

Н. И. Коваленко

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Аннотация. Изменение нормативных параметров в конструкции пути и его элементах, а также изменение технологии производства работ приводит к изменению характера взаимодействия подвижного состава и элементов пути, изменению вида и характеристик различных неисправностей, в особенности для условий интенсивной эксплуатации пути. Расчетами (с учетом моделирования) установлено, что для исправной и работоспособной конструкции пути коэффициент запаса прочности по напряжениям в наиболее нагруженном поперечном сечении рельса составляет 1,7 при жестком (стабилизированном) подрельсовом основании, 1,3 при слабом (мягком, сразу после ремонта подрельсовом основании). Как при слабом, так и при жестком подрельсовом основании в случае разрушения принимающей шпалы или её отсутствии коэффициент запаса прочности составил 0,82. В настоящее время, учитывая сравнительно невысокую трудоёмкость выполнения работ с применением регулировочных прокладок (карточек) на локальных участках, а также сравнительно короткий промежуток времени, необходимый для выполнения этих работ, данный способ получил широкое распространение для устранения неисправностей в виде локальных просядок, перекосов, других отклонений положения рельсовых нитей железнодорожного пути в профиле. На предварительной стадии установлено, что следствием уменьшения подрельсовой опорной площадки при использовании регулировочных прокладок (карточек) является уменьшение модуля упругости подрельсового основания на 7–15 % и увеличение на 8–12 % усталостных процессов деградации рельсовой стали.

Ключевые слова: регулировочная прокладка (карточка), равноресурсность элементов пути, излом рельса, наработка тоннажа, высокая грузонапряжённость, рельсовая сталь, подрельсовая опорная площадка, запас прочности по напряжениям, принимающий конец рельса.

Для цитирования: Коваленко, Н. И. Повышение уровня технического состояния железнодорожного пути / Н. И. Коваленко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 125–134. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_3_125.

Введение

В настоящее время при текущем содержании пути применяются регулировочные прокладки (карточки) для устранения неисправностей в виде локальных просядок, перекосов, других отклонений положения рельсовых нитей железнодорожного пути в профиле, которые оцениваются путеизмерительными средствами как неисправности второй степени [1–3].

Практика такого способа устранения неисправностей применялась, например, на одной из дистанций пути Куйбышевской железной дороги (например, ПЧ-12) в 70–80 гг. прошлого столетия в виде частной инициативы дорожного мастера по текущему содержанию пути. Применение такого способа устранения неисправностей имело значительное сокращение трудозатрат при выполнении данных работ при высоких показателях качества текущего состояния рельсовой колеи по оценке её состояния путеизмерительными средствами, например, путеизмерительными вагонами и ручными приборами. Однако более глубоким и всесторонним анализом состояния всех элементов пути на этом же участке данной дистанции было установлено, что, например, состояние рельсов по дефектности за этот же промежуток времени существенно отличалось в худшую сторону по сравнению с аналогичными участками, имеющими прочие практически одинаковые характеристики как перевозочного процесса, так и географических параметров. Как результат, для звеньев пути на деревянных шпалах, который эксплуатировался в тот период времени, такой способ устранения неисправностей был подвержен критике, признан неэффективным и запрещенным к применению.

Эксплуатация бесстыкового пути, внедрение участкового метода текущего содержания потребовали на практике применения измененных технологий выполнения работ. В настоящее время, учи-

тывая сравнительно невысокую трудоёмкость выполнения работ с применением регулировочных прокладок (карточек) на локальных участках, а также сравнительно короткий промежуток времени, необходимый для выполнения этих работ, данный способ получил широкое распространение в практике ОАО «РЖД» [4–6].

Однако с целью массового использования данного способа производства работ не было выполнено соответствующее научно-техническое подтверждение и обоснование влияния изменения конструкции элементов подрельсового основания и последствий долговременного применения регулировочных прокладок (карточек) [7, 8].

Авторы данный способ работ рассматривают в качестве одной из причин тенденции по ухудшению состояния путевого хозяйства, сложившегося в настоящее время на сети железных дорог РФ [10, 11].

Ухудшение состояния пути отмечается в телеграмме ОАО «РЖД» от сентября месяца 2021 г., где указывается, что на текущий период ситуация с изломами рельсов в путевом хозяйстве инфраструктурного комплекса сложилась крайне неудовлетворительная. В частности, на сети железных дорог на четвертый квартал 2021 г. было допущено 70 случаев изломов рельсов. За аналогичный период 2020 г. таких изломов было зафиксировано 42. Причем 28 из них были выявлены в сварных стыках, которые были выполнены алюминотермитным способом. За этот же период в 2020 г. было выявлено 8 случаев таких изломов. Кроме того, на четвертый квартал 2021 г. по сети допущено 5 случаев схода подвижного состава по причинам разрушения рельсов в зоне изолирующих стыков с накладками АпАТЭК.

В телеграмме отмечается, что отдельными Дирекциями инфраструктуры мероприятий по снижению изломов рельсов не принимается, необходимых выводов не сделано, а также улучшению работы по устранению нарушений не проводится, что не способствует изменению ситуации с изломами рельсов в лучшую сторону.

Материалы и методы

Для оценки существующего состояния путевого хозяйства, на наш взгляд, показательным примером может служить рассмотрение инцидента в виде схода поезда с рассмотрением последствий инцидента, предыстории его возникновения и возможных причин возникновения.

Таким примером может служить инцидент в виде схода поезда, произошедшего в марте месяце 2021 г. на перегоне Южно-Уральской железной дороги – филиале ОАО «РЖД».

Рассмотрение данного инцидента следует отнести к материалам по оценке неудовлетворительного состояния рельсов, изолирующих стыков, в том числе АпАТЭК и других элементов пути.

Комиссией ОАО «РЖД» в результате разбора данного события было установлено, что причиной схода вагонов стал излом рельса и его разрушение на большое количество фрагментов на длине рельса около 4 м.

Место произошедшего схода характеризуется следующими параметрами: класс линии – второй, класс пути – второй, специализация – О (особогрузонапряженная). Эксплуатируемая конструкция пути была создана при модернизации линии в 2013 году. По рассматриваемому пути на момент произошедшего схода пропущенный тоннаж составил 766,0 млн т брутто. По отчетным данным средняя грузонапряженность данного участка пути – 96,524 млн ткм брутто/км в год.

Рельсы, уложенные в путь, характеризуются следующими параметрами: завод – изготовитель АО «ЕВРАЗ ЗСМК», тип Р65, на шейке рельса указано К 1 2013, то есть дата проката рельса расшифровывается как январь 2013 г., категория рельса – ДТ350, по рабочей грани вертикальный износ головки рельса – 2,5 мм, боковой износ – 14 мм.

История оценки состояния участка пути и мероприятий по обеспечению необходимого уровня технического состояния железнодорожного пути накануне произошедшего схода.

В соответствии с пунктами 5 и 6 (п/п 6.7) «Правил назначения ремонтов пути»¹, а также пунктом 12 Приложения №1 в ПТЭ² начиная с 2017 года на данном участке должен был быть запланированным средний ремонт пути. По факту данный ремонт не был выполнен.

Анализом состояния элементов пути было установлено, что на примыкающих концах рельса, на котором смонтирован изолирующий стык, была нарушена эпюра шпал (в сторону её увеличения),

¹ Правила назначения ремонтов железнодорожного пути, утвержденные распоряжением ОАО «РЖД» от 17.12.2021 г. и введенные в действие 29.04.2022 г. (далее «Правила назначения ремонтов»).

² Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации, утвержденные Министерством транспорта Российской Федерации от 21 декабря 2010 г. № 286 с изменениями в соответствии с Приказом Минтранса РФ от 09.02.2018 г. № 54 (далее ПТЭ).

которая предусматривается в соответствии с п. 3.11.10 и п. 3.11.11 Инструкции³. Со стороны отдающего конца рельса предстыковая шпала имела раскол.

6 января 2021 г. при зимнем комиссионном осмотре участка, на котором в дальнейшем произошел сход подвижного состава (примерно за два месяца до схода), в изолирующем стыке по левой рельсовой нити выявлены неисправности в виде угла в плане 36 мм на длине 24 м и свехнормативный зазор равный 26 мм. При нормативной величине в соответствии с требованиями ПТЭ равной 21 мм. Эти неисправности были устранены (согласно акту комиссии ОАО «РЖД»).

При рабочем проходе диагностического комплекса ЭРА приблизительно за месяц до схода (по отчетным данным 08 февраля 2021г.) на данном километре, где произошел сход, были обнаружены неисправности в виде бокового износа рабочей грани рельса от 16,6 до 19,5 мм, что соответствует оценке «неудовлетворительно». Данные неисправности не были устранены.

В техническом паспорте дистанции пути отмечается, что на этом участке пути были уложены промежуточные скрепления ЖБР-65 ПШМ. На основании отчетных документов отмечается, что 22 февраля 2021 г., затем 7 марта 2021 г. на этом же участке пути производились работы по замене упругой прокладки данных промежуточных скреплений. На данном участке пути 10 марта 2021 г. выполнялись работы по регулировке ширины колеи.

В материалах расследования комиссии ОАО «РЖД», а также в отчетах по текущему содержанию участка пути, где произошел сход, например в ПУ-74⁴, отсутствует информация, в которой были бы указаны сведения о выполнении осмотров изолирующего стыка с демонтажем изолирующих элементов данного стыка.

Результаты

С целью выявления и оценки состояния элементов верхнего строения пути (рельсов, шпал, скреплений промежуточных и стыковых, конструкции изолирующего стыка) для установления возможных причин схода подвижного состава, произошедшего в марте 2021 г. на вышеуказанном перегоне, была поставлена задача определения максимальных изгибающих моментов, действующих в сечении по оси принимающей шпалы. Для решения данной задачи было выполнено моделирование и произведены соответствующие расчеты [12–15]. Данными исследованиями было установлено, что при исправном и работоспособном состоянии шпал и рельсов (рис. 1) на верхней поверхности (под головкой рельса) будет растянутая зона (на схеме указана в виде знаков «плюс»), на нижней опорной поверхности (над подошвой рельса) – сжатая зона (на схеме указана в виде знаков «минус»).

В качестве примечания следует отметить, что в сечении зазора изолирующего стыка изгибающий момент и напряжения имеют минимальные значения.

Для конструкции пути по оси принимающей шпалы расчетами было установлено, что коэффициент запаса прочности по напряжениям в наиболее нагруженном поперечном сечении рельса оказался равным 1,7 при жестком стабилизированном основании при исправной и работоспособной типовой конструкции пути; в случае, если подрельсовое основание рассматривается как слабое или мягкое (например, сразу после ремонта верхнего строения пути), данный коэффициент не превышает 1,3.

При эксплуатации пути с разрушенной шпалой (или при её отсутствии) под принимающим концом рельса (рис. 2) выполненное аналогичное моделирование и произведенные расчеты показывают, что максимальный изгибающий момент действует также в сечении по оси разрушенной принимающей шпалы или условного её размещения (при её отсутствии).

³ Инструкция по текущему содержанию пути, утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» от 14 ноября 2016 г. № 2288р.

⁴ Журнал учета работ по текущему содержанию и оценке состояния пути и путевых устройств, утвержденный распоряжением ОАО «РЖД» от 02 мая 2012 г. № 857р (далее ПУ-74).

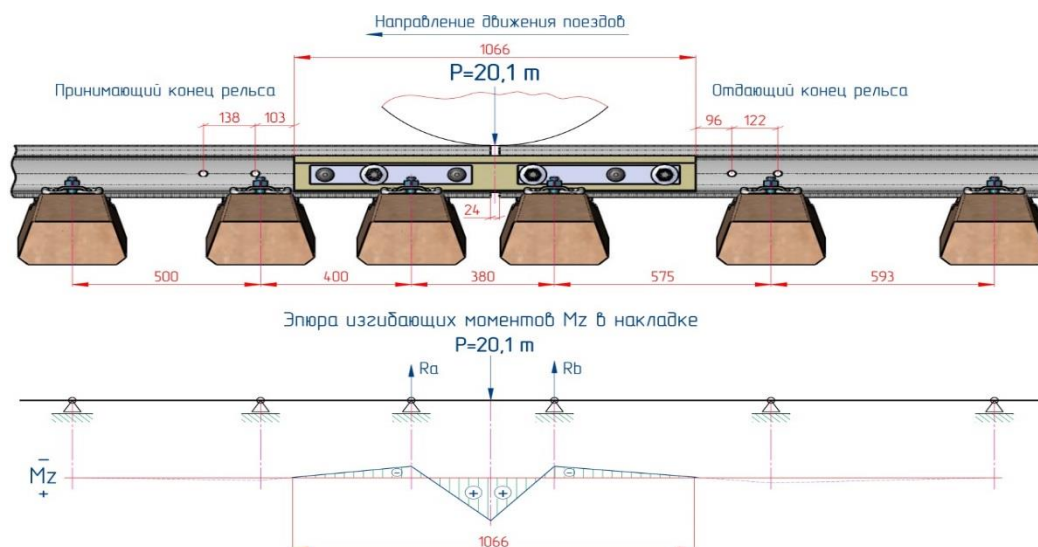


Рис. 1. Расчетная схема типового рельсового стыка при неразрушенной шпале (места будущего разрушения рельса при сходе вагонов в марте месяце 2021 г.)

Изгибающие моменты сил при разрушенной шпале под принимающим концом рельсом (рис. 2) распределяются следующим образом: на верхней поверхности (под головкой рельса) будет растянутая зона, на нижней опорной поверхности (под подошвой отдающего конца рельса) – сжатая зона.

Моделированием и расчетами установлено, что в случае разрушения принимающей шпалы (или при её отсутствии) по оси отдающей шпалы, то есть в сечении рельса, которое в данном случае является наиболее нагруженным, коэффициент запаса прочности поперечного сечения рельса по напряжениям принимает значение равное 0,82 – как при слабом, так и при жестком подрельсовом основаниях.

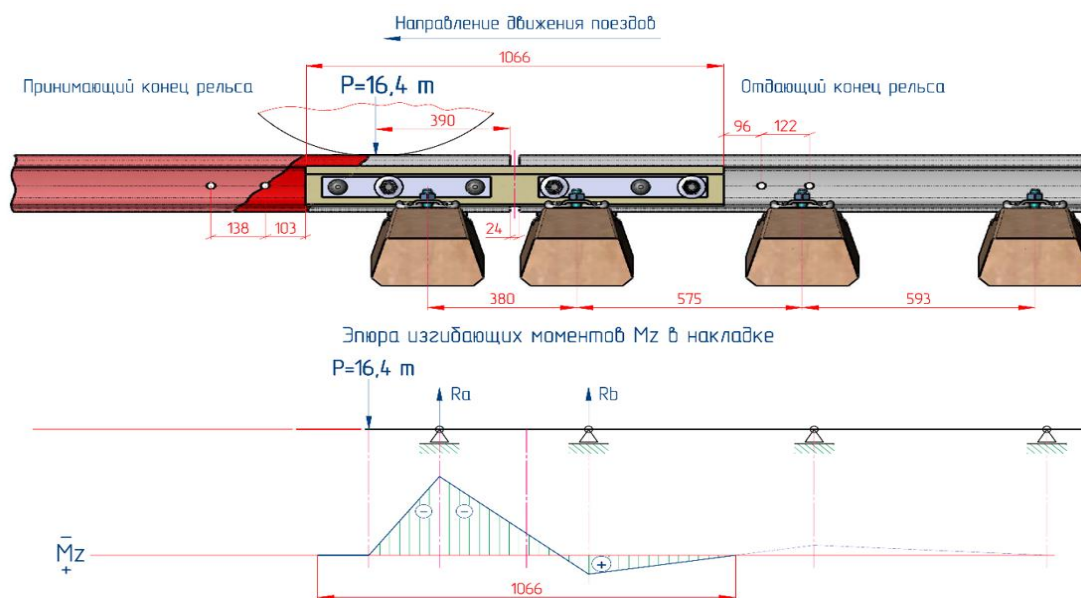


Рис. 2. Расчетная схема зоны разрушения рельса при сходе вагонов в марте месяце 2021 г. при разрушенной принимающей шпале

Использованная разработанная модель (рис. 2) показывает, что надрыв сечения рельса при разрушении принимающей шпалы (или ее отсутствии), прогнозируется в ослабленном сечении, которое располагается на расстоянии порядка 48 мм от оси принимающей шпалы или условном её размещении при её отсутствии.

Обсуждение результатов

Моделированием и последующими расчетами получен модуль упругости подрельсового основания равный 121 мПа при исправных рельсах, исправных работоспособных шпалах, то есть при типовом основании (или жестком основании) и 23 мПа при разрушенной, например, принимающей шпале в стыковом соединении рельсов.

При определении расчётных максимальных значений вертикальных сил давления колес подвижного состава на рельсы установлено, что для достижения предельных напряжений в поперечных сечениях рельсов необходимо приложить силу равную 86,4 Тс от одного колеса или 172,8 Тс от колесной пары при слабом основании (или мягком основании).

Расчётные максимальные значения вертикальных сил от подвижного состава при жестком основании составляют 129,0 Тс от одного колеса или 258 Тс от колесной пары при исправном работоспособном состоянии шпал и рельсов (типовая конструкция пути).

Вертикальные прогибы головки рельса по оси стыка составляют 36 мм в случае мягкого подрельсового основания (например, для пути сразу после выполнения ремонта), при расчётном модуле упругости подрельсового основания равном 23 мПа. При типовой конструкции пути (исправном работоспособном состоянии шпал и рельсов) и расчётном модуле упругости подрельсового основания равном 121 мПа прогибы головки рельсов составляют 24 мм.

При расчетной динамической осевой нагрузке 25 Тс (от колеса – 12,5 Тс) с учетом ударного воздействия на одно колесо, которое составит 20,1 Тс, соотношение фактических действующих сил и сил, приводящих к излому рельсов, составит $86,4/20,1 = 4,3$ раза при слабом или мягком основании или отсутствии шпалы (расчетная схема 2) и $129,0/20,1 = 6,4$ раза – при жестком или типовом основании (расчетная схема 1).

Таким образом, при работоспособном состоянии шпал и рельсов для разрушения (излома) поперечного сечения рельса от воздействия вертикальных сил на рельсы от колес подвижного состава при осевых нагрузках 25 Тс необходимо при слабом основании приложить силы, в 4,3 раза превышающие действующие в настоящее время вертикальные силы от подвижного состава. При жестком основании для разрушения рельса необходимо приложить силы, в 6,4 раза превышающие действующие в настоящее время вертикальные силы от подвижного состава.

Полученными результатами исследований установлено, что излом рельса является наиболее вероятной причиной схода вагонов в марте месяце 2021 года на Южно-Уральской железной дороге – филиале ОАО «РЖД». Разрушение рельса произошло в районе первого отверстия диаметром 22 мм под перемышку.

Наиболее вероятной причиной, которая привела к возникновению разрушения рельса, могут быть усталостные процессы, вызвавшие деградацию рельсовой стали. На вероятность происхождения таких последствий указывает то, что пропущенный тоннаж на данном участке составил более 766 млн т брутто.

Для условий интенсивной эксплуатации пути, которая отмечается для рассматриваемого участка пути, имеющего грузонапряженность линии более 96 млн ткм брутто на км в год, нормативная величина пропущенного тоннажа должна быть 700 млн т брутто (в соответствии с ранее приведенными ПТЭ и «Правилами назначения ремонтов»).

Кроме того, на данном участке не были выполнены работы по среднему ремонту пути, по замене упругой прокладки на скреплении ЖБР-65 ПШМ, а также не выполнена регулировка ширины колеи. Кроме того, недостаточно эффективно выполнялись мероприятия по текущему содержанию данного участка пути и изолирующего стыка. При текущем содержании данного участка пути применялись регулировочные прокладки (карточки) для устранения неисправностей в виде локальных просядков и перекосов.

На стадии предварительных исследований, проведенного анализа, произведенных расчетов было установлено, что при использовании регулировочных прокладок (карточек) для локального устранения неисправностей в виде просядков, перекосов, других отклонений положения рельсовых нитей железнодорожного пути в профиле следует учитывать последствия такого процесса в виде изменения как геометрических характеристик всей конструкции, так и характеристик динамического взаимодействия. В частности, на стадии предварительных результатов оценки установлено, что геометрические размеры (длина и ширина) регулировочных прокладок (карточек) на 10–20 % меньше опорных размеров подрельсовых элементов промежуточных скреплений или подрельсовых опор (шпал, брусьев, плит и других конструкций). Предварительными результатами исследований отмечается, что

следствием уменьшения опорной площади является уменьшение модуля упругости подрельсового основания на 7–15 % и увеличение усталостных процессов деградации рельсовой стали. На предварительной стадии это увеличение может составлять 8–12 %.

С целью определения необходимых параметров регулировочных прокладок (карточек), их размеров, количества применения на единице длины участка пути и других характеристик необходимо уточнить изменения модуля упругости подрельсового основания, а также модуля упругости рельсов при использовании регулировочных прокладок (карточек). Кроме этого, следует уточнить технологические параметры их применения, такие как продолжительность эксплуатации пути на регулировочных прокладках (карточках), порядок их укладки и замены и другие характеристики регулировочных прокладок (карточек).

В целом для уменьшения затрат на материалы и снижения трудозатрат при повышении уровня технического состояния пути необходимо обеспечить равноресурсность его элементов путем оптимизации ремонтной схемы [10, 16–20].

Нормативная потребность объёмов капитальных ремонтов для каждого отдельного участка пути (W_{norm} , км), имеющих различную грузонапряжённость, а также величину установленных скоростей движения, согласно «Правил назначения ремонтов пути», указанных ранее, рассчитывается по формуле (1):

$$W_{norm} = \frac{L_i \times G_{god}}{Q_{norm} \times f_i} = \frac{L_i}{N_{god} \times f_i}, \quad (1)$$

где G_{god} – величина грузонапряжённости каждого отдельного участка, млн ткм брутто/км в год;

Q_{norm}, N_{god} – наработка пути в виде пропущенного тоннажа в млн т брутто или продолжительность эксплуатации пути в виде количества лет между капитальными ремонтами пути, соответствующих нормативному периоду;

L_i – длина участков пути (развёрнутая), имеющих одинаковый класс, категорию и другие характеристики, км;

f_i – коэффициент корректировки, позволяющий учитывать дополнительные факторы и особенности эксплуатации конкретных участков пути.

В качестве таких факторов наиболее значимыми являются, например, эксплуатация плетей меньше нормативной длины; отсутствие шлифовки рельсов или её производство в недостаточных объёмах, недостаточная толщина чистого слоя балласта при выполнении ремонтных работ; близкое расположение мест погрузки нефтяных продуктов, а также сыпучих грузов в виде угля, руды, минеральных удобрений и др.

Численные значения $G_{god}, Q_{norm}, N_{god}, L_i, f_i$ берутся из отчетных материалов дистанции пути, например, технического паспорта.

Для определения потребных объёмов (V_i) разных видов работ на каждом отдельном участке пути применяется формула (2):

$$V_i = w_{kap} \times n_i, \quad (2)$$

где w_{kap} – объёмы капитального ремонта пути для каждого участка (1);

n_i – количество повторений различных видов работ в течение жизненного цикла продолжительности эксплуатации пути (между капитальными ремонтами).

Чтобы обеспечить эффективную организацию текущего содержания пути и производство его ремонтов, необходимо стремиться к минимизации суммарных затрат, которые определяются количеством задержек поездов, вызванных продолжительностью закрытия перегона (или количеством требуемых «окон» и их продолжительностью) и непосредственных затрат на выполнение ремонтных работ. Параметры, зависящие от организации и технологии выполнения работ в расчетах, учитываются только в виде переменных факторов.

Выводы

На основании выполненного моделирования и последующих расчетов величины напряжений поперечного сечения рельса в условиях максимального нагружения рельса от колес подвижного состава установлены следующие значения коэффициентов запаса прочности: 1,7 – при жестком (типовом или стабилизированном) подрельсовом основании; 1,3 – при слабом (мягком) подрельсовом основании или при состоянии пути сразу после ремонта. В случае если в стыке принимающая шпала разрушена или она отсутствует, коэффициент запаса прочности по напряжениям в наиболее нагруженном сечении

составил 0,82 как при слабом (мягком), так и при жестком (типовом или стабилизированном) подрельсовом основании.

На стадии предварительных исследований установлено, что, используя регулировочные прокладки (карточки) при локальном устранении неисправностей в виде локальных просадок, перекосов, других отклонений положения рельсовых нитей железнодорожного пути в профиле, следует учитывать последствия такого процесса в виде изменения как геометрических характеристик конструкции, так и характеристик динамического взаимодействия.

На предварительной стадии установлено, что следствием уменьшения подрельсовой опорной площадки при использовании регулировочных прокладок (карточек) является уменьшение модуля упругости подрельсового основания на 7–15 %, а также увеличение усталостных процессов деградации рельсовой стали на 8–12 %.

Таким образом, достижение равноресурсности технического состояния пути и его элементов, а также обеспечение их эксплуатационной надежности является стратегической задачей повышения уровня технического состояния пути.

Список литературы

1 **Гринь, Е. Н.** Факторный анализ оценки состояния пути / Е. Н. Гринь, Н. И. Коваленко // Путь и путевое хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 22–23. – ISSN 0033-4715.

2. Составление бюджета прямых затрат путевого комплекса ОАО «Российские железные дороги» при современной классификации железнодорожных линий / Н. Коваленко, Б. Волков, А. Коваленко, Н. Коваленко // VIII Международный научный Сибирский транспортный форум. Транссибирь 2019. Достижения в области интеллектуальных систем и вычислительной техники, том 1115. Чемпионат Спрингера от 05 января 2020 г. / З. Попович, А. Манаков, В. Брескич (ред.). – С. 177–183. – ISBN 978-3-030-37916-2. – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-37916-2_19 (дата обращения: 12.09.2023).

3 Методика классификации железнодорожных линий ОАО «РЖД», утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» от 04 марта 2015 г. № 551р. – URL: <https://base.garant.ru/71085892/> (дата обращения: 12.09.2023).

4 Оценка снижения последствий, возникших в результате инцидентов на железной дороге / Н. Коваленко, В. Пономарев, Н. Коваленко [и др.] // З. Попович, А. Манаков, В. Брескич. (ред.) VIII Международный научный Сибирский транспортный форум. Транссибирь 2019. Достижения в области интеллектуальных систем и вычислительной техники, том 1115. Спрингер, Cham. 05 января 2020 г. / З. Попович, А. Манаков, В. Брескич (ред.). – С. 184–194. – ISBN 978-3-030-37916-2. – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-37916-2_20 (дата обращения: 12.09.2023).

5 **Коваленко, Н.** Определение сроков ремонта железнодорожного пути с учетом надежности и уровня риска / Н. Коваленко, Е. Гринь, Н. Коваленко // Веб-конференция E3S, Том 157 06031 (2020). Springer, 20 марта 2020 г. – С. 92–99. –

References

1 **Grin, E. N.** Factor analysis of the assessment of the state of the path / E. N. Grin, N. I. Kovalenko // Path and track economy. – 2013. – No. 1. – P. 22–23. – ISSN 0033-4715.

2 Kovalenko, N., Volkov, B., Kovalenko, A., Kovalenko, N. (2020). Budgeting Direct Costs of Track Complex of JSC "Russian Railways" in the Light of Modern Classification of Railway Lines. / In: Popovic, Z., Manakov, A., Breskich, V. (eds) VIII International Scientific Siberian Transport Forum. TransSiberia 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol 1115. Springer Cham 05 January 2020, P. 177–183. – ISBN 978-3-030-37916-2. – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-37916-2_19 (date of access: 12.09.2023).

3 The methodology of classification of railway lines of JSC "Russian Railways", approved by the order of JSC "Russian Railways" dated March 04, 2015 No. 551r. – URL: <https://base.garant.ru/71085892/> (date of access: 09/12/2023).

4 Assessment of the Mitigation of Consequences Resulting from Incidents at the Railway. / N. Kovalenko, V. Ponomarev, N. Kovalenko, N. Fomina, A. Kovalenko [et al.] // In: Z. Popovic, A. Manakov, V Breskich. (eds) VIII International Scientific Siberian Transport Forum. TransSiberia 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1115. Springer, Cham. 05 January 2020. – P. 184–194. – ISBN 978-3-030-37916-2. – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-37916-2_20 (date of access: 09/12/2023).

5 The determination of the repairs of railway track considering the reliability and risk level / N. Kovalenko, E. Grin, N. Kovalenko // E3S Web of Conferences, Vol. 157 06031 (2020). Springer, 20 March 2020. – P. 92–99. – ISBN 978-3-030-

- ISBN 978-3-030-18743-9. – <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015706031> (дата обращения: 12.09.2023).
- 6 **Гапеенко, Ю. В.** Стабилизация пути после глубокой очистки балласта / Ю. В. Гапеенко // Путь и путевое хозяйство. – 1997. – № 10. – С. 13–16. – ISSN 0033-4715.
- 7 Путевые машины для выправки железнодорожного пути, уплотнения и стабилизации балластного слоя. Технологические системы : учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта / А. В. Атаманюк, В. Б. Бредюк, В. М. Бугаенко [и др.] ; под ред. М. В. Поповича, В. М. Бугаенко. – Москва : ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. – 285 с. – ISBN 978-5-89035-529-4.
- 8 **Величко, Д. В.** Анализ загрязненности щебеночного балласта / Д. В. Величко, Н. А. Толстикова // Известия Транссиба / Омский государственный университет путей сообщения. – 2016. – № 3(27). – С. 110–117. – ISSN 2220-4245.
- 9 Путевые машины : учебник для вузов ж.-д. транспорта / С. А. Соломонов, М. В. Попович, В. М. Бугаенко [и др.] ; под ред. С. А. Соломонова. – Москва : Желдориздат, 2000. – 756 с. – ISBN 5-94069-007-6.
- 10 Постановление Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р «Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года» (в ред. распоряжения Правительства РФ от 11.06.2014 № 1032-р). – URL: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZIOOpQhLl0nUT91RjCbеR.pdf> (дата обращения: 12.09.2023).
- 11 **Цветков, В. Я.** Концептуальная модель оценки эффективности инновационных проектов / В. Я. Цветков // Европейский журнал экономических исследований. – 2012. – Т. 1, № 1. – С. 45–50. – ISSN 2305-6282.
- 12 **Ицкович, Г. М.** Руководство к решению задач по сопротивлению материалов: учебное пособие для втузов / Г. М. Ицкович, А. С. Минин, А. И. Винокуров ; под общ. ред. Л. С. Минина. – Москва : Высшая школа, 2001. – 592 с. – ISBN 5-06-003494-1.
- 13 **Перельмутер, А. В.** Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва : СКАД СОФТ; Ассоциация строительных вузов; ДМК Пресс, 2011. – 736 с. – ISBN 978-5-903683-12-3; ISBN 978-5-930938-06-7; ISBN 978-5-940747-10-9.
- 14 **Александров, А. В.** Сопротивление материалов : учебник для вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов, Б. П. Державин ; под ред. 18743-9. – URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015706031> (date of access: 09/12/2023).
- 6 **Gapeenko, Yu. V.** Path stabilization after deep ballast cleaning / Yu. V. Gapeenko // Path and track management. – 1997. – No. 10. – P. 13–16. – ISSN 0033-4715.
- 7 Track machines for straightening the railway track, compaction and stabilization of the ballast layer. Technological systems : Textbook for universities of railway transport / A. V. Atamanyuk, V. B. Bredyuk, V. M. Bugayenko et al.; ed. M. V. Popovich, V. M. Bugayenko. – Moscow : State Educational Institution "Educational and Methodological Center for education in railway transport", 2008. – 285 p. – ISBN 978-5-89035-529-4.
- 8 **Velichko, D. V.** Analysis of contamination of crushed stone ballast / D. V. Velichko, N. A. Tolstikova // Izvestiya Transsib / Omsk State University of Railway Transport. – 2016. – No. 3(27). – P. 110–117. – ISSN 2220-4245.
- 9 Travel cars: Textbook for universities of railway transport / S. A. Solomonov, M. V. Popovich, V. M. Bugaenko [etc.]; edited by S. A. Solomonov. – Moscow : Zheldorizdat, 2000. – 756 p. – ISBN 5-94069-007-6.
- 10 Resolution of the Government of the Russian Federation of November 22, 2008 No. 1734-r "Transport Strategy of the Russian Federation until 2030" (as amended by the Decree of the Government of the Russian Federation of 11.06.2014 No. 1032-r). – URL: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZIOOpQhLl0nUT91RjCbеR.pdf> (date of access: 09/12/2023).
- 11 **Tsvetkov, V. Ya.** Conceptual Model of the Innovative Projects Efficiency Estimation / V. Ya. Tsvetkov // European Journal of Economic Studies. – 2012. – Vol. (1), No. 1. – P. 45–50. – ISSN 2305-6282.
- 12 **Itskovich, G. M.** A guide to solving problems on the resistance of materials: a textbook for higher education institutions / G. M. Itskovich, A. S. Minin, A. I. Vinokurov; Under the general editorship of L. S. Minin. – Moscow : Higher School, 2001. – 592 p. – ISBN 5-06-003494-1.
- 13 **Perelmuter, A. V.** Design models of structures and the possibility of their analysis / A. V. Perelmuter, V. I. Slivker. – The fourth edition, revised and supplemented. – Moscow : SCUD SOFT; the Association of Construction Universities; DMK Press, 2011. – 736 p. – ISBN 978-5-903683-12-3; ISBN 978-5-930938-06-7; ISBN 978-5-940747-10-9.
- 14 **Alexandrov, A. V.** Resistance of materials: Textbook. For universities / A. V. Alexandrov, V. D. Potapov, B. P. Derzhavin; Edited by A. V. Alexandrov. – 3rd ed., Revised edition. –

А. В. Александрова. – 3-е изд., испр. – Москва : Высш. шк., 2003. – 560 с. – ISBN 5-06-003732-0.

15 **Горшков, А. Г.** Сопротивление материалов : учебное пособие / А. Г. Горшков, В. Н. Трошин, В. И. Шалашилин. – 2-е изд., испр. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 544 с. – ISBN 5-9221-0181-1.

16 **Абрашитов, А. А.** Механизм образования выплесков в балластной призме / А. А. Абрашитов // Мир транспорта. – 2015. – Т. 13, № 3(58). – С. 210–217. – ISSN 1992-3252.

17 Оценка источников загрязнения балластного слоя из гранитного щебня и моделирование разрушения и истирания частиц щебня при динамическом нагружении / А. А. Абрашитов, А. А. Зайцев, А. В. Семак, Л. А. Шаврин // В сборнике : Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути / Труды XIII Международной научно-технической конференции. Чтения, посвященные памяти профессора Г.М. Шахунянца. – Москва, 2016. – С. 184–187.

18 **Бессонова, Н. В.** Определение общих расходов для ремонтно-путевых работ при предоставлении «окон» / Н. В. Бессонова // Соискатель – приложение к журналу «Мир транспорта». – 2010. – Т. 8, № 2. – С. 52–54. – ISSN 1992-3252.

19 **Парамонова, Н. В.** Оптимум для времени «окна» / Н. В. Парамонова // Мир транспорта. – 2007. – Т. 5, № 1(17). – С. 114–116. – ISSN 1992-3252.

20 **Державин, А. Н.** Методика назначения капитального ремонта пути на перегоне / А. Н. Державин, Н. Н. Лысенко, А. В. Замуховский // Путь и путевое хозяйство. – 2021. – № 5. – С. 31–33. – ISSN 0033-4715.

Moscow : Higher School, 2003. – 560 p. – ISBN 5-06-003732-0.

15 **Gorshkov, A. G.** Resistance of materials : Textbook / A. G. Gorshkov, V. N. Troshin, V. I. Shalashilin. – 2nd ed., Revised edition. – Moscow : FIZMATLIT, 2005. – 544 p. – ISBN 5-9221-0181-1.

16 **Abrashitov, A. A.** The mechanism of splash formation in a ballast prism / A. A. Abrashitov // World of Transport. – 2015. – Vol. 13, No. 3(58). – P. 210–217. – ISSN 1992-3252.

17 Assessment of sources of contamination of the ballast layer from granite rubble and modeling of destruction and abrasion of crushed stone particles under dynamic loading / A. A. Abrashitov, A. A. Zaitsev, A. V. Semak, L. A. Shavrin, // In the collection : Modern problems of railway track design, construction and operation / Proceedings of the XIII International Scientific and Technical Conference. Readings dedicated to the memory of Professor G. M. Shakhunyants. – Moscow, 2016. – P. 184–187.

18 **Bessonova, N. V.** Determination of total expenses for repair and track work when providing "windows" / N. V. Bessonova // The applicant is an appendix to the World of Transport magazine. – 2010. – Vol. 8, No. 2. – P. 52–54. – ISSN 1992-3252.

19 **Paramonova, N. V.** Optimum for the "window" time / N. V. Paramonova // The world of transport. – 2007. – Vol. 5, No. 1(17). – P. 114–116. – ISSN 1992-3252.

20 **Derzhavin, A. N.** Methodology for the purpose of capital repairs of the track on the stretch / A. N. Derzhavin, N. N. Lysenko, A. V. Zamukhovsky // Path and track economy. – 2021. – No. 5. – P. 31–33. – ISSN 0033-4715.

N. I. Kovalenko

IMPROVING THE TECHNICAL CONDITION LEVEL OF THE RAILWAY TRACK

Abstract. A change in the regulatory parameters in the track design and its elements, as well as a change in the technology of work, leads to a change in the nature of the interaction of rolling stock and track elements, a change in the type and characteristics of various malfunctions, especially for conditions of intensive track operation. The calculations to be done by modeling have established that for a serviceable and workable track structure, the stress safety factor in the most loaded cross-section of the rail is 1.7 with a rigid (stabilized) sub-rail base, 1.3 with a weak (soft, immediately after repair of the sub-rail base). Both with a weak and with a rigid sub-rail base, in case of destruction of the receiving sleeper or its absence, the safety margin coefficient was 0.82. Currently, given the relatively low complexity of performing work with the use of adjustment pads (cards) on local sections, as well as a relatively short period of time required to perform these works, this method has become widely used to eliminate malfunctions in the form of local subsidence, distortions, and other deviations in the position of the rail threads of the railway track in the profile. At the preliminary stage, it was found that the consequence of reducing the under-rail support platform when using adjustment pads (cards) is a decrease in the elastic modulus of the under-rail base by 7–15 % and an increase by 8–12 % fatigue processes of degradation of rail steel.

Keywords: adjustment gasket (card), equal resource of track elements, rail breakage, tonnage operating time, high load-bearing capacity, rail steel, under-rail support platform, stress safety margin, receiving end of the rail.

For citation: Kovalenko, N. I. Improving the technical condition level of the railway track / N. I. Kovalenko // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 125–134. – DOI 10.46973/0201–727X_2023_3_125.

Сведения об авторах

Коваленко Николай Иванович
Российский университет транспорта (МИИТ),
кафедра «Путь и путевое хозяйство»,
доктор технических наук, профессор,
e-mail: kni50@mail.ru

Information about the authors

Kovalenko Nikolay Ivanovich
Russian University of Transport (MIIT),
Chair «Track and Track Facilities»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
e-mail: kni50@mail.ru