

УДК 629.4

Е.П. БЛОХИН, д-р техн. наук, С.В. МЯМЛИН, д-р техн. наук (ДНУЖТ), Н.И. СЕРГИЕНКО, канд. техн. наук (УЗ)

Повышенный износ колес и рельсов – важнейшая проблема транспорта

Ключевые слова: износ, износ колеса и рельса, контакт колеса и рельса, боковой износ.

С момента возникновения железных дорог особое внимание специалистов стала привлекать проблема, связанная с контактом колеса и рельса.

Проблема износа этой пары актуальна и в наше время, особенно в последние 30 лет.

Профессор М. Ф. Вериге в 1997 г. отмечал [1], что «в настоящее время Российские железные дороги ежегодно расходуют на замену дефектных рельсов и на ремонты пути миллионы тонн рельсов и десятки миллионов деревянных и железобетонных шпал. Так, в 1995 г. железные дороги России получили и израсходовали на эти цели 1,137 млн.т. рельсов и 13,43 млн.шт. шпал».

Начиная с 1983 г. на всех участках пути радиусом R7450 м интенсивность технических отказов пути по боковому износу рельсов из года в год стала возрастать, вместе с этим стала расти и интенсивность бокового износа гребней колес у подвижного состава».

Основная масса рельсов раньше изымалась из пути по дефектам контактно-усталостного происхождения и дефектам в рельсовых стыках (дефекты по рисункам 21 и 53), а теперь – из-за бокового износа. Как видно из рис. 1, заимствованного из книги [1], в 1986 г. из главных путей железных дорог СССР изымалось по боковому износу 6680 тыс.шт. рельсов, а в 1992 г. уже 35300 тыс. шт. На главных путях России в 1992 г. по боковому износу изымалось 23692 тыс. шт. рельсов, а в 1995 г. – 47631 тыс. шт. рельсов.

Отказы в пути сопровождаются ухудшением условий работы подвижного состава:

высоким уровнем интенсификации бокового износа гребней колес, подрезов и остроконечного наката гребней.

Тенденции, которые произошли в вагонном хозяйстве, например, после 1990 года, отражает рис. 2, из которого видно, что до 1990 года в связи с износом поверхности катания отбраковывалось около 40 % колес грузовых вагонов, а в связи с боковым износом гребня – чуть больше 10 %. К 1995 г. положение резко изменилось: в связи с износом поверхности катания стали отбраковывать чуть больше 10 % колес грузовых вагонов, а в связи с износом гребней – 50 %.

Типичным стало ненормальное явление, при котором колеса и рельсы практически перестали изнашиваться по поверхности катания, которая специально предназначена для качения колеса по рельсу.

Аналогичное положение сложилось и на железных дорогах Украины. По

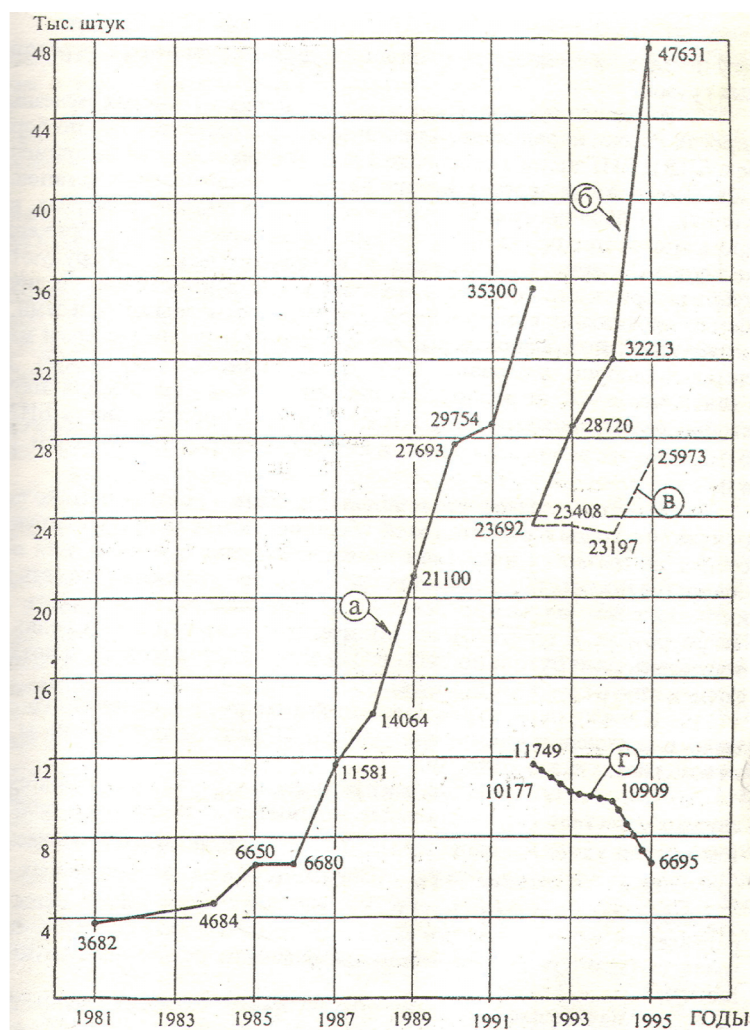


Рис. 1. Изъятие из главных путей железных дорог в бывшем СССР (а) и России (б) по боковому износу; (в) — по контактно-усталостным дефектам; (г) — в шейке рельсов.

© Е.П. Блохин, С.В. Мямлин, Н.И. Сергиенко, 2011.

мнению специалистов [2], интенсивность износов гребней колесных пар подвижного состава и боковой поверхности головки рельсов в 1997 г. возросла примерно в восемь раз по сравнению с 1985 годом, который принято считать базовым. Средний удельный износ гребня локомотива на 10 тыс. км пробега составил более 1 мм (в сухую жаркую погоду — до 3 мм), тогда как до 1985 года этот показатель был равен 0,15 мм. Боковой износ рельсов в кривых участках пути малых радиусов на Львовской железной дороге в 1985 г. достигал максимума (15 мм) после пропуска 130 млн. т. груза, а в 1997 г. — после пропуска всего лишь 20 млн. т.

По мнению д.т.н. В. Д. Никифорова — известного на сети железных дорог стран СНГ специалиста [3], «за последние 30 лет под влиянием ряда факторов в конструкцию, технологию изготовления и содержание пути permanently вводились коренные изменения, сказавшиеся на взаимодействии колеса и рельса. Зачастую вместо улучшения технического состояния пути эти изменения приводили к резкому возрастанию износа как колес, так и рельсов. Это говорит о том, что прогноз производимых изменений сделан не был, хотя информация, полученная в ходе экспериментов, должна была насторожить исследователей.

Одно из таких мероприятий — развитие производства и массовое применение железобетонных шпал. При этом ради удешевления стоимости и увеличения выпуска шпал на заводах были приняты решения об унификации ширины колеи на базе 1520 мм на 98 % протяженности сети в прямых и кривых участках пути радиусом до 350 м включительно. Эти решения принимались в 70-х годах. Однако реализация их по вполне понятным причинам происходила в течение весьма длительного периода. В настоящее время только около трети сети железных дорог оснащены железобетонными шпалами, и процесс оснащения ими продолжается. Следовательно, будут продолжаться усложняться условия взаимодействия колеса и рельса.

Практически в тот же период железные дороги переходили на рельсы тяжелого типа Р65, имеющие повышенную жесткость и измененную геометрию. Их монтаж, особенно в кривых участках пути, оказался более сложным, чем рельсов Р50, и это, в свою очередь, также оказало определенное влияние на взаимодействие ко-

леса и рельса. Переход на рельсы типов Р65 и Р75 занял большой период времени, и оснащение ими сети железных дорог будет продолжаться.

Определенное влияние на износ колес и рельсов оказало и внедрение такого полезного мероприятия, как укладка бесстыкового пути. Однако его применение предъявляет очень жесткие требования к точности сборки.

В этот же период решалась задача сокращения трудозатрат на содержание пути. С этой целью было принято решение о переходе на льготные нормы технического содержания. Ожидалось, что за счет снижения точности монтажа железнодорожного пути, увеличения допусков на отступление от номинальных размеров, удастся сильно сократить трудозатраты. Такое увеличение допусков было сделано в условиях радикальных изменений конструкции верхнего строения пути. Так, с 1981 г. было введено пять степеней отступлений размеров содержания пути от номинальных вместо четырех, действовавших в 1975 г.

Величина перекоса пути первой степени с 6 мм в 1975 г. была увеличена до 8 мм, второй степени — соответственно с 10 до 12 мм. Последняя, четвертая степень отступлений в 1975 г. устанавливала перекосы более 15 мм, а в 1981 г. — до 20 мм, пятая — более 20 мм. При этом перекокс более 15 мм в 1975 г. оценивался в 2000 баллов, а в 1981 г. перекокс более 20 мм — только в 1000 баллов. Другими словами, требования по содержанию пути по величине перекокса были снижены в 2,5 раза.

Аналогичное положение существует по оценке допускаемых просядок рельсовых нитей. Нулевой балл в 1975 г. допускал просядку до 6 мм, а в 1981 г. — до 10 мм. Наибольшая, четвертая степень просядки в 1975 г. была более 15 мм и оценивалась в 1000 баллов. В 1981 г. допускаемая просядка пятой степени установлена более 25 мм и оценивается 500 баллов. Следовательно, и по максимально-допускаемым просядкам требования снижены более чем в 3 раза. Такая же тенденция просматривается при изменении нормативов и допусков на возвышение рельсов в прямых участках пути. Действующие на железных дорогах технические условия увеличивают эти нормативы еще в несколько раз.

Во многих работах последних лет обосновывается, что основными факторами, вызывающими увеличенный износ гребней колес и рельсов, явля-

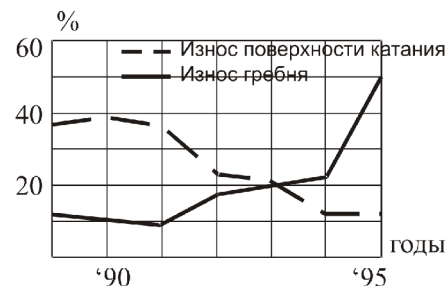


Рис. 2. Тенденции изменения износа поверхности катания колес грузовых вагонов (процент отбраковки колесных пар).

ются повышение массы и длины поездов, статической нагрузки, вождение соединенных поездов и т.п. Практика не подтвердила эти предположения, ибо уже более четырех лет эти факторы не действуют, а ненормальные износы продолжают.

Постепенное накопление названных изменений, происходивших в путевом хозяйстве, совпало по времени с самым радикальным изменением в содержании пути — сужением ширины колеи, названным «унификацией». Она основывалась на прогнозе о повышении скоростей движения поездов, в том числе грузовых, до 120 км/ч и более. В 60-х годах ученым-путейцам удалось обосновать положение о том, что с ростом скоростей при существовавших зазорах между колесом и рельсом сильно возрастает воздействие подвижного состава на путь. Однако результаты испытаний грузовых вагонов на рельсах Р50 и деревянных шпалах ясно показали, что на скоростях до 90 км/ч при сужении ширины колеи в прямых участках пути с 1524 до 1520 мм воздействие груженых вагонов на путь уменьшается всего на десятки килограммов, т.е. в пределах точности измерений. При этом в кривых участках пути сужение колеи вызывает сильное увеличение воздействия вагонов на путь (на 1500..2000 кг). Однако на это внимание обращено не было. Только при скоростях 100..110 км/ч начинает проявляться дополнительное воздействие вагона на рельс в виде увеличения боковых сил с 2,3 до 2,47 т, а при скоростях 110..120 км/ч — с 2,63 до 3,03 т. Несмотря на это, без каких-либо износных испытаний было принято решение о сужении колеи.

В соответствии с ПТЭ 1970 г. ширина колеи между внутренними гранями головок рельсов на прямых участках пути и на кривых радиусом 350

м и более установлена 1520 мм. При этом общее сужение ширины колеи для кривых радиусом от 300 до 350 м составило 20 мм, от 351 до 450 м – 15 мм, от 451 до 651 м – 10 мм. Отклонения от ширины колеи на прямых и кривых участках пути не должны превышать 6 мм по уширению и 4 мм по сужению. Допускаемое сужение колеи по Инструкции ЦП МПС сохранено равным 8 мм. Таким образом, для прямых участков пути и кривых радиусом до 350 м минимальная ширина колеи согласно ПТЭ стала 1516 мм, а с учетом минусового допуска 8 мм – 1512 мм.

Затем была пересмотрена Инструкция по текущему содержанию пути, в которой установлены расширенные пределы «отступлений» от нормаль-

ных размеров и положений рельсовой колеи. При этом сужение колеи до 8 мм отнесено к «нормальному», не требующему срочного устранения (третья степень), а наибольшее возможное сужение показано как – «более 10 мм» (раньше было – «более 8 мм»). При этом наличие сужения колеи (в том числе в кривых радиусом до 350 м) величиной до 10 мм (т.е. до ширины 1510 мм) не препятствует удовлетворительной балльной оценке данного километра пути, тогда как раньше при сужении более 8 мм оценка километра однозначно определялась как неудовлетворительная.

Очевидно, что многочисленные изменения в устройстве и содержании рельсовой колеи на сети дорог обусловили существенные изменения харак-

тера взаимодействия колесных пар подвижного состава и верхнего строения пути. В настоящее время на сети дорог вероятны ситуации, когда фактическая ширина колеи составляет 1510 мм и даже менее, а ширина не изношенной колесной пары – 1511 мм, то есть колея эже колесной пары. Обследования, проведенные на звеносборочных базах, показали, что зачастую там собирают звенья с шириной колеи 1510 и 1512 мм, в том числе и при железобетонных шпалах. Такую сборку ведут с тем, чтобы, уложив рельс по пределу сужения, не трогать его, пока он не износится по пределу уширения, однако при этом колесная пара не может свободно двигаться и, работая в условиях суженной колеи, подвергается интенсивному подрезу и износу гребня. При больших боковых износах головок рельсов износ гребней возрастает из-за трения скольжения по всему профилю гребня и рельса.

Взаимодействие колеса и рельса происходит теперь через гребни колес, которые срезаются рельсами, как при обдирке на станке. Ускоренно изнашиваются также боковые поверхности рельсов в кривых, несмотря на то, что их твердость в 1,5 раза выше твердости поверхностей катания гребня колеса. Наиболее быстро нарастают износы гребней при толщине 33,28 мм, и особенно в летний период, и прежде всего на участках после проведения капитального ремонта пути.

Изменилась геометрия изношенных поверхностей. Изношенные рельсы полностью повторяют профиль гребня и при проходе колес происходит не только их качение по рельсу, но добавляется контактирование профиля гребня с зеркальным отображением его на головке рельса и вследствие этого сухое трение поверхностей.

Выборанные в России ширина колеи, размеры и геометрия головки рельса и поверхности катания колеса, включая гребень и уклоны на ней 1:20 и 1:7, определяют разбег колеса 18 мм в колее в прямой для вновь изготовленных по номиналу изделий. В кривых этот зазор увеличивался до 34 мм. С учетом допусков минимальный зазор колеса в колее был установлен не менее 13 и максимальный – не более 49 мм.

Создателями железнодорожного колеса была заложена идея постоянного перекачивания поверхностью катания колеса по поверхности катания головки рельса из очень важного соображения, а именно: в связи с тем, что ширина поверхности катания ко-

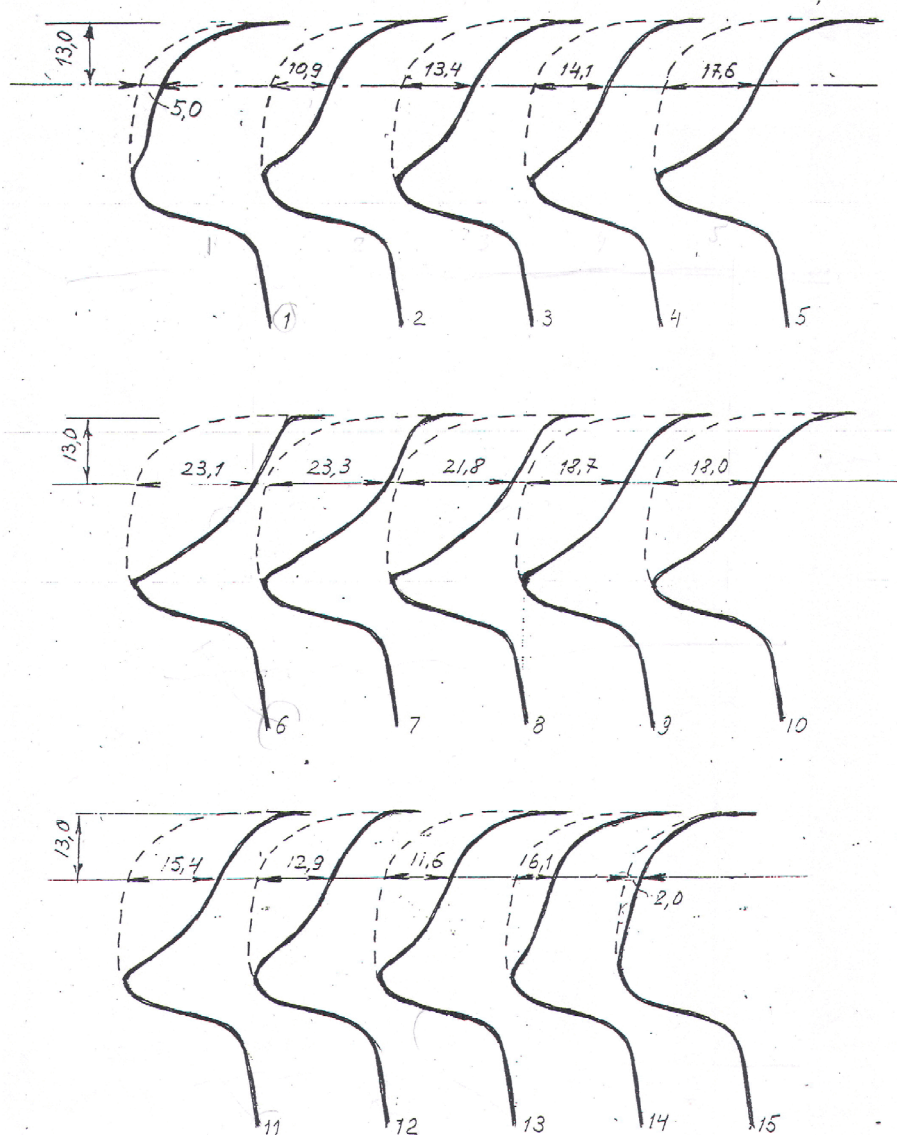


Рис. 3. Поперечные профили головки наружного рельса в кривой № 10 между точками измерений № 22 и № 25, снятые через один метр.

леса больше, чем головки рельса, конусность и разбег колеса в колее позволяют участвовать в качении по рельсу большей поверхности катания колеса, благодаря чему на нем не образуется местная выработка. Не менее важно, что в зависимости от появления случайных или систематических отступлений на вагоне или пути конусность на колесе и разбег компенсируют их полностью или частично автоматически переходом каждого колеса колесной пары на работу соответствующим для этих условий диаметром.

Если устранить зазор колеса в колее или значительно уменьшить его, то эти свойства теряются полностью или частично, что, безусловно, приводит к износу одного из гребней колесной пары и боковому износу рельса».

Известные в Украине специалисты профессор Савчук О. М. и Лашко А. Д. полагают, что существует около десяти факторов, совместно влияющих на износ колес и рельсов в зоне контакта гребня. К ним они относят недостаточно обоснованные решения, связанные с сужением ширины рельсовой колеи с 1524 мм до 1520 мм в прямых и кривых участках пути с радиусом более 350 м.

В 1997-98 гг. Отраслевая лаборатория динамики и прочности подвижного состава ДИИТа провела исследования [4], в которых были подтверждены отступления от норм содержания пути и подвижного состава после выхода его из ремонта. Оказалось, что многие параметры, характеризующие состояние пути, превышают даже предельно допускаемые в эксплуатации значения.

Оказалось, что основные параметры большинства обследованных кривых участков пути — положение в плане, ширина колеи, возвышение наружного рельса, боковой износ — не отвечают установленным нормам содержания пути [5]. Измерения параметров рельсовой колеи, проведенные в 12 кривых с радиусами 300...1000 м, показали, что наибольшая разность стрел изгиба в соседних точках кривой радиусом 333 м составляет 90 мм, при допускаемой 12 мм, а в кривой радиусом 580 м — 34 мм, при норме 10 мм.

Приведенные данные свидетельствуют, что в кривых участках пути параметры, характеризующие положение рельсовых нитей в плане, имеют существенные отклонения от нормативных значений.

На рис. 3 приведены поперечные профили износа головки рельсов, снятые через один метр по длине пути в

Расход энергии на тягу, %

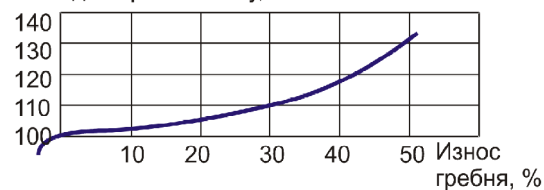
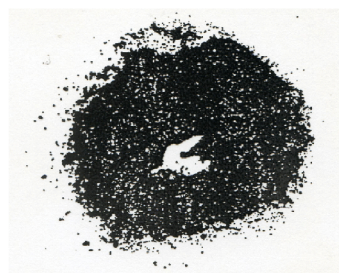


Рис. 4. Расход энергии на тягу, в % от номинального значения, в зависимости от износа гребней.

а)



б)



Рис. 5. Металлическая стружка, собранная на одном участке пути длиной 0,5 м на главном ходу Приднепровской ж.д. при следовании одного грузового поезда: а) масса поезда 2624 т, 53 вагонов, скорость движения 35 км/ч, вес стружки 0,33 г; б) масса поезда 2515 т., 50 вагонов, скорость движения 20 км/ч, вес стружки 0,03 г.

Таблица 1

Величины суммарных продольных зазоров между буксами и направляющими

Δ_1 , мм	4...5	6...15 (норма)	16...17	18...19	20...21	22...23	24...25	26...27	28...38
%	0,8	45,2	23,0	17,7	8,5	2,8	0,4	0,8	0,8

кривой № 10 на участке, расположенном перед ст. Нижнеднепровск-Узел Приднепровской железной дороги. Заметим, что смена рельсов на этом участке была выполнена в июле 1997 г., за четыре месяца до выполнения обмеров пути.

Заметим, что по данным Ассоциации американских железных дорог [6] износ гребня на 50 % увеличивает расход энергии на тягу на 30 % (рис. 4).

В рамках выполнения работы [4] нами был проведен сбор металлической стружки, которая «...собиралась с длины рельса 0,5 м в двух кривых участках пути: в опытной кривой радиусом 600 м при выполнении экспериментальных исследований воздействия подвижного состава на путь и в кривой № 11 радиусом 340 м, расположенной перед ст. Нижнеднепровск-Узел Приднепровской железной дороги».

На рис. 5 в качестве иллюстрации приведены результаты сбора стружки, собранной при движении со скоростью 35 км/ч грузового поезда массой 2624 т., в составе которого были 53 вагонов (а) и поезда массой 2515 т., имевшем в составе 50 вагонов и двигавшегося со скоростью 30 км/ч (б).

В течение года в стружку уходят миллионы тонн дорогостоящего металла.

Обследование состояния и обмеры ходовых частей вагонов показали, что «при выходе вагонов из депоовского ремонта такие параметры их ходовых частей, как суммарные продольные Δ_1 и поперечные Δ_2 зазоры между буксами и направляющими буксового проема, ширина буксовых проемов, зазоры в скользунах Δ_3 , часто не соответствуют установленным нормативам [5].

Так, в 256 обследованных буксах размеры зазоров Δ_1 между буксой и направляющими распределились следующим образом (см. табл. 1).

Как видно, число случаев, когда величина Δ_1 превышала установленные размеры, составило ~55 % от общего числа измерений.

Почти у половины обследованных колесных пар (всего 116) наименьшие значения поперечного суммарного зазора между буксами и направляющими также превышали допускаемые при выходе из депоовского ремонта (см. табл. 2).

Зазоры Δ_3 между скользунами тележки и рамой вагона в сумме (с обеих сторон вагона, т.е. суммарные за-

Таблица 2

Значения поперечного суммарного зазора между буксами и направляющими

Δ_2 , мм	5...13 (норма)	14	15	16	17	18	19	20
%	54,3	12,9	15,6	6,0	3,4	2,6	2,6	2,6

Таблица 3

Значение суммарных зазоров в скользунах

Δ_3 , мм	10...16 (норма)	17...18	19...20	21...22	23...24	25...26	27...28	29...30
%	42,5	22,5	15,0	2,5	7,5	5,0	2,5	2,5

зоры в скользунах) примерно у половины из обследованных тележек превышали установленный норматив (16 мм) и достигали в некоторых случаях 30 мм (табл. 3).

Авторы опубликованной в 2009 году статьи [7] приводят данные по состоянию на 2000 год о тех изменениях, которые произошли в ширине колеи и величинах степеней отступлений от норм в процессе изготовления и содержания пути на Российских железных дорогах и отмечают, что эти изменения были введены в условиях, при которых «...Геометрические размеры колесных пар подвижного состава (вагоны, локомотивы и электропоезда), определяющие процесс взаимодействия с рельсовой колеей, практически не изменялись более 50 лет. При этом парк грузовых вагонов оборудован одним типом тележки ЦНИИ-ХЗ (модель 18-100), спроектированной по нормам содержания пути 1950 года (ЦП/2023), прошедшей испытания в 1952 году и выпускаемой серийно с 1956 года по настоящее время.

Наряду с параметрами содержания для ширины рельсовой колеи на износ колесных пар и динамические показатели подвижного состава существенное влияние оказывают величины отступлений от норм содержания рельсовой колеи.

В начале 70-х годов ВНИИЖТом были выбраны степени неисправностей по наиболее характерным неравноностям рельсовой колеи, вызывавшие наибольшие динамические воздействия на грузовые вагоны, по перекосам, просадкам, стрелам изгиба, а также их сочетаниям.

В действующей в настоящее время инструкции по текущему содержанию железнодорожного пути приведены величины отступлений в плане (ЦП/774 Инструкция табл. 2.3 24, 25 стр. 18, 19, 20). Из сопоставления этих таблиц можно сделать выводы, что допустимые отступления, например, по перекосам к настоящему времени увеличи-

лись с 14 до 50 мм в 3,5 раза, отступления в плане увеличились с 19 до 100 мм в 5,2 раза. Кроме того, произошло известное заужение рельсовой колеи с минимальной шириной до 1512 мм. Кроме того, в железнодорожный путь начали укладывать рельсы с повышенной твердостью. Эти изменения привели к тому, что средний срок службы колес грузовых вагонов с 1974 года до 1997 года сократился с 15 до 3,2...4 лет».

В работе [7] обращается внимание на наблюдения В.О.Певзнера, «что боковой износ рельсов стал наблюдаться и в прямых участках пути», а также на данные специалистов Горьковской железной дороги о том, «что на железобетонных шпалах, изготовленных по ГОСТ 10629-88, путь с рельсами Р65 может иметь ширину колеи 1512⁺⁴₋₆. Следовательно, минимальная ширина рельсовой колеи может достигать 1506 мм». И это при условии, что расстояние между гребнями колесной пары может быть 1511 мм.

В этих условиях нужно заботиться не только об износе, но и о безопасности движения, которое имеет приоритетное значение.

Выводы и рекомендации.

1. Основная причина упомянутых изменений, которая наносит не только колоссальный экономический ущерб отрасли, но и уровню безопасности движения подвижного состава, заключается в несоответствии геометрических параметров пути параметрам колес.

2. Усилить контроль за техническим состоянием подвижного состава при выходе его из депоовского ремонта и состоянием пути в эксплуатации.

3. С целью установления основных причин существенного изменившихся взаимодействия колеса и рельса и влияющих на экономику отрасли считать целесообразным:

выделить запланированный под капитальный ремонт опытный участок пути длиной 10...20 км, например, с

целью скорейшего получения предварительных результатов, вблизи станции Чертков Львовской ж.д., имеющий множество кривых малого и среднего радиусов;

временно, на период наблюдений, исключить на опытном участке применение «унифицированной» колеи и пяти степеней отступлений размеров содержания пути от номинальных и вернуться к четырем степеням, что уже сделано в России (ЦП/774-2000);

при капитальном ремонте опытного участка вернуться к прежним (до 1970 года) нормам укладки и содержания пути; при необходимости уложить деревянные шпалы;

если по результатам наблюдений окажется, что износ боковой поверхности головок рельсов перестанет быть доминирующим, значит и износ колес по гребням перестанет быть основным;

принять соответствующие меры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вериго М.Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава в кривых малого радиуса и борьба с боковым износом рельсов и гребней колес / М.Ф.Вериго // Москва. — 1977. — 207 с.
2. Лашко А.Д., Савчук О.М. К вопросу о стратегии Украинизации по решению проблемы сверхнормативных износов пары «колесо-рельс» / А.Д.Лашко, О.М.Савчук // Залізничний транспорт України. — 1997. — № 2-3. — С. 2-4.
3. Никифоров Б.Д. Причины и способы предупреждения износа гребней колесных пар / Б.Д.Никифоров // «Железнодорожный транспорт». — 1995. — № 10. — С. 36-40.
4. Заключительный отчет по научно-исследовательской теме «разработка рекомендаций по снижению износа колес и рельсов за счет снижения сил динамического взаимодействия железнодорожных экипажей и пути с учетом стационарных и нестационарных режимов движения», Том 2, № Гос. регистрации 0196U023124 // Днепрпетровск. — 1998. — С. 114-288.
5. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки / Міністерство транспорту та зв'язку України, Державна адміністрація залізничного транспорту України. Київ. — 2009. — 299 с.
6. Сакин А.Е. Исследование износа поверхностей катания грузовых вагонов / А.Е.Сакин // «Железнодорожный транспорт за рубежом». Москва - 1979. - №7. - с.33-35.
7. Филиппов В.Н. Анализ работ по изменению норм содержания верхнего строения пути / В. Н. Филиппов, Г. И. Петров, Н. К. Игембаев и др. // Труды X научно-практ. конф. «Безопасность движения поездов». — МГУПС (МИИТ). — 2009. — С. VII.6-VII.9.