



ISSN 0131-5765

- КОМПЛЕКСНАЯ ДИАГНОСТИКА ИНФРАСТРУКТУРЫ
- ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
- СКРЕПЛЕНИЯ НА СТРЕЛОЧНОМ ПЕРЕВОДЕ
- О НАКЛАДКАХ ШАРНИРНОГО ТИПА
- ШЛИФОВАНИЕ ИЛИ ФРЕЗЕРОВАНИЕ?
- ТРОЛЛЕЙНАЯ ЛИНИЯ ДЛЯ БАЗЫ ПМС

# путь

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ,  
ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ

И ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

10 · 2024





# ШКОЛА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА ПО ОРГАНИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ



Участники школы передового опыта

В конце августа в Екатеринбурге Дирекция диагностики и мониторинга инфраструктуры провела школу передового опыта, основная тема которой — организация комплексной диагностики объектов инфраструктуры. В мероприятии приняли участие руководители Центральной дирекции инфраструктуры, региональных центров диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры, представители ПКБ И, ВНИИЖТа, профильных вузов, фирм, специализирующихся на разработке, создании и внедрении систем диагностики.

С приветственным словом к участникам совещания обратился начальник Свердловской дороги **П.В. Бурцев**. Он отметил, что логистика грузовых перевозок стремительно меняется. Исторически так сложилось, что на полигоне дороги грузопоток на запад был в два раза больше, чем на восток. Сейчас в обоих направлениях он практически равный. Также Свердловская магистраль имеет участки, построенные еще в XIX в., где особого внимания требуют инженерные сооружения и земляное полотно. В таких условиях необходимо найти баланс между содержанием инфраструктуры и пропуском поездов. При этом важно использовать современные методики диагностики.

Начальник Свердловской дирекции инфраструктуры **И.Ю. Барinov** отметил неразрывную связь работы Дирекции инфраструктуры и Дирекции диагностики и мониторинга инфраструктуры. Школа передового опыта — это очередной вклад в эффективную систему управления единым процессом диагностики и планирования работ по содержанию пути.

Начальник Дирекции диагностики и мониторинга инфраструктуры (ЦДМ) **А.И. Чечельницкий** считает, что диагностика должна стать опорной частью для всех технических инженерных служб управлений и подразделений, эксплуатирующих железнодорожный транспорт, это не только путевое хозяйство, автоматика, телемеханика, контактная сеть, обустройства, находящиеся в полосе отвода, но и в перспективе пассажирский комплекс, локомотивное и вагонное хозяйства.

**А.И. Чечельницкий** представил анализ работы ЦДМ. Дирекция имеет 14 структурных подразделений, в которых трудится 5,75 тыс. чел. и эксплуатируется 314 средств диагностики. За первое полугодие 2024 г. выполнены все ключевые показатели деятельности. Работа мобильных средств диагностики организована по 19 полигонным маршрутам, охватывающим основные направления сети. Средняя выработка одного средства диагностики составила 6374 км/мес, что выше на 2 %, чем в 2023 г. За 6 мес 2024 г. проведено 11,9 млн км.

Существующий парк средств диагностики и обследовательских станций, обеспечивающих мониторинг состояния пути, включает диагностические комплексы инфраструктуры, дефектоскопные и путеизмерительные автомотрисы, вагоны-дефектоскопы и вагоны-путеизмерители, геодезические станции и инженерно-геологические базы, габаритообследовательские, мостоиспытательные, тоннелеобследовательские и водолазные станции, съемные средства диагностики, подводные телеуправляемые аппараты, беспилотные летательные аппараты.

В рамках утвержденной инвестиционной программы продолжается закупка путеизмерительных тележек нового поколения ПТ-12 и их модификации с возможностью измерения всех основных параметров геометрии рельсовой колеи. К 2028 г. планируется полностью обновить существующий парк, это около 260 тележек. Они эффективно используются при проверке станционной инфраструктуры вместо мобильных диагностических средств, при контроле участков ремонтно-путевых работ, а также для актуализации параметров кривых участков пути на станциях. Экономический эффект от применения ПТ-12 составит более 60 млн руб/год за счет высвобождения локомотивов, вагонов-путеизмерителей, минимизации ущерба от схода подвижного состава при маневровой работе.

(Окончание на с. 6)





Учредитель — ОАО «Российские железные дороги»

Научно-популярный  
производственно-технический  
журнал

Издается с января 1957 г.  
(с 1936 г. по 1940 г. выходил  
под названием «Путеец»)

Главный редактор С.В. ЛЮБИМОВ

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А.Г. АКОПЯН, Е.С. АШПИЗ, д.т.н.,  
В.П. БЕЛТЮКОВ, д.т.н.,  
Л.С. БЛАЖКО, д.т.н.,  
Ю.А. БЫКОВ, д.т.н.,  
Т.Н. ГОРЬКАНОВА, С.А. КОБЗЕВ,  
И.Ю. КОВАЛЁВ — зам. главного  
редактора, А.И. ЛИСИЦЫН,  
А.А. ЛОКТЕВ, д.ф.-м.н.,  
А.А. МАРКОВ, д.т.н.,  
В.И. НОВАКОВИЧ, д.т.н.,  
О.А. ПАШЕНЦЕВА — ответственный  
секретарь,  
А.В. САВИН, д.т.н.,  
О.Б. СИМАКОВ, к.т.н.,  
В.Ф. ТАРАБРИН, к.т.н.,  
М.Ю. ХВОСТИК, к.т.н.,  
А.М. ХРАМЦОВ,  
Т.В. ШЕПІТЬКО, д.т.н.,  
А.С. ЯНОВСКИЙ

#### РЕДАКЦИЯ

А.Г. КЕТКИНА, И.В. МОЧАЛОВА,  
Е.Ю. СТЕПАНОВА

#### Телефоны:

(499)262-00-56; (499)262-67-33

#### Адрес редакции

107996, Москва, Рижская площадь, д. 3  
Телеграфный адрес: Москва, РЖ Путь  
e-mail: pph@inbox.ru  
Сайт: <http://pph-magazine.ru>  
Электронная версия журнала: <http://elibrary.ru>;  
<https://rucont.ru>; <http://www.ivis.ru/>  
Аннотации статей: [www.rzd-expo.ru](http://www.rzd-expo.ru)

Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС77-21830 от 07.09.2005

Журнал включен в базу данных Российского  
индекса научного цитирования и Перечень ВАК

Рукописи не возвращаются.  
Использование материалов возможно только с  
письменного согласия редакции.  
Мнение редакции не всегда совпадает  
с точкой зрения авторов.

Подписано в печать 30.09.2024

Формат 60x84 1/8. Офсетная печать.

Заказ № 24157 от 26.09.2024

Отпечатано в типографии ЗАО «Алгоритм +»,  
420044, г. Казань, пр. Ямашева, д. 36

## В НОМЕРЕ

### Цифровые технологии

Васильев А.А., Фурего Э.В., Любченко А.А. и др. —

Применение технологий искусственного интеллекта  
в цифровизации процессов путевого хозяйства

ОАО «РЖД» ..... 2

### На второй странице обложки

Горьканова Т.Н. — Школа передового опыта

по организации комплексной диагностики объектов  
инфраструктуры ..... 6

### Конструкции и сооружения

Бондаренко А.А., Салахов Т.А. — Особенности

напряженно-деформированного состояния рельсовых  
скреплений на стрелочных переводах ..... 9

Малявин Д.А., Клементьев К.В. — К вопросу о

снижении дефектности рельсов в стыковой зоне ..... 11

Федоренко Е.В. — Новые подходы к проектированию

земляного полотна ВСМ ..... 14

Кондратов В.В., Рупасова И.В. — Повышение

надежности сплошностенчатых сварных пролетных  
строений ..... 16

### Содержание, ремонт и реконструкция

Хвостик М.Ю., Хромов И.В. — Сферы рационального  
применения шлифования и фрезерования рельсов

в пути ..... 19

Почетные железнодорожники ..... 23

### Путевая техника

Пазуха А.А., Рыжков Д.С. — Инновационная

троллейная линия на базе ПМС ..... 24

### Проблемы и решения

Атапин В.В. — Оценка изменения величины бокового

износа рельсов ..... 26

### Из истории транспорта

Асташова Е.Н., Ласточкина Л.М. — Павел Петрович

Мельников — первый министр путей сообщения России.... 30

### На обложке

Первая страница — На магистралях России

Фото Ковалёва И.Ю.



# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПУТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА ОАО «РЖД»

ВАСИЛЬЕВ А.А., ОАО «Российские железные дороги», Дирекция по управлению проектами производственного блока ООО «Отраслевой центр разработки и внедрения информационных систем (ОЦРВ), директор, ФУРЕГО Э.В., ООО «ОЦРВ», старший менеджер проектов, ЛЮБЧЕНКО А.А., ООО «ОЦРВ», заведующий лабораторией искусственного интеллекта филиала № 11 «Сириус», ЕРОШЕНКО С.В., ООО «ОЦРВ», руководитель группы анализа структурированных данных филиала № 11 «Сириус»

Выражением 2023 г. по праву можно считать словосочетание «искусственный интеллект». Вместе с ним также часто употребляют термины «цифровизация», «нейронные сети» и «большие данные». Сейчас это, бесспорно, самые востребованные и перспективные технологии, для которых должен быть сформирован соответствующий фундамент на основе привычных способов автоматизации производственных процессов.

В этой статье мы поговорим о том, какой путь прошло ОАО «Российские железные дороги» в вопросах классической информатизации своей деятельности на примере блока управления инфраструктурным комплексом и его «стыка» с процессами управления перевозочным процессом, а также какие направления видятся перспективными.

Построение производственной системы инфраструктурного комплекса российских железных дорог состояло из нескольких этапов и началось с формирования цифровой модели всех его объектов.

Что такое цифровая модель? Это представление в АСУ детальной информации более чем о 15 млн объектах. В ряде случаев эти объекты являются довольно протяженными, такими как, например, железнодорожный путь, и для построения эффективной информационной системы принципиально важно понимать его характеристики в любой точке на железно-

рожной карте России: какие уложены рельсы и шпалы, какие применены скрепления, на каком балласте и земляном полотне расположен путь. Цифровая модель была первым шагом.

Вторым шагом стала автоматизация процессов, связанных с контролем состояния объектов инфраструктуры. В системе учитывается информация результатов проведения различных осмотров и диагностических поездок, проводимых с частотой и регулярностью, которые сложно повторить еще кому-либо из стран с развитой железнодорожной инфраструктурой. При этом информация от средств диагностики автоматически поступает в систему.

Третий шаг и решенная фундаментальная задача — реализация системы планирования и учета выполнения работ, в том числе по устранению наиболее критичных неисправностей, в том числе требующих ограничений скоростей движения поездов.

Четвертый шаг — автоматизация расчетно-аналитических задач, направленных на формирование производственно-экономических бюджетов, определение потребности в ремонтах пути.

Параллельно решались вопросы визуализации данных. Была разработана Геоинформационная платформа ОАО «Российские железные дороги», на которой доступен широкий спектр информации

по хозяйственной деятельности Компании. На рис. 1 зеленым цветом отображены места расположения путейцев, занятых устранением неисправностей, черным — активные мобильные рабочие места бригадиров или контролеров состояния пути, серым — устройства (из подменного фонда), которые за последние сутки не включались, или работники, у которых выходной.

При этом мы настроили простую систему контроля, состоящую из трех этапов:

проверка на реальное пребывание исполнителей в месте выполнения задания;

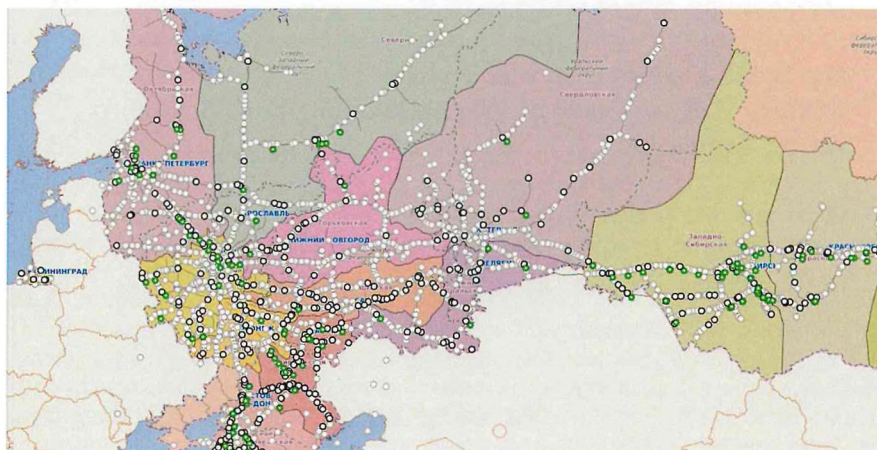


Рис. 1. Визуализации данных на карте



сверка затраченного времени и времени, которое необходимо по технологии;

контроль качества проделанной работы на основе последующего прохода диагностического средства.

Подобные инструменты позволяют упорядочить управление таким сложным хозяйством, как инфраструктурный комплекс, ведь одних только сотрудников путевого хозяйства, занятых на текущем содержании, насчитывается более 70 тыс. чел.

Стоит отметить, что карта может использоваться для получения различной информации: начиная с прогноза погоды, заканчивая возможным аналогом популярных приложений по мониторингу загруженности автомобильных дорог, где возможен контроль продвижения грузовых поездов по поездо-участкам.

Теперь перейдем непосредственно к тому, как можно применять искусственный интеллект (ИИ) на железной дороге.

**Компьютерное зрение.** Мы учим машину автоматически определять в реальном времени следующее:

последовательность технологических операций;

затраченное время на их выполнения;

применяемый инструмент и средства механизации;

количество занятых работников.

Оценив все вышеперечисленное, несложно сопоставить полученные данные с установленной технологией, т. е. автоматизировать контроль качества выполняемой работы, а в перспективе — предлагать наиболее рациональные методы.

Помимо этого также возможно проверять у путейцев наличие необходимых средств индивидуальной защиты в соответствии с нормами охраны труда и производственной безопасностью.

В данном случае приведен пример использования ИИ со стационарной камеры, установленной рядом с местом выполнения работ. Подобные технологии с разными спектрами аналитик мы применяем для камер, установленных в местах с широким обзором, например, в горловине станций. Это позволяет предупреждать производственный и непроизводственный травматизм, следить за транспортной безопасностью в целом, что на сегодняшний день как никогда актуально.

Еще одним перспективным направлением является обучение моделей ИИ детекции и наблюдению за перемещением транспорта, спецтехники и задействованных сотрудников, а также фиксации различных инцидентов, например, задымлений и возгораний.

**Применение методов математического анализа.** При работе с накопленной производственной информацией выявлена возможность сопоставлять большее количество данных о состоянии инфраструктуры и перевозочного процесса, а именно о соблюдении графика движения поездов. Для этого мы собрали в один массив информацию об объектах инфраструктуры, отступлениях, требуемых и выполненных операциях и связали с задержками поездов, чтобы найти явные взаимосвязи и неявные зависи-

мости и определить, как качественно влияют на движение поездов работы, которые выполняются на пути.

Модель состоит из графа данных по всем неисправностям и задержкам грузовых поездов за три года по всей сети дорог ОАО «РЖД», с привязкой к паспортным характеристикам объектов путевой инфраструктуры. Сейчас это пример крупнейшего «озера данных» в Компании, собранного из различных источников, пересечение которых не было предусмотрено изначально.

На основе этого графа сформировали рейтинг видов неисправностей по уровню их влияния на задержки поездов, причем по количеству и суммарно по времени отставания от графика движения. Также провели оценку производственно-экономических параметров до и после капитального ремонта и выявили участки «с просрочкой» (наш термин для обозначения участков, не попавших в первый приоритет в соответствии с действующей нормативной базой).

Использование подобных моделей позволяет нам изучить относительно быстро огромное количество данных, находить неявные зависимости между изучаемыми параметрами и предлагать наиболее эффективные решения организации работы железной дороги в целом.

Перспективным направлением стал корреляционный анализ конструктивных характеристик различных элементов пути. Например, мы определяем взаимосвязь фактического срока службы и радиусов кривых и смотрим отклонение от среднего в части выявленных отступлений от норм содержания, где  $-1$  — минимальное количество отступлений, а  $+1$  — максимальное.

Использование такого инструмента позволяет выявить при эксплуатации пути неявные зависимости разных конструктивных характеристик.

Следующим шагом является прогнозирование состояния объектов инфраструктуры в будущем, когда необходимо решать задачи по наращиванию объемов перевозок и увеличению производительности труда при изменениях направлений и структуры грузо- и пассажиропотоков. А эти две производственно-экономические задачи мы считаем приоритетными для ОАО «РЖД».

Мы разработали прототип модели прогноза по количеству отступлений геометрии рельсовой колеи от норм содержания, трудовых и финансовых затрат в зависимости от паспортных характеристик участков, состояния пути, плановой и фактической поездной работы.

В этих моделях используются следующие группы признаков:

типы отступлений (189 видов);

параметры перевозочного процесса (количество поездов, вес (тоннаж) и средняя масса поезда);

факты проведения ремонтно-путевых работ;

паспортные характеристики пути.



На сегодняшний день разработанный нами прототип предиктивной модели ежемесячного прогноза с горизонтом в три месяца показывает на тестах ошибку в суммарном количестве прогнозируемых отступлений в 12 % на всю сеть железных дорог. Примеры прогнозов по просадкам, инцидентам по стыкам, трудовым и прямым экономическим затратам представлены на рис. 2.

Важной особенностью предиктивной модели является возможность формирования прогнозов на основе планируемых параметров грузонапряженности на каждом участке и по ним оценивать эксплуатационные показатели и имитации различных сценариев.

Следующим шагом стало проведенное исследование по теме «Поиск оптимального баланса протяжен-

ности и длительности «окна». Для этого мы сформировали довольно сложную модель данных. В ней используются аналитики «окон» по месяцам на каждый поезд-участок (например, медианное и максимальное количество случаев невыдачи «окон», их средняя и суммарная длительность, средняя протяженность участка работ и процент покрытия) и их взаимосвязь с количеством пропущенных поездов месяц к месяцу.

Методами машинного обучения провели оценку влияния продолжительности и количества выдаваемых «окон» на изменение (в процентах) пропускной способности участка как в текущем месяце, так и в последующих (до 3 мес) после проведения работ.

Таким образом, мы оцениваем отложенный эффект выдачи или невыдачи «окон» на перевозочный процесс.

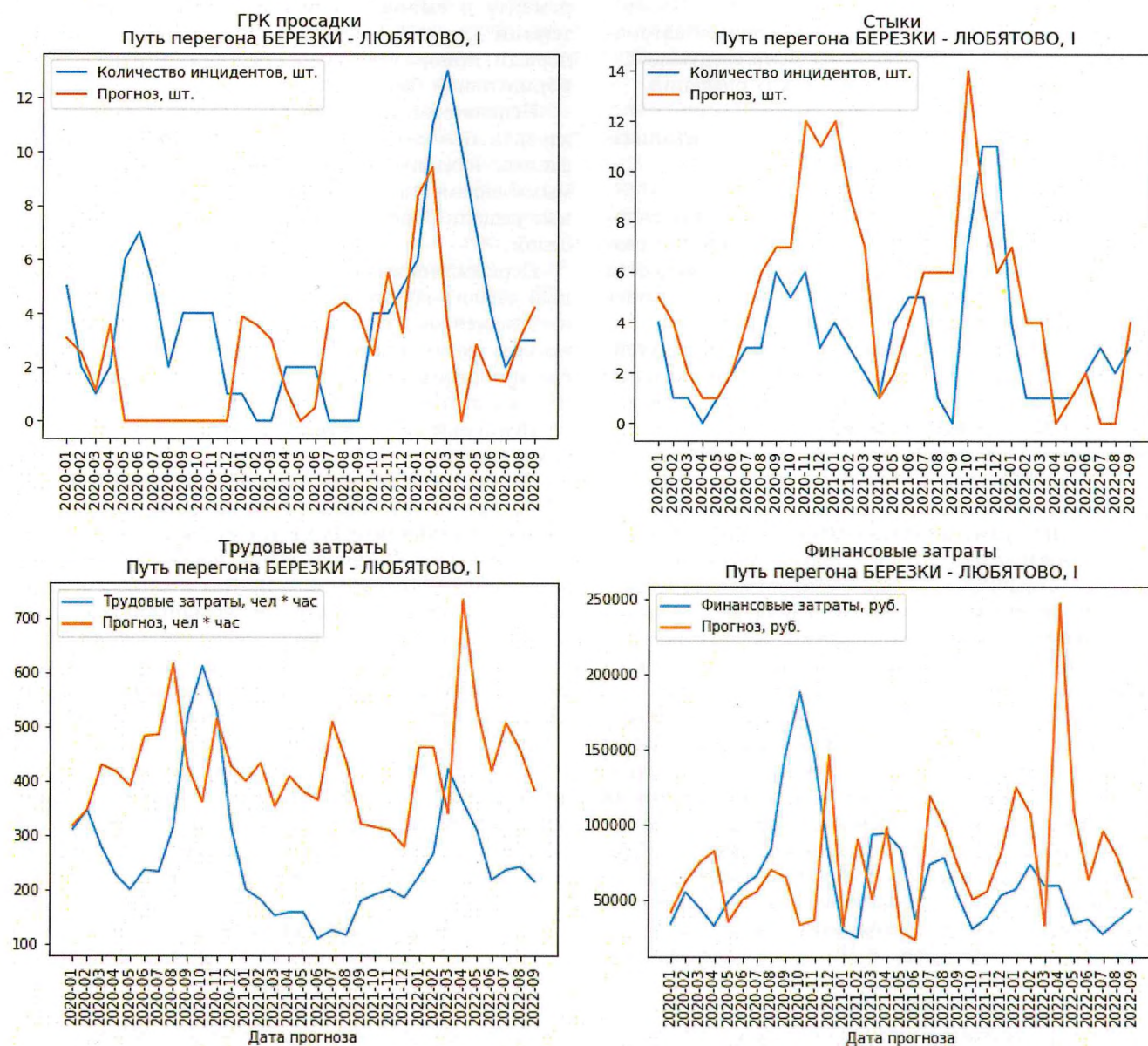


Рис. 2. Предиктивная модель прогнозов



На основании использования модели можно сделать следующие выводы:

при тенденции к увеличению суммарной длительности «окон» в месяце их предоставления количество пропущенных поездов снижается, но при этом по итогам 2–3 мес увеличивается примерно на 3–4 %, т. е. чем больше «окон» мы даем на участке, тем больше будет количество пропущенных поездов за этот период;

чем дольше не выдают «окно», тем выше деградационный эффект на количество пропущенных поездов как в текущем месяце, так и в последующих;

чем больше суммарная длина покрытия пути «окнами», тем больше пропущенных поездов на горизонте 3 мес;

чем выше средняя протяженность участка «окна», тем меньше количество пропущенных поездов.

Из вышесказанного следует, что для организации перевозочного процесса эффективнее (выгоднее) выполнять работы в «окно» на коротких по протяженности участках, но на большем их количестве (более подробно). В перспективе мы ставим себе задачу найти обоснованный баланс между протяженностью участка фронта работ и длительностью «окна».

**Применение технологии виртуального помощника,** которого можно «принять на работу» в дирекцию инфраструктуры и использовать для обучения, проведения инструктажей и контроля знаний сотрудников. Речь идет об уже ставшем знаменитостью Валере (рис. 3), выступающим в роли наставника.

Виртуальный помощник представляет собой набор модулей для обеспечения взаимодействия с пользователем, понимания запроса и подготовки



Рис. 3. Виртуальный помощник Валера

ответа. Применяемые технологии позволяют общаться с виртуальным помощником как с «живым» сотрудником, т. е. без использования специфических команд. В базу знаний виртуального помощника могут быть загружены все нормативные документы, справочники, протоколы и т. п., что позволит в режиме, близком к реальному времени, решать актуальные прикладные производственные вопросы широкого круга компетенций.

Ряд социальных тестов показал, что применение именно человекоподобных виртуальных помощников внутри тренажера повышает качество восприятия информации обучающимся сотрудником. Для этого в лаборатории идут исследования технологий эмоционального ИИ с целью их адаптации к существующим наработкам.

## СЛОВАРЬ РУССКИХ И АНГЛИЙСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ АББРЕВИАТУР

Издательство «Инфра-Инженерия» (<https://infra-e.ru/>) выпустило специальный словарь-справочник «Транспортные аббревиатуры. Русские и английские значения».



ния» (2024, 264 с., авторы-составители В.В. Космин, А.А. Космина и О.А. Космина). Словарь содержит

около 5 тыс. русских и более 5 тыс. английских терминов. Он охватывает все виды транспорта: автомобильный, воздушный, водный (включая морской и речной), железнодорожный, трубопроводный. Словарь включает все аспекты создания и функционирования соответствующих транспортных объектов: изыскания, проектирование, эксплуатация, развитие, а также смежные вопросы: экономика, информационное обеспечение, взаимодействие различных видов транспорта и т. д. Материал словаря может быть полезен широкому кругу транспортных специалистов, студентам соответствующих высших и средних специальных учебных заведений, аспирантам, переводчикам, а также служить в качестве справочника и как методическое пособие при формировании новых аббревиатур в текстах соответствующей тематики.

КОСМИН В.В.



## ШКОЛА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА ПО ОРГАНИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В пределах крупных сортировочных, грузовых и пассажирских станций особенно велик риск нарушения безопасности движения. На станции Кинель Куйбышевской дороги реализована технология диагностики путей при помощи информационно-измерительной системы контроля состояния станционной инфраструктуры (ИИС КСИ), которая представляет собой диагностический робот, установленный на маневровый локомотив ТЭМ18ДМ. Применение ИИС КСИ позволило автоматизировать ручные процессы и сократить влияние «человеческого фактора». К 2030 г. планируется внедрить 43 такие системы.

В рамках третьего этапа развития системы ЕК АСУИ СДМИ в 2024 г. проходит тестовая эксплуатация функционала прогнозирования развития отступлений геометрии рельсовой колеи и бокового износа рельсов. По мере накопления массива данных и совершенствования алгоритмов расчета будет возможно формирование плановых мероприятий по содержанию и ремонту пути по фактическому и прогнозному (до двух лет) состояниям.

Запланирована реализация функционала долгосрочного прогноза для земляного полотна, а также паспортизации рельсового хозяйства (аналог ЕК АСУИ РК). Совместно с управлением пути развивается модуль контроля за бесстыковым путем.

Совершенствование системы неразрушающего контроля предполагает преимущественное применение мобильных средств и сокращение объема низкопроизводительного сплошного контроля рельсов съемными средствами дефектоскопии. В связи с этим сейчас разрабатывается автоматизированная система расшифровки дефектограмм (АС АРД). Она предполагает создание единого унифицированного формата данных результатов неразрушающего контроля. Автоматизированная пакетная расшифровка регистрирует дефектные сечения рельсы с указанием координат, непроконтролиро-

ванные или некачественно проконтролированные участки пути, болтовые стыки, а затем автоматически генерирует отчет. Также разрабатывается методика определения периодичности сплошного неразрушающего контроля рельсов с учетом приоритетного применения мобильных средств диагностики.

За полгода 2024 г. на сети дорог наблюдается снижение числа непроконтролированных участков пути на 19 % (942243 шт. в 2023 г., 762218 шт. в 2024 г.). Положительно зарекомендовали себя схемы прозвучивания «W» и колесная искательная система.

За последние 10 лет видеоконтроль стал эффективным инструментом обнаружения дефектов. На сети дорог 132 мобильных средства диагностики оборудованы видеоизмерительными системами, 239 техников расшифровывают полученные видеоданные. Количество инцидентов, фиксируемых видеоконтролем, с 2016 г. увеличилось более чем в 100 раз.

Точность определения отступлений на мобильных средствах диагностики разных фирм-производителей возросла с 64 до 82 %. Для унификации данного процесса и повышения уровня автоматизации разработана и принята в эксплуатацию Универсальная система автоматической расшифровки результатов видеофиксации состояния пути (АС Видеоконтроль).

По результатам обработки видеоданных за шесть месяцев 2024 г. было выявлено 56 % неисправностей, требующих ограничения скорости, от общего количества обнаруженных инцидентов всеми средствами диагностики.

Для обследовательских станций приобретается новое оборудование: аппаратно-программные комплексы для диагностики русел рек, телеуправляемые подводные аппараты, лазерные сканеры, беспилотные летательные аппараты (БПЛА) для обследования искусственных сооружений и земляного полотна.

Развитие и внедрение технологий изучения земляного полотна с применением БПЛА необходимо для решения таких локальных задач, как геодезическая съемка, составление ортофотопланов местности, уточнение границ деформаций и т. д.

Использование БПЛА при диагностике и мониторинге инженерных сооружений позволяет сократить время и стоимость обследования, повысить безопасность работников и снизить риск возникновения аварийных ситуаций. Также это позволяет оперативно реагировать на выявленные проблемы и планировать необходимые мероприятия по обслуживанию и ремонту объектов.

Всего с применением БПЛА за шесть месяцев текущего года осмотрено 7550 км земляного полотна и водотводных сооружений (в 2023 г. за аналогичный период осмотрено 2024 км) и выявлено 1668 неисправностей (в 2023 г. — 375), а также снято и построено масштабных планов станций общей площадью 58 га. Для внедрения БПЛА на инфраструктуре ОАО «РЖД» сформирован проект дорожной карты, в котором к 2027 г. намечено полномасштабная реализация технологии для обследо-



Выступает А.И. Чечельницкий



### Геометрия рельсовой колеи



ПЛАН **1474,9** тыс. км

ФАКТ **1474,9** тыс. км

Задействовано парка средств  
диагностики по графику **100** ед.

Объем работ на 2024г. **2 949,8** тыс. км

### Работа мостоиспытательных станций



ПЛАН **5 450** шт.

ФАКТ **6 164** шт.

Задействовано  
мостоиспытательных и  
тоннелеобследовательская  
станций **28** шт.

Объем работ на 2024 г. **14 227** шт.

### Неразрушающий контроль



ПЛАН **1 111,2** тыс. км

ФАКТ **1 111,2** тыс. км

Задействовано парка средств  
диагностики по графику **94** ед.

Объем работ на 2024г. **2 222,4** тыс. км

### Работа инженерно- геологических баз



ПЛАН **11 724** км

ФАКТ **13 304** км

Задействовано инженерно-  
геологических баз **19** шт.

Объем работ на 2024г. **17 282** км

### Видеоконтроль



ПЛАН **2 178,0** тыс. км

ФАКТ **2 178,0** тыс. км

Задействовано парка средств  
диагностики по графику **107** ед.

Объем работ на 2024г. **4 356** тыс. км

### Работа габаритообследовательских станций



ПЛАН **2 742** км.

ФАКТ **2 824** км.

Задействовано  
габаритообследовательских  
станций **15** ед.

Объем работ на 2024г. **6 668** км

Выполнение ключевых и производственных показателей ЦДМ по комплексу диагностики за первое полугодие 2024 г.  
(из презентации А.И. Чечельницкого)

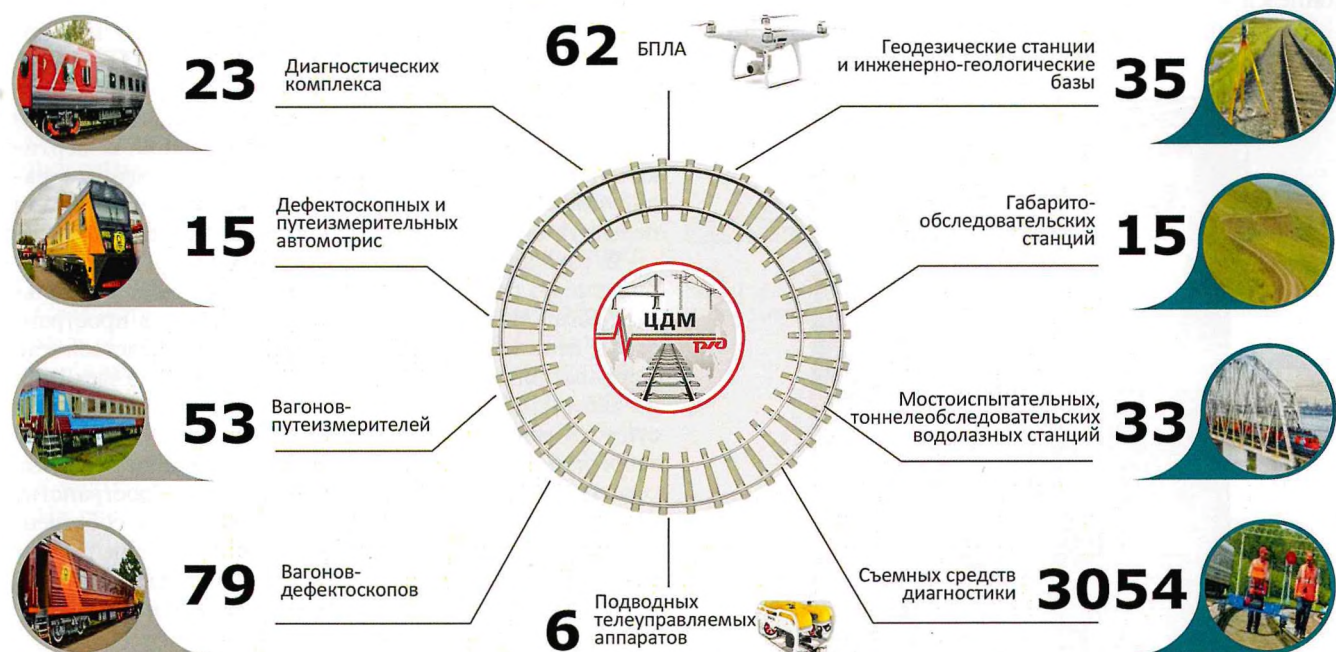
ния инженерных сооружений и земляного полотна.

За шесть месяцев 2024 г. с помощью лазерных сканеров получены цифровые модели 72 тоннелей и семь мостов. До конца года запланировано создать цифровые модели всех 162 тоннелей ОАО «РЖД».

Развивается такое направление диагностики инфраструктуры как беспилотные авиационные системы. Оно включает в себя внедрение беспилотных судов самолетного типа с большой дальностью полета, создание и внедрение автоматического распознавания дефектов земляного полотна и искусственных сооружений.

А.И. Чечельницкий обозначил основные задачи деятельности ЦДМ на второе полугодие 2024 г. Это

разработка технологии работы модульного диагностического комплекса и испытания на опытных полигонах, подготовка пакета документов на закупку информационно-измерительной системы контроля состояния станционной инфраструктуры в рамках инвестиционной программы ОАО «РЖД», формирование технического задания на изменение методики расчета периодичности контроля рельсов средствами дефектоскопии, поэтапная модернизация системы натурных осмотров земляного полотна и его обустройств с учетом применения БПЛА, а также создание цифровых моделей всех тоннелей ОАО «РЖД» (162 тоннеля) с применением лазерных сканеров.



Средства диагностики и обследовательские станции (из презентации А.И. Чечельницкого)



Начальник службы по организации скоростного и высокоскоростного движения поездов Центральной дирекции инфраструктуры **А.А. Гришан** рассказал о недостатках при организации проверки параметров плавности хода поездов, влияющих на комфорт пассажиров с использованием акселерометров «Аксиома». Это отсутствие возможности измерять ускорения на буксе тележки, кузове вагона, сидении и спинке сидения пассажира, необходимость сопровождения акселерометра представителем регионального центра диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры. При этом охват проверяемых участков составляет только 42 % от развернутой длины главных путей всего полигона ОАО «РЖД». Периодичность проверки необходимо определять в зависимости не только от класса и специализации пути, но и от имиджевых направлений движения пассажирских поездов. Предлагается создание акселерометрического комплекса измерительных приборов нового поколения для размещения на всех вагонах высокоскоростного поезда, в том числе и на тележках, с последующим разделением выявленных нарушений и отнесением по ответственности. К середине 2025 г. планируется разработка СТО РЖД «Плавность хода скоростных, высокоскоростных и пассажирских поездов. Требования и методы контроля».

На совещании обсуждали такие темы как, разработка система диагностирования и мониторинга объектов для проектируемой высокоскоростной магистрали Москва — Санкт-Петербург, особенности организации проверки плавности хода и уровня комфорта пассажиров, совершенствование автоматизированных систем контроля износа рельсов, бесстыкового пути, развитие автономной информационно-измерительной системы контроля состояния станционной инфраструктуры, обследование пролетных строений мостов БПЛА, подводных частей опор мостов подводными телеуправляемыми аппаратами, мониторинг состояния тоннелей методом лазерного сканирования и др.

Участники школы передового опыта осмотрели региональную инновационную площадку в локомотив-

ном депо на станции Екатеринбург-Пассажирский, где предприятия-производители средств диагностики инфраструктуры представили свою продукцию.

Центр технического развития — детский технопарк «Кванториум» Свердловской детской железной дороги показал универсальное железнодорожное модульное автономное адаптивное устройство УЖДМ2А, способное автономно двигаться на альтернативной энергии, имеющее возможность установки дополнительных модулей согласно техническому заданию, выполняющее детекцию пути и окружающей обстановки.

АО «Урало-Сибирская Гео-Информационная Компания» представила цифровую стереофотограмметрическую систему «Информационный стереоскопический образ территории» («ИНСОТ») для создания объемно-пространственной высокоточной модели местности.

Екатеринбургский региональный центр диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры показал технические средства и оборудование, используемые в ежедневной работе. Руководители центра поделились опытом использования аппаратно-программного комплекса для обследования русловых участков рек, электроразведочной станции, определяющей удельное сопротивление и увлажненность грунтов, а также БПЛА для съемки масштабных планов, выполнения 3D моделей, а также осмотра земляного полотна и полосы отвода на наличие дефектов.

На стенде АО «Радиоавионика» можно было ознакомиться с применением БПЛА и специализированным программным обеспечением для него, позволяющим автоматизировать осмотр искусственных сооружений, обрабатывать и передавать видеоданные.

АО НПЦ ИНФОТРАНС представил инновационную линейку ручных средств диагностики. Одно из них — автоматизированный путевой шаблон АПШ-04МС, предназначенный для контроля максимально полного перечня параметров стрелочного перевода и передачи результатов в систему ЕК АСУИ.

Большое внимание участников привлекла путеизмерительная радиоуправляемая тележка ПТ-12-01Р, производства АО «Фирма ТВЕМА». Тележка помимо измерения ширины колеи и длины пройденного пути измеряет стрелы изгиба в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Тележка оснащена модулем радиоуправления и беспроводным каналом связи для передачи полученных результатов контроля.

В рамках школы передового опыта прошло мероприятие по развитию корпоративных и профессиональных компетенций по программе «Команда в пространстве ценностей», которое провели представители Корпоративного университета ОАО «РЖД». Участники ознакомились с необходимыми элементами и законами существования команды, затем в формате деловой игры закрепили приобретенные знания и получили полезные советы. Целью игры было погрузиться в пространство командной коммуникации, познакомиться с собственными устойчивыми сценариями поведения в ней. В заключение всем, прошедшим курс обучения, были вручены удостоверения о повышении квалификации.

ГОРЬКАНОВА Т.Н.

Фото предоставлены Екатеринбургской ДИ



Путеизмерительная радиоуправляемая тележка ПТ-12-01Р



# ОСОБЕННОСТИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РЕЛЬСОВЫХ СКРЕПЛЕНИЙ НА СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДАХ



**БОНДАРЕНКО А.А.**, Приволжский государственный университет путей сообщения (ПривГУПС), докт. техн. наук,  
**САЛАХОВ Т.А.**, ПривГУПС, аспирант

Различием конструкций стрелочного перевода и обычного пути на перегоне [1–4] обусловлены особенности взаимодействия нагрузок системы «колесо—рельс» в пределах стрелки, переводной кривой и крестовинной части [5–8]. Тем не менее, требования, предъявляемые к рельсовым скреплениям на стрелочном переводе, практически идентичны требованиям к скреплениям на линейном участке пути. Рассмотрим особенности изменений напряженно-деформированного состояния скреплений стрелочного перевода при воздействии нагрузок от подвижного состава.

На трех основных частях стрелочного перевода (стрелке, переводных путях, крестовине [1]) используют различные промежуточные скрепления. На стрелке в зависимости от крепления остряков (гибкое или поворотное) в основном применяют подкладки с подушкой под остряк — так называемые стрелочные башмаки.

Стрелочные башмаки распределяют силы несимметрично, так как сами имеют несимметричную форму, поэтому при использовании упругого крепления стрелочных башмаков происходит их неравномерная деформация [3, 4]. Этим обусловлена особенность восприятия поездных нагрузок в корневом фрагменте стрелки: при отжатом остряке вертикальные  $Q$  и горизонтальные  $Y$  силы от колеса подвижного состава принимает на себя рамный рельс (рис. 1); при прижатом остряке вертикальные силы принимает на себя остряк, а горизонтальное воздействие колеса переходит с остряка на шейку рамного рельса через упорную накладку.

В окончании остряка его корень и рамный рельс одновременно крепятся на мостике с помощью скоб или зажимных клемм (рис. 2), дополнительно влияя на деформацию подкладки.

Следовательно, к скреплениям стрелочного перевода нельзя применять критерий одинаковой статической и динамической жесткости опорной точки, используемый при расчетах пути. Для стрелочных подкладок сложного типа при разнообразных вариантах воздействия сил коэффициент  $C_{\text{стат}}$ , полученный от статической жесткости, невозможно вычислить точно.

На рис. 3, 4 цветовыми полями выделены области напряжений стрелочного башмака под воздействием монтажной и поездной нагрузок через рамный рельс и остряк. Эти палитры напряжений получены на основе FEM-расчетов методом конечных элементов. Принято, что статическая жесткость прокладки под подкладкой равна 30 кН/мм.

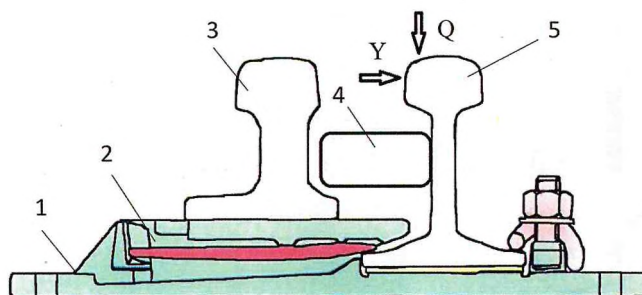
При воздействии колеса подвижного состава на рамный рельс (см. рис. 3, в) опорная пластина башмака меняет свое положение и отклоняется вниз, ближе к внешнему краю, а с другой стороны она поднимается вверх.

При воздействии колеса на остряк (см. рис. 4, в) башмак прогибается в середине и оказывает упругое сопротивление равномерно.

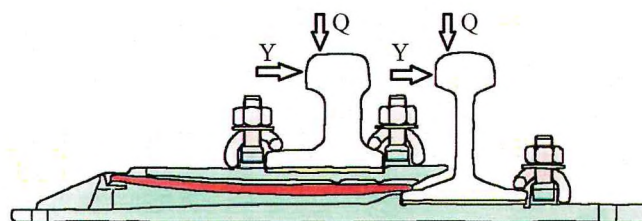
Отличия в точках приложения поездной нагрузки на рельсовые элементы и узлы стрелочных скреплений дают разные жесткости в точках крепления подкладки к брусу.

От геометрической формы стрелочной подкладки, направления и силы действия нагрузок, а также от ее упругости зависят сопротивляемость деформациям и прочность рассматриваемого узла.

При монтажном креплении стрелочного башмака он прижимается по краям к железобетонному брусу с усилием 10 кН, что заставляет выгнуться опорную пластину башмака в средней части (это хорошо видно на графиках рис. 3, в и 4, в), на ее поверхности появляется напряжение растяжения +200 МПа. При про-



**Рис. 1.** Схема передачи нагрузки от колеса на рамный рельс:  
1 — башмак; 2 — упругая прокладка; 3 — остряк; 4 — упорная накладка; 5 — рамный рельс



**Рис. 2.** Варианты распределения нагрузок от колес подвижного состава на остряк и рамный рельс в корневой части



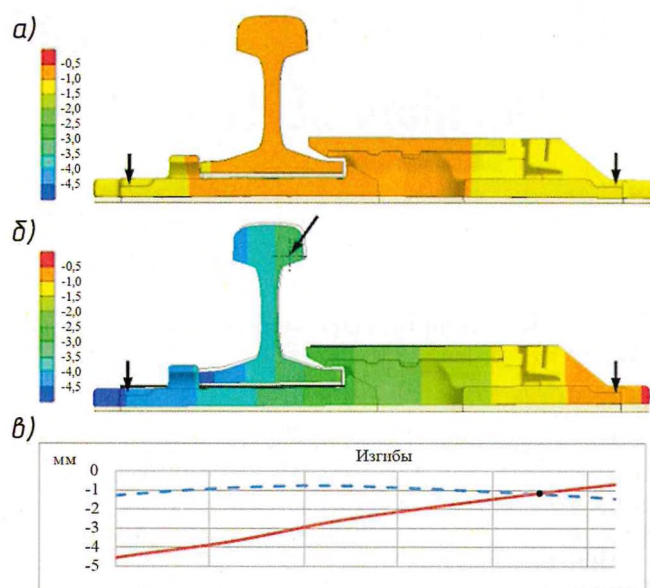


Рис. 3. Палитра напряжений в стрелочном башмаке при монтажном прижатии крепежными без воздействия нагрузки от колеса (а), с воздействием нагрузки от колеса на рамный рельс (б) и графики кривых изгиба башмака (в) (остряк условно не показан): штриховая линия — без воздействия нагрузки от колеса; сплошная линия — с воздействием

ходе колеса по острию башмак прогибается в обратную сторону (см. рис. 4, б). В этом случае на поверхности опорной площадки пиковое напряжение может достигать -433 МПа.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в стрелочном башмаке в силу знакопеременных нагрузок

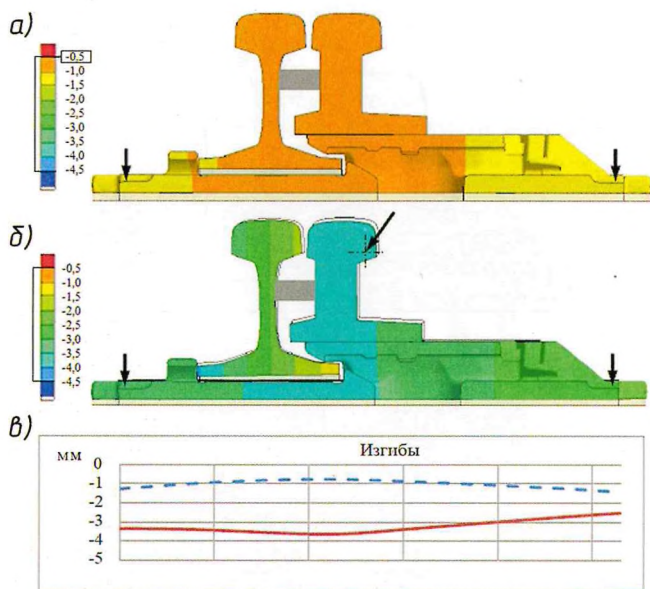


Рис. 4. Палитра напряжений в стрелочном башмаке при монтажном прижатии крепежными без воздействия нагрузки от колеса (а), с воздействием колесной нагрузки на остряк (б) и графики кривых изгиба башмака (в): штриховая линия — без воздействия нагрузки от колеса; сплошная линия — с воздействием

возникают напряжения с разными знаками. С увеличением упругости прокладки напряжения тоже увеличатся. Переменные напряжения изменяются в зависимости от места приложения силы. В связи с этим потенциально возрастают усталостные дефекты узла рельсового крепления.

В переходной кривой не исключено использование отдельных типов рельсовых креплений с подкладками, а также бесподкладочных при укладке стрелочного перевода на железобетонном основании (брусках или плитах).

Конструкции рельсовых креплений в крестовинной части перевода зависят от типа и формы крестовины и контррельса (при неподвижном сердечнике).

На контррельсовые подкладки с упорами действуют дополнительные силы через ходовой рельс и контррельс. Эта особенность делает невозможным использование высокоупругих прокладок в приведенном узле, так как излишняя мягкость сократит срок его эксплуатации.

### Выводы

1. Жесткость узлов креплений на стрелочном переводе отличается от жесткости промежуточных креплений на линейном участке пути.

2. Действие нагрузок на стрелочный башмак вызывает знакопеременное изменение напряжений в диапазоне от +200 до -433 МПа. Для уменьшения суммарных напряжений необходимо оптимизировать параметры жесткости амортизационной прокладки.

### Список источников

1. Железнодорожный путь: учебник / Е.С. Ашпиз, А.И. Гасанов, Б.Э. Глюзберг и др. М.: УМЦ ЖДТ, 2021. 755 с.
2. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации: утв. Приказом Минтранса России от 23.06.2022 № 250.
3. Глюзберг Б.Э., Королёв В.В. Поколения стрелочных переводов // Путь и путевое хозяйство. 2021. № 12. С. 21–24.
4. Глюзберг Б.Э., Королёв В.В., Шишкина И.В. Технические требования к стрелочным переводам шестого поколения «Гекса» // Путь и путевое хозяйство. 2022. № 7. С. 19–21.
5. Коган А.Я., Барабошин В.Ф., Гаврилов В.М. Колебания пятислойной балки на упругом основании под действием подвижной динамической нагрузки // Механика деформируемого тела и расчет транспортных сооружений: сборник научных трудов. Новосибирск, 1986. С. 33–43.
6. Расчеты и проектирование железнодорожного пути: учеб. пособие / В.В. Виноградов, А.М. Никонов, Т.Г. Яковлева и др. М.: Маршрут, 2003. 486 с.
7. Методика оценки воздействия подвижного состава на путь по условиям обеспечения надежности: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 22.12.2017 № 2706р.
8. ГОСТ 34078—2017. Прокладки рельсовых креплений железнодорожного пути. Технические условия. Введ. 01.01.2018. Изм. 01.09.2019. М.: Стандартинформ, 2014. 30 с.
9. ГОСТ 33186—2014. Клеммы пружинные прутковые для крепления рельсов. Технические условия. Введ. 01.07.2015. Изм. 14.03.2023. М.: Стандартинформ, 2019. 8 с.
10. Петров А.В. Эластичные прокладки рельсовых креплений — фундаментальная часть безбалластного пути // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. 2019. Т. 14 (14). С. 87–93.
11. Петров А.В., Савин А.В., Лебедев А.В. Анализ требований российских и европейских стандартов к рельсовым креплениям // Путь и путевое хозяйство. 2016. № 9. С. 22–27.



# К ВОПРОСУ О СНИЖЕНИИ ДЕФЕКТНОСТИ РЕЛЬСОВ В СТЫКОВОЙ ЗОНЕ



**МАЛЯВИН Д.А.,** АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), начальник отдела,  
**КЛЕМЕНТЬЕВ К.В.,** АО «ВНИИЖТ», канд. техн. наук

**Аннотация.** В статье рассмотрена одна из самых существенных проблем, влияющих на уровень отказов бесстыкового пути в условиях постоянно растущих объемов перевозок — дефектность рельсов в зоне стыка. Отмечено, что одними из самых многочисленных поврежденных рельсов в стыках являются дефекты 21.1, 31.1, 33.1, 38.1, 43.1, 53.1. Рассмотрена и обоснована эффективность использования стыковых накладок с измененным распределением нагрузки на рельс в качестве метода борьбы с дефектами 33.1 и 53.1, общее число которых ежегодно превышает 5000 шт. Приведены результаты расчетов и моделирования напряжений в рельсе в стыковой зоне.

**Ключевые слова:** бесстыковой путь, рельсовый стык, дефект рельса, стыковая накладка, стыковой зазор.

Одно из основных требований к конструкции бесстыкового пути в условиях постоянно растущих объемов перевозок — снижение уровня отказов, в том числе в стыках уравнильных пролетов. Дефектность рельсов зависит от множества факторов, включающих эксплуатационные и климатические условия работы бесстыкового пути, его наработку, соблюдение межремонтных сроков и т.д. В данной статье рассмотрим дефектность рельсов на ограниченном протяжении пути, а именно в зоне стыковых соединений. Для окончаний рельсов в стыках характерны поперечные и продольные трещины в головке, смятие на поверхности катания, трещины в шейке от болтовых отверстий, т.е. дефекты 21.1, 31.1, 33.1, 38.1, 43.1, 53.1. Ежегодно количество выявляемых дефектов данных видов превышает 12500 шт., что составляет почти 20 % от общего количества дефектных рельсов за год.

Приведенные статистические данные объясняются целым рядом обстоятельств и, прежде всего, тем, что в стыковой зоне возникают специфические условия взаимодействия колеса с рельсом из-за нарушения непрерывности рельсовой нити, изменения стыкового зазора (увеличения его при понижении температуры и уменьшения при повышении), наличия встречной или попутной вертикальной «ступеньки» и т.д. Кроме того, в стыках плети и уравнильных пролетов рельсы имеют по три болтовых отверстия на концах, которые являются концентраторами местных напряжений. Как было показано в работе [1], из всех характерных повреждений рельсов в стыках наибольший процент приходится на дефект 53.1 (трещины в шейке, развивающиеся от болтовых отверстий). Это подтверждается и сетевыми статистическими данными, согласно которым доля дефектов

53.1 за год стабильно превышает 40 % от их общего числа в зоне стыка (включая дефекты, вызванные механическим воздействием на рельс и нарушением технологии изготовления).

Различные меры по борьбе с дефектностью в стыках достаточно освещены в публикациях [1–9], поэтому сосредоточим внимание на использовании шарнирных накладок как наиболее эффективном варианте оздоровления стыка [9].

На основании исследований [1] установлен не только механизм зарождения дефекта 53.1 в зоне стыка, но и отмечено влияние на его появление и развитие сопутствующих факторов, таких как увеличение стыкового зазора, наличие «ступеньки» (что наиболее ярко проявляется при больших зазорах), ослабление затяжки болтов, наличие просадки стыковых шпал в балласте и т.д.

При типовых клиновидных накладках 70 % усилий, приходящихся на головку рельса, растягивают шейку, т.е. создают в наиболее опасной зоне повышенные растягивающие напряжения. При накладках же шарнирного типа величины усилий, растягивающих шейку, не превышают 30–50 %.

На рис. 1 представлено схематичное распределение контактных сил в пазухе рельса при стягивании накладок стыковыми болтами.

Из-за особенностей конструкции клиновидных и шарнирных накладок приложение сил  $P(M)$  к головке и подошве рельса имеет у них различное распределение. Поперечный профиль шарнирной накладки отличается от клиновидной меньшим радиусом закругления верхней части, что позволяет ей глубже проникать под головку (нижняя половина накладки не изменена). В результате эффект расклинивания сни-



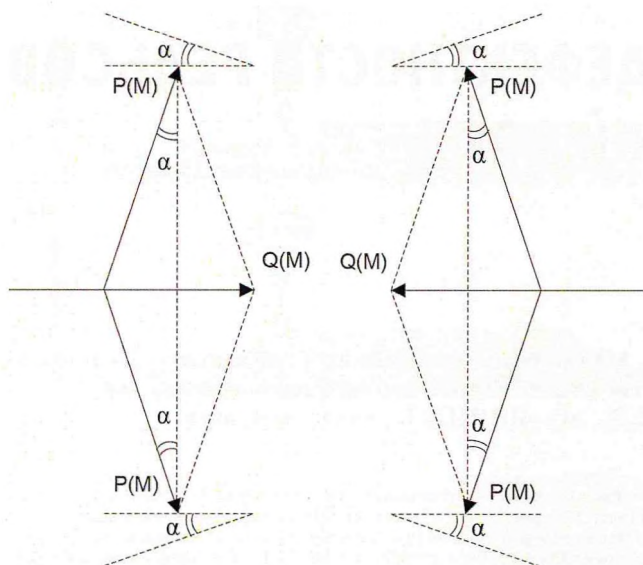


Рис. 1. Типовая схема приложения усилий от накладок на рельс:

$Q(M)$  — горизонтальная сила, возникающая при затяжке болта с нормативным моментом  $M$ ;  $P(M)$  — сила, действующая на подошву и головку рельса при затяжке болта с моментом  $M$  и являющаяся равнодействующей сил горизонтального сжатия  $P_c(M)$  и сил вертикального распираия  $P_p(M)$  (рис. 2);  $\alpha$  — угол приложения сил, действующих на подошву и головку рельса (при этом  $\alpha = \arctg(1/4)$ , так как наклон упорных поверхностей распорных накладок спроектирован именно с таким соотношением и, соответственно,  $\tg \alpha = 1/4$ )

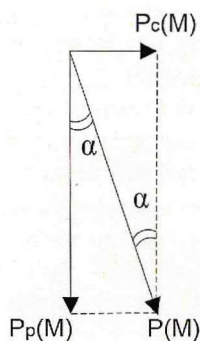


Рис. 2. Схема образования силы  $P(M)$  как равнодействующей от сил горизонтального сжатия  $P_c(M)$  и вертикального распираия  $P_p(M)$

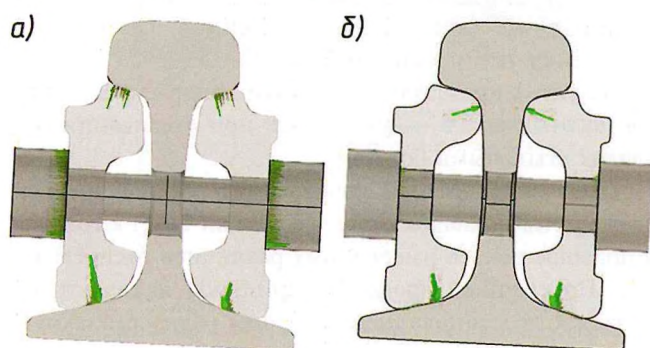


Рис. 3. Распределение контактных сил в стыковом узле: а — при типовых клиновидных накладках; б — при шарнирных накладках

жается, и распределение монтажных сил, действующих на головку и подошву, становится оптимальным (рис. 3).

Поскольку предварительные расчеты не учитывали ряда факторов, таких как, например, температурные растягивающие усилия в бесстыковом пути, были проведены дополнительные исследования стыкового узла на компьютерной модели методом конечных элементов. Для этого в 3D-модель ввели накладку шарнирного типа, а также клиновидные в соответствии с ГОСТ 33184–2014, рельсы типа Р65 в соответствии с ГОСТ Р 51685–2013, элементы крепежа, железобетонные шпалы и промежуточные скрепления ЖБР-65Ш в соответствии с альбомом конструкций верхнего строения пути.

Общий вид модели стыка в сборе с накладками представлен на рис. 4.

В расчетной схеме рассматриваемой модели стыка расстояние между осями стыковых шпал составляет 420 мм, между осями остальных шпал — 546 мм (соответствует эпюре 1840 шт/км). Материал накладок — сталь К54, материал рельсов — сталь К76. Модуль упругости сталей  $2,1 \cdot 10^3$  МПа, плотность 7850 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент Пуассона 0,28.

При моделировании свойств пути вертикальная погонная жесткость пути с рельсами на железобетонном основании принята равной 400 МН/м, на деревянном основании — 350 МН/м, горизонтальная жесткость пути — 25 МН/м.

Между контактными парами поверхностей стыковых накладок и рельсов учитывалось трение. Коэффициент трения в контактных парах принят равным 0,15.

Для высокопрочных болтов принята сила при полной затяжке, равная 220 кН.

Для анализа напряжений в рельсовых окончаниях и накладках методом конечных элементов была построена сетка на исследуемых элементах модели.

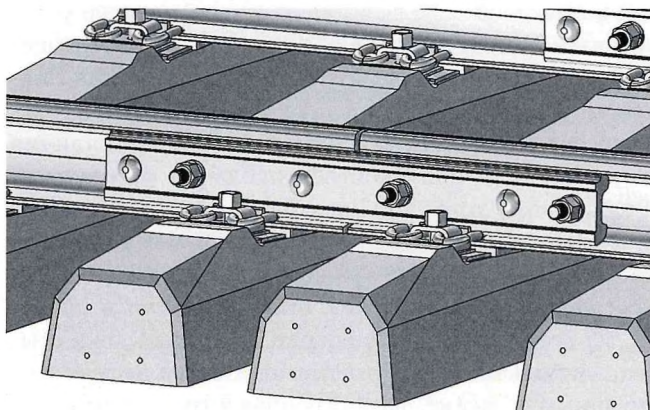


Рис. 4. Общий вид 3D-модели стыка с шарнирными накладками в сборе



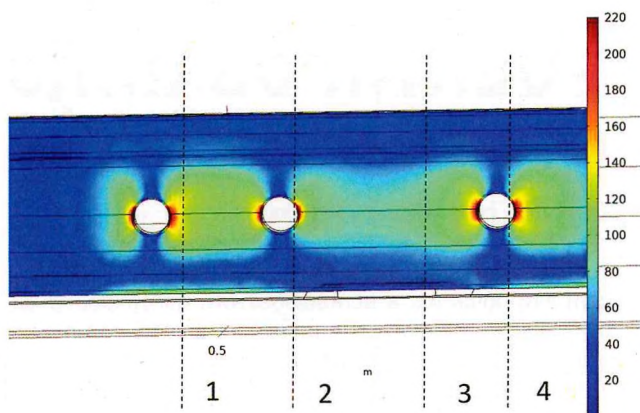


Рис. 5. Сечения рельса, в которых определялось напряжение

Приложение сил затяжки к стыковым накладкам выполнено с помощью моделирования преднапряженного состояния крепежных элементов. При этом определялись напряжения в четырех сечениях (рис. 5) на различном удалении от стыкового зазора.

Максимальные растягивающие напряжения в четырех сечениях рельса, возникающие при затяжке высокопрочных стыковых болтов, приведены в таблице. Соответственно видно, что при шарнирных накладках напряжения (особенно в сечениях 2–4) значительно ниже, чем при клиновидных. Аналогичные результаты были получены и при обычных болтах.

По результатам моделирования было установлено, что снижение растягивающих усилий в шейке рельса при шарнирных накладках более скромное, чем при предварительных расчетах, но тоже существенное — до 40 %. Таким образом, можно сделать предварительный вывод об эффективности использования шарнирных накладок для снижения дефектности в зоне стыка, так как уменьшение напряженности в пазах рельсов от давления накладок способствует сокращению вероятности зарождения очагов дефектов в окончаниях плетей и рельсов уравнительных пролетов.

### Выводы

1. Распределение упругих деформаций по вертикальной оси рельса при использовании накладок шарнирного типа по сравнению с клиновидными более равномерное.

### Внутренние напряжения в рельсе при сборке стыка высокопрочными болтами, затянутыми с разным усилием

Номер сечения рельса	Напряжения в шейке рельса, МПа							
	при клиновидных накладках и силе затяжки болтов, кН				при шарнирных накладках и силе затяжки болтов, кН			
	220	170	120	80	220	170	120	80
1	158	121	85	58	128	82	59	38
2	142	108	82	53	78	59	39	36
3	134	104	68	49	76	57	39	36
4	136	105	68	49	77	58	42	34

2. Максимальные внутренние растягивающие напряжения в среднем сечении рельса при использовании шарнирных накладок по сравнению с клиновидными ниже на 38 % при сборке стыкового узла с высокопрочными болтами и на 40 % при сборке с обычными болтами.

### Список источников

1. Клокова О.О. Нагруженность рельсов в стыке и механизм развития дефекта 53.1 // Повышение эффективности и надежности работы рельсов: сборник научных трудов / ВНИИЖТ. М.: Транспорт, 1990. С. 71–79.
2. Шур Е.А. Повреждения рельсов. М.: Интекст, 2012. 191 с.
3. Влияние качества изготовления болтовых отверстий на надежность железнодорожных рельсов в зоне стыка / Е.А. Шур, И.А. Чурюмова, М.С. Бейзеров, И.Ф. Зайцев // Повышение эффективности и надежности работы рельсов: сборник научных трудов / ВНИИЖТ. М.: Транспорт, 1990. С. 80–89.
4. Клинов С.И., Кондратьев А.А. Высокопрочные болты // Путь и путевое хозяйство. 1988. № 1. С. 33–35.
5. Кондратьев А.А. Техничко-экономическая эффективность применения высокопрочных болтов в рельсовых стыках // Повышение уровня использования и надежности железнодорожного пути. Межвузовский сборник. М., 1988. С. 83–96. (Труды МИИТа; вып. 796).
6. Повышение стабильности пути в зоне стыков за счет применения упругих подшпальных прокладок / В.О. Певзнер, М.М. Железнов, В.Н. Каплин, В.В. Третьяков, М.Н. Мысливец, А.С. Томиленко // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2016. Т. 75, № 3. С. 140–146.
7. Суворов Е.В. Конструкция рельсового стыка с накладками шарнирного типа // Управление надежностью железнодорожного пути: сборник научных трудов / ВНИИЖТ. М.: Транспорт, 1991. С. 95–101.
8. Лысюк В.С. Управление надежностью бесстыкового пути интенсивными методами // Управление надежностью железнодорожного пути: сборник научных трудов / ВНИИЖТ. М.: Транспорт, 1991. С. 24–41.
9. Виногоров Н.П., Клементьев К.В. Как повысить надежность стыка: возможные варианты // Путь и путевое хозяйство. 2021. № 5. С. 21–23.

### THE METHOD OF REDUCING RAIL DEFECTS IN THE RAIL JOINT

**Malyavin Denis** — Head of the Department of the Scientific Centre «Infrastructure» of JSC «VNIIZHT». Malyavin.denis@vniizht.ru  
**Klementiev Kirill** — Ph.D., Scientific Consultant of the Scientific Centre «Infrastructure» of JSC «VNIIZHT».

**Abstract.** The article consider one of the most significant problems affecting the failure rate of a continuously-welded track with constantly growing traffic volumes — rail defects in the rail joint. It is noted that one of the most numerous are defects in the rail joint, which include defects in the drawings 21.1, 31.1, 33.1, 38.1, 43.1, 53.1. The effectiveness of using coverplates with a modified load distribution on the rail as a method of reducing the amount of defects 33.1 and 53.1, the total number of which is considered and justified annually exceeds 5000 pieces. The results of calculations and modeling of stresses in the rail in the rail joint are presented.

**Keywords:** continuously-welded track, rail joint, rail defect, coverplate, rail joint gap.



# НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ВСМ\*

ФЕДОРЕНКО Е.В., НИП-Информатика, канд. геол.-минерал. наук

## Особенности расчетного обоснования

Как известно, консолидация условно делится на две части: первичная фильтрационная, во время которой осадка происходит за счет отжатия воды (фильтрация)  $S_{ф.к.}$  и вторичная — за счет ползучести скелета грунта  $S_{пз.}$ . Вторичная консолидация продолжается бесконечно долго, это так называемая вековая осадка.

Проблема заключается в том, что до появления критерия осадки за длительное время для ВСМ основным результатом являлась так называемая стабилизированная осадка  $S_{ф.к.}$ , соответствующая моменту завершения фильтрационной консолидации  $t_{ф.к.}$ , поэтому все испытания грунтов проводились для получения параметров первичной консолидации.

Теперь, с появлением критерия длительной осадки за счет ползучести, необходимо пересмотреть требования к проведению испытаний грунтов и увеличить продолжительность опыта для получения параметров вторичной консолидации. Рекомендации ПНИИС по определению параметров консолидации и ползучести [6], содержат критику критерия условной стабилизации, основанную на опытных данных. Были проведены консолидационные испытания разных грунтов, в результате которых получено, что критерий условной стабилизации по [7] отличался от полной стабилизации осадки, достигнутой длительным (до восьми суток) выдерживанием образца. Авторы отмечают, что для разных типов грунтов наибольшая погрешность между осадкой по критерию ГОСТ и полностью стабилизированной осадкой достигала 74 %, особенно в случаях, когда в процессе сжатия преобладают деформации ползучести.

На основании изложенного рекомендовано за критерий условной стабилизации принимать деформацию не более 0,001 мм за 24 ч, а при изысканиях под особо ответственные сооружения доводить до отсутствия перемещений не менее чем за пять суток. Такое длительное время испытаний подтверждается и в работах ученых, занимавшихся изучением реологических свойств грунтов [8]. Однако с момента выхода документа [6] в 1989 г. никаких изменений в проведении испытаний не произошло.

Определение осадки с учетом ползучести относится к классу сложных геотехнических задач. Такие задачи могут быть решены численными методами, например, методом конечных элементов.

Методика расчета [3] рекомендует использование реологической шатровой модели с параметрами начального состояния (природное напряженное состояние) и упрочнением по объемным деформациям, а также с учетом вторичной консолидации (ползучесть)

одновременно с фильтрационной. Особенность этой модели заключается в использовании изотаксового метода [9], суть которого заключается в том, что в реологической модели существуют параллельные линии, соответствующие разной скорости нагружения. Такая модель обеспечивает учет ползучести, т. е. роста осадки при постоянной нагрузке. На рис. 3 приведен вариант изотаксовой модели, где показан участок 0–2, соответствующий формированию природного напряженного состояния (ПНС), причем изменение деформации на отрезке 1–2 соответствует постоянному напряжению, т. е. это деформации ползучести. Сформированное за геологическое время ПНС основания (определяется по [10]) характеризуется точкой 2, после чего происходит нагружение весом насыпи. Участок 2–3 определяет переуплотненное поведение и небольшой прирост деформаций, участок 3–4 соответствует фильтрационной консолидации и основной осадке насыпи, а участок 4–5 является следствием ползучести и позволяет определить длительную осадку на расчетный момент времени (в рассмотренном примере это 100t).

Из рис. 3 следует, что проведение компрессионных испытаний должно сопровождаться контролем достижения времени завершения фильтрационной части консолидации за счет измерения порового давления, как непосредственного критерия фильтрационной части консолидации. Иначе можно либо передержать образец и получить дополнительные деформации ползучести, либо недодержать и неполностью учесть фильтрационную часть деформаций. Сегодня такие приборы существуют, но требуется пересмотр порядка проведения испытаний. Ошибки в определении параметров ползучести, связанные с временем выдержки образцов под нагрузкой, повлекут за собой некорректный расчет осадки, что в свою очередь может привести к необоснованной потребности устройства свайного основания (или эстакады) на тех участках, где можно обеспечить надежную работу грунтовой насыпи.

## Заключение

Современный уровень развития лабораторной и полевой базы испытаний грунтов позволяет пересмотреть поведение такого сложного строительного материала, как грунт. Доведенные до практической реализации в геотехнических программных комплексах специальные реологические грунтовые модели обеспечивают решение сложнейших задач по расчету деформаций во времени. Располагая таким инструментом, проектировщик имеет возможность повысить уровень соответствия расчетного обоснования реальным условиям. Таким образом достигается получение оптимальных конструктивно-технологических реше-

\*Окончание. Начало в № 9, 2024 г.



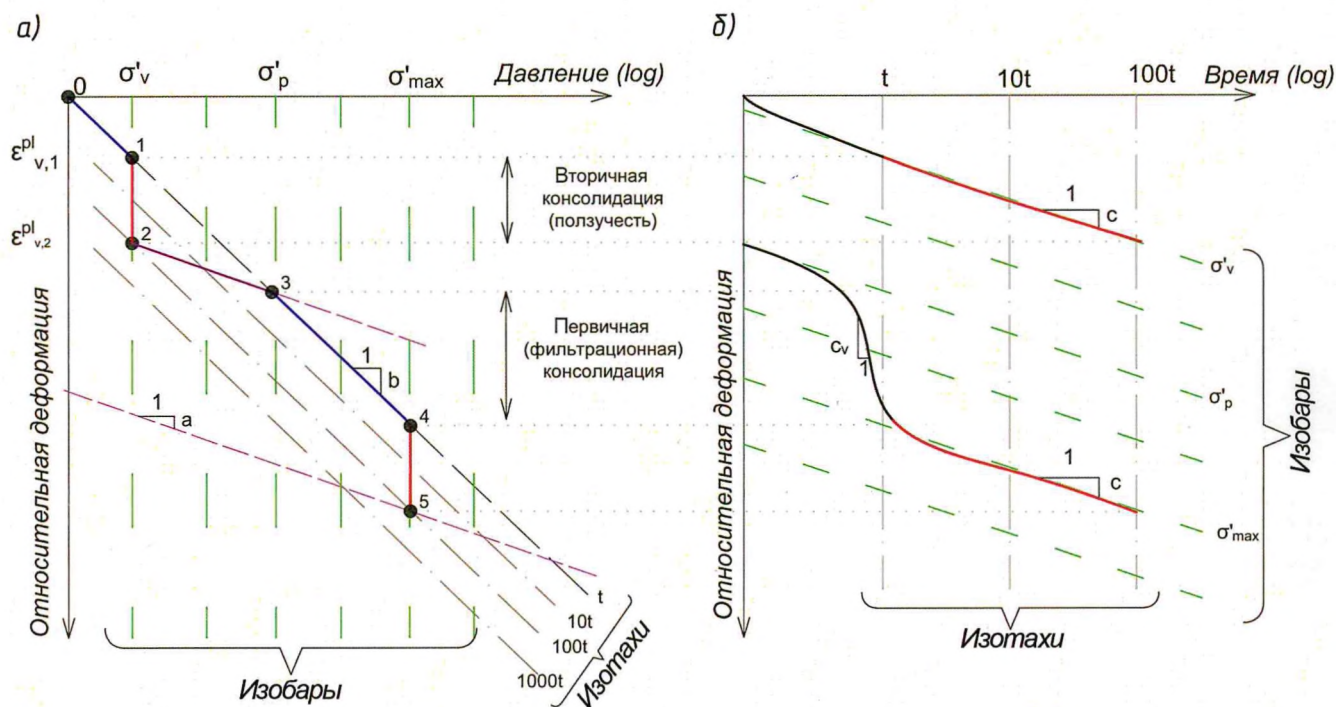


Рис. 3. Изотаксовая модель для слабых грунтов:

а — график изменения деформаций в зависимости от напряжений; б — график изменения деформаций во времени;  $\sigma'_v$ ,  $\sigma'_p$ ,  $\sigma'_{max}$  — напряжения бытовые, предварительного уплотнения и максимальные, соответственно;  $\epsilon_v^{pl}$  — относительные объемные деформации; а — наклон линии упругих деформаций; б — наклон линии упругопластических деформаций; с — наклон линии вязкоупругопластических деформаций;  $c_v$  — коэффициент консолидации

ний: их экономичность при обеспечении требуемой надежности. Однако точность расчета напрямую зависит от качества и полноты исходных данных, что является неотъемлемой частью инженерных изысканий под объекты высокого уровня ответственности.

#### Список источников

1. СП 238.1326000.2015. Железнодорожный путь. Введ. 01.07.2015 / Минтранс России. М., 2015. 71 с.
2. СТУ 5. Земляное полотно участка Москва–Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва–Казань–Екатеринбург. Технические нормы и требования к проектированию и строительству (в ред. от 26.04.2017 № 14575-ЛС) / ПГУПС. СПб., 2016. URL <https://www.pgups.ru/science/science-news-in-the-field-of-transport/high-speed-transport/?ysclid=ltcyom5dy543224951>.
3. Методика расчета осадки земляного полотна железнодорожного пути: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 18.02.2022 № 423/р.
4. Шашкин А.Г., Парамонов В.Н., Шашкин К.Г. Сумерки разума в геотехнике. Часть 2. Высокоскоростные желез-

нодорожные магистрали и нормы проектирования // Геотехника. 2016. № 3. С. 66–77.

5. ОДМ 218.3.120-2020. Методические рекомендации по расчету насыпей автомобильных дорог на слабых грунтах основания с применением геосинтетических материалов: утв. Распоряжением Росавтодора от 11.09.2020 № 2848-р. М., 2020. 90 с.

6. Рекомендации по определению параметров ползучести и консолидации грунтов лабораторными методами / Произв. и НИИ по инженерным изысканиям в строительстве. М.: Стройиздат, 1989. 59 с.

7. ГОСТ 12248.4—2020. Грунты. Определение характеристик деформируемости методом компрессионного сжатия. Введ. 01.06.2021. Изм. 01.07.2023. М.: Стандартинформ, 2020.

8. Месчан С.Р. Механические свойства грунтов и лабораторные методы их определения. М.: Недра, 1974. 191 с.

9. Шукле Л. Реологические проблемы механики грунтов. М.: Стройиздат, 1973. 485 с.

10. ГОСТ Р 58326—2018 Грунты. Метод лабораторного определения параметров переуплотнения. Введ. 01.06.2019. М.: Стандартинформ, 2018.

11. Железнодорожный путь: учебник / под ред. Е.С. Ашпиза. М.: УМЦ ЖДТ, 2013. 544 с.

#### NEW APPROACHES TO THE DESIGN EMBANKMENT OF THE HIGH-SPEED TRAIN ROAD

**Fedorenko Evgeny** — Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, scientific consultant, NIP-Informatics. St. Petersburg, Russia, [geotekhnkfd@mail.ru](mailto:geotekhnkfd@mail.ru)

**Abstract.** The design and construction of high-speed highways (HSR) has led to the emergence of new design criteria. The calculated draft of the roadbed should be determined for a long period of time (for decades), which is associated with the design features of the path. This requires a revision of the principles of obtaining initial data for calculations and the methods of calculation justification of design decisions themselves. It is necessary to take into account not only filtration consolidation, but also long-term precipitation due to creep. In accordance with the results obtained, design organizations can decide on the need for reinforcement and perform a feasibility comparison of options with an assessment of financial costs. The article describes the problems of interaction between prospectors and designers and their settlement in order to obtain reliable and economically feasible design solutions.

**Keywords:** high-speed train road; calculations and design of embankments, geotechnics, numerical modeling, creep, settlement, consolidation, FEM.



# ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СПЛОШНОСТЕНЧАТЫХ СВАРНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ



**КОНДРАТОВ В.В.**, канд. техн. наук, Петербургский государственный университет путей сообщения,  
**РУПАСОВА И.В.**, канд. техн. наук, Научно-исследовательский институт мостов и дефектоскопии

**Аннотация.** На сети эксплуатируется более тысячи сварных сплошностенчатых пролетных строений, изготовленных по различным проектам, в том числе по проекту Ленгипротрансмоста № 821. Для многих из них характерно появление со временем усталостных трещин в стенках главных балок по концам приварки вертикальных ребер жесткости. Для того чтобы предупредить образование и развитие таких трещин, необходимо обеспечить жесткое соединение ребер жесткости с поясами балок, например с помощью уголковых коротышей. В статье проанализировано напряженное состояние стенок главных балок по концам приварки ребер жесткости в зависимости от жесткости соединения уголковых коротышей с поясами балок.

**Ключевые слова:** пролетное строение, ребро жесткости, сварка, стенка балки, напряжения, усталостная трещина.

В настоящее время на сети эксплуатируется более пяти тысяч сварных и болтосварных сплошностенчатых пролетных строений [1]. Из них около 20 % повреждены усталостными трещинами, расположенными в сварных швах [2]. Характер усталостных повреждений зависит от конструктивных особенностей пролетных строений, изготовленных по различным типовым проектам.

Появляются такие трещины вследствие постепенного накопления повреждений в металле под действием многократных периодических нагрузок. Выявляют их, как правило, в узлах конструкций, где происходит максимальная концентрация напряжений вследствие резкого изменения сечений и локализуются остаточные сварочные напряжения, а именно в узлах сопряжения верти-

кальных ребер жесткости с поясами главных балок сплошностенчатых сварных пролетных строений. Цельно-сварные и болтосварные пролетные строения с 1950-х гг. по настоящее время изготавливались по 10 различным проектам, причем с 1970-х гг. — преимущественно по двум (№ 821 и № 821К Ленгипротрансмоста).

На рис. 1 представлены типы трещин в элементах пролетных строений, изготовленных по проектам № 821 и № 541.

Для пролетных строений, в которых вертикальные ребра жесткости не соединяются жестко с поясами главных балок (в том числе изготовленных по проекту № 821), характерны усталостные трещины типов Т9 и Т10, образующиеся в стенках главных балок по концам приварки вертикальных ребер жесткости.

К таким мостовым конструкциям относятся цельно-сварные пролетные строения длиной 23 м, изготовленные по проекту Кременчугского мостового завода и установленные на одном из мостов в 1952 г. Сотрудники НИИ мостов обследовали и испытали два таких пролетных строения, чтобы оценить их напряженное состояние и выбрать конструктивное решение по предупреждению и развитию усталостных трещин типа Т9.

Обследование показало, что по концам приварки четырех вертикальных ребер жесткости у верхних поясов главных балок образовались усталостные трещины типа Т9. Их концы были засверлены, в образованные отверстия вставлены и затянуты высокопрочные болты. Для объединения ребер жесткости с поясами балок «сухарики» по торцам ребер жесткости заменены на уголковые коротыши (рис. 2).

Обследование узлов сопряжения ребер жесткости с поясами балок показало, что жесткое соединение горизонтальных полок уголков с поясами не было обеспечено. Об этом свидетельствовало разрушение окраски поясов в зоне уголков и следы коррозии в

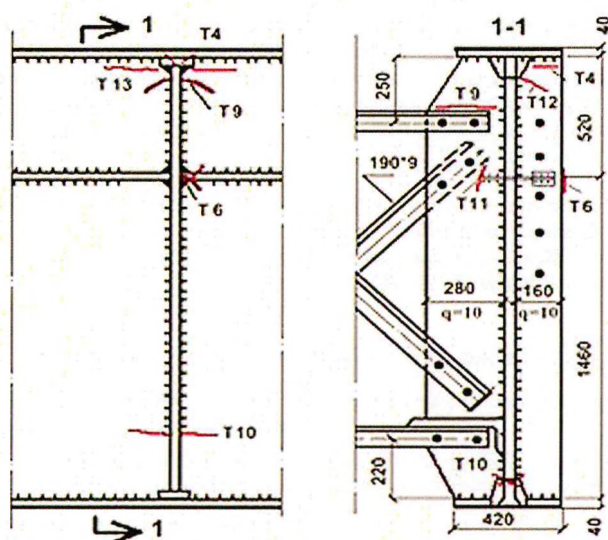


Рис. 1. Типы усталостных трещин в элементах сплошностенчатых пролетных строений, изготовленных по проектам № 821 и № 541





Рис. 2. Узел сопряжения ребра с поясом балки

этих местах, а также затяжка вручную болтов, соединяющих горизонтальные полки уголков с поясом балки, усилием около 7–8 тс. Последующие измерения напряженного состояния стенки балки по концам приварки ребер жесткости подтвердили отсутствие жесткого соединения уголков с поясами балки.

На рис. 3 показаны места наклеивания тензодатчиков.

При динамических испытаниях исследовалась зависимость величины напряжений в стенках главных балок по концам приварки вертикальных ребер жесткости от надежности прикрепления ребер к верхнему поясу главной балки с помощью угольковых коротышей. Измерения проводили в нескольких вариантах: без соединения ребер с поясами; при прикреплении полок уголка к поясу одним болтом, затянутым с усилием 8 тс; при прикреплении полок уголка к поясу и ребру двумя болтами, затянутыми с усилием 22 тс. Горизонтальная полка уголка была прикреплена к поясу балки одним болтом, затянутым вручную с усилием 7–8 тс. При этом контактные поверхности элементов не очищались и не обрабатывались в целях увеличения коэффициента трения.

На рис. 4 приведены тензограммы изменения напряжений в стенке главной балки по концам приварки вертикальных ребер жесткости № 6 и № 7. В плоскости ребер жесткости № 6 были установлены поперечные связи между главными балками, в плоскости ребер жесткости № 7 поперечных связей не было. Это повлияло на увеличение напряжений у ребра № 7 вследствие большей амплитуды поперечных перемещений верхних поясов. При этом были зафиксированы разные напряжения в стенке балки по разные стороны от ребра жесткости вследствие местного кручения стенки (см. рис. 4, б).

Для выяснения причин появления усталостных повреждений стенок главных балок по концам приварки к ним вертикальных ребер жесткости и способов их предотвращения в НИИ мостов ранее были проведены экспериментальные лабораторные исследования долговечности образцов, моделировавших указанные узлы пролетных строений. Результаты испытаний показали, что



Рис. 3. Места наклеивания тензодатчиков по концам приварки ребер жесткости

при пульсирующем характере нагружения ( $\rho = 0$ ) узлов сопряжения вертикальных ребер жесткости с поясом балки (см. рис. 4) для образования и развития усталостных трещин достаточно, чтобы размах напряжений составлял не менее 360 кгс/см<sup>2</sup>. Это объясняет появление и развитие усталостных трещин типа Т9 в узлах сопряжения нескольких ребер жесткости с верхними поясами балок в испытанном пролетном строении.

При прикреплении с помощью угольковых коротышей ребер жесткости к верхнему поясу главной балки одним болтом, затянутым с усилием 7–8 тс, горизон-

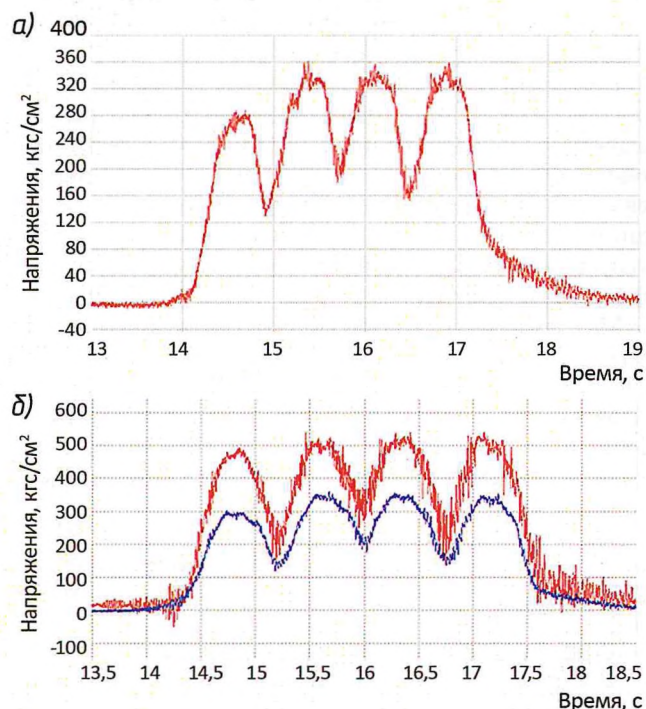


Рис. 4. Тензограммы изменения напряжений в стенке главной балки:

а — по концу приварки вертикального ребра жесткости № 6 при движении испытательной нагрузки со скоростью 40 км/ч; б — по разные стороны относительно вертикального ребра жесткости № 7 по концу его приварки при движении испытательной нагрузки со скоростью 60 км/ч



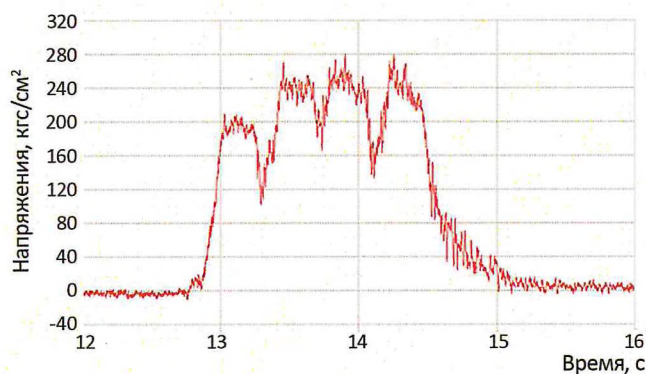


Рис. 5. Тензограмма изменения напряжений в стенке главной балки по концам приварки вертикального ребра жесткости № 6 при движении испытательной нагрузки со скоростью 80 км/ч

тальные смещения пояса относительно ребер жесткости уменьшаются, но не устраняются. Анализ тензограмм показывает, что в этом случае на 20–25 % уменьшается уровень напряжений в стенке балки у выреза ребра жесткости № 6 (рис. 5) по сравнению с вариантом свободного сопряжения ребра с поясом (см. рис. 4, а).

Результаты экспериментальных исследований показали, что для исключения горизонтальных перемещений поясов балок относительно торцов ребер жесткости указанные элементы конструкции должны быть жестко соединены между собой. В заводских условиях необходимо обеспечить качественную сварку с предварительной разделкой кромок торцов вертикальных ребер жесткости.

В условиях эксплуатации каждая полка уголкового коротыша, объединяющего пояс балки с ребром жесткости, должна крепиться не менее чем двумя высокопрочными болтами, затянутыми с нормативным усилием 22 тс. При этом контактные поверхности соединяемых элементов конструкции предварительно следует зачищать для обеспечения максимального коэффициента трения.

Максимальные значения напряжений в вертикальной стенке главной балки пролетного строения при различных скоростях движения испытательной нагрузки без соединения ребер жесткости с поясом балки и после соединения пояса с ребрами жесткости с помощью уголковых коротышей приведены в таблице.

Значения максимальных напряжений в вертикальной стенке главной балки пролетного строения по концу приварки ребра жесткости

Скорость движения поезда, км/ч	Условие испытаний	Напряжение в стенке, кгс/см²
5	Без соединения ребра с поясом	335
20	То же	345
40	«	360
80	Болт затянут от руки на 8 тс	280
40	Два болта затянуты на 22 тс	10

### Выводы

Для предупреждения образования и развития усталостных трещин в стенках главных балок по концам приварки вертикальных ребер жесткости необходимо обеспечить жесткое соединение ребер жесткости с поясами балок, например с помощью уголковых коротышей, прикрепляемых болтами к ребрам жесткости и поясам балок.

Для надежного соединения вертикальных ребер жесткости с поясами балок с помощью уголковых коротышей рекомендуется выполнить следующие мероприятия:

просверлить отверстия в поясах главных балок, ребрах жесткости и полках прикрепляемых к ним уголковых коротышей; для уменьшения ослабления поясов отверстия в них целесообразно просверливать на одной линии, параллельной оси балки;

очистить от грязи и продуктов коррозии контактные поверхности соединяемых элементов; контактные поверхности уголковых коротышей в стационарных условиях предварительно подготовить более качественно, по возможности с применением пескоструйной обработки;

затянуть высокопрочные болты нормативным усилием 22 тс в узлах соединения вертикальных ребер жесткости с поясами главных балок;

после установки высокопрочных болтов в каждом узле торцы контактных поверхностей загерметизировать.

### Список источников

1. Указания по осмотру и усилению эксплуатируемых сварных пролетных строений / МПС. М., 1990. 28 с.
2. Жунев К.О., Мурованный Ю.Н., Яшнов А.Н. Исследование усталостной долговечности сварных соединений железнодорожных пролетных строений // Транспортные сооружения. 2020. Т. 7. № 2. С. 1–13.
3. Инструкция по усилению трещин типа Т-9 и Т-10 в стенках главных продольных балок сварных металлических пролетных строений железнодорожных мостов: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 01.11.2017 № 2247р.

### IMPROVING THE RELIABILITY OF WELDED SUPERSTRUCTURES WITH SOLID WALL BEAMS

**Kondratov Valery** — Ph.D., Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS), Associate Professor of the Department of Bridges. St. Petersburg, Russia. imostov@yandex.ru

**Rupasova Inna** — Ph.D., Deputy Head of the Testing of Bridges and Structures Department, Joint-Stock Company «Scientific Research Institute of Bridges and Flaw Detection» (JSC «Research Institute of Bridges»). St. Petersburg, Russia.

**Abstract.** The Russian railway network operates more than a thousand welded beams with a solid wall span structures manufactured according to various projects, including the project of the Lengiprotransmost No. 821. Many span structures during operation are characterized by the formation of fatigue cracks in the walls of the main beams at the ends of the welding of vertical stiffeners. To prevent the formation and development of such cracks, it is necessary to ensure a rigid connection of the stiffeners with the girder belts. One of the ways of such a connection of these elements is the use of angular shorties attached to stiffeners and girder belts using bolts. The article analyzes the stress state of the walls of the main beams at the ends of the welding of the stiffeners, depending on the stiffness of the connection of the angular shorties with the girder belts.

**Keywords:** span structure, stiffening edge, welding, wall of beam, tension, fatigue crack.



УДК 625.143.13; 625.033.373.2

# СФЕРЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ШЛИФОВАНИЯ И ФРЕЗЕРОВАНИЯ РЕЛЬСОВ В ПУТИ



**ХВОСТИК М.Ю.**, АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), технический эксперт, канд. техн. наук,  
**ХРОМОВ И.В.**, АО «ВНИИЖТ», главный специалист

**Аннотация.** В статье представлены сферы рационального применения шлифования и фрезерования рельсов в зависимости от специализации и класса железнодорожного пути.

По результатам исследования сформированы и внесены дополнения в Положение о системе ведения рельсового хозяйства ОАО «РЖД» № 3612/р, утвержденные Распоряжением ОАО «РЖД» от 26.06.2023 № 1581/р.

**Ключевые слова:** дефекты рельсов, фрезерование, традиционное шлифование, скоростное шлифование, высокоскоростное шлифование, рельсофрезерный поезд, рельсошлифовальный поезд.

**Состояние рельсового хозяйства.** За последние годы количество изъятий рельсов типа Р65 по наиболее распространенным дефектам на поверхности катания составляет порядка 60 % от общего выхода рельсов.

Значимое влияние на образование и развитие дефектов на рабочей поверхности головки рельса, помимо регламентируемых ГОСТ Р 51685–2022 [1] характеристик самих рельсов, оказывают внешние факторы воздействия.

С учетом климатических условий, осевых нагрузок и скоростей движения поездов сеть дорог ОАО «РЖД» условно разделена на четыре полигона с близкими эксплуатационными условиями. Это Московский полигон, включающий Московскую ДИ; Северо-Западный, включающий Октябрьскую, Калининградскую, Северную, Горьковскую, Свердловскую, Южно-Уральскую и Западно-Сибирскую ДИ; Юго-Западный, включающий Куйбышевскую, Приволжскую, Юго-Восточную и Северо-Кавказскую ДИ; и Восточный, в который входят Красноярская, Восточно-Сибирская, Забайкальская и Дальневосточная ДИ.

На рис. 1 представлена гистограмма, характеризующая удельный выход рельсов по поверхностным дефектам и износу за 2022 г. в зависимости от полигона их эксплуатации.

Согласно гистограмме особое распространение на сети имеют трещины и выкрашивания на по-

верхности катания головки, образовавшиеся из-за нарушения технологии изготовления рельсов (дефект 10), а также возникшие изнутри от местных скоплений неметаллических включений, вытянутых вдоль направления прокатки в виде дорожек-строчек, или с наружной поверхности рельса при глубине залегания до 8 мм из-за недостаточной контактно-усталостной прочности металла (дефекты 11, 12).

Пробоксовка (дефект 14) в виде местного износа и выкрашивания металла в местах термомеханических повреждений головки из-за боксования, юза колес подвижного состава или нарушения режимов шлифования рельсошлифовальными поездами встречается относительно редко.

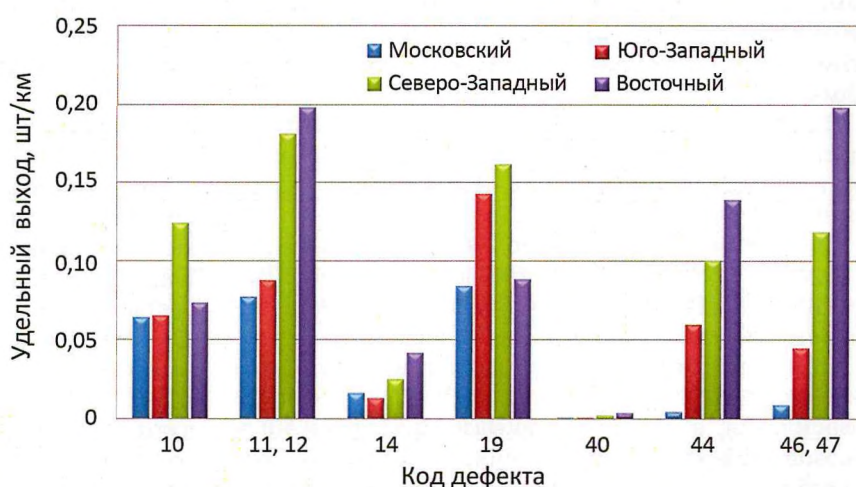


Рис. 1. Средний удельный выход рельсов по поверхностным дефектам и износу на Московском, Северо-Западном, Юго-Западном и Восточном полигонах эксплуатации



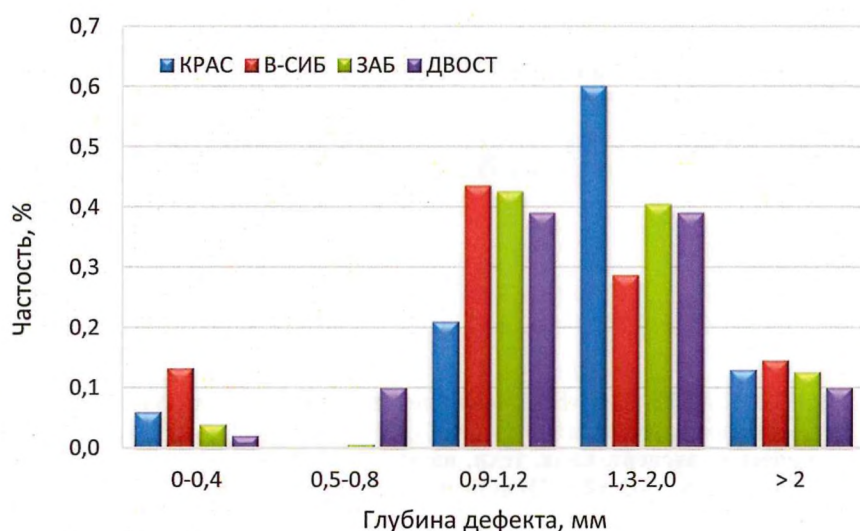


Рис. 2. Процентное соотношение поверхностных дефектов различной глубины на рельсах типа Р65 на Красноярской, Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной дорогах

Очень выросла в последние годы контроленепригодность рельсов (дефект 19) из-за выкрашиваний, трещин на поверхности катания и других образований, мешающих обнаружению внутренних повреждений при ультразвуковом контроле.

Увеличение интенсивности бокового износа головок (дефект 44) объясняется повышением грузонапряженности на сети, особенно на Восточном полигоне.

Много претензий к качеству сварки стыков предъявляют линейные работники службы пути. Смятие и износ головки в зоне сварного стыка (дефекты 46, 47) из-за местного снижения механических свойств металла [2] стали частым явлением в последнее десятилетие.

Помимо изъятых по поверхностным дефектам рельсов, в эксплуатации продолжает находиться сопоставимое с ними количество рельсов с поверхностными дефектами различной глубины. При этом основной объем лежащих в пути рельсов (55–75 %) с такими дефектами имеет повреждения глубиной более 1,2 мм.

На рис. 2 представлено распределение, характеризующее состояние лежащих в пути рельсов с поверхностными дефектами на Восточном полигоне (осредненные значения за 2019–2022 гг.).

Следует отметить, что уровень современной дефектности рельсов на 23 % превосходит уровень дефектности 2014 г. При этом более 50 % остродефектных и дефектных рельсов относятся к 1 группе, т. е. поражены трещинами и выкрашиваниями на поверхности головки — дефекты 10, 11, 12, 14, 19. Такие повреждения, а также волнообразный (дефект 40) и боковой (дефект 44) износы, смятия в сварных стыках (дефекты 46, 47 [2]), могут и должны быть устранены шлифованием или фрезерованием (в случае с боковым износом шлифованием достигается снижение интенсивности его развития).

Значительный выход рельсов по поверхностным дефектам и износу, а также наличие большого количества рельсов с этими дефектами в пути свидетельствуют о необходимости повышения объемов обработки головки за счет увеличения парка рельсошлифовальной техники современными рельсошлифовальными и рельсофрезерными поездами.

**Технологии восстановления поверхности катания рельсов.** Для устранения волнообразных продольных неровностей на поверхности катания, удаления дефектов головки рельса (за исключением глубоких локальных) и формирования ремонтного профиля на железных дорогах ОАО «РЖД» применяется шлифование с рабочей скоростью рельсошлифовальных поездов

(РШП) 4–6 км/ч [3, 4, 5].

Интенсивность шлифования определяется рабочей скоростью РШП, силой прижатия шлифовальных головок к рельсу, их количеством и скоростью вращения, абразивными свойствами шлифовальных камней.

В мировой практике применяется шлифование с рабочей скоростью до 30 км/ч, высокоскоростное шлифование с рабочей скоростью до 80 км/ч и фрезерование рельсов в пути.

Наиболее эффективной технологией поддержания работоспособного состояния поверхности катания головки рельсов является профилактическое (первоначальное и периодическое) шлифование. Профилактическое шлифование предусматривает снятие обезуглероженного слоя глубиной до 0,4 мм [3, 4] и удаление поврежденного слоя металла глубиной до 1,2 мм [3, 4], что позволяет предотвратить образование и ускоренное развитие поверхностных трещин и выкрашиваний, а также обеспечивает сохранение профиля рельса для хорошей устойчивости экипажей при движении поездов.

Для снижения интенсивности поражения рельсов поверхностными дефектами 10, 11, а особенно 19 на начальной стадии эксплуатации более эффективно предупредительное шлифование с повышенной рабочей скоростью и периодичностью, указанной в действующих Технических указаниях по шлифованию рельсов с изменениями 2022 г. (№ 1199/р от 25.05.2022) [3].

Шлифование рельсов в условиях действующего пути усложняется необходимостью закрытия перегонов для движения поездов (организация технологических «окон»). Это приводит к значительным затратам, связанным с ограничением пропускной способности линии и снижением скорости перевозок.



Технология высокоскоростного шлифования со скоростью до 80 км/ч позволяет интегрировать рабочие проходы высокоскоростного рельсошлифовального поезда (ВРШП) в регулярный график движения поездов [6, 7, 8] без необходимости в продолжительных «окнах».

На ВРШП шлифовальный инструмент не приводится во вращение от электроприводов, а свободно движется по рельсу, смещаясь относительно его продольной оси, благодаря чему при увеличенном относительно обычных РШП количестве рельсошлифовальных головок рельсы шлифуются по всей поверхности катания от рабочей выкружки рельса. При шлифовании по технологии High Speed Grinding (Vossloh) удаляется до 30 см<sup>3</sup> рельсовой стали в секунду на каждом рельсе — вчетверо больше, чем при обычном шлифовании [6].

Альтернативой этому способу являются применяемые на китайских железных дорогах ВРШП с прижимными блоками и абразивной лентой. По мере истирания лента перемещается, при этом без замены кассет с лентой шлифование может осуществляться на участках протяженностью до 60 км [9].

Возможность реализации более частых шлифовальных мероприятий ВРШП способствует значительно меньшему «искусственному износу», чем при традиционных методах шлифования.

Если по логистическим или финансовым соображениям владелец инфраструктуры делает выбор в

пользу длительных перерывов между обработкой рельсов, то следствием такого решения становится высокая интенсивность развития дефектов контактно-усталостного происхождения или износа, что приводит к снижению срока службы рельсов.

Для формирования требуемого поперечного профиля рельсов при значительном боковом износе и глубоких поверхностных дефектах глубиной свыше 1,2 мм, а также в условиях значительных перерывов между операциями обработки поверхности катания рельсов целесообразно применять фрезерование, для чего требуются рельсофрезеровальные поезда (РФП), обеспечивающие наибольшее снятие металла за наименьшее число проходов. Технология фрезерования рельсов в пути является наиболее эффективной при удалении глубоких дефектов и восстановлении очертания профиля поверхности катания головки рельсов.

Технология фрезерования подробно изложена в статье «Адаптация технологии фрезерования рельсов на российских дорогах» [10].

**Сферы рационального применения шлифования и фрезерования рельсов.** Актуальность выполненных АО «ВНИИЖТ» исследований по определению сфер рационального применения шлифования и фрезерования обусловлена разработкой АО «Синара Транспортные Машины» нового рельсошлифовального поезда РШП 2.0 для скоростного шлифования с рабочей скоростью до 15 км/ч, а также нового рель-

**Сферы рационального применения шлифования и фрезерования рельсов**

Группа железнодорожного пути (специализация)	Код группы	Грузонапряженность, млн т·км брутто/км в год	Классы главных путей в зависимости от допускаемых скоростей движения поездов (числитель — пассажирские, знаменатель — грузовые), км/ч						
			>200 >90	200–161 >90	160–141 >90	121–140 >80	101–120 >80	61–100 61–80	до 60
Высокоскоростная	В	Не регламентируется	1 ВСШ + СШ(Ш)						
Скоростная	С	Не регламентируется		1 ВСШ + СШ(Ш)	1 ВСШ + СШ(Ш)				
Пассажирская	П	Не регламентируется			1 ВСШ + СШ(Ш)	1 ВСШ + СШ(Ш)	2 ВСШ + СШ(Ш)	3 СШ(Ш)	3 Ш
Особогрузонапряженная	О	I	Более 200			1 СШ(Ш)/Ф/ СШ + Ф	1 СШ(Ш)/Ф/ СШ + Ф	1 СШ(Ш)/Ф/ СШ + Ф	1 СШ(Ш)/Ф/ СШ + Ф
		II	Более 140 до 200			1 СШ(Ш)/Ф/ СШ + Ф	1 СШ(Ш)/Ф/ СШ + Ф	1 СШ(Ш)/Ф/ СШ + Ф	1 СШ(Ш)/Ф/ СШ + Ф
		III	Более 80 до 140			1 СШ(Ш)/Ф/ СШ + Ф	1 СШ(Ш)/Ф/ СШ + Ф	1 СШ(Ш)/Ф/ СШ + Ф	2 СШ(Ш)/Ф/ СШ + Ф
Грузовая	Г	I	Более 50 до 80			1 СШ(Ш)/Ф/ СШ + Ф	1 СШ(Ш)/Ф/ СШ + Ф	1 СШ(Ш)/Ф/ СШ + Ф	2 СШ(Ш)/Ф/ СШ + Ф
		II	Более 25 до 50			1 СШ(Ш)	1 СШ(Ш)	2 СШ(Ш)	3 Ш
		III	Более 10 до 25			1 СШ(Ш)	2 СШ(Ш)	3 Ш	3 Ш
		IV	Более 5 до 10			2 СШ(Ш)	3 Ш	3 Ш	4 Ш
		V	5 и менее			3 Ш	4 Ш	4 Ш	4 Ш

Примечания. 1. Ш — шлифование со скоростью до 6 км/ч, СШ — скоростное шлифование со скоростью до 15 км/ч, ВСШ — высокоскоростное шлифование со скоростью до 80 км/ч, Ф — фрезерование со скоростью до 2 км/ч.

2. Условные обозначения: «+» — и; «/» — или; (Ш) — при отсутствии ВСШ, СШ, Ф применяется Ш.



софрезерного поезда [10] в условиях недостаточности имеющегося количества РШП.

Сферы рационального применения шлифования и фрезерования рельсов в зависимости от класса и специализации пути [11] разработаны, с одной стороны, исходя из результатов анализа количества и размеров дефектов на поверхности катания рельсов, интенсивности их образования, с другой стороны, исходя из производительности рельсошлифовальных и рельсофрезерных поездов (РШП-48 (РШП-48К), РШП 2.0 и нового РФП) и стоимости работ (см. таблицу).

Таблица сформирована по результатам сравнения технологий и средств обработки, а также экономического расчета и предназначена для перспективного планирования при заказе рельсошлифовальной и рельсофрезерной техники дирекциями инфраструктуры после ее закупки.

Высокоскоростное шлифование целесообразно применять в профилактических целях на высокоскоростных, скоростных и пассажирских линиях, где изменение поперечного профиля рельса и развитие дефектов контактной усталости происходит не столь интенсивно, как на линиях с высокой грузонапряженностью, где рациональнее использовать профильное шлифование скоростными РШП и фрезерование головки рельсов.

На грузовых линиях кодов II–V 3-го и 4-го классов экономически рационально применять технологии традиционного шлифования. В перспективе, в случае замены всего парка РШП-48 на скоростные шлифовальные поезда серии РШП 2.0, возможно их использование и на этих линиях.

По результатам исследований внесены дополнения в Положение о системе ведения рельсового хозяйства ОАО «РЖД», утвержденное Распоряжением ОАО «РЖД» от 31.12.2022 № 3612/р [12].

### Выводы

1. Большое количество изъятий рельсов по поверхностным дефектам и износу, а также наличие значительного числа рельсов с поверхностными дефектами в эксплуатации свидетельствуют о необходимости повышения объемов обработки головки рельсов за счет увеличения парка рельсошлифовальной техники современными РШП и РФП.

2. В связи с увеличением дефектности рельсов в настоящее время необходимо применять новые перспективные технологии устранения продольных не-

ровностей на поверхности катания и выкружках головки рельса (создание ремонтного профиля), включающих в себя шлифование с рабочей скоростью до 6 км/ч (традиционное), скоростное шлифование с рабочей скоростью до 15 км/ч, а также высокоскоростное со скоростью до 80 км/ч и фрезерование.

3. Для эффективного использования перспективных технологий обработки рельсов в пути специалистами АО «ВНИИЖТ» разработаны Сферы рационального применения шлифования и фрезерования рельсов, внесенные Распоряжением ОАО «РЖД» от 26 июня 2023 г. № 1581/р в Положение о системе ведения рельсового хозяйства ОАО «РЖД».

### Список источников

1. ГОСТ Р 51685–2022. Рельсы железнодорожные. Общие технические условия. Введ. 01.08.2023. Изм. 20.03.2024. М.: ФГБУ «РСТ», 2023.
2. Инструкция «Дефекты рельсов. Классификация, каталог и параметры дефектных и острodefekтных рельсов»: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 23.10.2014 № 2499р (в ред. от 7.10.2022). Доступ через СПС «КонсультантПлюс».
3. Технические указания по шлифованию рельсов: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 22.02.2011 № 388р (в ред. от 25.05.2022 № 1399/р). Доступ через СПС «КонсультантПлюс».
4. Инструкция по шлифовке и фрезерованию рельсов в пути и стационарных условиях: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 29.12.2014 № 3185р.
5. Поезд рельсошлифовальный РШП–48: руководство по эксплуатации 029.00.00.000 РЭ. СКБ ГУП КЗ «Ремпутьмаш». 2001.
6. Высокоскоростное шлифование рельсов // Железные дороги мира. 2011. № 8. С. 62–66.
7. Профилактическое шлифование рельсов на основе данных о фактическом состоянии пути // Железные дороги мира. 2020. № 4. С. 77–80.
8. Новые пути старых дорог: технология высокоскоростной шлифовки рельсов // Вестник Института естественных монополий. Техника железных дорог. 2022. № 1 (57). С. 56–61.
9. Бондарев Э.С. Метод планирования работ рельсошлифовальных поездов: дис. канд. техн. наук: 05.02.22 / Место защиты СГУПС. Новосибирск, 2022. 190 с.
10. Хвостик М.Ю., Хромов И.В. Адаптация технологии фрезерования рельсов для применения на российских дорогах // Путь и путевое хозяйство. 2023. № 2. С. 6–8; № 3. С. 8–10.
11. Правила назначения ремонтов железнодорожного пути: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 17.12.2021 № 2888/р (в ред. от 31.12.2022). Доступ через СПС «КонсультантПлюс».
12. Положение о системе ведения рельсового хозяйства ОАО «РЖД»: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 31.12.2022. № 3612/р.

### DETERMINATION OF AREAS OF RATIONAL USE FOR GRINDING AND MILLING RAILS IN TRANSIT

**Khvostik Mikhail** — Ph. D., technical expert, JSC «Scientific Research Institute of Railway Transport» (JSC «VNIIZHT»). Moscow, Russia. khvostik.mikhail@vniizht.ru

**Khromov Ilya** — Chief Specialist of JSC «VNIIZHT». Moscow, Russia. khromov.ilya@vniizht.ru

**Abstract.** The article discusses the main ways of processing rails on the way, presents the areas of rational use of grinding and milling rails, depending on the class of the railway track.

Based on the materials cited in the article, additions were made to the «Regulations on the Rail Management System of JSCo Russian Railways», approved by order of JSCo Russian Railways dated December 31, 2022 No. 3612/r. The order on making additions to the Regulations on the system of rail facilities of Russian Railways was approved by E.A. Shevtsov from 06/26/2023 No. 1581/r.

**Keywords:** milling, conventional grinding, speed grinding, high speed grinding, rail milling train, rail grinding train.



# Почетные железнодорожники



За достижение высоких результатов в профессиональной деятельности, внедрение инновационных технологий и обеспечение эффективной работы железнодорожного транспорта знаком «Почетный железнодорожник ОАО «Российские железные дороги» награждены следующие работники пути и путевого хозяйства:

**Айзагалиев Нурберген Тапаевич** — дорожный мастер Оренбургской дистанции пути им. А.С. Пыжова Южно-Уральской ДИ;

**Алахин Сергей Викторович** — освобожденный бригадир по текущему содержанию и ремонту пути и искусственных сооружений Московско-Смоленской дистанции пути Московской ДИ;

**Арутюнян Гагик Спартакович** — монтер пути Дипкунской дистанции пути Дальневосточной ДИ;

**Блохов Николай Васильевич** — начальник участка производства Ставропольской дистанции инфраструктуры Северо-Кавказской ДИ;

**Варламов Виталий Владимирович** — мастер участка производства Куровской дистанции пути Московской ДИ;

**Восколович Николай Николаевич** — наладчик контрольно-измерительных вагонов Новосибирского центра диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры;

**Григорьев Александр Юрьевич** — монтер пути Беркакитской дистанции пути Дальневосточной ДИ;

**Григорьев Валерий Анатольевич** — начальник центра управления содержанием инфраструктуры Южно-Уральской ДИ;

**Гусев Сергей Алексеевич** — начальник участка пути Московско-Рязанской дистанции пути Московской ДИ;

**Дудуров Андрей Михайлович** — освобожденный бригадир по текущему содержанию и ремонту пути и искусственных сооружений Балашовской дистанции пути Юго-Восточной ДИ;

**Едигарев Сергей Юрьевич** — монтер пути Сквородинской дистанции пути Забайкальской ДИ;

**Жамьянов Даба Санжитович** — освобожденный бригадир по текущему содержанию и ремонту пути и искусственных сооружений Улан-Удэнской дистанции пути Восточно-Сибирской ДИ;

**Журавлев Валерий Анатольевич** — старший электромеханик Микуньской дистанции инфраструктуры Северной ДИ;

**Зиборов Александр Иванович** — освобожденный бригадир по текущему содержанию и ремонту пути и искусственных сооружений Орловской дистанции пути Московской ДИ;

**Игнатов Дмитрий Сергеевич** — машинист железнодорожно-строительной машины Алтайской механизированной дистанции инфраструктуры Уральской ДПМ;

**Калягин Александр Леонидович** — дорожный мастер Пугачевской дистанции пути Приволжской ДИ;

**Картохин Владимир Васильевич** — оператор дефектоскопной тележки Голутвинской дистанции пути Московской ДИ;

**Касприк Антон Николаевич** — заместитель начальника Дальневосточной дирекции инфраструктуры — начальник Комсомольского отдела инфраструктуры;

**Кириченко Андрей Викторович** — распределитель работ Прокопьевской дистанции пути Западно-Сибирской ДИ;

**Кискин Анатолий Николаевич** — дорожный мастер Магнитогорской дистанции пути Южно-Уральской ДИ;

**Клементьева Лариса Петровна** — диспетчер Свердловско-Пассажирской дистанции пути Свердловской ДИ;

**Князев Сергей Анатольевич** — машинист-инструктор бригад специального железнодорожного состава Московской ДПМ;

**Комлева Людмила Владимировна** — заместитель начальника по кадрам и социальным вопросам Ужурской дистанции инфраструктуры Красноярской ДИ;

**Кубраков Сергей Петрович** — начальник участка пути Завитинской дистанции пути Забайкальской ДИ;

**Кузнецов Владимир Николаевич** — мостовой мастер дистанции инженерных сооружений Западно-Сибирской ДИ;

**Кулик Надежда Викторовна** — заместитель начальника по кадрам и социальным вопросам Волгодонской дистанции пути Приволжской ДИ;

**Левкин Константин Алексеевич** — начальник участка производства Каменской дистанции пути Западно-Сибирской ДИ;

**Макаров Анатолий Геннадьевич** — монтер пути Петровск-Заводской дистанции пути Забайкальской ДИ;

**Манахов Николай Геннадьевич** — начальник участка пути Дзержинской дистанции пути Горьковской ДИ;

**Марьян Виталий Валерьевич** — дорожный мастер Кузнецкой дистанции пути Куйбышевской ДИ;

**Мирзоев Абдула Ашур оглы** — освобожденный бригадир по текущему содержанию и ремонту пути и искусственных сооружений Февральской дистанции пути Дальневосточной ДИ;

**Мурашов Василий Александрович** — дорожный мастер Егоршинской дистанции инфраструктуры Свердловской ДИ;

**Оборотов Александр Николаевич** — машинист-инструктор бригад специального железнодорожного подвижного состава Северо-Западной ДПМ;

**Осинцева Елена Алексеевна** — оператор дефектоскопной тележки Каширской дистанции пути Московской ДИ;

**Павликова Елена Кириковна** — диспетчер Завитинской дистанции пути Забайкальской ДИ;

**Пичугина Елена Анатольевна** — техник Беловской дистанции пути Западно-Сибирской ДИ;

**Подстригаев Андрей Николаевич** — освобожденный бригадир по текущему содержанию и ремонту пути и искусственных сооружений Брянск-Льговской дистанции пути Московской ДИ;

**Полицын Николай Александрович** — освобожденный бригадир по текущему содержанию и ремонту пути и искусственных сооружений Шилкинской дистанции пути Забайкальской ДИ;

**Рахметов Жусуп Мажитович** — освобожденный бригадир по текущему содержанию и ремонту пути и искусственных сооружений Палласовской дистанции инфраструктуры Приволжской ДИ;

**Родионов Евгений Валерьевич** — дорожный мастер Тайгинской дистанции пути Западно-Сибирской ДИ;

**Самойленко Валентин Васильевич** — наладчик железнодорожно-строительных машин и механизмов 6-й Хабаровской дистанции пути Дальневосточной ДИ;

**Сысоев Алексей Анатольевич** — дорожный мастер Уссурийской дистанции пути Дальневосточной ДИ;



# ИННОВАЦИОННАЯ ТРОЛЛЕЙНАЯ ЛИНИЯ НА БАЗЕ ПМС



**ПАЗУХА А.А.**, ОАО «РЖД», Свердловская дирекция капитального ремонта и реконструкции объектов электрификации и электроснабжения, начальник сектора сметных расчетов, канд. техн. наук,  
**РЫЖКОВ Д.С.**, ОАО «РЖД», Свердловская дирекция капитального ремонта и реконструкции объектов электрификации и электроснабжения, ведущий инженер сектора сметных расчетов

ОАО «РЖД» реализует масштабные проекты по модернизации инфраструктуры Восточного полигона, которые обеспечат дополнительный объем перевозок грузов. Большую долю всех видов ремонта и реконструкции (модернизации) пути выполняют путевые машинные станции, на собственных базах которых проводится сборка и разборка рельсошпальной решетки.

Погрузочно-разгрузочные работы выполняются грузоподъемными электрическими кранами, которые повышают уровень механизации трудоемких и тяжелых работ, снижают стоимость производства, при этом улучшается использование площадей предприятия и условия труда. Подвод электрической энергии к крану осуществляется троллеями (рис. 1) или гибким шланговым кабелем (рис. 2).



Рис. 1. Питание крана открытым троллеем



Рис. 2. Питание крана гибким шланговым кабелем



Рис. 3. Токосприемник штангового типа крана КРБ-10

**Таран Елена Александровна** — начальник производственно-технического отдела Хилокской дистанции пути Забайкальской ДИ;

**Татаркова Людмила Петровна** — технолог Анжерской дистанции пути Западно-Сибирской ДИ;

**Тимофеев Владимир Иванович** — дорожный мастер Шимановской дистанции пути Забайкальской ДИ;

**Титов Вячеслав Анатольевич** — освобожденный бригадир по текущему содержанию и ремонту пути и искусственных

сооружений Миллеровской дистанции пути Северо-Кавказской ДИ;

**Ткачев Николай Иванович** — машинист мотовоза Вяземской механизированной дистанции инфраструктуры Московской ДПП;

**Урасимов Александр Геннадьевич** — дорожный мастер Тобольской дистанции пути Свердловской ДИ;

**Шахруев Магомед Газиявдибирович** — дорожный мастер Астраханской дистанции пути Приволжской ДИ.



Питание крана путевой базы гибким шланговым кабелем имеет ряд следующих недостатков:

- запутывание, перетирание, повреждение и разрыв кабеля;
- повышенный риск электрического травмирования персонала;
- запрет эксплуатации в условиях низких температур;
- хищение кабеля.

Свердловской дирекцией капитального ремонта и реконструкции объектов электрификации и электроснабжения разработана проектно-сметная документация по сооружению двухсторонней троллейной линии на базе ПМС-249 Дальневосточной дороги, расположенной на станции Могот.

Проектом предусмотрено строительство 570 м двухсторонней гибкой троллейной линии, которая будет осуществлять питание четырех кранов. Впервые подвеска троллейной линии выполнена цепной, состоит из несущих проводов марки ПБСМ-70 и контактных проводов марки МФ-100. Анкеровка проводов с одной стороны жесткая, а с другой компенсированная. Это позволяет избежать провисания контактных проводов из-за больших перепадов температуры, сделать плавный и бесперебойный токосъем. Чтобы гирлянды грузов не раскачивались ветром, их крепят к стальному тросу, который фиксируется на штанге кронштейна ограничителя грузов. Разработан индивидуальный кронштейн успокоителя грузов для шести компенсаторов. Также модернизирован кронштейн для подвешивания троллейных проводов, благодаря чему возможны горизонтальная и вертикальная регулировки троллея.

Токосъем осуществляется тремя токоприемниками штангового типа (рис. 3). Токосъемные головки, установленные на подпружиненных штангах, находятся в постоянном контакте с троллеями и прижимаются к ним снизу. Штанги могут поворачиваться в вертикальной и горизонтальной плоскостях, компенсируя возможные смещения моста крана от неровностей подкранового пути. Штанги выполнены из труб, внутри которых размещены гибкие токоведущие провода.

Разработана конструкция для установки и обслуживания токоприемников на кране КПБ-10 (рис. 4). Каркас каретки выполнен из стального уголка 63×63 мм, ограждение — из сетки. Для безопасного спуска

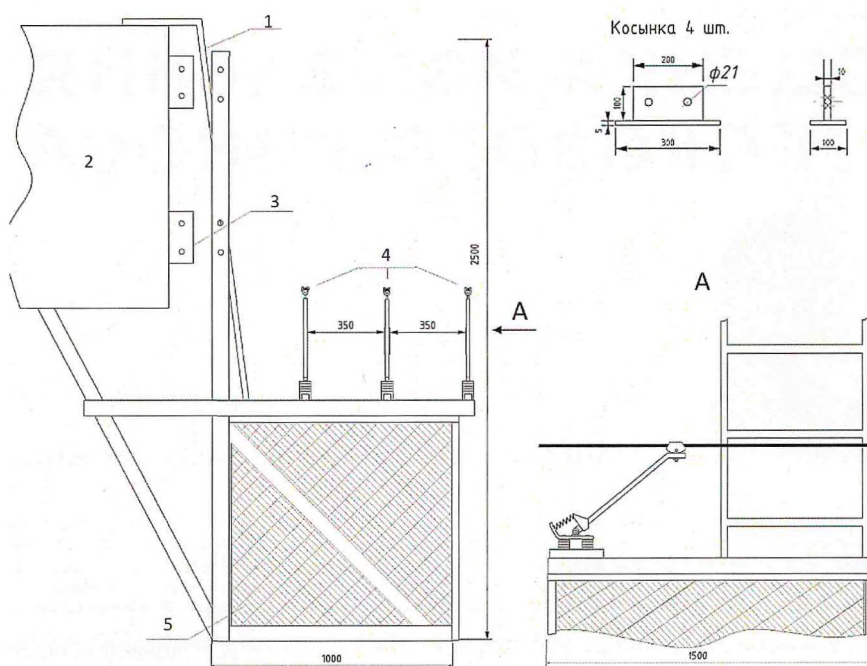


Рис. 4. Конструкция для установки токоприемников на кране КПБ-10:  
1 — лестница; 2 — мост крана; 3 — косынка; 4 — токоприемники; 5 — сетчатое ограждение

в каретку для обслуживания токоприемников имеет лестница.

Для погрузочно-разгрузочных работ в темное время суток проектом предусмотрен монтаж линии освещения. На опорах троллейной линии устанавливают 40 светодиодных светильников.

Линия построена силами Забайкальской дирекции капитального ремонта и реконструкции объектов электрификации и электроснабжения, которая имеет опыт строительства троллейных линий.

Реализация данного проекта имеет важное значение для развития ПМС-249 в рамках долгосрочной программы развития полигона Дальневосточной дороги.

В 2024–2025 гг. планируется построить троллейные линии в Черновской ПМС-184, Могочинской ПМС-328 Забайкальской дороги, Сургутской ПМС-254 Свердловской дороги. Это позволит сократить время ремонта кранов, повысить объемы выполняемых работ, уровень электробезопасности персонала.

#### Список источников

1. Турков В.Н. Мостовые и козловые электрические краны. Устройство, эксплуатация, ремонт: учебник. М.: Транспорт, 1994. 256 с.
2. Марквардт К.Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог: учебник. М.: Транспорт, 1982. 528 с.
3. Лигерман И.И. Крановые троллеи. М.: Энергия, 1969. 89 с.



УДК 625.143.1, 625.033.373, 625.171

# ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ БОКОВОГО ИЗНОСА РЕЛЬСОВ



АТАПИН В.В., Приволжский государственный университет путей сообщения, канд. техн. наук

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы содержания рельсов, принятия управленческих решений по их замене или проведению профилактических работ. Особое внимание уделено определению, контролю, принципам образования бокового износа рельсов и факторам, влияющим на изменение его величины.

Проанализированы изменения величины бокового износа в более чем 200 кривых разного радиуса. Исследованы средние и максимальные величины износа. Получены гистограммы распределения кривых в зависимости от размера бокового износа. Определены причины интенсивного роста бокового износа.

**Ключевые слова:** боковой износ рельсов, кривой участок пути, интенсивность износа, распределение, среднее значение, профиль рельса, ведомость, радиус, критерии.

Путевое хозяйство — одно из наиболее сложных отраслей железнодорожного транспорта. В результате воздействия подвижного состава и внешней среды в процессе эксплуатации происходит износ различных элементов пути, образование отступлений, неисправностей, дефектов и т.п. Износ и усталость металла приводят к более чем 90 % всех материальных потерь. Применяемая сейчас классификация путей дифференцирует требования к конструкции верхнего строения в зависимости от грузонапряженности линий и скорости движения, но не учитывает основных потерь во время эксплуатации.

Наиболее уязвимый элемент в конструкции пути — рельс. Только он не имеет дублирования при отказе и воздействии нагрузки от подвижного состава [1]. Соответственно требования к надежности рельсов многократно выше, чем к остальным элементам пути, земляного полотна и искусственных сооружений.

Определение оптимального состояния рельсов

для принятия решений об их замене или проведении профилактических работ — актуальная эксплуатационная и экономическая задача. Поэтому крайне важно знать состояние рельсов в процессе эксплуатации от момента укладки в путь до замены. Это позволит прогнозировать их износ и получать объективный научно-обоснованный результат [2].

Износ рельсов проявляется в поэтапном изменении размеров и формы рельса. Основные факторы, определяющие износ, следующие [3]:

- конструкция пути и подвижного состава;
- план и профиль пути;
- масса и скорость движения поездов;
- нагрузка на ось;
- давление (вертикальное) колес на рельсы и общая масса пропущенного ими груза;
- профиль контактирующих поверхностей рельсов и колес;

Таблица 1  
Критерии оценки величины бокового износа рельсов

Величина бокового износа рельсов типа Р75 и Р65, мм	Допускаемая скорость поездов, км/ч
До 4 включительно	250
До 6 включительно	200
До 15 включительно	140
Более 15, до 20 включительно	70 (при радиусе более 350 м) 50 (при радиусе 350 м и менее)
Более 20	50

Примечание. При величине бокового износа более 20 мм замена рельсов производится в первоочередном порядке.

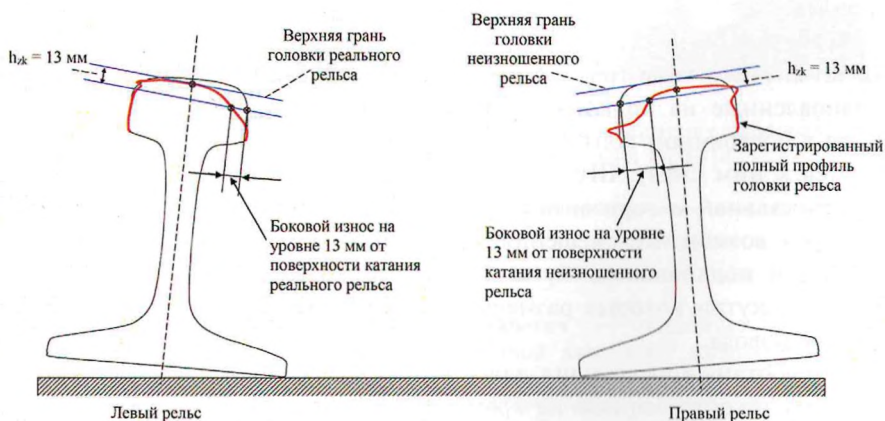


Рис. 1. Измерение бокового износа рельсов на сети дорог ОАО «РЖД»



Таблица 2

## Фрагмент анализа кривых участков пути по величине бокового износа рельсов

Радиус кривой, м	Боковой износ, мм			
	максимальный		средний	
	Август 2021 г.	Сентябрь 2022 г.	Август 2021 г.	Сентябрь 2022 г.
379	5,5	14,4	3,5	10,4
396	4,6	14,9	2,8	11,2
387	3,6	16,2	2,4	12,3
379	1,8	10,3	0,8	8,4
394	1,5	7,3	0,5	4,8
328	2,5	5,7	0,5	3,3
392	1,5	7,3	0,5	4,8
311	0,4	11,2	0	9,3
305	3,1	6,3	1,5	3,5
431	3,8	13,0	2,8	9,8

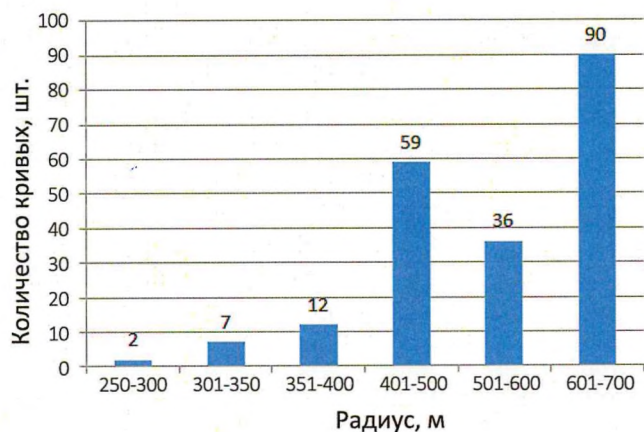


Рис. 2. Проанализированные кривые различного радиуса

## Ведомость кривых с боковым износом более пороговой величины (ФП-3.7)

ПЧ-

КВЛ-П2.1:

август 2021 рабочая

Пороговое значение износа: 0,00 мм.

Кривая		Износ наружного рельса, мм		Ширина, мм		Ограничение скорости по износу
Напр. Рад .	Начало – конец участка, км.м	Ср./Макс.	№ ПК	По пикетам (Ср./Макс.)		
л. 414		13,6 / 19,1	9 10 11 1 2	0,2 / 1,6 11,8 / 19,1 15,6 / 18,1 11,8 / 18,7 2,3 / 8,0	1523,5 / 1524,2 1533,5 / 1538,5 1539,2 / 1539,6 1535,5 / 1540,2 1525,3 / 1531,9	- / - / - - / - - / -
л. 624		7,5 / 11,2	3 4	3,4 / 11,0 5,6 / 11,2	1528 / 1535 1528,8 / 1533,2	- / - - / -
пр. 1270		6,1 / 9,7	4 5	0 / 0,1 4,6 / 9,7	1524 / 1526,4 1526,7 / 1531,6	- / -
л. 401		2,3 / 4,3	6 7 8	0 / 0,1 1,9 / 4,3 1 / 3,8	1522,6 / 1524,7 1526,8 / 1535,1 1525,1 / 1532,9	- / -
пр. 328		0,5 / 2,5	9 10 11 1 2 3 4	0,1 / 0,6 0,7 / 2,5 0,8 / 0,9 0,6 / 1,8 0,5 / 2,2 0,2 / 1,0 0 / 0,0	1525,7 / 1535,1 1532 / 1536 1526,9 / 1527,4 1530,9 / 1535,1 1533,1 / 1539,1 1534,8 / 1537,2 1527,7 / 1533,5	
пр. 300		4,9 / 10,5	4 5 6 7	0,1 / 1,2 4,9 / 10,5 4,6 / 7,4 1,4 / 6,0	1529,5 / 1531,4 1536,3 / 1540,8 1536,9 / 1540,8 1528,1 / 1536,3	- / - - / - - / -
л. 435		12,3 / 15,9	8 9 10 11 1	- / 0,9 8 / 15,7 12,4 / 15,9 9,6 / 10,9 2,8 / 9,7	1522,6 / 1523,6 1532,6 / 1540,5 1537,5 / 1539,8 1536,9 / 1537,7 1525,5 / 1535,2	- / - - / - - / - - / -
л. 372		12,5 / 15,0	4 5 6 7	1,5 / 5,7 10,4 / 15,0 11,6 / 15,0 10,6 / 12,2	1525,4 / 1529,7 1535,4 / 1540,7 1535,8 / 1540,4 1534,2 / 1535,4	- / - - / - - / - - / -
л. 440		10,5 / 13,5	7 8 9	10,7 / 13,4 9,1 / 13,5 1,8 / 5,3	1533,3 / 1536,1 1531,1 / 1534,6 1524,2 / 1528,7	- / - - / - - / -

Рис. 3. Пример ведомости кривых с боковым износом рельсов



Таблица 3  
Статистические показатели величины бокового износа рельсов

Показатель	Боковой износ, мм			
	максимальный		мредний	
	Август 2021 г.	Сентябрь 2022 г.	Август 2021 г.	Сентябрь 2022 г.
min значение	0	0	0	0
max значение	19,1	18,3	13,6	14,3
Среднее значение	6,91	8,80	4,35	6,17
СКО	4,75	4,87	3,55	4,06
Дисперсия	22,56	23,70	12,62	16,46
Асимметрия распределения относительно среднего	0,26	-0,30	0,47	-0,15
Экссесс множества данных	-0,96	-0,95	-0,82	-1,17

состояние колес и рельсов (толщина гребня и величина выкружки, подуклонка рельсов); марка стали колес и рельсов.

Величину бокового износа, как правило, измеряют на высоте 13 мм ниже поверхности катания головки рельса. Этот контроль выполняют как ручными (путевой штангенциркуль, ручной диагностический комплекс — РПИ), так и мобильными средствами диагностики (вагон-путеизмеритель КВЛ-П, АДК-И «ЭРА», ДКИ).

Высокая интенсивность образования бокового износа, в первую очередь в кривых малого радиуса, вызывает угрозу безопасности движения поездов, а также приводит к дополнительным трудовым и эксплуатационным затратам [4].

Боковой износ оценивают в соответствии с требованиями [3, 4, 5], а на участках со скоростями более 140 км/ч — согласно [5]. Критерии оценки приведены в табл. 1.

Километрам, которые при проверке пути имеют величину бокового износа рельсов, требующую ограничения скорости движения поездов, присваивают оценку «неудовлетворительно», а также начисляют дополнительные 50 баллов [4].

Для разработки алгоритма прогнозирования величины бокового износа рельсов был изучен механизм

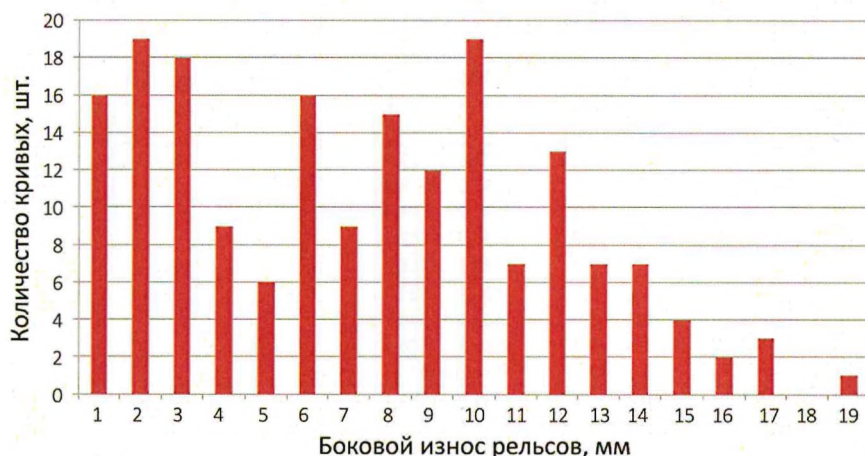


Рис. 4. Распределение кривых в зависимости от величины бокового износа рельсов

Таблица 4  
Распределение количества кривых участков пути в зависимости от величины максимального и среднего износа рельсов

Диапазон износа, мм	Максимальный		Средний	
	Август 2021 г.	Сентябрь 2022 г.	Август 2021 г.	Сентябрь 2022 г.
	Август 2021 г.	Сентябрь 2022 г.	Август 2021 г.	Сентябрь 2022 г.
0–5	$\frac{85}{41,3}$	$\frac{54}{26,1}$	$\frac{117}{56,8}$	$\frac{77}{37,4}$
6–10	$\frac{62}{30}$	$\frac{57}{27,7}$	$\frac{75}{36,4}$	$\frac{87}{42,2}$
11–15	$\frac{50}{24,3}$	$\frac{76}{36,9}$	$\frac{14}{6,8}$	$\frac{42}{20,4}$
16–18	$\frac{8}{3,9}$	$\frac{18}{8,8}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
> 18	$\frac{1}{0,5}$	$\frac{1}{0,5}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$

Примечание. В числителе — количество кривых участков пути в шт., в знаменателе — в %.

его образования и последующие изменения на различных участках пути.

В настоящее время на отечественных железных дорогах боковой износ рельсов измеряют двумя способами: в первом случае за основу берут теоретический профиль головки рельса (рис. 1) (данный способ измерения и контроля описан как нормативный в [6]), во втором — фактический на уровне 13 мм от поверхности катания.

При воздействии подвижного состава и ремонтных работах (шлифование рельсов) профиль головки может изменяться. Это приводит к уменьшению ее высоты, поэтому для оценки бокового износа более разумным представляется осуществлять измерение от фактического профиля, так как именно эта величина определяет характер взаимодействия колеса и рельса в кривом участке пути.

Изучен средний и максимальный боковой износ 206 кривых радиусом  $R < 700$  м в августе 2021 и сентябре 2022 г. (табл. 2, рис. 2).

При анализе использованы ведомости кривых с боковым износом (рис. 3), а также формы поперечного профиля рельсов, формируемые в автоматическом режиме диагностическими средствами.

В табл. 3 представлены статистические показатели по величине бокового износа рельсов, полученные по результатам проездов диагностических средств в августе 2021 г. и сентябре 2022 г.

Распределение кривых (206 шт.) в зависимости от величины бокового износа рельсов показано на рис. 4.

Исходя из представленных в табл. 4 данных видно, что за период с августа 2021 г. по сентябрь 2022 г. по величине максимального износа рельсов более 30 кривых участков пути перешло в диапазон 11–15 мм и 16–18 мм, по величине среднего износа рельсов произошел рост кривых с износом от 6 до 10 мм и от 11 до 15 мм.

При анализе изменения величины износа за период с августа



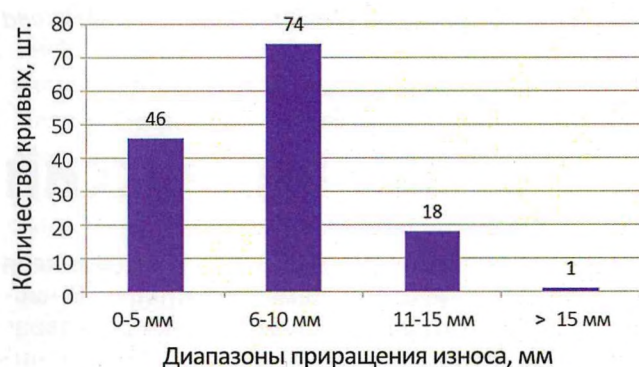


Рис. 5. Распределение кривых по величине изменения максимального бокового износа с августа 2021 по сентябрь 2022 г.

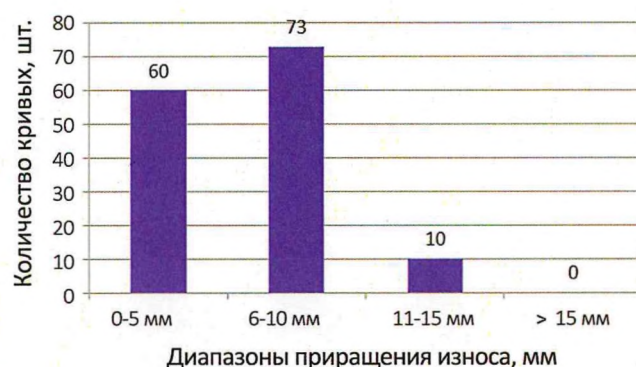


Рис. 6. Распределение кривых по величине изменения среднего бокового износа с августа 2021 по сентябрь 2022 г.

2021 г. по сентябрь 2022 г. наблюдается следующая тенденция (рис. 5, 6):

1) с максимальным износом от 0 до 5 мм выявлено 46 кривых, от 6 до 10 мм — 74 и от 11 до 15 мм — 18;

2) со средним износом от 0 до 5 мм установлено 60 кривых, от 6 до 10 мм — 73 и от 11 до 15 мм — 10.

На отдельных кривых ( $\approx 30\%$ ) за рассмотренный период времени была проведена замена рельсов, в связи с чем они не учитывались в статистике при оценке величины изменения бокового износа рельсов. Ниже на графиках (рис. 5 и 6) представлено распределение кривых по величине изменения максимального и среднего бокового износа без учета кривых, где была проведена замена рельсов.

### Выводы

1. Изменение величины бокового износа необходимо учитывать с момента замены рельсов в кривых, что станет основой для разработки прогнозных моделей скорости роста бокового износа [7, 8].

2. В среднем из всех проанализированных кривых величина изменения (роста) за период августа 2021 г. — сентябрь 2022 г. составляет 3,7 мм.

3. Для установления скорости роста бокового износа в зависимости от грузонапряженности (времени) требуется проведение исследования в более длительном временном интервале (не менее пяти лет).

### Список источников

1. Седёлкин Ю.А., Атапин В.В. Методология УРРАН для определения предотказного состояния инфраструктуры // Путь и путевое хозяйство. 2015. № 3. С. 8–11. EDN: TQOTFL.

2. Седёлкин Ю.А., Атапин В.В. Новые горизонты технологии УРРАН // Путь и путевое хозяйство. 2015. № 8. С. 15–17. EDN: VBBPMT.

3. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 14.11.2016 № 2288/р.

4. Инструкция по оценке состояния рельсовой колеи путеизмерительными средствами и мерам по обеспечению безопасности движения поездов: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 28.02.2020 № 436/р (в ред. от 01.04.2021).

5. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации: утв. Приказом Минтранса России от 23.06.2022 № 250).

6. Дефекты рельсов. Классификация, каталог и параметры дефектных и остродефектных рельсов: инструкция: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 23.10.2014 № 2499/р (с изм. от 07.10.2022).

7. Федотов А.Ю., Атапин В.В. Анализ дефектов пути. Современные средства диагностики // Наука и образование транспорта. 2021. № 2. С. 257–259. EDN: AADRFB.

8. Атапин В.В., Нечушкин А.С. Анализ развития дефектных рельсов // Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта. 2022. № 2(5). С. 30–34. DOI: 10.52170/2712-9195/2022\_2\_30.

9. Сенькин И.А. Боковой износ рельсов и оценка пути // Путь и путевое хозяйство. 2007. № 5. С. 13–14. EDN: KWEKQH.

10. Ермаков В.М. Параметры пути и подвижного состава, влияющие на износ колес и рельсов // Путь и путевое хозяйство. 2008. № 5. С. 13–17. EDN: JJZLMN.

11. Сидорова Е.А., Куртиков Р.М. Анализ стабильности подуклонки как фактора, определяющего боковой износ рельсов // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2021. Т. 80, № 3. С. 136–140. DOI: 10.21780/2223-9731-2021-80-3-136-140.

12. Река Е.М. Боковой износ рельсов в кривых на участках с высокими осевыми нагрузками подвижного состава // Железная дорога : путь в будущее : сборник материалов I Международной научной конференции аспирантов и молодых ученых, Москва, 28–29 апреля 2022 г. / ВНИИЖТ. М., 2022. С. 36–40. EDN: UBFORB.

### ESTIMATION OF CHANGES IN THE MAGNITUDE OF HORIZONTAL RAIL WEAR

**Atapin Vitaliy** — Ph.D., Associate Professor, acting manager of the department «Railway Track and Construction», Volga State Transport University. Samara, Russia. atapin@samgups.ru

**Abstract.** The issues of rail maintenance, management decisions on their replacement or preventive maintenance are considered. Special attention is paid to the definition, control, principles of formation of lateral wear of rails and factors influencing the change in its magnitude.

The changes in the magnitude of lateral wear in more than 200 curves of different radii are analyzed. The average and maximum wear values are investigated. Histograms of the distribution of curves depending on the size of lateral wear are obtained. The causes of the rate of growth of lateral wear have been determined.

**Keywords:** horizontal wear of rails, curved line of track, growth rate, distribution, average value, rail profile, statement, radius, criteria.



К 220-летию П.П. Мельникова

## ПАВЕЛ ПЕТРОВИЧ МЕЛЬНИКОВ — ПЕРВЫЙ МИНИСТР ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ РОССИИ

Третьего августа 2024 г. исполнилось 220 лет со дня рождения Павла Петровича Мельникова — выдающегося деятеля в области железнодорожного транспорта, ученого и педагога, первого министра путей сообщения, посвятившего всю жизнь развитию этой отрасли в России. Павел Петрович — автор более 40 научных трудов по прикладной механике, гидротехнике и строительству железных дорог. Сочетая научную и практическую деятельность, он заложил основы отечественной транспортной науки.

Этому событию посвящена выставка в Центральном музее железнодорожного транспорта Российской Федерации (Санкт-Петербург). Новая экспозиция включает в себя 120 уникальных подлинных предметов середины XIX—начала XX вв., освещающих основные этапы жизненного пути ученого, его вклад в развитие науки, инженерного искусства, основ управления и эксплуатации железных дорог.

Особую ценность представляют сохранившиеся до сегодняшнего дня личные вещи Мельникова. Есть среди экспонатов икона Казанской Божьей Матери, принадлежавшая Павлу Петровичу. Из наиболее редких предметов имеются две фотографии Мельникова, сделанные в 1860-е гг. (одна из них — работа знаменитого фотографа С.Л. Левицкого), и его прижизненный портрет, написанный в 1870 г. художником Н.Л. Тютрюмовым. На выставке представлены подлинные фотографии Николаевской желез-

ной дороги, относящиеся к 1873 г. и являющиеся первыми фотоизображениями магистрали. В числе редких фотографий — вид моста через овраг и реку Веребье, построенного по проекту ученика П.П. Мельникова, создателя теории расчета раскосных ферм Д.И. Журавского; станций Любань и Чудово — местонахождения штаб-квартиры начальника Северной дирекции П.П. Мельникова в 1847–1851 гг.

Из командировок инженер привозил множество чертежей машин и моделей, которые сегодня бережно хранятся в музее и также представлены на выставке. В частности, в залах музея можно увидеть модели, доставленные ученым из совместной с Н.О. Крафтом поездки в США в 1839–1840 гг.: землевозный вагон, снегоочиститель и паровоз типа 2-1-0 с тендером завода Норриса. Также в музее хранятся чертежи машин и механизмов из личного альбома П.П. Мельникова, в том числе чертеж механического землекопа конструкции американского инженера Отиса. (Впоследствии паровые землекопы Отиса были применены при строительстве Санкт-Петербургско-Московской железной дороги, что явилось первым опытом механизации земляных работ в России.)

Центральный музей железнодорожного транспорта бережно сохраняет богатейшее наследие Павла Петровича Мельникова, выдающегося инженера, ученого и государственного деятеля, человека, являющегося образцом бескорыстного служения Отечеству.



П.П. Мельников.  
Фотограф С.Л. Левицкий. 1860-е гг.



Портрет Мельникова.  
Художник Н.Л. Тютрюмов

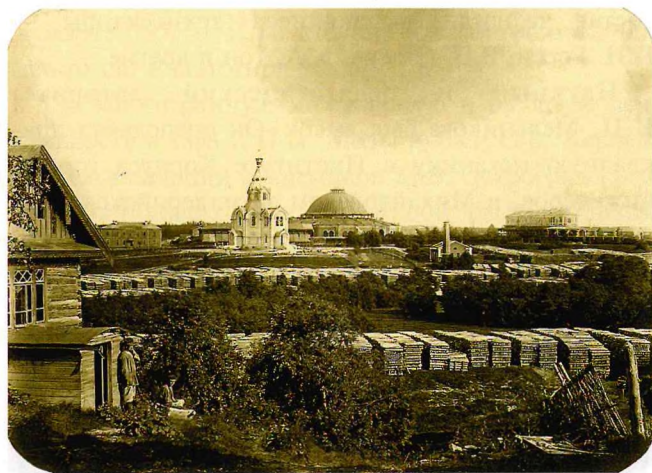


**Павел Петрович Мельников** родился 3 августа 1804 г. Принято считать, что местом его рождения является Москва, а отцом был коллежский ассессор Петр Петрович Мельников, поскольку сам Мельников ни в одном формулярном списке не указывал место рождения и ничего не сообщал о своих родителях. Он неизменно ограничивался словами: «родился в 1804 г. из дворян, крестьян не имеет». Поэтому об обстоятельствах его рождения можно судить только по архивным документам: свидетельстве о рождении, выданном в 1820 г. московским обер-полицмейстером А.С. Шульгиным, и свидетельстве о рождении и крещении, выданном в том же году священником церкви Трех святителей на Кулишках в Москве А. Силиным.

В 1818 г. Павел Мельников поступил в московский благородный пансион Кряжева и окончил его в 1820 г. «с отличным старанием». В 1821 г. он подал заявление в Военно-строительную школу в Санкт-Петербурге (сейчас Государственный архитектурно-строительный университет), которая была учреждена при Институте Корпуса инженеров путей сообщения в 1820 г. и являлась первым среднетехническим учебным заведением в России. Школа занималась подготовкой техников-строителей, «способных к практическому производству всякого рода работ как по водной, так и по сухопутной части, равно всех зданий, постройка которых на Главное управление путей сообщений и публичных зданий возлагается». Военно-строительная школа располагалась в здании на Забалканском проспекте (сейчас Московский проспект). Занятия проводили профессора Института Корпуса инженеров путей сообщения. В октябре 1822 г. состоялся первый выпуск прапорщиков. Архивные материалы свидетельствуют о том, что Мельников окончил школу «первым по успехам» и его по указанию императора Александра I в числе семи лучших воспитанников зачислили на третий курс Института Корпуса инженеров путей сообщения для продолжения обучения.

Основными предметами, изучаемыми тогда в Институте, были курс построений, включавший в себя строительство всех транспортных сухопутных и гидротехнических сооружений, и курс прикладной механики. Павел Петрович в совершенстве овладел комплексом знаний в области инженерного искусства.

Институт Корпуса инженеров путей сообщения П.П. Мельников окончил в 1825 г., показав, также



Станция Любань

как и в Военно-строительной школе, лучшие результаты на экзаменах, и получил воинское звание поручика. Директор Института П.П. Базен в отчете о деятельности учебного заведения за 1825 г., касаясь выпускников, писал: «Мельников первый между ними офицер, сколько отличный по поведению, столько же и по своим дарованиям». Его имя занесено на мраморную доску конференц-зала Института. Осенью того же года Павел Петрович был зачислен репетитором (преподавателем) в Институт к профессору Э. Клапейрону, который преподавал курс прикладной механики.

Наряду с учебой Мельников ежегодно выезжал на проектно-изыскательские работы, в частности, на изыскания по увеличению Сосницкого водохранилища Ладожского канала и устройству там подъемной паровой машины, по созданию плотин на Волхове и расчистке Волховских и Кокенгузенских порогов, по улучшению судоходства рек Западная Двина и Ловать. Спустя много лет, в 1841 г. Павел Петрович был командирован на Волгу «для подробного исследования свойств этой реки и организации движения пароходов по ней».

Спустя несколько лет в связи с отъездом в 1831 г. Э. Клапейрона во Францию П.П. Мельникова назначают помощником профессора, а в ноябре 1833 г. — профессором Института Корпуса инженеров путей сообщения. В том же году он становится членом Комитета строительства и гидравлических работ Петербурга. Эта организация много лет руководила планировкой и застройкой Санкт-Петербурга, создав многие монументальные сооружения и ансамбли города. В разные годы Комитет возглавляли директора Института Корпуса инженеров путей сообщения: А.А. Бетанкур, П.П. Базен, А.Д. Готман. В его



состав входили выдающиеся архитекторы — К.И. Росси, В.П. Стасов, К.А. Тон и другие.

Научный и педагогический авторитет П.П. Мельникова был высок. Он преподавал прикладную механику в Институте Корпуса горных инженеров, в Михайловском артиллерийском училище, в Институте Корпуса инженеров путей сообщения, где сплотил вокруг себя многих молодых талантливых ученых. Среди его учеников — С.В. Кербедз, Н.И. Липин, Н.Ф. Ястржембский, Д.И. Журавский и другие, ставшие впоследствии выдающимися инженерами путей сообщения. В феврале 1835 г. П.П. Мельников «за отличную усердную службу и труды при преподавании наук в Артиллерийском училище пожалован орденом св. Станислава 3 степени».

В 1834 г. Мельников возглавил строительство купола Троицкого собора лейб-гвардии Измайловского полка, созданного архитектором В.П. Стасовым. Новый деревянный купол, заменивший металлический, спроектировал П.П. Базен. Мельников разработал оригинальный способ его водружения на место: без наружных лесов и подмостей части купола изготовили на земле и подняли по наклонному настилу, устроенному внутри собора. Такое нововведение представляло собой крупнейший вклад в теорию и практику строительного искусства. Новый купол являлся вторым по величине деревянным куполом Европы (к сожалению, сгорел в 2006 г.).

С началом эпохи развития железнодорожного транспорта в 30-е годы XIX в. возникает необходимость проведения научных исследований эффективности и технической возможности сооружения железных дорог в России. По поручению помощника директора Института Корпуса инженеров путей сообщения по учебной работе Я.А. Севастьянова П.П. Мельников пишет книгу «О железных дорогах», которая была выпущена в 1835 г. тиражом 600 экземпляров. Это небывалый тираж для того времени. Издание состояло из трех частей: «Устройство дорог и фур», посвященной выбору основных параметров железных дорог и подвижного состава; «Соппротивление движению фур по железной дороге», включающей элементы тяговых расчетов; «Двигатели, употребляемые при полосных дорогах», рассказывающей об устройстве паровозов и паровых двигателях. В своем труде П.П. Мельникова доказал экономическую целесообразность и техническую возможность строитель-

ства стальных магистралей в России. Книга получила широкое признание и впоследствии стала учебным пособием для студентов.

Для изучения зарубежного опыта Мельников и Кербедз в 1837 г. отправились за границу в научную командировку, посетив Францию, Англию, Бельгию, Германию и Австрию. Они осматривали железные дороги, заводы по производству паровых машин и строительных механизмов, слушали лекции по прикладной механике в учебных заведениях, встречались с видными деятелями науки и техники, в том числе с Д. Стефенсоном, строителем первой железной дороги в мире.

Вернувшись через год на родину, ученые составили технический отчет в пяти томах, которые включали в себя 1673 страницы рукописного текста и 190 листов чертежей. Это был обзор увиденного в области инженерного искусства и собственные исследования по проектированию и строительству путей сообщения. В отчете Мельников впервые высказал мысль о важности не только пассажирских перевозок, но и об огромном значении железных дорог для торговли и промышленности. Одно только это положение являлось определяющим в понимании значимости нового вида транспорта для России.

Когда в 1842 г. император Николай I подписал указ о сооружении Санкт-Петербурга — Московской железной дороги, П.П. Мельникова назначили начальником строительства Северной дирекции (участок Петербург — Бологое), а начальником Южной дирекции (участок Бологое — Москва) — Н.О. Крафта. Инженерный состав обеих дирекций сформировали из преподавателей и выпускников Института Корпуса инженеров путей сообщения.

Мельников и Крафт разработали как предварительный, так и окончательный проекты строительства первой магистрали страны. В процессе подготовки проектно-изыскательских работ они приняли следующие основные технические параметры: число главных путей — два, ширина колеи — 1524 мм, предельные уклоны от Москвы к Петербургу — 2,5 ‰, от Петербурга к Москве — 5 ‰, с допуском уклона 7,8 ‰ на Веребинском подъеме длиной 17,6 км, минимальный радиус кривых на перегонах — 1600 м, на станциях — 1065 м.

Большое значение имел выбор направления трассы. В 1842 г. П.П. Мельников и Н.О. Крафт представили технико-экономическое обоснование



выбора прямого направления дороги без захода в Новгород, с которым император Николай I согласился, сказав следующее: «Вам господа я намерен поручить приведение в исполнение этого гигантского сооружения... Ежели, как я надеюсь, вам с Божьею помощью удастся довести это великое предприятие до конца, то у меня для вас нет награды, одна достойная вам награда будет — вечная признательность Отечества».

Важность железнодорожного сообщения между Санкт-Петербургом и Москвой была осознана уже современниками П.П. Мельникова. В октябре 1851 г. П.П. Мельников был удостоен ордена св. Анны I степени с императорской короной. А когда в 1872 г. исполнилось 50 лет службы ученого на транспорте, в поздравительном адресе от Института подчеркивалось: «Николаевская железная дорога, с ее величественными сооружениями, представляет вдвойне замечательный памятник практической деятельности Вашей: как самый важный путь сообщения России и как школа, образовавшаяся под Вашим руководством строителей. Воздвигнутые ими сооружения, из которых многие известны всему ученому миру, по справедливости увеличивают блеск Ваших собственных деяний».

Открытие Санкт-Петербурго-Московской дороги стало большим событием в жизни страны. Ее эксплуатация показала огромные преимущества этого вида транспорта. Понимая перспективность и важность дальнейшего развития этой отрасли, П.П. Мельников уже в 1847 г. разработал проект сети железных дорог в центре России общей протяженностью свыше 3000 км. Он предполагал наряду с Санкт-Петербурго-Московской дорогой развернуть строительство магистрали Москва — Курск — Харьков, чтобы связать Черное и Балтийское моря. Правда, осуществить свои планы ему удалось значительно позже.

В октябре 1854 г. П.П. Мельникова назначают заведующим изысканиями к сооружению железных дорог от Москвы до Черного моря». Материалы экспедиции включали в себя более 2000 наименований карт, схем, пояснительных записок и других проектно-изыскательских документов, на основании которых был составлен план строительства линии Москва — Феодосия с ответвлением на Севастополь, Одессу, Донбасс и Екатеринослав. «За отлично-усердную службу и полезные труды по изысканиям для железных дорог от Москвы к Черному и Азовскому морям»

в марте 1857 г. П.П. Мельникова наградили орденом св. Владимира 2 степени.

За многогранную инженерную и научную деятельность в 1858 г. П.П. Мельников и С.В. Кербедз по рекомендации академиков М.В. Остроградского, В.Я. Буняковского и Б.С. Якоби были избраны почетными членами Петербургской Академии наук. Они стали первыми инженерами в России, удостоенными звания академиков.

В октябре 1862 г. П.П. Мельникова назначают исполняющим обязанности Главноуправляющего путей сообщения и публичных зданий и членом Государственного Совета, а в августе 1863 г. утверждают в этой должности. В том же году П.П. Мельников разработал новый проект сети железных дорог протяженностью 4812 км, который долго обсуждался в печати, дорабатывался, и только спустя три года император Александр II утвердил его. Этот план заложил основу железнодорожной сети России.

П.П. Мельников возглавлял Ведомство путей сообщения и публичных зданий до 20 апреля 1869 г. В 1865 г. Ведомство переименовали в Министерство путей сообщения Российской Империи, и Павел Петрович стал первым министром путей сообщения в России. За время его руководства были построены следующие железные дороги: Московско-Орловско-Харьковская, Волго-Донская, Московско-Рязанская, Орловско-Витебская, Риго-Динабургская, Курско-Харьковско-Азовская, Московско-Брестская, Московско-Ярославская и др. Всего железнодорожная сеть страны увеличилась на 7062 км.

В 1869 г. П.П. Мельников из-за болезни подал в отставку и переехал в г. Любань Новгородской губернии (сейчас Ленинградская область) на постоянное жительство.

Всю жизнь П.П. Мельников посвятил железнодорожному делу, науке и технике, заботе о людях. В Любани на его личные средства были построены школа-интернат для детей железнодорожников, дом-приют для престарелых; каменный храм апостолов Петра и Павла как памятник строителям магистрали Санкт-Петербург — Москва.

Павел Петрович Мельников умер 22 июля 1880 г. и был погребен под сводами храма на станции Любань.

АСТАШОВА Е.Н., заместитель директора ЦМЖТ РФ,  
ЛАСТОЧКИНА Л.М., научный сотрудник ЦМЖТ РФ





**Кубаньжелдормаш**

Завод основан в 1933 году

## РЕЛЬСОШЛИФОВАЛЬНАЯ МАШИНА

# ШПШ-1

РЕЛЬСОШЛИФОВАЛЬНАЯ МАШИНА ШПШ-1 ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ ШЕЙКИ И ПОДОШВЫ РЕЛЬСА В МЕСТЕ СВАРНОГО СТЫКА РЕЛЬСОВ ТИПА Р50, Р65 И Р75 ПОСЛЕ ИХ СВАРКИ В ПУТИ



**СДЕЛАНО  
В РОССИИ**

На правах рекламы

- Универсальное устройство для шлифования сварных швов рельсов всех типов
- Точное шлифование сварного шва на стыке рельсов
- Быстрое и надёжное закрепление на рельсе
- Наличие ролика для облегчения транспортировки по рельсу
- Возможность точной регулировки копирного устройства в зависимости от износа шлифовального круга
- Возможность отключения копирного устройства при необходимости
- Ручки для удобного управления и транспортировки
- Уравновешивающие пружины и системы гашения вибрации для облегчения работы оператора
- Защитный кожух для обеспечения безопасности работы
- Сделано в России
- Гарантийное и постгарантийное обслуживание заводом-изготовителем "Кубаньжелдормаш"