9. *Шадур Л.А.* Развитие отечественного вагонного парка. — М.: Транспорт, 1988.

Оглавление

Введение	3
Глава 1. ОБЗОР И АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ.....	5
1.1. Парк отечественных грузовых вагонов и их ходовых частей.....	5
1.2. Модернизация зарубежных ходовых частей грузовых вагонов.....	9
Глава 2. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ГРУЗОВЫХ ТЕЛЕЖЕК.....	17
2.1. Отечественные грузовые тележки	17
2.2. Зарубежные грузовые тележки	44
Глава 3. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ КОЛЕСНЫХ ПАР	53
Глава 4. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ БУКСОВЫХ УЗЛОВ КОЛЕСНЫХ ПАР.....	64
Глава 5. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВАГОНОВ-ХОППЕРОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ.....	71
5.1. Устройство для открывания и закрывания крышек люков вагонов-хопперов.....	71
5.2. Конструкция грузовой тележки, обеспечивающей плавный проход по кривым малого радиуса.....	73
5.3. Изменение конструкции разгрузочных бункеров вагонов- хопперов	74
5.4. Устройство для блокировки приводного вала открывания и закрывания крышек люков	77
5.5. Конструкция билинейного рессорного подвешивания на грузовые тележки	79
5.6. Конструкция вагона-хоппера с локальной выгрузкой сыпучих грузов	80
Рекомендуемая литература	82

Учебное издание

Ойя Владимир Иванович

МОДЕРНИЗАЦИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Учебное пособие

Подписано в печать 16.02.2016 г.

Формат 60×84/16. Печ. л. 5,25.

ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию
на железнодорожном транспорте»

105082, Москва, ул. Бакунинская, д. 71

Тел.: +7 (495) 739-00-30,

e-mail: info@umczdt.ru,

<http://www.umczdt.ru>
