

УДК: 625.17.1

# Особенности технологии технического обслуживания конструкции пути особогрузонапряженных участков

## Features of the technology of maintenance of the track structure of specially stressed sections

**Коваленко Н.И.**, д.т.н., профессор, Российский университет транспорта,  
E-mail: kni50@mail.ru, Москва, Россия

**Крылов С.А.**, аспирант, Российский университет транспорта (РУТ),  
E-mail: rfnjirby3@yandex.ru, Москва, Россия

**Kovalenko N.I.**, Doc.ofSci.(Tech), Professor, Russian University of Transport,  
E-mail: kni50@mail.ru, Moscow, Russia

**Krylov S.A.**, graduate student, Russian University of Transport (MIIT),  
E-mail: rfnjirby3@yandex.ru, Moscow, Russia



### Аннотация

Особогрузонапряженные участки железной дороги являются важнейшими звеньями в железнодорожной инфраструктуре, эти участки играют важную роль в экономике железных дорог. Из-за больших нагрузок, эти участки нуждаются в тщательном и непрерывном мониторинге неисправностей пути, с оперативным устранением выявленных неисправностей. Выполненным моделированием и произведенными расчетами установлено, что в случае разрушения принимающей шпалы или её отсутствия, коэффициент запаса прочности по напряжениям в наиболее нагруженном сечении составил 0,82 как при слабом, так и при жестком подрельсовом основании. На данный момент все большую популярность набирает один из способов выправки пути с использованием регулировочных прокладок (карточек), этот метод плано-предупредительной выправки пути почти никак не регламентирован и малоизучен, что ставит под угрозу безопасность движения поездов и выявляет необходимость изучения данного метода выправки пути.

**Ключевые слова:** транспорт, особогрузонапряженные участки, регулировочные прокладки, техническое обслуживание.



### Abstract

Especially heavy load areas of the railway are the most important links in the railway infrastructure, due to the increased load, these sections play an important role in the economy on the railways, but due to heavy loads, they need careful and continuous monitoring of track faults, with prompt elimination of identified faults. By modeling and calculations performed, it was found that in the event of destruction of the receiving sleeper or its absence, the stress safety factor in the most loaded section was 0.82 for both weak and rigid sub-rail base. At the moment, one of the ways of straightening the track using shims (cards) is gaining more and more popularity, this method of planned preventive straightening of the track is almost not regulated and little studied, which endangers the safety of train traffic and reveals the need to study this method of straightening the track.

**Keywords:** transport, especially heavy load areas, shims, maintenance.



## Введение

Особогрузонапряженными линиями железных дорог России считаются те участки, на которых суммарный расчётный объем перевозок грузов (нетто) на 10-й год эксплуатации свыше 80 млн. ткм/км в год и скорость пассажирских, контейнерных, рефрижераторных поездов равняется 140 км/ч, грузовых поездов 90 км/ч. [1]

Техническое обслуживание конструкции пути особогрузонапряженных участков является одной из важнейших задач железнодорожного транспорта. Так как именно эти участки железнодорожной инфраструктуры берут на себя основную часть грузовых и пассажирских перевозок. Вследствие развития железнодорожной инфраструктуры грузонапряженность и скорость движения поездов на железной дороге постепенно увеличиваются. Повышенная грузонапряженность оказывает влияние на ускоренный износ рельсов, шпал, скреплений, а также на загрязнение балластного слоя внутренними и внешними засорителями и загрязнителями, что приводит к увеличению дефектов пути. [2]

Грузонапряженность играет ключевую роль в определении необходимой прочности элементов верхнего строения пути, интервалов между ремонтами, объемов работ при ремонте и содержании пути, системы ведения путевого хозяйства, а также в организации движения поездов. При высокой грузонапряженности и интенсивности движения поездов усложняются условия текущего ухода и ремонта пути, что требует особых подходов к содержанию железнодорожного пути. [2]

## Конструкция пути

Железнодорожный путь представляет собой комплексную систему, состоящую из верхнего и нижнего строений. Верхнее строение включает в себя рельсы, скрепления, шпалы, балласт и соединительные конструкции. Нижнее строение состоит из земляного полотна, мостов и тоннелей. Земляное полотно выполняет функцию выравнивания земной поверхности, а также передачи давления от верхнего строения и подвижного состава на землю. Типы земляного полотна включают в себя насыпи, выемки, полунасыпи-полувыемки и нулевые места. [3]

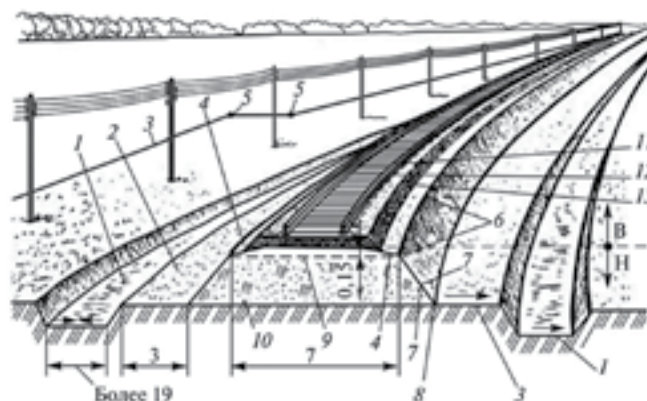


Рисунок 1. Типовой поперечный профиль железнодорожного пути:

В – верхнее строение пути; Н – нижнее строение пути; 1 – резерв; 2 – берма; 3 – граница полосы отвода; 4 – обочина; 5 – межевой знак; 6 – бровка откоса; 7 – откос; 8 – подошва откоса; 9 – основная площадка; 10 – основание насыпи; 11 – рельс; 12 – шпалы и скрепления; 13 – балластная призма (размеры указаны в м) [3].

## Основные особенности технологии обслуживания особогрузонапряженных участков

Основной целью текущего содержания железнодорожного пути является обеспечение безопасности и непрерывности движения поездов без снижения установленных наибольших скоростей. Для достижения этой цели необходимо поддерживать путь в постоянной исправности, своевременно выявлять и устранять причины возможных неисправностей как на всем пути в целом, так и на его отдельных участках. Основное внимание в текущем содержании пути уделяется предотвращению возникновения неисправностей [4].

На участках с высокой грузонапряженностью наблюдается значительный прирост загрязнителей в балластной призме. Щебень подвержен загрязнению в результате износа его зерен под воздействием динамической нагрузки и шпалоподобивочных механизмов, а также вследствие поступления внешних загрязнителей. Выявлено, что балластный слой наиболее подвержен загрязнению внешними засорителями [5]. Это обстоятельство обуславливает необходимость проведения сплошной очистки щебеночного слоя через каждые два года. Данное явление имеет серьезное значение для обеспечения надлежащего функционирования и безопасности

железнодорожных участков, требующих регулярного ухода и технического обслуживания для обеспечения нормального движения поездов [2].

На участках с высокой грузонапряженностью путь работает в сложных условиях, поэтому требуется высокий уровень организации для выполнения планово-предупредительных работ по обслуживанию и ремонту пути. На сегодняшний день интервалы между движением поездов на определенных участках дороги настолько коротки, что возникают серьезные трудности при проведении срочных работ, таких как выправка подшпального основания с использованием шпалоподбивочных машин, замена рельсов, доставка необходимых материалов и, в частности, выправка пути [6].

В связи с этим, все большее распространение получают регулировочные прокладки, также известные как карточки, для коррекции дефектов, таких как локальные просадки, перекосы и другие отклонения положения рельсовых нитей от профильной геометрии [7-9]. В практике текущего содержания и технического обслуживания железнодорожного пути данный метод получил широкое распространение, включая его применение на участках бесстыкового пути.

Эффективность данного метода обусловлена относительно низкой трудоемкостью процедур установки регулировочных прокладок (карточек) на местных участках, а также относительно коротким временем, необходимым для выполнения данных работ. [10] На данный момент укладка регулировочных прокладок почти никак не регламентирована и не отслеживается, также не проводились в достаточной степени исследования влияния регулировочных прокладок на подрельсовое основание и путь, поэтому этот метод выправки пути можно считать небезопасным из-за малой изученности. Стоит обратить особое внимание на исследование влияния и определение допустимых норм использования регулировочных прокладок.

Для установления возможных причин воздействия подвижного состава на рельсы и подрельсовое основание, которые могут приводить к авариям и крушениям, были исследованы следующие вопросы:

- при какой величине упругой просадки рельсов, уложенных на шпалах с расчетным модулем упругости подрельсового основания, произойдет излом рельсов от вертикальной нагрузки;

- каково значение данной вертикальной нагрузки.

При проведении исследований и выполнении расчетов рассматриваются различные схемы нагружения и эпюры изгибающих моментов в рельсах и накладках рельсовых стыков. Значения модулей упругости подрельсового основания принимаются равными: 23 МПа при слабом или мягком основании (при разрушенной шпале) и 121 МПа при жестком основании (при не разрушенной шпале). Установлено, что для достижения предельных напряжений в накладках от воздействия вертикальных сил давления колес на рельсы в зоне стыка, необходимо приложить силу 86,4 тс от одного колеса или 172,8 тс от колесной пары при слабом основании. При жестком основании соответственно 129,0 тс от одного колеса или 258 тс от колесной пары при не разрушенных шпалах и не изломанных рельсах. Вертикальные прогибы головки рельса по оси стыка составят в случае подрельсового основания с жесткостью 23 МПа – 36 мм, при жесткости основания 121 МПа – 24мм.

В процессе исследований ставилась задача установить соотношение расчетной величины нагрузки, при которой возможен излом рельсов, а также накладок и фактически реализуемой в стыковой зоне при осевых нагрузках 25 тс.

Расчетами установлено, что при расчетной динамической силе от колесной пары с осевой нагрузкой 25 тс (от колеса – 12,5 тс) в зоне стыкового зазора с учетом ударного воздействия составит на одно колесо 20,1 тс. Соотношение фактически действующих сил и сил, приводящих к излому рельсов, а также накладок, составит:  $86,4/20,1 = 4,3$  раза при слабом основании и  $129,0/20,1 = 6,4$  раза при жестком основании.

Таким образом, для излома рельса (или стыковых накладок) от воздействия вертикальных сил от колес на рельсы в зоне стыка при не разрушенных шпалах и не изломанных рельсах необходимо приложить силы соответственно в 4,3 и 6,4 раза превышающие реализуемые при осевых нагрузках 25 тс при слабом и жестком основании.

Результатами исследований и выполненных расчетов установлено, что наиболее вероятной причиной излома рельса при наличии стыков является зона в районе первого отверстия под перемычку диаметром 22 мм. Причиной излома являются усталостные процессы деградации рельсовой стали, при фактическом пропущенном тоннаже по рельсам составляющем более >>>

нормативного значения, то есть более 750 млн. т брутто. Нормативный тоннаж указан в соответствии с правилами технической эксплуатации.

Как правило, усугубляющими факторами является не выполнение средних и подъёмочных ремонтов пути, нарушение эпюры шпал (в сторону её увеличения), возникновение углов в плане, наличие свехнормативных зазоров в стыках, в том числе изолирующих стыках, наличие негодных шпал и креплений, загрязненность и засорённость балласта, другие неисправности.

Установлено, что стратегической задачей увеличения эксплуатационной надежности пути и рельсов в частности, является повышение ресурсов работы его элементов для достижения их равноресурсности в эксплуатации [5, 6].

В технических условиях на работы по реконструкции (модернизации) и ремонту железнодорожного пути и Паспорте параметров железнодорожного пути и показателей его функционирования, в редакции распоряжения ОАО «РЖД» от 19 января 2018 года № 101р, нормативная потребность работ по капитальному ремонту пути для каждого участка с различной грузонапряжённостью и установленными скоростями движения поездов, определяющими класс пути, рассчитывается по формуле:

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

где  $W_{norm}$  – нормативная потребность работ, км;  $G_{god}$  – грузонапряжённость, млн. ткм брутто/км в год;  $Q_{norm}$ ,  $N_{god}$  – тоннаж в млн. т брутто или количество лет, соответствующие нормативному периоду между капитальными ремонтами пути;  $L_i$  – развёрнутая длина участка пути данного класса, км;  $f_i$  – коэффициент, учитывающий дополнительные эксплуатационные факторы, например, наличие средней длины плетей меньше нормативной; наличие на участках недостаточной толщины чистого щебня; невыполнение шлифовки рельсов; близость мест погрузки угля или руды и другие.

Численные значения приведенных выше величин берутся из технического паспорта дистанции пути.

Потребный объём работ разных видов ( $V_i$ ) по участкам определяются по формуле:

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

где  $w_{kap}$  – нормативная потребность работ по капитальному ремонту пути;  $n_i$  – количество повторений работ различного вида за период между капитальными ремонтами пути.

## Выводы

Для поддержания железнодорожного пути в исправном состоянии важно уделить особое внимание технологии его содержания. Что включает в себя регулярное обследование и ремонт основных элементов пути, а также укрепление и поддержание стабильности грунта и балласта.

Изучение новых методов содержания пути на особогрузонапряженных участках позволяет разработать эффективные стратегии поддержания и ремонта инфраструктуры. Новые технологии и методики могут улучшить процесс обслуживания и эксплуатации железнодорожного пути, повысить безопасность движения поездов и сэкономить ресурсы и временные затраты на ремонт.

Наиболее пагубным в условиях интенсивной эксплуатации пути (при грузонапряженности линии 100 млн. ткм брутто/км в год и более), приводящим к накоплению в пути различных неисправностей в виде, например, углов в плане, угона рельсов, вызвавшего свехнормативный зазор и других, является нарушение нормативных требований продолжительности эксплуатации и невыполнения номенклатуры промежуточных ремонтов и текущего содержания.

Установлено, что для высокой интенсивности эксплуатации пути, характерной для рассматриваемых условий, необходимо предусматривать повышенную потребность производства работ по замене упругой прокладки на креплениях, в частности ЖБР-65ПШМ, регулировку ширины колеи, а также эффективное выполнение мероприятий по текущему содержанию участков пути и изолирующих стыков.

Таким образом, особенности технологии технического обслуживания пути на особогрузонапряженных участках требуют постоянного изучения и совершенствования новых методов, чтобы обеспечить эффективное и безопасное функционирование железнодорожной инфраструктуры, в частности, изучение и регламентирование использования регулировочных прокладок при планово-предупредительных выправках железнодорожного пути. ■



## Список литературы

1. СП 119.13330.2017 «Железные дороги колеи 1520 мм».
2. Прогрессивные методы организаций и технологии текущего содержания и ремонта пути / сост. И. Т. Шарбатов. – Москва: Транспорт, 1974. - 272 с.
3. Ашпиз Е. С. Железнодорожный путь. – 2013.
4. Крейнис З. Л., Селезнева Н. Е. Техническое обслуживание и ремонт железнодорожного пути. – 2019.
5. Величко Д. В. Оценка состояния балластного слоя в условиях пропуска сверхнормативного тоннажа // Политранспортные системы. – 2017. – С. 153-158.
6. Певзнер В. О. и др. Организация технического обслуживания пути на особогрузонапряженных участках //Путь и путевое хозяйство. – 2021. – №. 9. – С. 18-21.
7. Гринь Е.Н., Коваленко Н.И. Факторный анализ оценки состояния пути // Путь и путевое хозяйство. 2013. № 1. С. 22-23.
8. Kovalenko Nikolay, Volkov Boris, Kovalenko Aleksandr, Kovalenko Nina (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 Cham05 January 2020, pp 177-183.
9. Об утверждении и введении в действие инструкции по текущему содержанию железнодорожного пути : распоряжение ОАО «РЖД» от 16.11.2016 г. № 2288р (ред. 02.11.2022). Доступ из справ.-правовой системы «АСПИЖТ» в локальной сети.
10. Коваленко Н.И. Повышение эксплуатационной надежности железнодорожного пути //Наука и технологии железных дорог. – 2023. – С. 54.