

# Влияние ширины колеи и состояния ходовых частей подвижного состава на интенсивность износов

**Н. И. КАРПУЩЕНКО**, докт. техн. наук, профессор, зав. каф. «Путь и путевое хозяйство»

Сибирского государственного университета путей сообщения (СГУПС)

**Д. В. ВЕЛИЧКО**, канд. техн. наук, доцент СГУПС

**Н. А. БОБОВНИКОВА**, начальник технического отдела службы пути Западно-Сибирской железной дороги (Новосибирск)



**Сегодня задача снижения эксплуатационных расходов железных дорог, связанных с износами и расстройствами пути и ходовых частей подвижного состава, в частности, вследствие оптимизации нормативов устройства и содержания пути и ходовых частей подвижного состава относится к наиболее актуальным.**

На основании распоряжений президента ОАО «РЖД» В. И. Якунина от 18 ноября 2006 г. № 2270р и от 7 октября 2008 г. № 2106р «в целях всестороннего исследования влияния ширины железнодорожной колеи на износы в системе «колесо–рельс», скорости движения пассажирских и грузовых поездов, безопасность движения» в рамках темы «Оптимизация ширины рельсовой колеи» на основании утвержденных ОАО «РЖД» программ и методик выполнен обширный комплекс теоретических, экспериментальных работ и эксплуатационных наблюдений за изменениями ширины колеи, анализ фактических значений ширины колеи, износа рельсов от наработанного тоннажа по радиусам кривизны. Также проанализировано фактическое состояние колесных пар и тележек локомотивов и вагонов в эксплуатации.

На железных дорогах ОАО «РЖД» уширение колеи происходит в основ-

ном за счет промежуточных скреплений. Анализ опубликованных данных и нормативной документации зарубежных железных дорог показывает, что уширение колеи в кривых участках пути в большинстве стран производится, начиная с радиусов 200–300 м. В других странах, например в Бельгии и Испании, уширение ширины колеи выполняется при больших радиусах — 400 м.

На зарубежных железных дорогах большое внимание уделяется стабильности ширины колеи, в первую очередь за счет совершенствования конструкции промежуточных скреплений и минимизации разброса значений относительно норматива.

Перечень основных исследований, проведенных в 2007–2009 гг., состоял из теоретических, включая математическое моделирование, а также широкого круга экспериментальных исследований и эксплуатационных наблюдений, в которых активное участие принимали сотрудники Сибирского

государственного университета путей сообщения (СГУПС) и Западно-Сибирской железной дороги.

Влияние различных факторов на износы в системе «колесо–рельс» показано в *табл. 1*. Эти данные получены по результатам математического моделирования без учета влияния лубрикации. Результаты экспериментов не дали таких четких и однозначных зависимостей. Поэтому к значениям, приведенным в *табл. 1*, следует относиться осторожно. Однако качественная оценка, по мнению большинства членов рабочей группы, может быть использована для принятия решений.

Наиболее значимыми в аспекте износов являются показатели ходовых частей подвижного состава — три первых места в этом рейтинге с достаточно большой степенью влияния, от 35 до 128% (*табл. 1*). Параметры пути занимают места с четвертого по седьмое со степенью значимости от 3 до 28% (*табл. 2*), причем наиболее сильно влияют на износы радиусы кривых — до 10 раз.

Несмотря на то, что ширина колеи по результатам проведенных исследований находится на четвертом-пятом месте по влиянию на износы, это один из важнейших нормативов железнодорожного транспорта. Изменения этого норматива представлены в *табл. 2*. При этом крайне важно понимать, почему вводились эти изменения.

В *табл. 3* приведены основные события за последние 60 лет, оказавшие влияние на взаимодействие в системе «колесо–рельс».

Таким образом, унифицированная величина ширины колеи в прямых и кривых до 350 м существует больше 50 лет, а величина 1520 мм — почти 40 лет.

При этом происходили и существенные изменения в подвижном составе — замена двухосных вагонов на тележечные экипажи, переход на роликовые

**Таблица 1. Влияние различных факторов на износы в системе «колесо–рельс»**

| Фактор                   | Диапазон изменения       | Степень влияния, % | Ранг    |
|--------------------------|--------------------------|--------------------|---------|
| Разность диаметров колес | 0–4 мм                   | + (116–128)        | 1-й     |
| Профиль колеса           | Новый — среднеизношенный | – (47–98)          | 2-й     |
| Переос осей колесных пар | 0–4 мм                   | + (35)             | 3-й     |
| Ширина колеи             | 1510–1530 мм             | – (21–28)          | 4-, 5-й |
| Подуклонка рельса        | 1/20–1/12                | +27                | 4-, 5-й |
| Профиль рельса           | Новый — среднеизношенный | – (8–160)          | 6-й     |
| Амплитуда неровностей    | 1–1,2                    | + (3–4)            | 7-й     |

**Примечание:** наибольшее влияние на износ оказывают радиус кривых (в 10 раз при R = 200–1200 м) и лубрификация.

подшипники в буксах, из которых перестала вытекать смазка на рельсы, введение осевых нагрузок до 25,5 т/ось, массовое старение подвижного состава, лубрикация.

Рост бокового износа рельсов (гребней колес) начался с 1985–1986 гг., т. е. через 30 лет после унификации колеи в кривых 350–650 м до величины 1524 мм и через 15 лет после решения уменьшить колею на 4 мм.

В то же время начало массовых износов точно совпадает с началом увеличения загрузки вагонов, запроектированных под 22–23,5 т/ось, до 25,5 т/ось. В начале 90-х годов закупка нового подвижного состава прекратилась и началось массовое старение как вагонов, так и локомотивов.

В России сейчас унифицирована ширина колеи на норматив 1520 мм до радиуса 350 м — это 2,5% от протяженности сети. Если унификацию сократить до радиусов 650 м, то это составит уже 14% от протяженности сети. За рубежом эти радиусы, как правило, менее 250 м, что составило бы всего 0,1% протяженности российских железных дорог.

Какие дополнительные расходы на содержание инфраструктуры ОАО «РЖД» появятся при переходе на предлагаемые некоторыми научными организациями нормативы по ширине колеи в 1530, начиная с радиуса 650 м и менее? Одним из главных направлений снижения затрат путевого комплекса является замещение деревянных шпал на железобетонные с укладкой бесстыкового пути.

Протяжение главных путей на железобетонных шпалах и количество стрелочных переводов на железобетонных брусках к 2009 г. достигло 63%.

Сейчас в кривых радиусом менее 350 м укладываются специальные шпалы с шириной колеи 1530 мм, а также с двух сторон каждой кривой еще и переходные шпалы с шириной колеи 1522, 1524, 1526, 1528 мм. Под каждое скрепление используются шпалы шести типоразмеров. Это осуществляется на полигоне протяженностью всего 2,5% сети.

При увеличении полигона до 14% протяженности сети, а это около 50 тыс. кривых, сборка на базах путевых машинных станций (ПМС) звеньев рельсошпальной решетки значительно усложняется, так как нужно определить начало раскладки переходных шпал с точностью до метра.

В случае порчи шпал, например при сходе поезда, появляются проблемы с нужным типоразмером шпалы. Повторное использование старогодной ре-

**Таблица 2. Нормативы ширины колеи (мм)**

| План линии         | до 1957 г. | 1957-1970 гг. | 1970 г. — настоящее время |
|--------------------|------------|---------------|---------------------------|
| Прямые и R > 650 м | 1524       | 1524          | 1520                      |
| R = 650–450        | 1530       | 1524          | 1520                      |
| R = 449–350        | 1535       | 1524          | 1520                      |
| R = 349–300        | 1540       | 1530          | 1530                      |
| R < 300 м          | 1540       | 1540          | 1535                      |

**Таблица 3. Основные события за последние 60 лет, повлиявшие на условия взаимодействия в системе «колесо–рельс»**

| Событие   | Период                                      |
|---|---|
| Выведение из оборота двухосных вагонов с жесткой базой до 7 м и паровозов   | Начало 50-х годов XX века                   |
| Унификация ширины колеи 1524 мм в прямых и кривых радиусом до 350 м   | 1957 г.                                     |
| Начало поставки объемнокаленных рельсов Р-65  | С 1966 г.                                   |
| Уменьшение ширины колеи с 1524 мм до 1520 мм в прямых и кривых с радиусом до 350 м                                      | 1970 г.                                     |
| Переход с подшипников скольжения на роликовые с прекращением смазки букс и устранением поперечных разбегов колесных пар | С 1970 г.                                   |
| Увеличение загрузки до 25,5 т/ось в вагонах, запроектированных под 22–23,5 т/ось  | 1985–1991 гг.                               |
| Массовое старение подвижного состава  | Начало 90-х годов XX века — начало XXI века |
| Введение массовой лубрикации  | 1996 г.                                     |

**Таблица 4. Средняя ширина колеи в прямых и кривых участках пути**

| План линии      | Железобетонные шпалы      |                  | Деревянные шпалы          |                  |                                      |      |
|-----------------|---------------------------|------------------|---------------------------|------------------|--------------------------------------|------|
|                 | Протяженность участка, км | Ширина колеи, мм | Протяженность участка, км | Ширина колеи, мм | Зазор в колее при толщине гребня, мм |      |
|                 |                           |                  |                           |                  | 33                                   | 28   |
| Прямые          | 5197                      | 1519,5           | 1838                      | 1522,9           | 16,9                                 | 26,9 |
| R = 2500–1200 м | 596                       | 1522,8           | 387                       | 1525,7           | 19,7                                 | 29,7 |
| R = 1200–650 м  | 569                       | 1528,5           | 628                       | 1529,6           | 23,6                                 | 33,6 |
| R = 650–450 м   | 212                       | 1532,6           | 317                       | 1531,6           | 25,6                                 | 35,6 |
| R = 450–350 м   | 15,5                      | 1533,2           | 133                       | 1533,0           | 27,0                                 | 37,0 |
| R < 350 м       | 0,8                       | 1536,4           | 108                       | 1535,9           | 29,9                                 | 39,9 |

шетки усложняется: ее нельзя укладывать из кривых в прямые и наоборот.

В процессе эксплуатации вследствие действия значительных боковых сил неизбежны отжатие рельса в узле скрепления и боковой износ головки рельса, причем темп уширения практически не зависит от первоначальной ширины колеи. Фактическая ширина колеи постоянно увеличивается до максимально допустимой. После этого необходимо провести работы по возврату ширины колеи к номинальному значению, затем цикл повторяется. В связи с уменьшением «коридора» допускаемой в эксплуатации ширины колеи (с 25 мм: 1545–1520 мм, до 15 мм: 1545–1530 мм) примерно в 1,5 раза возрастет количество перешивок колеи с соответствующим ростом трудозатрат. Рельсы не будут выбирать допустимый боковой износ 15–18 мм и будут изыматься преждевременно.

Все это необходимо учитывать и скрупулезно уточнять во время эксплуатационной проверки предлагаемых

научными организациями нормативов ширины колеи. Проведенные исследования базируются на номинальных значениях ширины колеи в кривых, которые, как было показано, меняются вследствие действия значительных боковых сил. По данным Департамента пути ОАО «РЖД» фактические средние значения ширины колеи в прямых и кривых в интервале радиусов 350–650 м находятся в районе 1531–1534 мм (табл. 4). При этом минимальные зазоры в колее между гребнями и рельсами составляют 24–27 мм, а средние зазоры — 34–37 мм. Значения 1531–1534 мм находятся в середине интервала от номинального значения 1520 мм до максимально допустимого, при котором назначается перешивка колеи, т. е. значения 1545 мм. Поэтому, если будет установлен номинал 1530 мм, то фактическая средняя ширина колеи будет около 1537–1540 мм, а средние зазоры в колее — 40–43 мм, что неблагоприятно для устойчивости порожних вагонов.

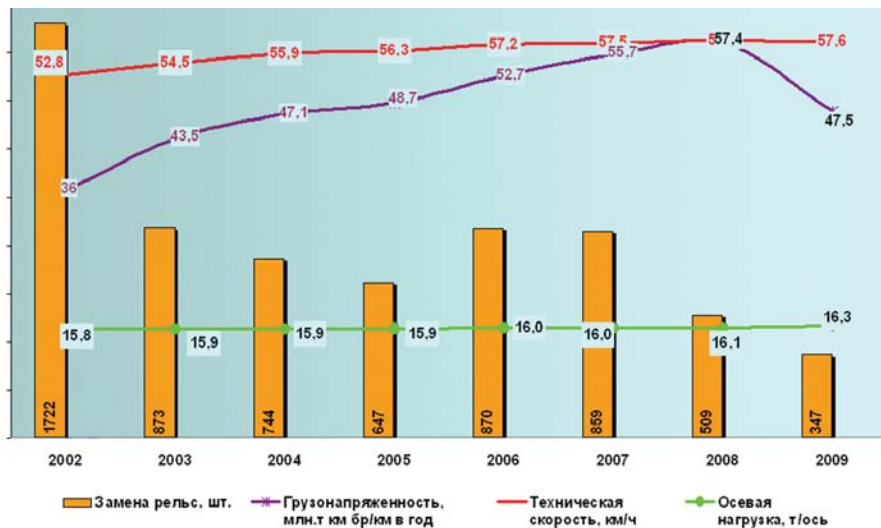


Рис. 1. Технологические показатели работы Западно-Сибирской железной дороги в период 2002–2009 гг. и замены дефектных рельсов (боковой износ)

По убеждению большинства специалистов путевого хозяйства, в значительной большей, чем ширина колеи, степени на интенсивность износов влияет положение рельсовых нитей в плане. И здесь ситуация действительно требует вмешательства. На многих кривых имеются несоответствия отводов кривизны и возвышения, многорадиусность кривых и др. Это не угрожает безопасности движения, однако оказывает влияние на условия взаимодействия. Такая ситуация складывалась не одно десятилетие. Целевая работа по паспортизации кривых начата в июне 2009 г.

Параллельно с паспортизацией проходят опытную проверку нормативы содержания рельсовой колеи, в которых с учетом норм Евросоюза ужесточена оценка по рихтовке.

Второй серьезной проблемой является надежность скреплений в части обеспечения стабильности ширины колеи. Костыльные скрепления на шпалах из мягких пород древесины, а также многодетальные скрепления типа КБ с резиновыми прокладками неудовлетворительно решают эту задачу.

Опыт применения в кривых малых радиусов зарубежных, прежде всего японских, рельсов показал, их большую, по крайней мере вдвое, стойкость к износу. И это еще одно из направлений стабилизации параметров колеи в кривых, которое сработает на улучшение условий взаимодействия, а также почти вдвое увеличит межремонтные сроки.

Комплексные исследования в системе «колесо–рельс» специалистами СГУПС выполнялись в течении 2006–2009 гг. на опытных участках Западно-Сибирской железной дороги.

Анализируя влияние параметров рельсовой колеи на боковой износ рельсов и подрез гребней колес, рассмотрим изменение технических показателей работы дороги, оказывающих влияние на износ пути. За последние семь лет грузонапряженность возросла на 60%, техническая скорость на 9%, осевые нагрузки подвижного состава на 3% (рис. 1, 2).

В то же время выход рельсов по боковому износу снизился в среднем в 2,5 раза, количество обточек колес грузовых электровозов по причине предельного износа гребня и остроконечного наката для ВЛ-10 снизилось на 28%, а для ВЛ-80 — на 94%. Достигнуто это благодаря модернизации всего путевого комплекса дороги.

К началу 2010 г. на всем протяжении Транссибирского хода проведен усиленный капитальный ремонт с укладкой бесстыкового пути и постановкой кривых в проектное положение.

Было проанализировано также состояние рельсов и рельсовой колеи в кривых радиусом от 350 до 650 м на проблемных перегонах, расположенных на Транссибирской, Среднесибирской магистралях и Кузбасском ходу. Фактическая ширина колеи здесь колеблется в пределах 1520–1540 мм при средней ширине колеи 1530 мм.

На рассматриваемых кривых были проведены комплексные исследования параметров рельсовой колеи и характеристик вписывания подвижного состава с использованием цифровой фото- и видеоаппаратуры.

В результате расшифровки видеозаписей установлено, что первые колеса вагонных тележек в кривых радиусом 650 м и менее всегда касаются рабочи-

ми гранями гребней боковых граней наружных рельсов. Вторые колеса тележек имеют зазоры между гребнями и наружными рельсами [1, 2].

Относительно внутренней рельсовой нити на всех видеозаписях отсутствует касание гребней колес как первой, так и второй колесной пары тележек боковых граней рельсов. Величина зазора между рабочими гранями гребней и рельсов для первой колесной пары тележки определяется шириной колеи и колесной пары.

Форма износа головки наружного рельса свидетельствует о весьма малой интенсивности вертикального износа. Объяснить это можно отсутствием продольного скольжения бандажа колеса по наружному рельсу при повороте тележки и передачи значительной доли вертикальной нагрузки от колеса на рельс через его боковую грань.

Боковой износ у внутреннего рельса не обнаружен. Вертикальный износ происходит интенсивнее, чем у наружного рельса. Кроме того, на поверхности внутреннего рельса формируются многочисленные борозды и каверны от глубинного вырывания наклепанного слоя при поперечном скольжении бандажей по сухим рельсам при вписывании тележки в кривые.

По длине кривой боковой износ происходит весьма неравномерно. Интенсивность бокового износа существенно зависит от кривизны пути, твердости рельсов и осевой нагрузки вагонов. В рассматриваемых кривых на наружной нити уложены старогонные репрофилированные рельсы. Твердость их по длине кривой меняется очень сильно.

Из анализа результатов наблюдений следует, что основным фактором, влияющим на интенсивность износа рельсов, является радиус кривых. Так, на участках, где преобладают кривые радиусом 350–400 м, интенсивность бокового износа в 2,5 раза выше, чем на участках, где преобладают кривые радиусом 550–600 м.

В 2007 г. по распоряжению вице-президента ОАО «РЖД» В. Б. Воробьева проведен специальный эксперимент по выявлению влияния ширины колеи на боковой износ рельсов. Опытные кривые были расположены на участке бесстыкового пути, уложенного в октябре 2007 г. при реконструкции верхнего строения 2-го пути участка Инская — Сокур, соединяющего Транссибирскую магистраль с Кузбасским ходом. Грузонапряженность участка 58,3 млн т/км бр./км в год, установленные ско-

рости движения 70 км/ч для пассажирских поездов и 60 км/ч для грузовых.

В опытной кривой радиусом 349 м по проекту уложены железобетонные шпалы Ш-К30, обеспечивающие номинальную ширину колеи 1530 мм. В контрольных кривых аналогичных радиусов первоначально ширина колеи равнялась 1520 мм.

Первое измерение ширины колеи осуществлено 30.10.2007 после укладки и обкатки рельсовых плетей. Среднее значение ширины колеи оказалось равным 1535 мм при максимальном значении 1538 мм и минимальном 1526 мм в отсутствие бокового износа. Таким образом, ширина колеи сразу вышла на предельные значения допусков первой степени 1530–4+8 мм. Наблюдения велись в течение 11 месяцев. За это время по участку пропущено 56 млн т бр. груза, ширина колеи увеличилась на 8 мм при среднем боковом износе 10 мм.

При промере 12.09.2008 средняя ширина колеи в опытной кривой составила 1543 мм, а максимальная — 1546 мм. Чтобы максимальная ширина колеи не выходила за величину 1546 мм, требуется большой объем ее регулировки, поэтому в сентябре 2008 г. принято решение о замене наружной рельсовой нити в этой кривой.

Анализ результатов наблюдений за износом рельсов и изменением геометрии колеи в 7 кривых показал, что интенсивность уширения колеи и бокового износа рельсов по мере наработки тоннажа также оставалась линейной и не зависела от ширины колеи, в том числе от первоначальной.

Рассмотрев результаты целевых исследований, проведенных в 2007–2009 гг. отечественными научными организациями, учитывая зарубежный опыт, сегодняшнее состояние и направления проводимой работы по вопросу оптимизации эксплуатационных расходов железных дорог, связанных с взаимодействием пути и подвижного состава, Научно-технический совет (НТС) ОАО «РЖД», состоявшийся 26.11.09 под руководством В.И.Якунина, отметил, что проводимые меры по снижению износов гребней колес подвижного состава и боковых поверхностей головки рельсов позволили стабилизировать ситуацию в условиях интенсификации работы железных дорог, повышения массы и длины грузовых поездов, осевых нагрузок подвижного состава, грузоподъемности и статической нагрузки грузовых вагонов, скорости движения поездов.

Однако и сегодня расходы материальных ресурсов в локомотивном, ва-

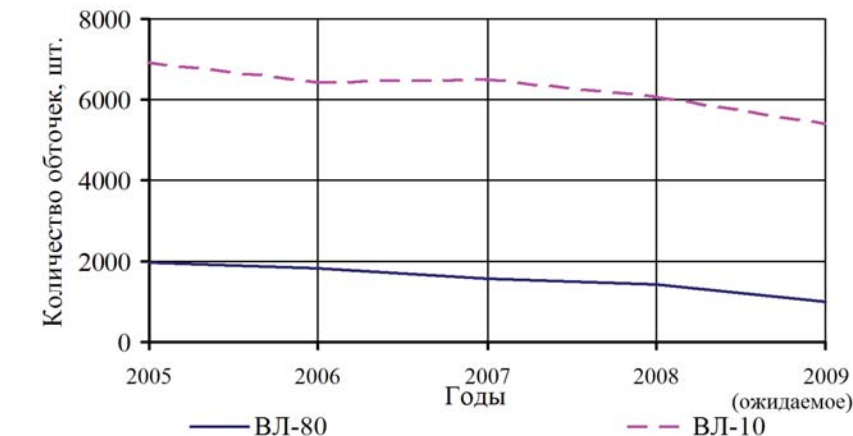


Рис. 2. Количество обточек колесных пар электровозов ВЛ-10 и ВЛ-80 по причине износа гребня и остроконечного наката на Западно-Сибирской железной дороге за период 2005–2009 гг.

гонном и путевом хозяйствах, связанные со сверхнормативным износом в системе «колесо–рельс», прежде всего в кривых участках пути, достаточно значительные, и необходимо продолжать работу по их снижению.

Работу в хозяйствах пути, вагонном, локомотивном следует ускорить на основе реализации инновационных решений:

- в путевом хозяйстве — по расширению полигона бесстыкового пути, упругих промежуточных скреплений, качественных рельсов мирового уровня, автоматизации диагностики и мониторинга постоянных устройств и др.;
- в вагонном хозяйстве — по внедрению в эксплуатацию колес повышенной твердости и качества, тележек грузовых вагонов со скользящими постоянного контакта, подшипников кассетного типа, пружин рессорного комплекта с увеличенным статическим прогибом;
- в локомотивном хозяйстве — по лубрикации гребней и термоупрочнению бандажей, по обточке бандажей по оптимальным профилям, повышению их твердости и применению безгребневых тормозных колодок.

В то же время остаются низкими уровень диагностики, качество ремонта и текущего содержания пути и подвижного состава. Для исправления ситуации необходимы корректировка действующих нормативов, разработка новых технологических процессов и технических средств. Необходимо повысить качество материалов верхнего строения пути, а также ходовых частей подвижного состава отечественных производителей, существенно уступающее зарубежному. Необходимо поднять на новый уровень систему лубрикации с использованием нанотехнологий.

Приведем постановление НТС ОАО «РЖД». С учетом анализа проведенных исследований для обоснования нормативов рельсовой колеи и ходовых частей подвижного состава по критериям износов и безопасности движения:

- считать нецелесообразным пересмотр параметров устройства рельсовой колеи в прямых участках пути и кривых радиусом более 650 м и радиусом менее 350 м;
- в 2010 г. подготовить технические решения по конструкции рельсовых скреплений, характеристикам и ресурсу их упругих элементов, обеспечивающих стабильность ширины колеи и подклонки рельсов в периоды между ремонтами со сменой рельсов без замены упругих элементов рельсовых скреплений и представить на рассмотрение секции «Комплексные проблемы транспорта» НТС ОАО «РЖД»;
- определить лубрикацию зоны контакта «колесо–рельс» одним из важнейших мероприятий по сокращению эксплуатационных расходов железных дорог на техническое обслуживание и ремонт элементов системы «колесо–рельс», затрат топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов, улучшению динамики взаимодействия подвижного состава и пути за счет лубрикации зоны контакта «колесо–рельс» с использованием передвижных рельсосмазывателей как неотъемлемой части перевозочного процесса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Карпущенко Н. И., Козлов А. П., Котова И. А., Антрейкин Е. С. Параметры колеи и износ рельсов в кривых // Путь и путевое хозяйство. — 2007. — № 11. — С. 7–9.
2. Карпущенко Н. И., Котова И. А., Ликратов Ю. А. и др. Взаимодействие колес и рельсов в кривых участках // Путь и путевое хозяйство. — 2008. — № 6. — С. 2–6.