

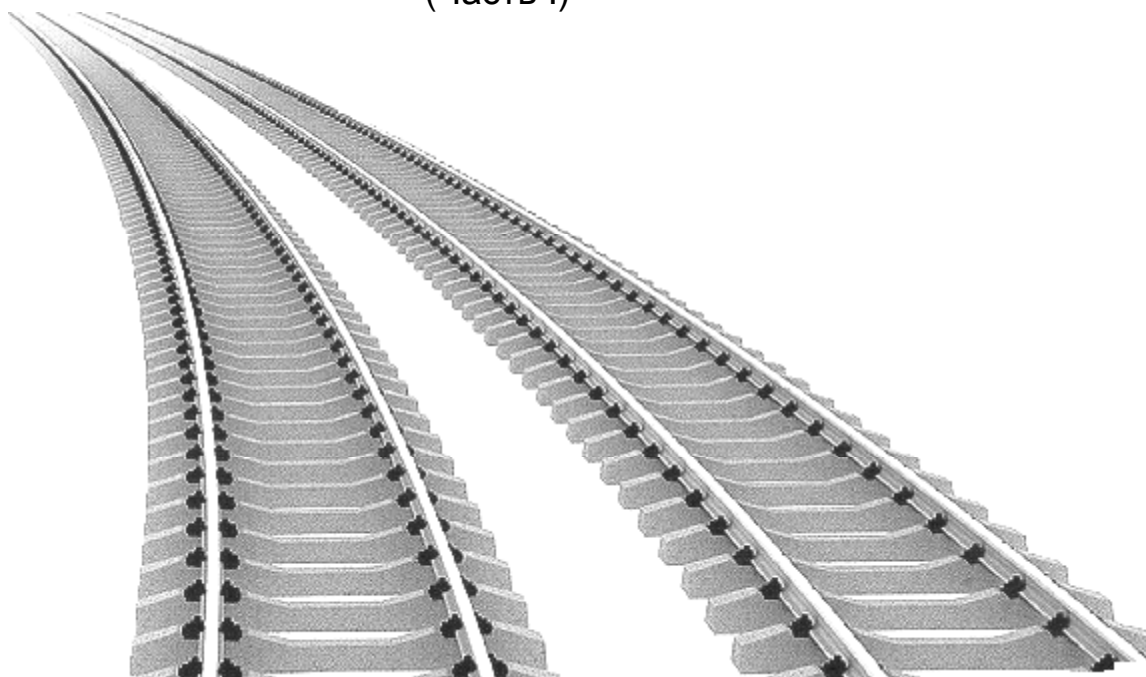
Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
ГОУ ВПО «Дальневосточный государственный
университет путей сообщения»

Кафедра «Железнодорожный путь,
основания и фундаменты»

Л.Л. Севостьянова

УСТРОЙСТВО, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТЫ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ

Конспект лекций в двух частях
(Часть I)



Хабаровск
2007

УДК 625. 115 (075. 8)
ББК О 211-045 я 73
С 281

Рецензенты:

Хабаровское ОКБ «Путевые машины» ПКТБЦП – филиала ОАО «РЖД»
(начальник ОКБ «Путевые машины» – зам. директора ПТКБ-ЦП
к.т.н И.Ф. Скрипачев)

Главный инженер Дорожного центра диагностики путевого хозяйства
ДВЖД – филиала ОАО «РЖД»
А.М. Ксендзацкий

Севостьянова Л.Л.

С 281 Устройство, проектирование и расчеты рельсовой колеи: Конспект лекций в двух частях. Часть первая / Л.Л. Севостьянова. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2007. – с.: ил.

Конспект лекций соответствует государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования направления 653600 «Транспортное строительство», специальности 270204 «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» подготовки дипломированных специалистов.

В первой части конспекта изложены основные сведения об устройстве рельсовой колеи на дорогах России. Рассмотрены особенности ходовых частей современного подвижного состава, влияющие на конструктивное оформление, размеры и допуски параметров рельсовой колеи.

В конспекте лекций систематизирована современная информация по устройству, проектированию и расчетам рельсовой колеи с учетом непревышения допускаемых значений непогашенных поперечных ускорений, скорости изменения их во времени и скорости подъема колеса по отводу возвышения, обеспечивающих безопасность движения поездов с установленными скоростями и наименьший уровень силового взаимодействия пути и подвижного состава.

Данная работа предназначена для студентов всех форм обучения выше указанной специальности. Может быть полезна слушателям Института повышения квалификации и инженерно-техническим работникам путевого хозяйства.

УДК 625. 115 (075. 8)
ББК О 211-045 я 73

© ГОУ ВПО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения» (ДВГУПС), 2007

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с требованиями ПТЭ все элементы железнодорожного пути должны обеспечивать безопасное и плавное движение поездов с наибольшими скоростями, установленными для данного участка.

В современных условиях работы ОАО «Российские железные дороги» перед работниками транспорта поставлены задачи по освоению возрастающих перевозок грузов и пассажиров. Повышаются веса поездов, увеличиваются скорости движения, повсеместно ведется усиление мощности железнодорожного пути – укладывается бесстыковая конструкция на железобетонном основании.

Изменения условий эксплуатации железнодорожного пути требуют корректировки параметров рельсовой колеи: возвышения; переходных кривых; в некоторых случаях уположения круговых кривых.

Переустройство рельсовой колеи связано со сдвигами оси пути в поперечном направлении, при этом необходимо не только определить величины сдвижек пути, но и найти оптимальные решения, которые позволят использовать существующую ширину основной площадки земляного полотна без устройства боковых присыпок.

Учитывая, что размеры и конструктивное оформление рельсовой колеи находятся в зависимости от размеров и конструктивных особенностей ходовых частей экипажей, в данной работе приведены основные сведения о них и об особенностях ходовых частей вагонов, обуславливающих повышенное боковое воздействие гребней колес на головку рельсов.

В конспекте лекций показана последовательность решения задач проектирования и расчетов рельсовой колеи в прямых (часть I) и кривых участках пути (часть II), приведены требования к ее элементам, расчетные схемы, формулы и примеры расчетов.

При этом основное внимание обращается на формулирование цели расчетов и проектирования, обоснование принимаемых решений, анализ полученных результатов, сравнение вариантов и аргументированные выводы и предложения.

Конспект лекций издан в дополнение к разделу «Рельсовая колея» учебника «Железнодорожный путь» [1] для специальности 270204 «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство». Содержание и последовательность изложения материала соответствует сложившейся практике решения задач в курсовом и дипломном проектировании в ДВГУПСе.

Конспект рассчитан на студентов четвертого и пятого курсов дневной и заочной формы обучения, разрабатывающих курсовые и дипломные проекты по разделу «Проектирование рельсовой колеи». Данная работа может быть полезна слушателям Института повышения квалификации и инженерно-техническим работникам путевого хозяйства.

ЛЕКЦИЯ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УСТРОЙСТВЕ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ И ХОДОВЫХ ЧАСТЕЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

1.1. Что такое рельсовая колея?

«Рельсовой колеей называются две геометрические линии, проходящие вдоль пути по внутренним граням головок рельсов на уровне их контакта с гребнями колес. Условно считают, что эти линии проходят по внутренним (рабочим) граням головок рельсов на уровне находящемся на 13 мм ниже их поверхности катания». Это определение принадлежит проф. В.М. Панскому.

Очертания рельсовых нитей под поездной нагрузкой представляют собой один из основных результатов деятельности путевого хозяйства, относятся к числу факторов включающих железнодорожный путь в перевозочный процесс.

Очертания рельсовых нитей во многом регламентированы нормативами на устройство и содержание рельсовой колеи.

Основным требованием при проектировании и устройстве рельсовой колеи является обеспечение безопасности движения поездов с установленными скоростями при минимуме сил взаимодействия рельсового пути и подвижного состава.

В соответствии с Правилами технической эксплуатации железных дорог РФ (ЦРБ 756) [4] с. 12, сооружение и устройство железных дорог должно соответствовать требованиям, обеспечивающим пропуск поездов с наибольшими установленными скоростями: пассажирских – 140 км/ч, рефрижераторных – 120 км/ч, грузовых – 90 км/ч, а по конкретным участкам железных дорог, в соответствии с приказом начальника дороги, устанавливаются дифференцированные скорости.

Рельсовая колея на прямых участках пути характеризуется: шириной колеи, положением рельсовых нитей по уровню и подуклонкой. На рис. 1 показана колесная пара, находящаяся на рельсовой колее в прямом участке пути.

Размеры ширины колеи S , насадки колес T и толщины гребней h (см. рис. 1) с учетом допусков и износа колес установлены ПТЭ [4].

Шириной колесной колеи q (колесной пары) называют расстояние между рабочими гранями гребней (реборд) колес в расчетной плоскости. Последняя расположена на 10 мм ниже средних кругов катания колес (для неизношенных колес и рельсов).

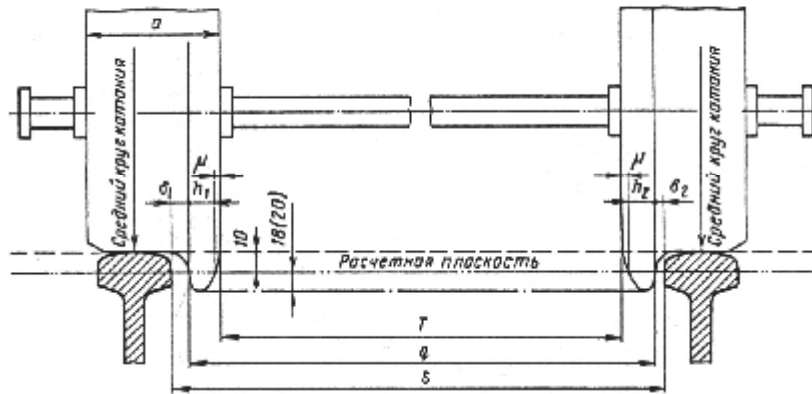


Рис. 1. Положение колесной пары в рельсовой колее на прямом участке пути
 a – ширина колеса; δ_1, δ_2 – зазоры между гребнями колес и рабочими гранями головок рельса; h_1, h_2 – толщина гребней колес; μ – утолщение гребней колес выше расчетной плоскости; T – насадка колес; q – ширина колесной пары; S – ширина колеи

В кривых участках железнодорожного пути рельсовая колея устраивается с учетом следующих особенностей:

1. При движении железнодорожного экипажа по кривой появляется сила инерции, которую обычно называют центробежной силой. Эта сила создает дополнительное давление на наружную рельсовую нить и вызывает крен кузова на рессорах, в связи с этим рельсы быстрее изнашиваются, возникают отбои рельсовых нитей, увеличиваются напряжения в элементах верхнего строения пути, пассажиры испытывают неприятные ощущения. С целью нейтрализации вредного влияния центробежной силы в кривых приподнимают наружную рельсовую нить над внутренней, то есть **устраивают возвышение наружной рельсовой нити**.

2. При переходе экипажа из прямой непосредственно в круговую кривую внезапно появляется центробежная сила. Для исключения динамического эффекта – внезапного воздействия экипажа на путь, вызывающего боковой толчок при входе экипажа в кривую и выходе из нее, между круговой кривой и прямой **устраивают особую кривую – переходную**.

3. Для облегчения вписывания (прохода) тележек экипажей в кривые участки пути ($R < 350 \text{ м}$) **устраивают уширение рельсовой колеи**.

4. Для соблюдения требований габарита приближения строений (С) в кривых двухпутных линий **увеличивают междупутные расстояния**.

5. С целью обеспечения расположения рельсовых стыков в одном створе (по «наугольнику») **укладывают по внутренней нити укороченные рельсы**.

Параметры рельсовой колеи, как в прямых, так и в кривых участках пути должны обеспечивать безопасное движение экипажей и минимизировать их силовое воздействие на путь. Поэтому **размеры и конструктивное оформление рельсовой колеи определяются во взаимосвязи ее с ходовыми частями подвижного состава, т.е. размерами и конструк-**

тивными особенностями ходовых частей экипажей и, в частности, колесных пар.

1.2. Основные сведения об устройстве ходовых частей подвижного состава

Любой экипаж (локомотив, вагон) состоит из неподрессоренной части и надрессорного строения. К неподрессоренной относятся ходовые части подвижного состава, т.е. тележки.

Они предназначены для обеспечения безопасного движения экипажей по рельсовому пути с заданной скоростью, плавностью хода и наименьшим сопротивлением движению. На рис. 2 показана двухосная тележка грузового вагона модели 18-100 рассчитанная на конструкционную скорость движения 120 км/час типа ЦНИИ-ХЗ-0

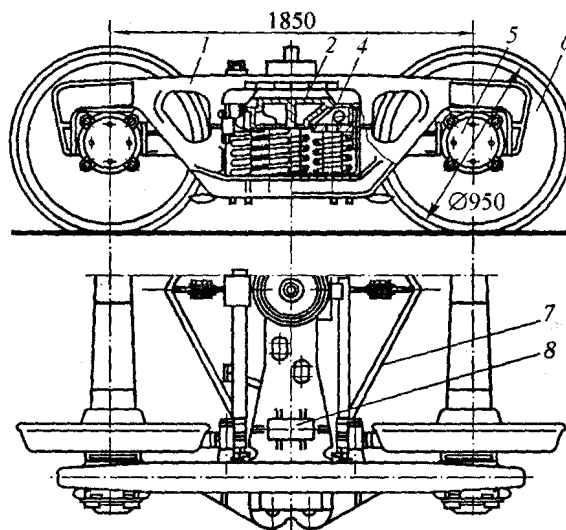


Рис. 2. Двухосная тележка грузового вагона с литыми боковыми рамами типа ЦНИИ-ХЗ-0

Тележка ЦНИИ-ХЗ-0 состоит из двух колесных пар 6, с четырьмя буксовыми узлами 5, двух литых боковых рам 1, надрессорной балки 2, двух комплектов центрального подвешивания с фрикционными гасителями колебаний 4 и тормозной рычажной передачи 7.

Боковая рама имеет объединенные пояса и колонки, образующие в средней части проем для размещения комплекта центрального рессорного подвешивания, а по концам – буксовые проемы.

Надрессорная балка (см. рис. 3) имеет поперечное сечение замкнутого типа и форму близкую к брусу равного сопротивления изгибу. Она отлита вместе с подпятником, служащим опорой кузова вагона, опорами для размещения скользунов и выемками для размещения фрик-

ционных клиньев. На каждой из двух опор скользунов размещаются перевернутые коробки 8 с регулировочными прокладками 9.

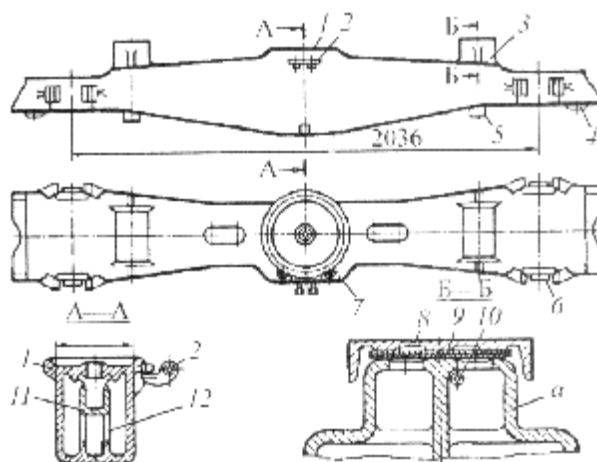


Рис. 3. Надрессорная балка тележки типа ЦНИИ-ХЗ-0

- 1 – подпятник; 2 – кронштейн мертвой точки рычажной передачи тормоза;
- 3 – опора для скользуна; 4 и 5 – бурты, ограничивающие смещения наружных и внутренних пружин рессорного комплекта при движении тележки;
- 6 – выемка, служащая для размещения фрикционных клиньев;
- 7 – полка крепления кронштейна мёртвой точки; 8 – колпак (коробка) скользуна;
- 9 – прокладки для регулировки зазоров между скользунами вагона и тележки;
- 10 – болт, предохраняющий колпак скользуна от падения;
- 11 – поддон для опоры шкворня; 12 – колонка, усиливающая опору на подпятник пятника вагона

Рессорное подвешивание тележки состоит из двух комплектов, каждый из которых имеет пять, шесть или семь двухрядных цилиндрических пружин (в зависимости от грузоподъемности вагона) и два фрикционных клиновых гасителя колебаний.

Колесные пары – это ось с глухонасаженными на нее стальными колесами. Тип колесной пары определяется типом оси, диаметром колес, конструкцией подшипника и способом крепления его на оси.

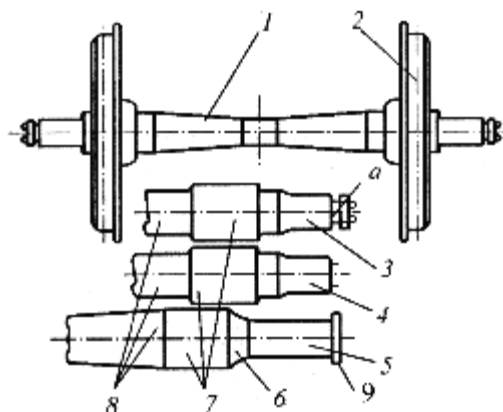


Рис. 4. Колесная пара

Размеры оси (см. рис. 4) зависят от величины расчетной нагрузки на ось. Исходя из расчетной нагрузки определяются диаметры шеек 3, 4, 5, подступичной – 7 и средней – 8 частей оси. Предподступичная часть – 6 является ступенью перехода шейки к подступичной части оси и служит для установки уплотняющих устройств буксы. На подступичных частях 7 прочно закрепляются колеса.

В настоящее время в эксплуатации находятся небольшое количество колесных пар с подшипниками скольжения, которые заменяются роликовыми. На торцах шеек – 5 таких колесных пар имеются буртики 9, ограничивающие продольные перемещения подшипников скольжения.

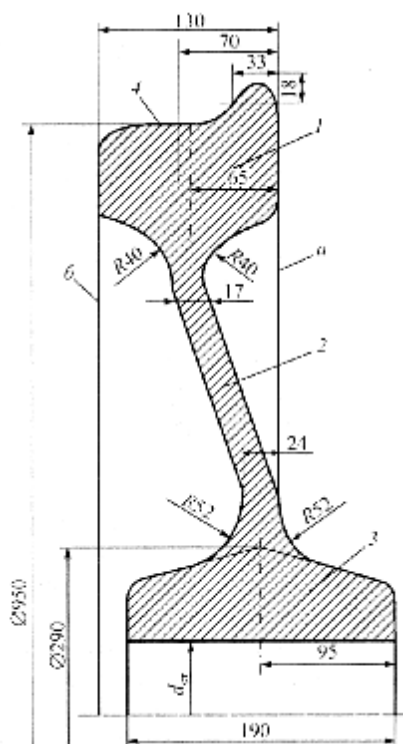


Рис. 5. Стальное цельнокатаное вагонное колесо: а – внутренняя грань колеса; б – наружная грань колеса

Основным типом вагонных колес являются цельнокатаные, а локомотивных – бандажные.

Стальное цельнокатаное колесо (рис. 5) состоит из обода 1, диска 2, ступицы 3. Рабочая часть колеса представляет собой поверхность катания 4. Ступица 3 с ободом 1 объединены диском 2, расположенным под некоторым углом к плоскости круга катания, что придает колесу упругость и способствует снижению уровня динамических сил во время движения. Ступица 3 служит для посадки колеса на подступичной части оси. Поверхность катания обрабатывается по специальному профилю см. рис. 6.

Бандажные (составные) колеса состоят из колесного центра, бандажа и предохранительного кольца. Учитывая сложные условия работы и

повышение надежности в эксплуатации бандаж изготавливают из стали повышенной прочности и твердости, а колесный центр – из более вязкой и дешевой стали. При достижении предельного износа или появления других повреждений бандаж можно заменить без смены колесного центра.

На дорогах России установлен стандарт на размеры колес. Диаметр колес измеряют по среднему кругу катания. **Средний круг катания** – это вертикальное сечение колеса, которое расположено на расстоянии 70 мм от внутренней грани колеса.

Вагонные колеса имеют диаметр по среднему кругу катания $d_v=950$ и 1050 мм. Локомотивные (тепловозные и электровозные) – $d_{тэп,эл}=1050$ и 1250 мм. Диаметр колес паровозов $d_{пар}=1200$ и 1850 мм. От диаметра колес зависит износ металла головки рельсов. Колеса опираются на головку рельса небольшой площадкой, которая имеет форму, напоминающую эллипс. При прочих равных условиях площадь контакта зависит от диаметра колеса. Чем меньше диаметр, тем меньше контактный эллипс, тем большие напряжения возникают в металле головки рельса и соответственно увеличивается износ.

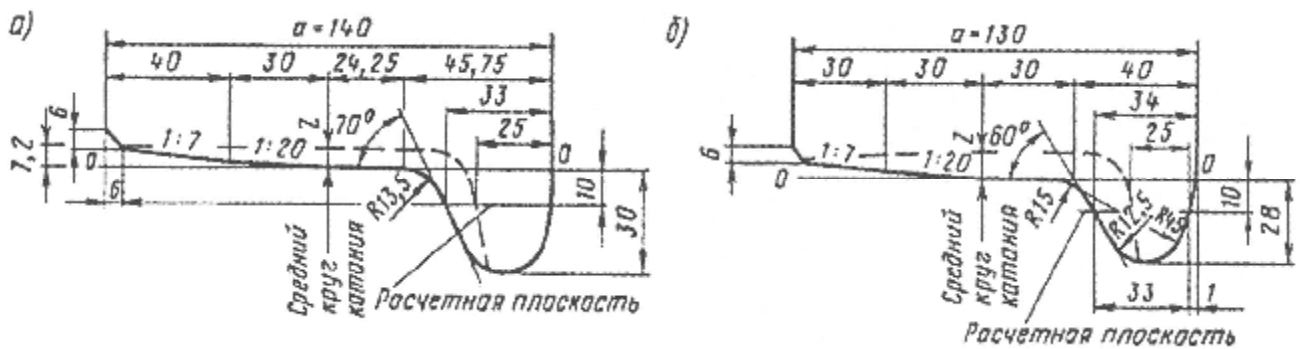


Рис. 6. Очертание и основные размеры колес: а) – локомотивного; б) – вагонного (штриховой линией показаны предельные износы колес)

Колеса своими ступицами (см. рис. 5) под сильным давлением (от 35 до 105 т) наглухо насаживаются на подступичную часть оси (см. рис. 4), диаметр которой на 0,1...0,3 мм больше диаметра ступиц. Таким образом, колеса могут вращаться только вместе с осью. Глухая насадка колес на оси обеспечивает неизменность расстояния между колесами и, следовательно, не допускает их проваливания внутрь колеи или схода наружу.

Расстояние между внутренними гранями бандажей или ободов цельнокатанных колес называется насадкой (Т) (см. рис. 1). В Правилах технической эксплуатации железных дорог записаны нормы и допуски для указанных расстояний. Насадка вагонных и локомотивных колес равна $T=1440$ мм. Допуски зависят от скорости движения экипажей. **При скоростях до 120 км/ч** отклонения допускаются в сторону увеличения и уменьшения не более 3 мм (т.е. $T=1440\pm 3$ мм). **При скоростях от 120 до 140 км/ч** отклонения допускаются в сторону увеличения не более 3 мм и в сторону уменьшения не более 1 мм, т.е. $T=1440(+3;-1)$ мм. См. [4].

Колеса имеют реборды (гребни). Назначение реборд – обеспечение направления и предохранение от схода колес с рельсов. Свес (высота) гребней (считая от среднего круга катания неизношенного колеса) локомотивных колес равен 30 мм, а вагонных – 28 мм (рис. 6).

Толщина гребней (реборд) измеряется на уровне расчетной плоскости, т.е. по нормали к геометрической оси колесной пары, расположенной на расстоянии 10 мм от средних кругов катания неизношенных колес (рис. 6). В виду того, что поверхность катания колес со временем изнашивается, толщину гребня измеряют на расстоянии от вершины реборды в 20 мм (для локомотивных колес) и в 18 мм (для вагонных), которые практически остаются неизменными весь срок службы колес.

Толщину гребней колес в расчетной плоскости принято обозначать буквой h . В процессе эксплуатации гребни колес изнашиваются неодинаково, поэтому на рис. 1 показана толщина гребня одного колеса h_1 другого h_2 . Выше расчетной плоскости толщина гребней вагонных колес продолжает увеличиваться на величину $\mu=1$ мм, а у локомотивных колес $\mu=0$.

Толщина неизношенного нового гребня вагонного и локомотивного колеса $h_{\max}=33$ мм. Наименьшая толщина изношенного гребня (реборды) при скоростях движения до 120 км/ч допускается $h_{\min}=25$ мм, при скорости движения более 120 км/ч до 140 км/ч $h_{\min}=28$ мм. См [4].

Колеса железнодорожных экипажей имеют коническую форму поверхности катания (рис. 6). Коническая обточка колес необходима для обеспечения плавности движения экипажей, безопасного прохода по стрелочным переводам и недопущения образования седлообразного (желобчатого) износа колес.

Если одно такое колесо катится по рельсу меньшим кругом, а другое колесо этой же оси большим кругом, то последнее колесо будет опережать первое. Возникает виляющее движение колесной пары. Однако колесные пары в основном занимают среднее положение в рельсовой колее. Как только колесная пара выведена по каким-либо причинам из среднего положения, она сейчас же стремится вновь занять симметричное положение, при этом колесные пары будут двигаться по волнообразной кривой, а не в перекошенном в плане положении, как это было бы при цилиндрических колесах.

Колеса с цилиндрической поверхностью катания не обеспечили бы плавности движения. Любая неровность пути (в плане или в профиле) вызвала бы резкое перемещение экипажа вбок (т.е. толчок).

Кроме того, уже при небольшом износе таких колес на них образовывалось бы седлообразное углубление или желоб. Желоб на поверхности катания колеса недопустим, так как в ряде случаев он приводил бы к значительному росту динамических сил и даже ударных.

Например, резкие удары получаются при прохождении колеса, имеющего седлообразный (желобчатый) прокат, по крестовине – при перекатывании с сердечника на усовик или наоборот, а также по стрелке, при перекатывании с остряка на рамный рельс.

При коничности поверхности катания колес 1/20 на участке преимущественного их износа седлообразного углубления не возникает. Износ имеет вид, показанный штриховой линией на рис. 6.

Коничность колес имеет некоторые недостатки. Она приводит к «вилянию» экипажей, является одной из причин проскальзывания колес в кривых участках пути. Однако спокойное, плавное и устойчивое движение экипажей, которое обеспечивает коничность поверхности катания колес, так важно, что с указанными ее недостатками приходится мириться.

Колеса в поперечном разрезе имеют сложную форму (рис. 6). Гребень колес сопрягается с поверхностью катания по кривой, очерченной радиусом 15 мм у вагонов и 13,5 мм у локомотивов. Этот радиус близок к радиусу сопряжения верхней и боковой граней головки рельсов. Это сделано для того, чтобы затруднить вкатывание колес на рельсы. Далее идет коническая поверхность с уклоном 1/20, затем 1/7. Переход коничности колес

от 1/20 к 1/7 сделан с той целью, чтобы облегчить их перекатывание с острия на рамный рельс и с сердечника крестовины на усвик и обратно. Край колеса заканчивается фаской шириной и высотой 6 мм, у цельнокатанных колес фаска с наружной стороны заменяется закруглением радиусом 10 мм.

В процессе эксплуатации поперечный профиль колес изменяет форму, появляется вертикальный износ (прокат), измеряемый по среднему кругу катания.

Прокат колес пассажирских вагонов, моторвагонного подвижного состава и локомотивов при скорости движения **свыше 120 км/ч до 140 км/ч не должен превышать 5 мм**, а при скорости движения **до 120 км/ч – более 7 мм**, у моторвагонного и специального самоходного подвижного состава и пассажирских вагонов в поездах местного и пригородного сообщения – **более 8 мм**, у вагонов рефрижераторного парка и грузовых вагонов – **более 9 мм** [4].

Шириной колесной пары (колесной колеей) (см. рис. 1) называют **расстояние между рабочими гранями гребней колес в расчетной плоскости.**

$$q = T + h_1 + h_2 + 2\mu - \xi_q, \quad (1.1)$$

где T – насадка колес;

h_1, h_2 – толщина гребней колес;

μ – утолщение гребней колес выше расчетной плоскости;

ξ_q – уменьшение ширины колесной пары за счет упругого изгиба ее оси под нагрузкой (для загруженных вагонов $\xi_q=2\div 4$ мм, для локомотивов $\xi_q=1$ мм).

В соответствии с формулой 1.1 при неизношенных гребнях колес ширина колесной пары без учета изгиба оси под нагрузкой составляет: у вагонных колес $q_{\text{ваг}} = T + 2h_{\text{макс}} + 2\mu = 1440 + 2 \cdot 33 + 2 \cdot 1 = 1508$ мм; у локомотивных колес $q_{\text{л.п.}} = 1440 + 2 \cdot 33 = 1506$ мм.

Наибольшая ширина колесной пары:

– **у вагонов** $q_{\text{ваг}}^{\text{макс}} = T_{\text{макс}} + 2h_{\text{макс}} + 2\mu = 1443 + 2 \cdot 33 + 2 \cdot 1 = 1511$ мм,

– **у локомотивов** $q_{\text{л.п.}}^{\text{макс}} = T_{\text{макс}} + 2h_{\text{макс}} = 1443 + 2 \cdot 33 = 1509$ мм.

Считать, что минимальная ширина колесной пары вагонов $q_{\text{ваг}}^{\text{мин}} = T_{\text{мин}} + 2h_{\text{мин}} + 2\mu = 1437 + 2 \cdot 25 + 2 \cdot 1 = 1489$ мм, исходя из допускаемой минимальной насадки 1437 мм и толщины гребня в 25 мм, было бы неправильно, так как на одной колесной паре совпадение изношенных до допускаемого предела в 25 мм гребней одновременно на обоих колесах фактически не бывает. Один из гребней всегда изнашивается более интенсивно, чем другой, и, следовательно, раньше достигает установленного предела в 25 мм. Это является следствием того, что колесные пары не идеально

перпендикулярны к оси кузова, а середина их не идеально совпадает с осью кузова (при сборке вагона получаются небольшие неточности в допускаемых пределах). Кроме этого при проходе экипажей в кривых тележка вагона занимает перекосное положение, что способствует неодинаковому износу гребней колес.

В связи с этим величина q_{\min} была установлена ЦНИИ МПС специальными обмерами массы колесных пар и обработкой результатов методами математической статистики. При этом получилось, что $q_{\min}=1492$ мм.

При расчетах взаимозависимости размеров рельсовой колеи и колесных пар следует учитывать изменение величины насадки колесных пар (T), установленной при изготовлении, и вследствие изгиба осей под нагрузкой.

В связи с тем, что буксовые узлы в современном подвижном составе располагаются снаружи колесной пары, ширина насадки на расчетном уровне уменьшается. Величина этого уменьшения (ξ_q) зависит от конструкции, размеров колесных пар и величины осевой нагрузки. Обычно в расчеты вводят $\xi_q=2$ мм для вагонов и $\xi_q=1$ мм для локомотивов. См. рис. 7.

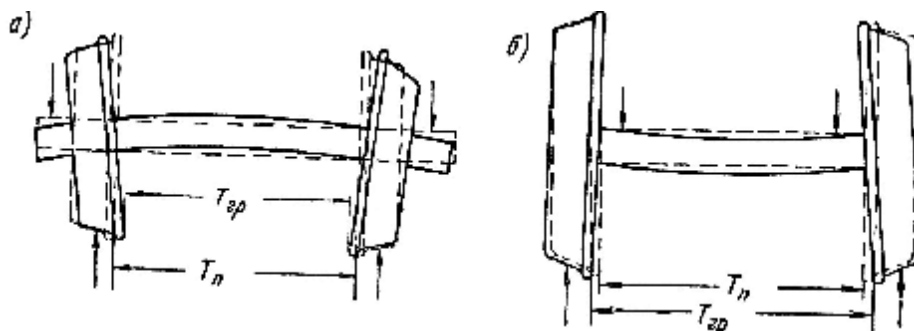


Рис. 7. Изменение величины насадки понизу при изгибе оси колесной пары: а) – вагонной, электровозной, тепловозной и тендерной осей; б) – паровозной оси; T_n – насадка ненагруженной оси; T_{zp} – насадка нагруженной оси

Особенностями подвижного состава, влияющими на его вписывание в кривые, являются следующие:

1. В современных условиях эксплуатации железных дорог широкое распространение получили **тележечные экипажи, кузов которых располагается на двух- трех- или четырехосных тележках**, которые по сравнению с нетележечными обеспечивают лучшее вписывание в кривые участки пути [10]. В каждой тележке колесные пары объединены общей рамой. По способу передачи нагрузки от кузова применяют тележки с пятниковым устройством (пятник-подпятник) и с опиранием на скользуны (полным или частичным с подпружиниванием).

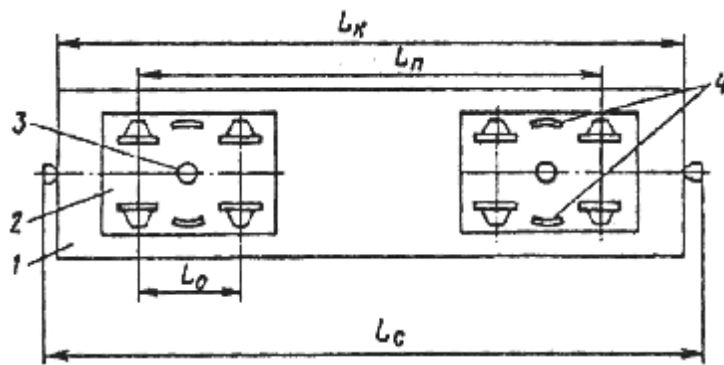


Рис. 8. Схема железнодорожного экипажа: 1 – кузов; 2 – тележка; 3 – центральная опора (шкворень); 4 – боковые опоры (скользун); L_k – длина кузова; L_n – длина полной колесной базы; L_0 – длина жесткой базы; L_c – полная длина экипажа (между осями автосцепки)

При движении экипажей по рельсам колесные пары, объединенные общей рамой, должны всегда оставаться параллельными друг другу.

Параллелизм осей закрепленных в раме тележки экипажа необходим для того, чтобы экипажи проходили рельсовую колею безопасно, в противном случае при значительном перекосном положении одной из осей возможен сход ее с рельсов.

Расстояние между осями крайних колесных пар, остающимися параллельными друг другу при движении, как по прямым, так и по кривым участкам пути называется жесткой базой (L_0) (рис. 8, 9).

Расстояние между крайними осями всего экипажа называется его полной колесной базой (L_n) (рис. 8, 9).

Чем больше жесткая база экипажа, тем труднее при прочих равных условиях вписывается экипаж в кривые участки пути и стрелочные переводы.

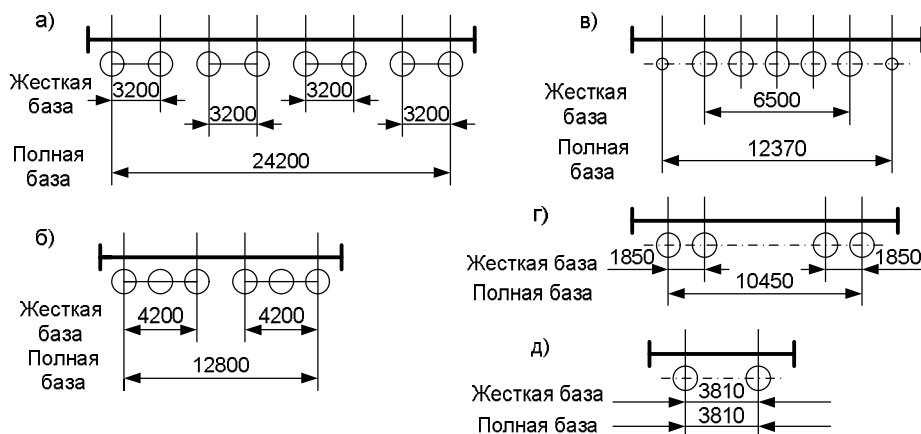


Рис. 9. Полная и жесткая колесные базы: а) – электровоза ВЛ8 (2 секции); б) – тепловоза ТЭЗ; в) – паровоза серии ФД; г) – четырехосного грузового полувагона; д) – двухосного вагона

Число осей в жестких базах и длины жестких баз для разных типов экипажей, обращающихся по железным дорогам России приведены в табл. 1.1.

2. Между тележками и кузовом или между главной рамой экипажа и поддерживающими осями имеются демпфирующие и возвращающие устройства.

Демпфирующие устройства способствуют гашению (демпфированию) боковых колебаний (виляний) тележек на прямых участках, но увеличивают поперечные силы в кривых. Так силы трения в шкворнях и в скользянах создают демпфирующий момент трения, препятствующий повороту тележек относительно кузова.

Возвращающие устройства предназначены для возвращения отклонившихся частей экипажа в исходное положение, кроме того, они играют амортизирующую роль, снижают динамические силы взаимодействия кузова и тележки и тем самым экипажа и пути. Очевидно, что возвращающие устройства одновременно оказывают и демпфирующее влияние.

Функции амортизирующих возвращающих устройств отчасти выполняет рессорное подвешивание (в частности, цилиндрические пружины). Специальные возвращающие и амортизирующие устройства помещают между кузовом и тележками, например люлечное подвешивание (см. рис. 10), получившее распространение в пассажирских вагонах.

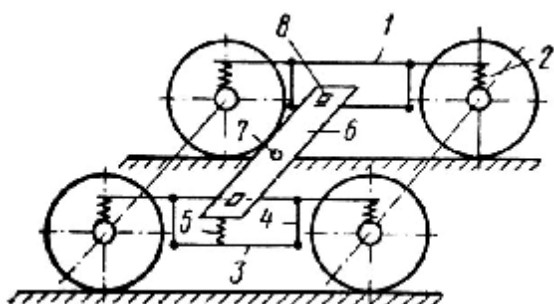


Рис. 10. Люлечное подвешивание кузова:

- 1 – боковые балки рамы тележки;
- 2 – буксовое рессорное подвешивание;
- 3 – поддон люльки;
- 4 – подвески;
- 5 – центральная система рессорного подвешивания;
- 6 – балка;
- 7 – шкворень;
- 8 – скользуны

Кузов пассажирского вагона опирается на люльку через балку 6 (посредством шкворня 7 или скользуна 8), опирающуюся через центральную систему рессорного подвешивания 5 на поддоны люльки 3, шарнирно закрепленные посредством подвесок 4 к боковым балкам 1 рамы тележки. Рама опирается на колесные оси через буксовое рессорное подвешивание 2.

У современных пассажирских вагонов, предназначенных для высоких скоростей движения, кузов 1 располагается на двух тележках двойного рессорного подвешивания (см. рис. 11).

Рамы тележек 2 опускаются на колесные пары 6 посредством буксовых рессорных комплектов 3, поставленных на буксы 4 (первичное подвешивание). Кузов опирается на тележку центральным рессорным комплектом 5 (вторичное подвешивание). Для центрирования положения тележки относительно кузова и восприятия ею продольных (тяговых и тормозных) сил

имеется шкворневое устройство 7, обладающее достаточной горизонтальной упругостью. Рессорные комплекты у современных вагонов выполняются в виде пружинных конструкций или пневматическими.

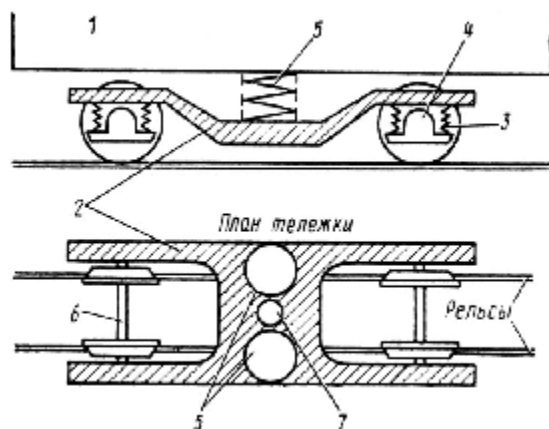


Рис. 11. Двойное рессорное подвешивание кузова пассажирского вагона:
 1 – кузов; 2 – рамы тележек; 3 – рессорные комплекты; 4 – буксы;
 5 – центральный рессорный комплект; 6 – колесные пары;
 7 – шкворневое устройство

У локомотивов ТЭП60, ЧС1, ВЛ80 и др. функции амортизирующих возвращающих устройств выполняют упругие маятниковые опоры, шкворни с возможностью упругого перемещения поперек рам и т.п.

3. Тележки устраивают несочлененными и сочлененными. Сочленение снижает влияние тележек на прямых и максимальные значения поперечных сил. Его обычно делают упругим. Для примера на рис. 12 представлена схема электровоза ВЛ80.

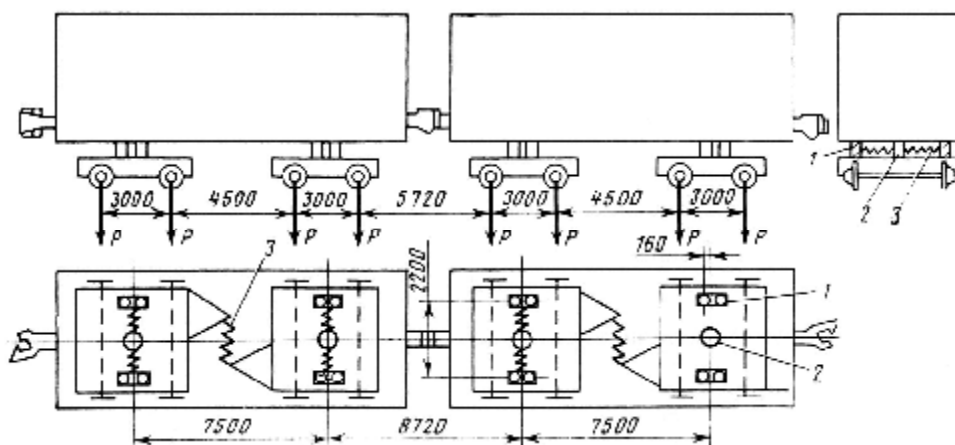


Рис. 12. Схема электровоза ВЛ80:
 1 – боковые опоры (скользуны),
 2 – центральные опоры по одной на тележку (шкворни);
 3 – упругая связь между тележками (сочленение)

Центральные опоры выполнены в виде шкворней, имеющих возможность упругих поперечных перемещений. Шкворневое устройство не несет вертикальной нагрузки, оно воспринимает тяговые и тормозные силы, а также поперечные, действующие между кузовом и тележкой.

4. Направляющие оси (крайние в тележках) обычно устраивают с упругими упорами в буксах или вместе с ними имеют поперечные упругие связи с рамой тележки (буксы с цилиндрическими упругими направляющими или с упругими поводками). Набегающее на рельсовую нить колесо, проходя по горизонтальным неровностям пути (неправильное положение в плане рельсовой колеи или отдельных рельсовых нитей), приходит в ударно-динамическое взаимодействие с этой нитью. При наличии упоров, сохраняющих при взаимодействии свою упругость, ударно-динамические силы, которые при этом возникают, передаются на раму тележки смягченными. При наличии амортизирующих устройств между тележками и кузовом на последний эти силы воздействуют в более ослабленном виде. **Поэтому так желательно разделение масс кузова и тележек, тележек и направляющих осей упругими амортизаторами.**

5. Колесные пары некоторых многоосных (трехосных и более) тележек имеют свободные поперечные разбеги (рис. 13), то есть

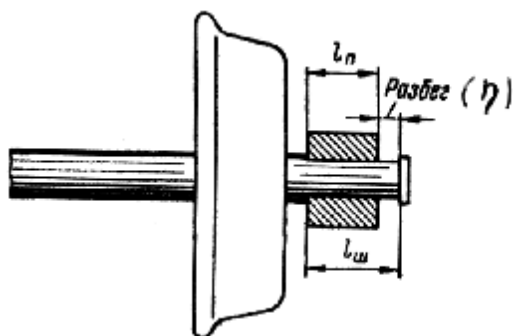


Рис. 13. Поперечный разбег:
 l_n – длина подшипника; $l_{ш}$ – длина оси;
 η – поперечный разбег

обладают возможностью перемещения вдоль своих осей в ту или другую сторону на некоторую величину (до ± 22 мм). Поперечные разбеги улучшают прохождение (вписывание) тележек экипажей в кривых, в противном случае следовало бы увеличить ширину рельсовой колеи. Поперечные разбеги образуются за счет разности длин оси ($l_{ш}$) и подшипника (l_n) (см. рис. 13).

6. В многоосных жестких базах иногда (у паровозов) устраивают у некоторых осей колеса без реборд; иногда колесам дают неполномерные реборды.

В таблице 1.1 приведены параметры ходовых частей подвижного состава, обращающегося по железным дорогам Российской Федерации.

Таблица 1.1

Параметры ходовых частей подвижного состава

Тип экипажа	Конструкционная скорость V , км/ч	Радиус колеса по кругу катания r , см	Число осей в жесткой базе	Длина жесткой базы L_0 , см	Поперечные разбеги осей η , мм	
					крайних η_1	средней у трехосной тележки η_2
1	2	3	4	5	6	7
Электровозы переменного тока						
ВЛ80, ВЛ80к	110	62,5	2	300	1,0	-
ВЛ82м	110	62,5	2	300	1,0	-
Ф	110	62,5	3	467	0	0
Фп	160	62,5	3	484	0	0
ЧС4т	160	62,5	3	460	1,5	1,3
К	100	62,5	3	495	-	-
ВЛ65	120	62,5	2	290	1	-
Электровозы постоянного тока						
ВЛ23	100	60	3	440	0	14
ВЛ8	80	60	2	320	2,9	-
ВЛ10	100	62,5	2	300	1,0	-
ЧС1	120	62,5	2	333	0	0
ЧС2м, ЧС2т	160	62,5	3	460	0	0
ЧС3	120	62,5	2	333	0	0
ЧС200	220	62,5	2	320	0	0
Тепловозы						
ТЭ7	140	52,5	3	420	1,5	14
ТЭ3, ТЭ30	100	52,5	3	420	1,5	14
2ТЭ10Л	100	52,5	3	420	1,5	14
2ТЭ10В	100	52,5	3	370	1,5	14
2ТЭ116	100	52,5	3	370	1,5	14
2ТЭ121	100	52,5	3	440	1,5	14
ТЭП10	140	52,5	3	420	1,5	14
ТЭП60	160	52,5	3	460	0	19
ТЭП70	160	52,5	3	430	1,5	14
ТЭП75	160	61,0	3	430	1,5	14
ТГ102К	120	61,0	2	250	1,5	-
Вагоны						
грузовой четырехосный	-	47,5	2	185	6	-
грузовой шестиосный	-	47,5	3	350	2	6
пассажирский	-	52,5	2	270	6	-

1.3. Заключение

В настоящей лекции приведены общие сведения об устройстве рельсовой колеи на дорогах России. Рельсовая колея на прямых характеризуется шириной, положением рельсовых нитей по уровню и подуклонкой.

Конструктивное оформление и размеры рельсовой колеи и конструктивные особенности и размеры ходовых частей подвижного состава взаимозависимые. Поэтому при устройстве, проектировании и расчетах и содержании рельсовой колеи, как в прямых, так и в кривых участках пути этот фактор следует учитывать.

Контрольные вопросы

1. Чем характеризуется рельсовая колея в прямых?
2. Перечислить основные конструктивные особенности ходовых частей подвижного состава.
3. Что такое насадка колес, реборды? Нормы и допуски.
4. Что такое жесткая база экипажа и полная база?
5. Что такое расчетный уровень и где он располагается относительно уровня головки рельса?
6. Размеры колесных пар (q_{max} , q_{min}).
7. Преимущества и недостатки колес с конической поверхностью катания.
8. С какой целью принято достаточно сложное очертание поверхности катания колес?

ЛЕКЦИЯ 2. РЕЛЬСОВАЯ КОЛЕЯ НА ПРЯМЫХ УЧАСТКАХ

2.1. Общие сведения

Очертания рельсовых нитей в прямых участках пути определяются основными нормативами на устройство и содержание рельсовой колеи по направлению в плане, по ширине рельсовой колеи, положению рельсовых нитей по уровню и по подуклонке рельсов (см. [2], [3], [5]).

При устройстве рельсовой колеи на прямых участках, путь по направлению в плане должен быть возможно ближе к прямой. Но, так как ширина колеи колеблется в пределах допускаемых величин допусков, то по направлению в плане выравнивают при помощи оптического прибора или бинокля одну из рельсовых нитей, называемую **рихтовочной**, другую нить – **перешивочную**, устанавливают по шаблону в пределах допусков по ширине колеи +8 мм и -4 мм. Поле допусков равно 12 мм (см. рис. 14).

На двухпутных железнодорожных линиях рихтовочная нить, как правило, внутренняя, а перешивочная – бровочная; на однопутных участках рихтовочная нить устанавливается начальником дистанции пути в за-

зависимости от местных условий (состояния земляного полотна, наличия односторонних пучин и др.).

Путь в плане должен соответствовать проектному положению.

Положение пути в плане в кривых нормируется и оценивается в зависимости от установленных скоростей движения, по разности смежных стрел изгиба рельсовых нитей, измеряемых от середины хорды длиной 20 м (в кривых малых радиусов от хорды длиной 10 м или 5 м).

Для обеспечения безопасности движения поездов, рационального определения видов и сроков выполнения путевых работ по устранению и предупреждению появления отступлений от номинальных размеров и норм устройства рельсовой колеи производится оценка отступлений от номинальных значений параметров рельсовой колеи (ширины колеи, уровня, перекосов, просадок, плана), контролируемых путеизмерительными вагонами по четырем степеням, регламентированным в зависимости от установленных скоростей движения поездов по принципу: чем выше установлены скорости движения поездов, тем жестче допускаемые величины степеней отступлений и требования, предъявляемые к содержанию пути (см. [2; 3; 5]).

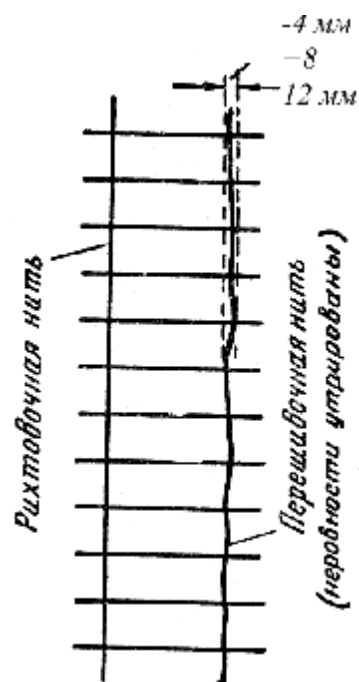


Рис. 14. Положение рельсовых нитей в плане

2.2. Ширина колеи

Одной из главных характеристик пути является ширина колеи. От нее зависят: ширина земляного полотна, размеры балластной призмы, подрельсовых опор (шпал, плит, малогабаритных рам), а значит и объемы земляных работ (при отсыпке земляного полотна), объемы дорогостоящих балластных материалов, стоимость подрельсовых опор. С шириной колеи связаны размеры подвижного состава, расходы на эксплуатацию дороги и многое другое.

2.2.1. Ширина колеи на железных дорогах мира

Ширину колеи долгое время устанавливали на железных дорогах мира без достаточных обоснований и расчетов, руководствуясь размерами локомотивов, объемом перевозок грузов и пассажиров.

Так первые железные дороги Франции имели ширину колеи 500 мм. В Англии на металлургических заводах с 1767 г. на конных железных доро-

гах применяли чугунные рельсы корытообразного профиля. Ширина колеи на этих дорогах (их называли «чугунки» или «конки») соответствовала габаритам упряжки («конки») и равнялась 4 футам и 6 дюймам (**1372 мм**) (1 фут равен 304,8 мм, дюйм – 25,4 мм).

На железных дорогах мира наиболее распространены следующие размеры ширины рельсовой колеи.

«Европейская» стандартная (стефенсоновская) колея равная 1435 мм (4 фута и 8½ дюйма). Большинство стран Западной Европы, Северной и Южной Америки (США, Канада, Мексика), Азии (в том числе Китай), Африки, на скоростной дороге «Сенкансен» Японии применяют ширину колеи – 1435 мм.

Эту ширину колеи впервые применили в Англии при строительстве первых железных дорог. Джорж Стефенсон, руководивший первой паровой железной дорогой Ливерпуль–Манчестер, предложил размер ширины колеи $S = 1435$ мм. Это было связано с тем, что при проектировании паровозов для дороги с шириной колеи $S = 1372$ мм возникли затруднения с размещением цилиндров паровой машины по бокам паровозного котла, в связи с чем пришлось удлинить ширину колесной пары и, соответственно, увеличить расстояние между рельсами на 2,5 дюйма, т.е. на 63 мм.

Так, в 1825 г. появился «европейский стандарт» – колея шириной 1435 мм.

В Англии до 40-х годов XIX века были и другие размеры ширины колеи: 1676, 1600, 2135 мм. В середине 40-х годов вопрос ширины колеи был одним из самых острых в общественной жизни страны, и было принято решение парламентом Великобритании принять ширину колеи **1435 мм** (легче перешить путь с широкой колеи на узкую). Исключение было сделано для Ирландии, там ширина колеи **1600 мм**.

А поскольку Д. Стефенсон являлся основным поставщиком паровозов, то эта ширина колеи распространилась по миру. Сегодня протяженность дорог, имеющих ширину колеи 1435 мм, составляет более 720 тыс. км.

В России большой вклад в развитие промышленного транспорта внес горный инженер П.К. Фролов. В 1806 г. он составлял проект сооружения железной дороги от Змеиногорского рудника до Корбалихинского завода протяженностью 1867 м с шириной колеи 1067 мм.

Первая в России рельсовая дорога с паровой тягой была построена в 1834 г. на Нижнетагильском металлургическом заводе Демидовых механиком Е.А. Черепановым и его сыном. **Ширина колеи для первого русского паровоза составляла 2 аршина и 5 вершков (1645 мм)**.

В августе 1834 г. по приглашению горного ведомства в Санкт-Петербург приехал известный специалист – австрийский инженер Ф.А. Герстнер с целью строительства железных дорог в России. В 1836 г. он разработал проект **Царскосельской железной дороги (Санкт-Петербург–Царское село) с шириной колеи 1829 мм (6 футов)**. Такая ширина колеи была необхо-

дима для возможности перевозки громоздких грузов, в том числе карет. Кроме того, данная ширина колеи позволяла в будущем увеличить мощность паровозов.

При строительстве магистрали Санкт-Петербург–Москва вновь возник вопрос о ширине колеи. Павел Петрович Мельников после изучения железнодорожного дела в США писал «Трудно допустить, чтобы «измерение» для одного из главных элементов железнодорожного пути (ширины рельсовой колеи) принятое почти случайно на первой дороге Англии было выгодным для всех железных дорог вообще...».

Увеличение ширины колеи открывало перспективы роста грузопотока, но сдерживалось повышенной материалоемкостью, снижением прочности пути и подвижного состава.

Многие лучшие инженеры Америки в эти годы полагали, что сейчас бы они стали применять ширину колеи шире 1435 мм.

В августе 1842 г. была создана специальная комиссия под председательством генерал-лейтенанта М. Дестрема. В нее входил ярый сторонник широкой колеи консультант – американский инженер – **майор Г. Уистлер**. Он предложил колею шириной **5 футов (1524 мм)**. Она была принята и стала нормой для железных дорог России. Ширина колеи 1524 мм по сравнению со степенсоновской повышала устойчивость подвижного состава, увеличивала пропускную способность и скорость движения.

Россия стала первым в мире государством, на железных дорогах которого был установлен единый стандарт – расстояние между рельсами – 1524 мм.

В это время в Америке насчитывалось более 16 разных размеров ширины колеи.

На сегодня протяженность полутораметровой ширины колеи составляет более 227 тыс. км (на всей территории бывшего Советского Союза, Монголии и Финляндии).

Третье место в мире по протяженности занимают железные дороги с колеей **S = 1067 мм – «капская колея»**. Применяется в странах Южной Африки, Австралии, Новой Зеландии, на Сахалинской железной дороге (РФ), Японии. Протяженность линий с «капской» шириной колеи составляет 112 тыс. км.

По поводу происхождения «капской» колеи существует две версии.

Одна связана с историческим фактом. Первые в мире магистральные дороги были построены в Капской провинции Южной Африки.

Другая версия гласит, что К.А.П. – это инициалы инженера Карла А. Филиса, построившего железную дорогу на севере Норвегии, изолированную от других линий этой страны.

Метровая колея – 1000 мм используется в Аргентине, Бразилии, Чили, во Вьетнаме, Таиланде и др. странах Азии и Африки. Эта колея занимает четвертое место по протяженности – 95 тыс. км.

«Иберийская» колея – 1668 мм эксплуатируется в Испании, Португалии. Испания и Португалия находятся на Пиренейском полуострове, а его древнее название было – Иберия, поэтому и колея получила название «иберийская».

Индийская колея равна 1676 мм и используется в Индии, Иране, Пакистане, Бангладеш, Таиланде и др. странах Азии, в Аргентине и Чили тоже применяют эту ширину колеи.

1600 мм – «ирландская» колея в Ирландии, Бразилии и на части Австралии.

Узкоколейные железные дороги применяются во многих странах мира с шириной колеи **750 или 760 мм**.

В России узкоколейные дороги устраивают с шириной 750 мм.

2.2.2. Ширина колеи на дорогах России

На железных дорогах России принято измерять ширину колеи (S) на прямых и в кривых участках пути между рабочими гранями рельсов на уровне расчетной плоскости, то есть ниже поверхности катания колеса по рельсу на 13 мм [1].

Размеры и допускаемые отклонения ширины колеи (S) и ширины колесной пары (q) установлены с таким расчетом, чтобы обеспечить наличие необходимой для нормального движения колесной пары по рельсовой колее суммы зазоров δ_1 и δ_2 между гребнями колес и рельсами.

Вследствие колебания («виляния») колесная пара в прямой может занять любое промежуточное положение, при этом величины зазоров δ_1 и δ_2 будут меняться, но их сумма $\delta_1 + \delta_2 = \delta$ в данном сечении пути для конкретной колесной пары – величина постоянная. При полном прилегании гребня одного колеса к рельсу зазор δ оказывается на противоположной стороне. Из рис. 1 видно, что ширина колеи равна:

$$S = q + \delta + \xi_s \quad (2.1)$$

где q – ширина колесной пары;

δ – суммарный зазор между рабочими гранями рельсов и ребордами колес;

ξ_s – упругое уширение ширины колеи под подвижным составом. Обычно при исправном состоянии пути и подвижного состава упругое расширение колеи $\xi_s = 2$ мм в прямых участках пути и 4÷8 мм в кривых. Величина отжатия зависит от типа рельсов, состояния скреплений и шпал, нагрузки на ось, скорости движения. Под тяжеловесными нагрузками отжатие рельса может превышать 8 мм.

Зазор δ необходим для: уменьшения износа рельсов и гребней колес; уменьшения сопротивления движению поездов; недопущения вползания гребня колеса на рельс.

В то же время чем больше суммарный зазор и скорость движения, тем больше будут горизонтальные поперечные силы, возникающие при виляющем движении экипажа на прямых, и тем сильнее возможны удары гребней колес в рельсы при косых набеганиях колес в прямых и при входе в кривые участки пути, при этом ухудшаются условия комфортабельности езды пассажиров.

Силы бокового воздействия гребней на рельсы в прямых могут достигать 30...40 кН и более. Эти силы зависят от скорости набегания колес на рельсы при «вилянии», которая будет тем больше, чем чаще и больше размах (амплитуда) виляния. В результате путь быстрее расстраивается, требуются большие затраты на его техническое обслуживание. Вот почему желательным является уменьшение зазора между гребнем колеса и рельсом особенно при скоростях движения свыше 120 км/ч.

Практически уменьшить зазор δ возможно за счет:

1. Увеличения ширины колесной пары, ужесточая допусковые отклонения по сужению насадки колес $\overset{\circ}{O}_{\min} = 1440 - 1 = 1439$ мм и увеличения минимально допустимой ширины гребней колес $h_{\min} = 28$ мм.

2. Уменьшения ширины колеи.

Ширина рельсовой колеи $S=1524$ мм (5 футов), принятая в 1842 г., была государственным стандартом для всех русских железных дорог вплоть до 1970 года.

В середине пятидесятых годов прошлого столетия во ВНИИЖТе под руководством В.Д. Никифоровского были проведены исследования по установлению оптимальной ширины колеи на прямых участках пути.

С 1965 г. исследования влияния ширины колеи 1520 мм на прямых и кривых радиусом до 350 м проводила кафедра «Путь и путевое хозяйство» ВЗИИТа под руководством М.А. Чернышова. На Свердловской, Южно-Уральской, Северо-Кавказской, Московской и Львовской дорогах были организованы эксплуатационные наблюдения. За два года наблюдений не было выявлено никаких отрицательных последствий в части увеличения количества выхода рельсов по дефектам. Исследования показали, что на участках пути с шириной колеи равной 1518 мм количество дефектных рельсов было больше, чем на участках с шириной колеи 1524 мм. уменьшение ширины колеи на 4 мм, т.е. $S=1520$ мм не повлияло на увеличение выхода рельсов по дефектам.

На основе экспериментальных и теоретических исследований была регламентирована ширина колеи $S=1520$ мм на прямых и в кривых радиусом $R \geq 350$ м.

На существующих линиях впредь до их перевода на колею 1520 мм (при капитальном ремонте пути) допускается на прямых участках пути и в кривых радиусом более 650 м номинальный размер ширины колеи $S=1524$ мм.

В 1970 году эти нормы вошли в ПТЭ [4].

На Сахалинской железной дороге номинальный размер ширины колеи $S=1067$ мм. В последние годы частично железные дороги Сахалина реконструируют с изменением ширины колеи, т.е. устраивают ее равной 1520 мм.

Размеры колесных пар, рельсовой колеи и суммарного зазора δ приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Размеры колесных пар и рельсовой колеи на прямых, мм

Параметры колесных пар и рельсовой колеи		Вагонные колеса при скоростях, км/ч		Локомотивные колеса при скоростях, км/ч	
		до 120	от 120 до 140	до 120	от 120 до 140
Насадка Т	макс	1443	1443	1443	1443
	норм	1440	1440	1440	1440
	мин	1437	1439	1437	1439
Толщина гребня h	макс	33	33	33	33
	норм	33	33	33	33
	мин	25	28	25	28
Ширина колесной пары q (или колесной колеи)	макс	1511	1511	1509	1509
	норм	1508	1508	1506	1506
	мин	1489	1497	1487	1495
Ширина рельсовой колеи S	макс	1528	1528	1528	1528
	норм	1520	1520	1520	1520
	мин	1516	1516	1516	1516
Суммарный зазор δ	макс	39	31	41	33
	норм	12	12	14	14
	мин	5	5	7	7

2.2.2.1. Допуски содержания рельсовой колеи по ширине

Содержание ширины колеи в соответствии с нормой – одна из главных задач. Однако под воздействием поездов ширина колеи меняется, и содержать ее совершенно неизменной практически невозможно. Поэтому введены допуски, которые указывают возможные пределы ее уширения и сужения.

Выбор допусков связан с условиями взаимодействия пути и подвижного состава, с интенсивностью и скоростью движения поездов. **Величина допусков ширины колеи – это вопрос как технический, так и экономический.** Оптимальные допуски ищутся уже более 100 лет.

В истории развития железных дорог России допуски неоднократно менялись. В 1894 г. при номинальном значении ширины колеи $S=1524$ мм были установлены допуски +0,003 и -0,001 сажень (+6,4 мм и -2,13 мм). Периодически допуск меняли так: в 1922 г. допуски +6, -0; в 1928 г. +10, -0; в 1935 г. +6, -2; в 1962 г. +6, -4. Последние допуски просуществовали до 1996 г.

В марте 1996 г. были установлены допуски на уширение +8 мм и на сужение -4 мм на участках, где приказом начальника дороги установлена скорость движения поездов 50 км/ч и более.

На участках с меньшими скоростями, т.е. при $V < 50$ км/ч допуски на уширение +10 мм и на сужение -4 мм.

Допустимыми пределами колебаний в размерах ширины колеи покрывается влияние неточности пришивки, обжатия скреплений, небольших неровностей рельсов и скреплений, износа рельсов и скреплений, некоторого расплющивания головок рельсов в стыках, небольшого остаточного отжатия промежуточных скреплений в процессе эксплуатации.

Некоторое увеличение поля допусков в 1996 г. было связано с тем, что в этот период увеличился полигон с кустовой гнилостностью шпал, стоимость деревянных шпал возросла, поэтому изменение допусков, т.е. увеличение поля допусков до 12 мм уменьшило число перешивок пути, в результате увеличился срок службы деревянных шпал и уменьшились расходы на текущее содержание пути. Допускаемые величины отклонений отступлений по ширине колеи приведены в [2, 3, 5].

Для обеспечения плавности хода регламентируются не только абсолютные значения допустимых отклонений по ширине колеи, но и **степень пологости изменения ширины колеи** в пределах этих допусков.

Резкое изменение ширины даже в пределах допусков вызывает внезапный толчок подвижного состава. Такой толчок порождает большие боковые силы, что может нарушить безопасность движения поездов особенно на бесстыковом пути температурно-напряженного типа в период действия сжимающих продольных температурных сил.

На участках, где установлена **максимальная скорость движения пассажирских поездов до $V_{\max} = 140$ км/ч плавность отвода (уклон отвода) по ширине колеи должна быть не более $i = 1\text{‰}$ (т.е. 1 мм на 1 пог. м пути). При скоростях $140 \div 159$ км/ч – $i = 0,67\text{‰}$ (1 мм на 1,5 м); при скоростях 160 км/ч и более уклон отвода $i = 0,5\text{‰}$ (т.е. 1 мм на 2 пог. м).**

При текущем содержании пути нормы допускаемого уклона отвода ширины колеи для установленной скорости регламентируются [3].

В соответствии с Инструкцией по текущему содержанию пути (ЦП-774) при превышении допускаемого уклона отвода ширины колеи для установленной скорости, определяемого на базе 2 м, скорость уменьшается до значений, соответствующих фактическому уклону отвода, вплоть до закрытия перегона для движения поездов.

Предельно допускаемые уклоны отвода ширины колеи, определяемые на базе 2 м приведены в табл. 2.2.

Допускаемые уклоны отвода ширины колеи

№ п/п	Допускаемые уклоны отвода ширины колеи, $i_{отв}, ‰$	Допускаемые скорости движения поездов, до $V_{max}, \text{км/ч}$
1	2,5	140
2	3,0	120
3	3,5	100
4	4,0	80
5	4,5	60
6	5,0	25

При уклоне отвода ширины колеи более 5‰, в том числе и при измерении на базе 1м, путь для движения поездов закрывается и принимаются меры к немедленному устранению неисправности пути.

Уклон отвода ширины колеи при ручных промерах определяется как разность значений ширины колеи в сечениях пути через 2 м, уменьшенная на разность величин бокового износа рельсов в этих сечениях и деленная на 2000 м.

Пример: Ширина колеи в сечении 1 составляет 1530 мм и боковой износ головки наружного рельса 4 мм; в сечении 2 (через 2 м) – ширина колеи 1535 мм и боковой износ 6 мм; уклон отвода ширины колеи составляет:

$$i_{отв} = \frac{(1535 - 6) - (1530 - 4)}{2000} = 1,5 ‰.$$

2.2.2.2. Обоснование предельно-допускаемых размеров ширины колеи

Для оценки допустимости установленных отклонений по ширине колеи определены размеры ширины колеи, которые являются опасными при ее сужении и уширении. **Предельные отклонения ширины колеи по сужению и уширению определены из условия обеспечения безопасности движения поездов.**

1. Опасный предел по сужению ширины колеи [S_{min}] определяется из условия недопущения заклинивания колесной пары, имеющей максимальные размеры ($q_{max}=1511$ мм).

$$S_{min} = q_{max} = T_{max} + 2h_{max} + 2\mu, \quad (2.3)$$

где T_{max} – максимальная величина насадки, $T_{max}=1443$ мм;

h_{max} – максимальная ширина гребня колеса, $h_{max}=33$ мм;

μ – утолщение гребня выше расчетной плоскости, для вагонных колес $\mu=1$ мм.

Следовательно, заклинивание колесной пары в рельсовой колее на прямых становится возможным при ширине колеи $S_{\min}=1511$ мм.

Согласно ПТЭ минимально допустимая ширина колеи $[S_{\min}]=1512$ мм. При ширине колеи $S \leq 1511$ мм перегон закрывается для движения поездов.

2. Опасный предел по уширению колеи $[S_{\max}]$ определяется из условия недопущения провала колесной пары, имеющей минимальные размеры. Началом провала колес считается такое положение, когда одно из колес прижато к рабочей грани рельса, а другое опирается фаской (6х6 мм) на боковую выкружку рельса (см. рис. 15).

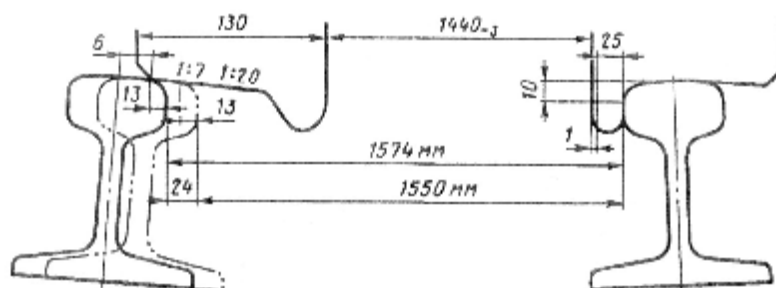


Рис. 15. Расчетное положение колесной пары при определении максимально допустимой ширины колеи

Такое положение колесной пары возможно при ширине колеи

$$S_{\max} = h_{\min} + \mu + T_{\min} + 124 - r_{13}, \quad (2.4)$$

где h_{\min} – минимальная ширина гребня колеса, $h_{\min}=25$ мм;

μ – утолщение гребня выше расчетной плоскости, $\mu=1$ мм;

T_{\min} – минимальная величина насадки, $T_{\min}=1437$ мм;

124 – расстояние от внутренней грани колес до начала фаски колеса (6х6 мм);

r_{13} – горизонтальное расстояние от начала закругления головки рельса до ее рабочей грани, $r_{13}=13$ мм.

Следовательно, провал колесной пары возможен при ширине колеи равной $S_{\max} = 25 + 1 + 1437 + 124 - 13 = 1574$ мм.

Однако практически опасность схода может наступить при ширине колеи меньше 1574 мм, когда точка перехода коничности поверхности катания колеса 1/20 в 1/7 совпадет с началом закругления головки рельса (см. рис. 15) и S_{\max} будет равна $S_{\max} = 25 + 1 + 1437 + 100 - 13 = 1550$ мм.

В этом случае, если будет иметь место большой боковой толчок или плохие шпалы, или изношенные промежуточные скрепления, то возникнет дополнительное распирающее действие. Сразу колесо не провалится, но через

несколько оборотов оно может отжать рельсовую нить и соскользнуть с нее внутрь колеи.

Учитывая упругий изгиб осей колесных пар под нагрузкой ($\xi_q=2$ мм) и упругие изменения (увеличение) ширины колеи ($\xi_s=2$ мм) под подвижным составом в ПТЭ **максимально допустимая ширина колеи, обеспечивающая безопасный пропуск подвижного состава принята равной $[S_{max}]=1548$ мм (см. [4]).**

Таким образом, при ширине колеи $S \leq 1511$ мм и при $S \geq 1547$ мм путь закрывают для движения поездов.

2.3. Положение рельсовых нитей по уровню

По высоте обе рельсовые нити должны быть на одном уровне. Однако еще в начале 80-х годов 19 века некоторые дороги практиковали содержание пути с превышением одной нити над другой на 0,002 сажени (4 мм). С 1952 года, в связи с повышением скоростей движения поездов на Челябинском направлении, было вновь принято и внесено в ПТЭ решение **сохранять перешивочную нить выше рихтовочной.**

В настоящее время рекомендуется (см. [3] с. 16) **перешивочную нить содержать выше рихтовочной на 6 мм:** на прямых длиной не менее 200 м за исключением прямых участков, расположенных между смежными кривыми одного направления; на всех мостах с ездой на балласте; на металлических мостах с ездой поверху и длиной не более 25 м.

На металлических мостах длиной более 25 м, в тоннелях, на стрелочных переводах и на подходах к ним на протяжении 25 м рельсовые нити должны быть в одном уровне.

Перечень прямых участков, где разрешается содержание одной рельсовой нити выше другой на 6 мм, устанавливается приказом начальника дистанции пути.

В чем польза от устройства понижения одной нити относительно другой? Когда экипаж движется по такому пути, он слегка наклоняется. При этом возникает боковая сила, которая старается прижать колеса к пониженной (рихтовочной) нити. Поэтому, хотя подвижной состав и виляет при движении в колее, он двигается, придерживаясь в основном рихтовочной, т.е. более плавной нити. (Напоминаю, рихтовочную нить по направлению в плане выравнивают с помощью оптических приборов или бинокля). Это способствует более плавному движению поезда, в первую очередь, на участках с высокими скоростями.

Ощутимая польза от понижения одной из нитей достигается лишь в том случае, если это понижение одинаково и постоянно на всем протяжении прямой. Если же понижение будет непостоянным, то возникнут дополнительные причины колебания вагонов и вместо пользы будет вред.

Номинальный уклон отвода по уровню от нормы 6 мм к нулевому положению не должен превышать 1‰ (1 мм на 1 пог. м) (см. [3] с. 17).

2.3.1. Нормы и допуски содержания рельсовой колеи по уровню

От нормального положения рельсовой колеи по уровню возможны два принципиально различных вида отклонений.

Первый – превышение одной рельсовой нити над другой выше установленных допусков влечет за собой несколько большую нагрузку на пониженную рельсовую нить, а при длительном его оставлении – несколько больший ее износ.

Второй – перекося нитей (см. рис. 16), это резкие отклонения по уровню рельсовых нитей от среднего положения сначала в одну, затем в другую сторону с расстоянием между вершинами (т.е. наибольшими отклонениями по уровню) 20 м и менее (величина 20 м определяется самой большой длиной единицы подвижного состава).

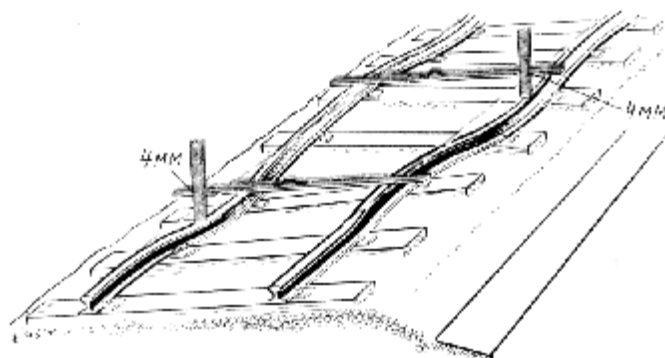


Рис. 16. Утрированная схема образования перекосов пути

Если суммарное отклонение рельсовых нитей по уровню в разные стороны превышает 8 мм, то требуется устранение такой неисправности.

Превышающий установленные допуски перекося является опасным видом отступления в положении рельсовых нитей по уровню, так как при следовании по нему подвижного состава может получиться разгрузка отдельных колес. Разгрузка колеса от вертикальной силы при сильном боковом прижатии его гребня к рельсу может вызвать вкатывание гребня колеса на рельс и сход подвижного состава. Перекося тем опаснее, чем выше скорость.

Отводы отклонений от правильного положения рельсовых нитей по уровню не должны превышать 1 мм на 1 метр длины пути при скоростях движения до 140 км/ч, при скоростях более 141 км/ч – 1 мм на 1.5 м.

Допускаемые величины степеней отступлений по уровню, перекосям и просядкам приведены в [2, 3, 5].

2.4. Подуклонка рельсов

В прямых участках пути на железных дорогах России рельсы ставят с наклоном к горизонту (с подуклонкой) $1/20$. **Подуклонка $1/20$ соответствует коничности колеса $1/20$.** Подуклонка обеспечивает центральность передачи вертикальной силы от конических колес на рельсы и увеличивает сопротивление рельсов горизонтальным поперечным силам.

Подуклонка рельсов на пути с деревянными шпалами формируется за счет клинчатых подкладок (см. рис. 17), а на пути с железобетонным подрельсовым основанием за счет наклона опорной подрельсовой площадки (см. рис. 18) опоры (железобетонных шпал, плит, рам).

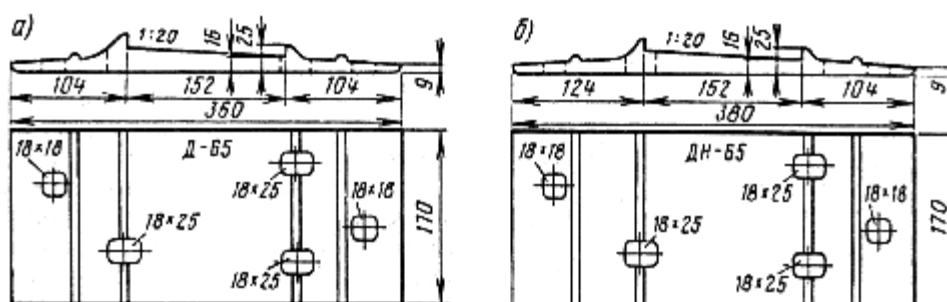


Рис. 17. Подкладки к рельсам Р65 и Р75:
а – для прямых и пологих кривых; б – для средних и крутых кривых

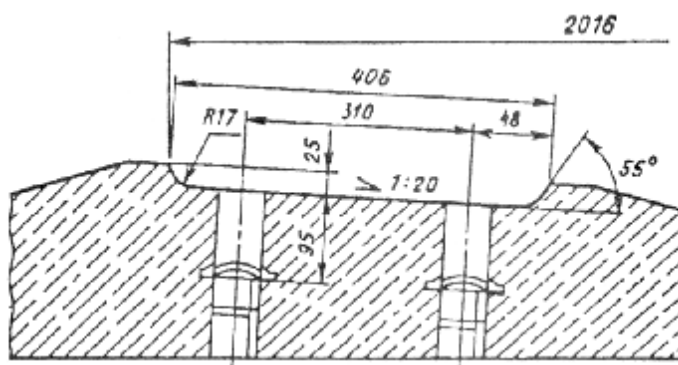


Рис. 18. Подрельсовая площадка железобетонной шпалы

Допуски в содержании подуклонки рельсов на прямых и наружной рельсовой нити в кривых **не менее $1/60$** (при этом увеличивается ширина колеи на 6 мм) и **не более $1/12$** (соответственно ширина колеи уменьшается на 6 мм).

В кривых при возвышении наружного рельса более 85 мм нормы содержания подуклонки внутреннего рельса: не менее $1/30$ и не более $1/12$. Объясняется это следующим. Если расстояние между осями головок рельсов $S_1=1600$ мм умножить на подуклонку $1/20$, то получится превыше-

ние одного рельса над другим 80 мм. В этом случае внутренний рельс встанет вертикально. С увеличением возвышения внутренний рельс будет занимать положение с небольшой разуклонкой, которая неопасна. И все же по этой причине несколько увеличивают его наименьшую подуклонку (1/30 вместо 1/60). Подуклонку можно не исправлять, если она изменялась медленно в связи с приработкой головки рельса и колес подвижного состава. **Исключения составляют наружные нити кривых, где подуклонка менее 1/60 не допускается.**

2.5. Заключение

Ширина колеи на железных дорогах мира имеет разные размеры – от 1000 мм до 1676 мм. Самая распространенная ширина колеи – «стефенсоновская» равна 1435 мм.

Российская ширина колеи 1520 (1524 мм) используется на дорогах ближнего зарубежья, Финляндии и Монголии.

Исходя из особенностей и размеров колесных пар максимально и минимально допускаемые размеры ширины колеи, обеспечивающие безопасный пропуск подвижного состава соответственно равны $[S_{\min}] = 1512$ мм, $[S_{\max}] = 1548$ мм.

Подуклонка рельсов соответствует коничности колес и равна 1/20.

Положение рельсовых нитей по уровню на прямых длиной >200 м рекомендуется содержать с превышением перешивочной нити выше рихтовочной на 6 мм.

Оценка отступлений от номинальных значений параметров рельсовой колеи производится по четырем степеням, регламентированным в зависимости от установленных скоростей движения поездов.

Параметры рельсовой колеи контролируются путеизмерительными вагонами.

Контрольные вопросы

1. Дать определение понятиям «рельсовая колея», «колесная колея».
2. Что такое ширина рельсовой колеи? Где она измеряется?
3. В каком году, и при строительстве какой дороги впервые в России принята ширина колеи 1524 мм? Кто предложил и обосновал этот размер ширины колеи?
4. Объясните подробно, почему в 1970 г. отечественные железные дороги изменили номинальный размер ширины колеи в прямых и кривых $R \geq 350$ м с 1524 мм на 1520 мм?
5. Зачем нужен зазор между гребнями колесной пары и рабочими гранями головок рельсов?
6. Обосновать максимально допускаемый размер ширины колеи $[S_{\max}]$.

7. Обосновать минимально допускаемый размер ширины колеи [S_{\min}].
8. Нормы и допуски ширины колеи в прямых. Допускаемые уклоны отвода ширины колеи.
9. Назвать два принципиально различных вида отклонений рельсовых нитей по уровню.
10. В каких случаях рекомендуется содержать рельсовые нити с превышением одной над другой на 6 мм и зачем?
11. Что такое перекося нити? В каких случаях требуется устранение перекося?
12. Что такое подуклонка рельсов? Зачем она нужна? Нормы и допуски.
13. Сколько принято степеней отступлений параметров рельсовой колеи от номинальных размеров?
14. Размеры ширины колеи на зарубежных железных дорогах. Самый распространенный размер ширины колеи на железных дорогах мира.

ЛЕКЦИЯ 3. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ХОДОВЫХ ЧАСТЕЙ ВАГОНОВ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЕ НЕГАТИВНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ

3.1. Основные положения правил расследования сходов

На дорогах России во второй половине 80-х годов прошлого века появились две проблемы, которые не решены до сих пор. **Во-первых**, резко ускорился износ боковой грани рельсов и гребней колес. **Во-вторых**, увеличилось число случаев крушений и аварий из-за схода вагонных колес с рельсов в результате выжимания порожних вагонов, распора и сдвига рельсовой колеи. На экспериментальном кольце (на ст. Щербинка Московской железной дороги) ВНИИЖТом (Всесоюзным научно-исследовательским институтом железнодорожного транспорта) была выполнена серия натурных экспериментов по сходу колес с рельсов. Об основных результатах уникальных экспериментов можно прочитать в [12].

На железных дорогах большинства развитых стран мира при изучении причин схода колес с рельсов руководствуются выработанным многолетним опытом, наукой и практикой правилами:

Первое правило – при сходе с рельсов только локомотива или локомотива и головной части поезда, причину прежде всего надо искать в состоянии пути. Известно, что колеса локомотива воздействуют на рельсы со значительно большей силой, чем колеса порожних исправных вагонов.

Если при движении поезда **в режиме тяги или выбега** (без торможения) на его пути появилось недопустимо слабое место в пути, то его должен «обнаружить» своим сходом локомотив, а не порожний вагон. Если же локомотив и, тем более, головные вагоны не сошли с рельсов, то нельзя

искать причину схода в состоянии железнодорожного пути или его недостаточной прочности.

При движении **в режиме торможения** может возникнуть опасность схода колес порожних вагонов из-за выжимания, распора, и сдвига рельсовой колеи. В таких случаях слабое место в пути – сопутствующий фактор, а основная причина схода – повышенное боковое воздействие колес на рельсы. В значительной мере сказанное относится и к груженным вагонам.

Таким образом, если сошел с рельсов локомотив или вместе с ним и головная часть поезда, то при служебном расследовании надо проверить версию о наезде локомотива на разобранный путь, препятствие, изломанный под раннее прошедшим поездом рельс (остряк), *место с недопустимыми отступлениями в содержании колеи по шаблону и (или) уровню, место температурного выброса.*

Второе правило – при обнаружении на месте схода (крушения, аварии) изломов рельсов, деталей ходовых частей экипажа необходимо, прежде всего, искать причину возникновения сверхнормативных сил, вызвавших изломы, и, прежде всего силы группового бокового воздействия колес на рельсы.

Достижение предельного значения, какого-либо одного параметра состояния пути и подвижного состава не может рассматриваться как достаточное обоснование причины схода. Необходим анализ совместного влияния множества факторов.

Для объективного анализа причин схода подвижного состава с рельсов, путейцам важно знать некоторые особенности устройства и опасные неисправности вагонов и пути, которые могут привести к сходу.

3.2. Что необходимо знать путейцам

Во многих случаях участвующие в расследовании специалисты – путейцы недостаточно осведомлены об устройстве, особенностях эксплуатации и причинах образования неисправностей (дефектов) в ходовых частях вагонов и локомотивов. Такие знания, хотя бы общие, необходимы при определении причин схода.

В случае схода вагонов с рельсов важно для путейцев оценить техническое состояние первых двух тележек сошедших с рельсов, потому что сход последующих тележек – это уже следствие схода первых двух.

3.2.1. Признаки аварийности (шалости) тележки

«Шальная» тележка – это та, у которой при движении по прямым участкам пути гребни одной или обеих колесных пар все время прижаты к головке одной рельсовой нити.

В кривых такая тележка воздействует на головку наружного рельса в поперечном горизонтальном направлении значительно сильнее, чем исправная. При проходе порожнего вагона, когда вертикальная нагрузка от колеса на рельс мала ($P=22:8=2,7$ т.с.), даже при постоянном действии незначительной боковой силы $H \geq 1$ т.с. отношение $H/P > 0,4$ аварийная («шальная») тележка вызывает сплошное наддергивание внутренних и пришивочных костылей, из-за наклона рельса с отрывом внутренней кромки подошвы от подкладок (см. рис. 19).

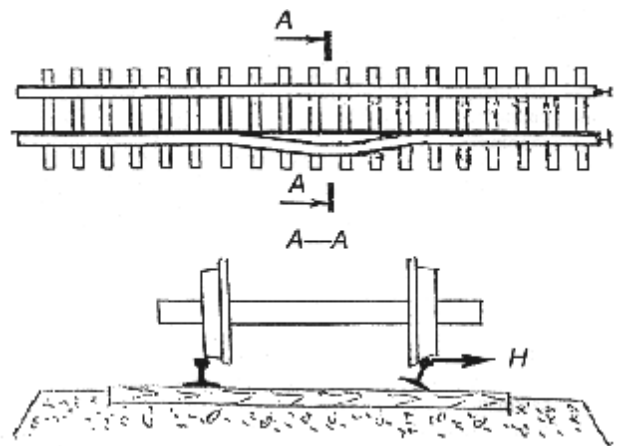


Рис. 19. Отжатие гребнем головки рельса

Под следующей «шальной» тележкой наклон рельса облегчается (костыли уже частично наддергнуты), и при таких же боковых силах H костыли еще более наддергиваются. Когда нет снега и костыли видны, их периодически добивают, а зимой, как правило, такие добивки не делают. Поэтому весной путейцы обнаруживают, что внутренние костыли (пришивочные) сплошь наддергнуты (при отсутствии противораспорных подкладок), особенно на тормозных участках. Это результат многократного прохода «шалых» тележек.

На прямых участках гребни таких тележек контактируют с рельсом поверхностью у основания гребня (см. рис. 20), в результате интенсивность подреза (износа) гребней колес таких тележек, во много раз больше подреза гребней у основания других колес.

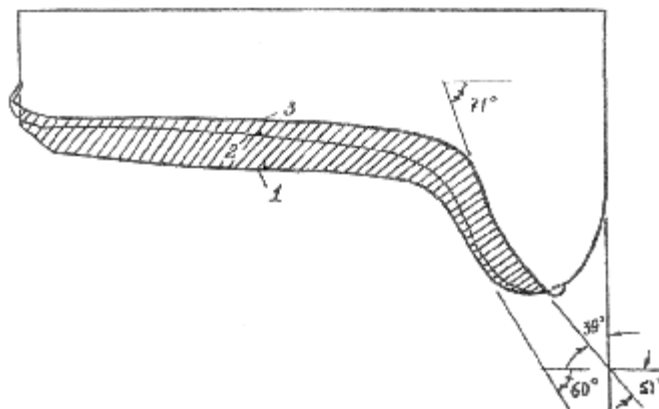


Рис. 20. Профили поверхности катания
1 – нового колеса; 2,3 – изношенных колес

Какие факторы свидетельствуют о наличии в обращении «шалых» тележек и какие способы можно реализовать для выявления таких тележек?

Существует два главных фактора и два способа выявления таких «шалых» тележек.

Первый – неодинаковый подрез гребней (износ их у основания) у правого и левого колеса колесных пар. Массовое профилирование колесных пар, поступивших в обточку в депо Чита, Москва-3 и др. свидетельствует, что из сотен поступивших в обточку колесных пар найти колесную пару, у которой изношенные профили поверхности катания колес совпадают невозможно. Была выявлена закономерность: если износ обода колеса мал (менее 2 мм), а износ гребня одного колеса колесной пары существенный (более 3 мм), то износ гребня другого колеса мал (менее 2 мм). Это признак того, что колесная пара находилась в «шалой» тележке (результаты исследований опубликованы в [12], в трудах ВНИИЖТа «Управление надежностью железнодорожного пути» 1991 г.)

Колесо со значительным подрезом гребня (а у гребня второго колеса подреза нет), при небольшом вертикальном износе бандажа оказывает повышенное боковое воздействие на головку рельса.

Самый эффективный способ выявления «шалой» тележки заключается в определении разности толщин гребней в колесной паре.

При обнаружении разности толщин гребней у колесной пары более 3 мм делается ее разворот, на вагоне наносится метка РК (разворот колесной пары) и такой вагон должен подвергаться обследованию для выявления причин «шалости» тележки.

Второй – непосредственное фиксирование положения вершин гребней колесных пар относительно рельса (при движении поезда) по их отпечаткам на ленте специального прибора, разработанного А.В. Лукьяновым. Устанавливая такие приборы по одной рельсовой нити на разном расстоянии друг от друга, можно выявлять «шалые» тележки.

На основании использования таких приборов было составлено (ВНИИЖТом) экспертное заключение, что на каждые 1000 проходящих тележек грузовых поездов, одна–две являются «шалыми».

3.2.2. Причины появления «шалых» тележек

Выявлено несколько причин, в результате которых тележка становится аварийной («шалой»).

Первая причина – непараллельность осей образуется или вследствие различия межчелюстных расстояний у правой и левой боковины, или вследствие отклонений в центровке букс, или чрезмерных зазоров и неблагоприятных сочетаний в буксовых узлах (между буксой и челюстями боковин). В этих случаях особенность поведения такой тележки в процессе эксплуатации проявляется в том, что при движении по прямым участкам

пути постоянно будет прижат к головке одного рельса только гребень одного колеса. При этом гребень колеса второй оси тележки может быть постоянно прижатым к головке другой рельсовой нити.

Вторая причина – различие диаметров кругов катания колес, следующих на прямом участке по правой и левой по ходу поезда рельсовых нитях. Возможны варианты, когда при движении по прямым участкам гребни одного или двух смежных колес постоянно прижаты к головке одной рельсовой нити или двух колес разных осей к разным рельсам.

Третья причина, самая важная, но трудно контролируемая – это эксцентриситет e закрепления в плане хвостовика автосцепки относительно продольной оси кузова (см. рис. 21).

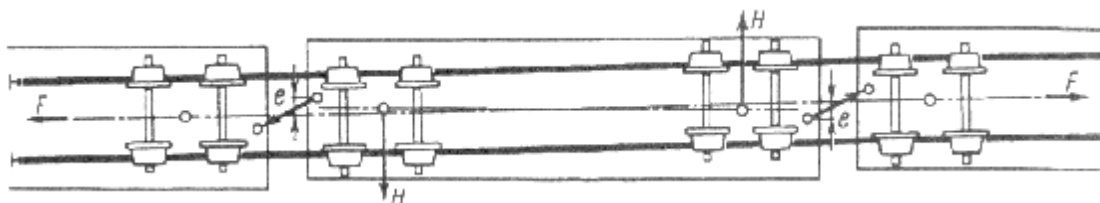


Рис. 21. Схема образования «шалых» тележек из-за конструкционного эксцентриситета e

Эксцентриситет « e » формируется из эксцентриситета закрепления хвостовика автосцепки относительно продольной оси кузова и из эксцентриситета продольной оси кузова относительно продольной оси пути.

Последнее объясняется поперечным эксцентриситетом расположения подпятника на надрессорной балке (см. рис. 3) и поперечным эксцентриситетом расположения пятника на хребтовой балке.

Если указанные поперечные эксцентриситеты размещения подпятника и пятника в разные стороны составят хотя бы по 0,5 см, а эксцентриситет закрепления хвостовика автосцепки относительно продольной оси кузова 1–1,5 см, то эксцентриситет e может превысить 3 см.

Если же на прямом участке эксцентриситет после «выборки» зазоров между гребнями колес и головкой рельса, а также в буксовом, рессорном, пятниковом узлах, составит в смежных вагонах, хотя бы по 3 см в разные стороны, то во время ведения поезда в режиме тяги произойдет следующее.

При продольной квазистатической (действующей около 2 с) растягивающей силе F (см. рис. 21), равной 400, 500, 600, 700 кН групповое боковое воздействие колес тележки определяется по формуле:

$$\dot{I}_a = \frac{aFL}{al}, \quad (3.1)$$

где e – эксцентриситет;

- F – растягивающая квазистатическая сила;
- L – длина кузова между упорами хвостовика автосцепки;
- a – длина автосцепки, $a=0,87$ м;
- l – длина кузова между шкворнями тележек.

Эти силы на прямом участке соответственно будут равны 19, 24, 29, 34 кН от колес обеих осей вагонной грузовой тележки (от одного колеса в два раза меньше).

Такие силы реализуются в головной части поезда, следующего в режиме максимальной тяги. Под порожним вагоном боковые (постоянные по ходу) воздействия на головку рельса при вертикальной нагрузке от каждого колеса ($220:8=27$ кН) даже при полностью исправной тележке вызывают наклон рельса с наддергиванием внутренних пришивочных костылей. При таком режиме тяги «шаловая» тележка не может отжать головку рельса до сверхкритических размеров и провала колес с другой рельсовой нити даже при одновременном действии всех трех ранее названных причин «шалости» тележки.

Наличие эксцентриситета **е опасно, когда поезд с такой тележкой следует в режиме торможения**. Тогда продольная сжимающая квазистатическая сила и воздействие на головку рельса может быть $1,5\div 2$ раза больше, чем от исправной тележки.

3.2.3. Слабые места в пути

При наличии в средней части тормозящего поезда «шаловой» тележки силы бокового воздействия ее гребней на головку рельса обусловленные тремя причинами «шалости» значительно больше, чем в случае, когда поезд следует в режиме тяги или на выбеге.

«Шаловая» тележка при торможении поезда выискивает слабое место в пути и создает аварийную ситуацию для схода колес с рельсов: из-за выжимания порожних вагонов (прежде всего в кривых при наличии бокового износа); из-за распора колеи на участках с деревянными шпалами и костыльным скреплением и из-за сдвига колеи на участках с железобетонными шпалами.

Наиболее характерными, слабыми местами в пути являются.

Первое место. Крутые кривые с деревянными шпалами и типовым костыльным скреплением на тормозных участках после среднего ремонта.

В процессе эксплуатации из-за интенсивного и неравномерного износа древесины происходит постепенно разуклонка рельсов, особенно в крутых кривых на тормозных участках (в конце затяжных спусков). Если на всех шпалах подряд имеется неравномерный износ древесины, обусловивший сплошную разуклонку, то это безопасности не угрожает (при условии обеспечения нормативной ширины колеи). Но после проведения среднего ремонта или подъемочного с заменой стыковых, предстыковых и негодных

шпал в средней части звеньев новыми без выравнивания затеской под-подкладочных площадок на старых шпалах **путь становится аварийным в части снижения сопротивления распору.**

Это связано с тем, что на новых шпалах рельсы после зашивки принимают нормальную подуклонку 1/20, а на старых же (без затески) после перешивки рельс опирается на подкладки только внутренней кромкой подошвы. Под наружной же кромкой зазор может составлять до 20 мм, причем она выходит из зацепления с наружной ребордой подкладки, упираясь только в стержень костыля (см. рис. 22)

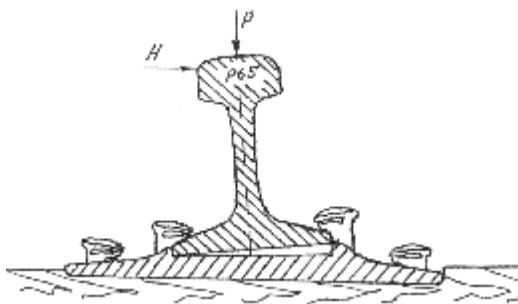


Рис. 22. Опираение рельса на разуклоненные подкладки (на старых шпалах) после среднего ремонта пути

Головка рельса силами H и P отжимается не в результате отжатия подошвы рельса (стержня наружного костыля), а за счет наклона рельса вследствие выборки люфта между наружной кромкой подошвы и разуклоненными подкладками на старых шпалах и отрыва внутренней кромки подошвы от подкладок новых.

В таких случаях нередко зимой при расследовании случаев схода делают ошибочное заключение о напессовке снега между подкладками и наружной кромкой подошвы рельса как основной причине схода.

Напессовка в данном случае – следствие неисправленной подуклонки верхней опорной поверхности подкладок на старых шпалах.

Второе место – это кривые с повышенным боковым износом рельсов и избытком возвышения. Если «шалость» тележки обусловлена третьей причиной (конструкционным эксцентриситетом e) (см. рис. 21) и гребни колес имеют значительный односторонний подрез (износ у основания), и если такая тележка следует в режиме тяги, то к головке рельса прижаты в основном уже изношенные (подрезанные) гребни, а если она следует в режиме торможения поезда, то к головке рельса прижаты малоизношенные гребни.

В случаях, когда в кривой по звеньевому пути с деревянными шпалами и типовым костыльным скреплением поезд проходит в режиме торможения у «шаловой» тележки малоизношенные гребни прижаты к изношенной головке наружного рельса. Наклон изношенной боковой грани рельса может быть близким к наклону нового гребня (60°) (см. рис. 23).

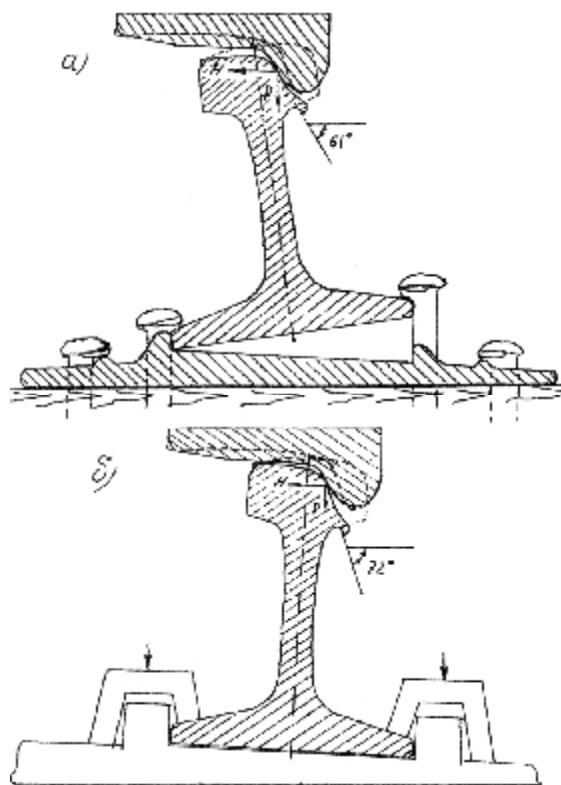


Рис. 23. Контактное взаимодействие нового колеса «шальной» тележки (при $H/P > 0,3$) на участках с костыльным креплением (без противораспорных подкладок) облегчают выжимание порожних вагонов с изношенным рельсом в кривой (при $H/P \geq 0,3$): а – на деревянных шпалах; б – на железобетонных шпалах

При таком контактировании изношенного и наклоненного рельса с малоизношенным (или новым) гребнем колеса «шальной» тележки резко облегчается выжимание порожнего вагона в кривых, особенно при одновременной вертикальной «обезгрузке» тележки этого вагона, находящегося рядом с полногрузным вагоном. «Обезгрузке» наружной рельсовой нити способствует избыток возвышения, характерный для большинства кривых наших дорог. При приеме грузовых поездов, особенно повышенной длины, на боковой путь и закрестовинные кривые машинисты часто используют прямодействующий локомотивный тормоз, в том числе и на IV позиции в момент, когда вторая половина поезда проходит ответвляющую на боковой путь стрелку. При этом сход колес с рельсов наиболее вероятен в трех местах:

- в острие остряка (из-за накатывания и прижатого к головке рамного рельса изношенного гребня колеса «шальной» тележки на торец непрелегающего остряка);
- в зоне остряка с наибольшим боковым износом (1–3 м от остряка) при вкатывании прижатого гребня колеса «шальной» тележки на остряк;
- на закрестовинной кривой вследствие распора колес.

3.2.4. Опасные дефекты в ходовых частях

Для выявления причин схода подвижного состава с рельсов необходимо иметь хотя бы общие знания об особенностях эксплуатации и причинах образования неисправностей (дефектов) вагонов и локомотивов.

Независимо от типа и назначения вагон состоит из четырех основных частей: ходовых частей, кузова, тормозного оборудования и ударно-тяговых устройств.

К ходовой части относится тележка, включающая раму, колесные пары, буксы с подшипниками, детали рессорного подвешивания.

Кузов прочно укрепляется на раме, его устройство зависит от рода перевозимого груза.

Рама, являясь основанием кузова, состоит из продольных и поперечных балок, жестко соединенных между собой и связывает части вагона, воспринимая действующие на него вертикальные и горизонтальные усилия.

Тормозное оборудование служит для регулирования скорости движения или полной остановки поезда и удержания его на месте.

Ударно-сцепные (автосцепные) устройства предназначены для сцепления вагонов между собою и с локомотивом, передачи тяговых и сжимающих усилий, возникающих в поезде, а также для удержания вагонов на определенном расстоянии друг от друга.

Дефекты в ходовых частях с которым вагон нельзя включать в поезд чаще всего встречаются в виде различных трещин в деталях. Наиболее вероятно их появление в подпятниках, вертикальных и горизонтальных стенках, наддрессорных балках, в боковых рамах, главным образом в углах буксовых и рессорных проемов, в наклонном верхнем и нижнем поясах, в колонках, приливах для валиков подвесок тормозного башмака и т.д.

Как видно, трещины надо искать в местах концентрации напряжений, чтобы по характеру излома той или другой детали решить сложный вопрос: что это – результат деформации при происшествии или, может быть, следствие выхода из строя той или другой детали узла, а затем и всего узла, что и послужило причиной происшествия? **Это первый вывод для путейцев.**

Нужно иметь в виду, что в тележках ЦНИИ-ХЗ трещины возможны так же в опорах скользунов, а в тележках МТ-50 – в коробках скользунов и вкладышах.

Не допускается излом или трещины в клине фрикционного гасителя колебаний, отсутствие или излом колпака скользуна или болта его крепления.

На колесных парах возникают дефекты, которые должны быть своевременно обнаружены и устранены, как правило, заменой колесных пар.

Не допускается выпускать в эксплуатацию подвижной состав с трещиной в любой части оси колесной пары или трещиной в ободу, диске и

ступице колеса, при наличии остроконечного наката на гребне колесной пары.

Признаками трещины служат вздутие над ними краски, концентрация инея и скопление пыли и ржавчины в виде валика. Окончательную проверку осуществляют магнитным щупом после осторожной очистки от инея, пыли, ржавчины или краски.

При проверке состояния колесных пар следует обращать внимание на **признаки ослабления и сдвига ступицы колеса на подступичной части оси**: выступившая ржавчина или масло в месте соединения оси со ступицей, разрыв краски по всему периметру этого соединения.

Такие неисправности, как ползуны (выбоины), навары, неравномерный прокат можно выявить по характерному удару колеса о рельс.

Признаками ползун, наваров, неравномерного проката являются: отсутствие буксовой крышки или обрыв ее петли; меловые отметки на вагоне о частой замене подшипников, отсутствие резиновых или волокнистых втулок в узлах подвесок башмаков, наличие овальных износов отверстий или отсутствие валиков подвески, шплинтов, срезанные шплинты, поврежденная резьба триангеля и гайки крепления наконечника триангеля, металлический блеск коробки скользящих.

Прокат измеряют абсолютным шаблоном на расстоянии 70 мм от внутренней грани колеса (в наиболее изнашиваемой части круга катания). Неравномерный прокат определяют замерами в сечении максимального износа, а также с каждой стороны от этого сечения на расстоянии 500 мм. Этим же шаблоном измеряют **ползун** на поверхности катания.

Толщину обода колеса измеряют **толщиномером** в наиболее изнашиваемой плоскости круга катания. Этим прибором можно измерить также глубину ползун, выщербин, высоту наваров.

В настоящее время опытно-конструкторским бюро «Интранс» на заводе «Металлист» в Москве создан двухпреационный прибор скоба СК-6 (см. рис. 24), предназначенная для замеров проката бандажа и износа гребня колес, вертикального и бокового износа головки рельса. Путьцы-практики должны иметь такой измерительный прибор.

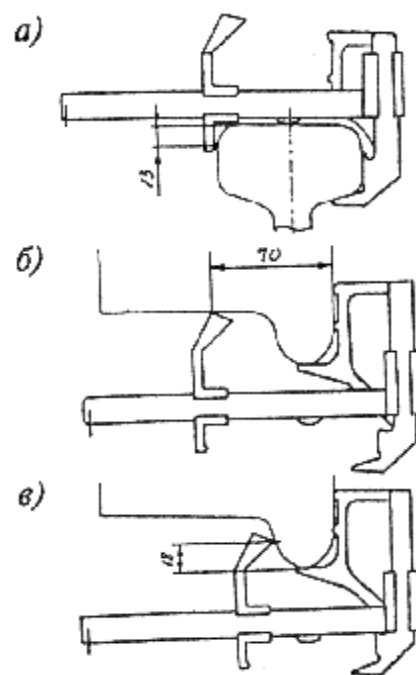


Рис. 24. Положение скобы СК-6 при измерении:
а – бокового и вертикального износа головки рельса;
б – проката бандажа (обода) колеса; в – износа гребня колеса

В соответствии с ПТЭ запрещается выпускать в эксплуатации и к следованию в поездах подвижной состав при следующих износах и повреждениях колесных пар, нарушающих нормальное взаимодействие пути и подвижного состава:

- при скорости движения больше 120 км/ч до 140 км/ч – прокат по кругу катания у локомотивов, моторвагонного подвижного состава, пассажирских вагонов – не более 5 мм, толщина гребня более 33 мм или менее 28 мм у локомотивов при измерении на расстоянии 20 мм от вершины гребня при высоте гребня 30 мм, а у подвижного состава с высотой гребня 28 мм – при измерении на расстоянии 18 мм от вершины гребня;
- при скоростях движения до 120 км/ч – прокат по кругу катания у локомотивов, а также у моторвагонного подвижного состава и пассажирских вагонов в поездах дальнего следования – более 7 мм, у моторвагонного подвижного состава и пассажирских вагонов в поездах местного и пригородного сообщения – более 8 мм, у вагонов рефрижераторного парка и грузовых вагонов – более 9 мм; толщина гребня более 33 мм или менее 25 мм у локомотивов при измерении на расстоянии 20 мм от вершины гребня при высоте гребня 30 мм, а у подвижного состава с высотой гребня 28 мм – при измерении в 18 мм от вершины гребня;
- вертикальный подрез гребня высотой более 18 мм, измеряемый специальным шаблоном;
- ползун (выбоина) на поверхности катания у локомотивов, моторвагонного подвижного состава, а также у тендеров и вагонов с роликовыми подшипниками более 1 мм, а у тендеров и вагонов с подшипниками скольжения более 2 мм.

Необходимо знать порядок назначения скорости дальнейшего следования поездов при обнаружении вагонов с ползуном на колесной паре.

При обнаружении в пути следования у вагона, кроме моторного вагона или тендера с роликовыми буксовыми подшипниками, ползуна (выбоины) глубиной более 1 мм, но не более 2 мм разрешается довести такой вагон (тендер) без отцепки от поезда (пассажирский – со скоростью не свыше 100 км/ч, грузовой – не свыше 70 км/ч) до ближайшего пункта технического обслуживания, имеющего средства для замены колесных пар. При ползуне у вагонов, кроме моторного вагона, от 2 до 6 мм, у локомотива, моторного вагона от 1 до 2 мм допускается следование поезда до ближайшей станции (там, где колесная пара должна быть заменена) со скоростью 15 км/ч, а при величине ползуна соответственно свыше 6 до 12 мм и свыше 2 до 4 мм – со скоростью 10 км/ч. При ползуне свыше 12 мм у вагонов и тендера, свыше 4 мм у локомотива и моторного вагона разрешается следование со скоростью 10 км/ч при условии вывешивания колесной пары. Локомотив при этом должен быть отцеплен от поезда, тормозные цилиндры и тяговый электродвигатель (группа двигателей) поврежденной колесной пары отключены.

Неисправности рессор и пружин.

Типы рессорных комплектов должны соответствовать типу и грузоподъемности вагона. На одном вагоне не допускаются разные типы этих комплектов. Подлежат замене просевшие рессоры и пружины, а также эллиптические рессоры с изломом хомутов, изломом или сдвигом листа, с трещиной коренного листа и наконечники с изломами и трещинами. В рессорном комплекте тележки ЦНИИ-ХЗ допускается излом одной внутренней пружины из тех, на которые опирается надрессорная балка, а на остальных тележках – не более одной пружины. В деталях рессорного подвешивания пассажирских вагонов не допускаются трещины и изломы, а также механические износы сверх установленных размеров.

Признаки неисправности букс с роликовыми подшипниками.

Знать эти признаки наиболее важно, так как в настоящее время такие буксы имеются у большинства грузовых вагонов. Применяются два типа букс с роликовыми подшипниками: на горячей посадке и на втулочной. Внешне их можно отличить по креплению. Крышка букс грузовых вагонов с подшипниками на горячей посадке закреплена четырьмя болтами, на втулочной – восемью.

В любое время года признак неисправности буксы – следы консистентной смазки на наружных частях. Если на диске колеса смазка разбросана по окружности на расстоянии 250–300 мм от центра, то значит в верхнем кольце заднего подшипника есть трещина. Самое опасное то, что в этих случаях букса, как правило, не греется, но в дальнейшем возможен отвал шейки оси. Обгоревшая краска на смотровой крышке свидетельствует о недопустимом нагреве буксы.

Если у тележки типа ЦНИИ-ХЗ обнаружен излом подклиновой внутренней или наружной пружины рессорного комплекта, то значит разрушен сепаратор подшипника или откололся бурт кольца переднего или заднего подшипника. Также и у тележки типа МТ-50 излом пружины рессорного комплекта указывает на неисправность подшипника. Смотровую крышку буксы разрешается вскрывать в любом случае только в присутствии работника, имеющего удостоверение на право ревизии букс с роликовыми подшипниками.

Для автоматического контроля технического состояния подвижного состава на ходу поезда используют аппаратуру обнаружения перегретых букс (ПОНАБ) и систему комплексного контроля (ДИСК-БКВ-Ц).

Запрещается прицепка грузовых вагонов, если суммарный зазор между скользунами с обеих сторон тележки у всех типов вагонов, кроме хоппердозаторов ЦНИИ-2 и ЦНИИ-3 более 20 мм и менее 2 мм, а для хоппердозаторов не более 12 мм и не менее 6 мм.

Не допускается разница между осями автосцепки по высоте более: в грузовом поезде – 100 мм, в пассажирском при скорости до 120 км/ч – 70

мм, при 121–140 км/ч – 50 мм, между локомотивом и первым вагоном – 100 мм.

3.3. Заключение

Для объективного анализа причин сходов подвижного состава с рельсов специалистам путевого хозяйства необходимо знать некоторые особенности устройства, причины появления неисправностей вагонов, которые оказывают на путь негативные воздействия. В лекции приведены основные положения правил расследования сходов, признаки «шалых» тележек и причины их появления, опасные дефекты ходовых частей вагонов, при наличии которых запрещается включать вагоны в состав поезда, требования ПТЭ [4] к ходовым частям подвижного состава.

Контрольные вопросы

1. Признаки аварийности («шалости») тележки.
2. Почему в случае схода вагонов важно оценивать техническое состояние первых двух тележек, сошедших с рельсов?
3. Причины появления «шалых» тележек.
4. Перечислить элементы ходовых частей вагонов.
5. Перечислить опасные дефекты ходовых частей, с которыми вагон нельзя включать в поезд.
6. С какими неисправностями колесных пар запрещается эксплуатировать вагоны.
7. Порядок назначения скорости дальнейшего следования при обнаружении вагонов с ползуном на колесной паре.
8. Признаки неисправности рессор и пружин.
9. Признаки неисправности букс с роликовыми подшипниками.
10. Внешние признаки наличия трещин на элементах ходовых частей.

Рекомендуемый библиографический список

1. Яковлева Т.Г. Железнодорожный путь [Текст]: учебник / Т.Г. Яковлева, Н.И. Карпущенко, С.И. Клинов, Н.Н. Путря, М.П. Смирнов / Под ред. Т.Г. Яковлевой. М.: Транспорт, 1999. – 405 с.
2. Инструкция по расшифровке лент и оценке состояния рельсовой колеи по показаниям путеизмерительного вагона ЦНИИ-2 и мерам по обеспечению безопасности движения поездов [Текст]: ЦП-515: Утв. Зам. министра путей сообщения РФ В.Т. Семенов 14.10.1997 с учетом изменений и дополнений утв. МПС России указаний №С-8120 от 01.09.98 г., №С-1529У от 30.07.99 г., приказа 27Ц от 01.09.2001 г., приказа 20Ц от 27.04.2002 г., приказа №60 от 11.08.2003 г. – Хабаровск.: Типография ОАО «РЖД» филиал ДВЖД Дорожный центр диагностики путевого хозяйства; 2004 г. – 57 с.
3. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути [Текст]: ЦП-774: Утв. М-вом путей сообщения Рос. Федерации 1.07.2000.– М.: Транспорт, 2000. – 200 с.
4. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации [Текст]: ЦРБ-756: утв. М-вом путей сообщения Рос. Федерации 26.05.00: введ. в действие с 27.05.02. – М.: ТЕХИНФОРМ, 2002. – 190 с.
5. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути колеи 1067 (Для Сахалинской железной дороги) [Текст]: ЦП-674: Утв. М-вом путей сообщения Рос. Федерации 15.07.99. – М.: Транспорт, 1999. – 182 с.
6. Шахунянец Г.М. Железнодорожный путь [Текст] / Г.М. Шахунянец – 3-е изд., доп. – М.: Транспорт, 1987. – 480 с.
7. Лысюк В.С. Прочный и надежный железнодорожный путь [Текст] / В.С. Лысюк, В.Н. Сазонов, Л.В. Башкатова. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 589 с.
8. Купрашевич М.В. Ширина колеи железных дорог мира [Текст] / М.В. Купрашевич, А.К. Давыдов // Путь и путевое хозяйство. – 2006. – №8 – С. 38-41.
9. Сливец Д.П. Особенности вагонов, которые надо знать [Текст] / Д.П. Сливец // Путь и путевое хозяйство. – 1995. – №7 – С.
10. Певзнер В.О. По поводу унификации ширины колеи [Текст] / В.О. Певзнер // Путь и путевое хозяйство. – 2006. №7 – С.17-19.
11. Лукин В.В. Вагоны. Общий курс [Текст]: учебник для вузов ж.-д. трансп. / В.В. Лукин, П.С. Анисимов, Ю.П. Федосеев / под общей ред. В.В. Лукина. – М.: Маршрут, 2004. – 424 с.
12. Лысюк В.С. Причины и механизм схода колеса с рельса. Проблема износа колес и рельсов [Текст] / – М.: Транспорт, 1997. – 188 с.

Оглавление

Введение

Лекция 1. Общие сведения об устройстве рельсовой колеи и ходовых частях подвижного состава.

1.1. Что такое рельсовая колея?

1.2. Основные сведения об устройстве ходовых частей подвижного состава.

1.3. Заключение.

Контрольные вопросы.

Лекция 2. Рельсовая колея на прямых участках.

2.1. Общие сведения.

2.2. Ширина колеи.

2.2.1. Ширина колеи на железных дорогах мира.

2.2.2. Ширина колеи на дорогах России.

2.3. Положение рельсовых нитей по уровню.

2.3.1. Нормы и допуски содержания рельсовой колеи по уровню.

2.4. Подуклонка рельсов.

2.5. Заключение.

Контрольные вопросы.

Лекция 3. Конструктивные особенности ходовых частей вагонов, обуславливающие негативные воздействия на железнодорожный путь.

3.1. Основные положения правил расследования сходов.

3.2. Что необходимо знать путейцам.

3.2.1. Признаки аварийности («шалости») тележек.

3.2.2. Причины появления «шалых» тележек.

3.2.3. Слабые места в пути.

3.2.4. Опасные дефекты в ходовых частях вагонов.

3.3. Заключение.

Контрольные вопросы.

Рекомендуемый библиографический список.

Заключение

В первой части конспекта лекций рассмотрены вопросы взаимозависимости размеров, конструктивных особенностей ходовых частей подвижного состава и рельсовой колеи. Рельсовая колея должна строго соответствовать ходовым частям экипажей и, в частности колесным парам. В конспекте приведены некоторые сведения о нормах содержания колесных пар и об особенностях ходовых частей, которые оказывают негативное воздействие на железнодорожный путь и рельсовую колею в частности.