



- ОБЕСПЕЧИТЬ РЕСУРС 2,5 МЛРД Т ГРУЗА БРУТТО
- О ПОЛОЖЕНИИ ПО РЕЛЬСОСМАЗЫВАТЕЛЯМ
- СОДЕРЖАНИЕ ИССО НА ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЙ
- ОЦЕНКА ЗАКАЛЕННЫХ РЕЛЬСОВ
- ДЕФЕКТНОСТЬ ШПАЛ ШЗ-Д 4×10
- ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАЗОРОВ МАГНИТНЫМ МЕТОДОМ



Путь с ресурсом в 2,5 млрд т брутто пропущенного тоннажа: шаги к реализации проекта

На протяжении всей истории железных дорог совершенствовалась конструкция верхнего строения пути, что позволяло увеличивать грузооборот линий, повышать среднюю массу поезда, сокращать численность обслуживающего персонала, реализовывать новые технологии перевозок. За последнее двадцатилетие в 1,5 раза выросла средняя грузонапряженность на сети, достигнув 39,6 млн т·км брутто/км в год, и увеличилась средняя масса грузового поезда, поднявшись до 4115 т.

Однако вызовы современности диктуют необходимость еще большей интенсивности эксплуатации железнодорожной инфраструктуры, что не может быть реализовано без увеличения мощности верхнего строения пути и земляного полотна. Одним из решений для достижения поставленных задач является создание новой конструкции пути с ресурсом в 2,5 млрд т брутто пропущенного тоннажа. Воплощению этого проекта в жизнь был посвящен научно-технический совет ОАО «РЖД», состоявшийся в конце января, где присутствовали представители всех организаций, занятых разработкой отдельных элементов инновационного пути.

Заместитель генерального директора ОАО «РЖД» — начальник Центральной дирекции инфраструктуры **Е.А. Шевцов** отметил, что изменение конструкции пути — стратегическое решение, поскольку связано с долговременным внедрением инноваций в масштабах всей сети. Надо понимать, что новая конструкция пути определяет возможности железнодорожного транспорта на десятилетия. Ведь кроме требования наработки в 2,5 млрд т путь нового поколения должен выдерживать повышенные скорости движения (пассажирские и контейнерные поезда — до 140 км/ч, грузовые — до 90 км/ч), увеличенную осевую нагрузку до 27 тс, возросшую массу перспективного грузового поезда до 16 тыс. т. Вместе с тем инновационные узлы верхнего строения призваны сократить трудозатраты на обслуживание пути на 30 % и снизить время на ремонт и текущее содержание на 40 %.

Технические решения по скреплениям, железобетонным шпалам, балласту и подбалласт-

ному слою уже приняты и поставлены на производство, что позволило в 2023 г. уложить элементы инновационной конструкции на Экспериментальном кольце в Щербинке, а в 2024 г. создать участок пути нового поколения протяженностью 2,6 км на перегоне Заозерная—Камала Красноярской дороги.

Главная проблема при укладке новой конструкции пути — невысокая производительность 20–40 м/ч, что объясняется необходимостью создания подбалластного защитного слоя (при капитальном ремонте пути без устройства подбалластного слоя производительность достигает 80 м/ч). В связи с этим крайне актуальна задача разработки путевых машин, способных ускорить укладку подбалластного слоя, в частности машины ЩОМ-МРС (рис. 1).

Главный конструктор по инфраструктуре АО «Инжиниринговый центр железнодорожного транспорта» **Э.Д. Загитов** пояснил, что новая конструкция пути должна удовлетворять как требованиям прочности и устойчивости (критерии первого предельного состояния), так и стабильности положения рельсовых нитей в плане и профиле (критерии второго предельного состояния). Отталкиваясь от этой основы, конструкторы создали шесть вариантов скреплений, из которых все подкладочные и только один бесподкладочный. В качестве крепежителей приняты шурупы (шурупно-дюбельный тип скрепления) и лишь одна конструкция предполагает анкерный тип скрепления.

Разработаны шпалы трех конфигураций, основная особенность которых заключается в уширении подрельсовой зоны и увеличении высоты подрельсового сечения для лучшего восприятия и распределения повышенных воздействий от тяжеловесных поездов.

При проектировании элементов скреплений и шпал широко использовалось математическое моделирование, что позволяло проводить расчеты пути на прочность и оптимизировать отдельные параметры конструкции на лабораторном уровне.

(Окончание на с. 9)

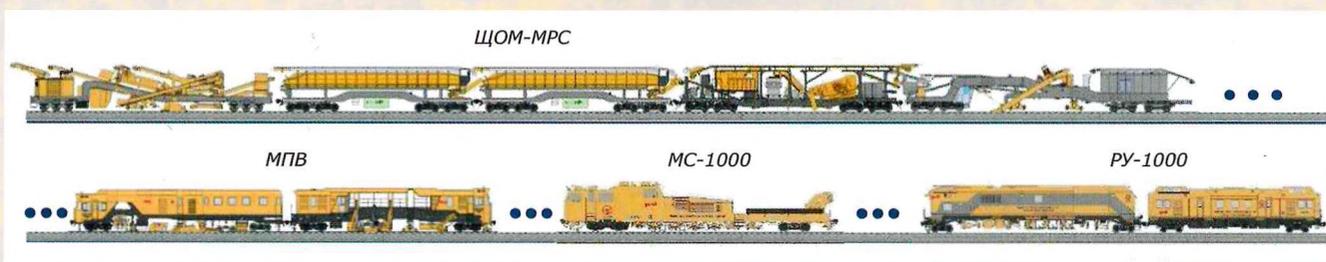


Рис. 1. Фрагмент технологической цепочки путевых машин с участием ЩОМ-МРС, выполняющей укладку защитного слоя со скоростью 80 м/ч (из презентации Е.А. Шевцова)



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. ТАНАЕВ,
В.Ф. ТАРАБРИН, к.т.н.,
М.Ю. ХВОСТИК, к.т.н.,
Т.В. ШЕПИТЬКО, 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

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 28.02.2025

Формат 60x84 1/8. Офсетная печать.

Заказ № 21 от 03.03.2025

Отпечатано в типографии ООО «Гран При»

152900, Ярославская область, г. Рыбинск,

ул. Орджоникидзе, 57

В НОМЕРЕ

Содержание, ремонт и реконструкция

- Гришан А.А.** — Реализация проекта ВСЖМ-1 Москва—
Санкт-Петербург и содержание участков скоростного
и высокоскоростного движения..... 2
- Василькина А.С., Солодухина К.В., Старков А.О.** —
О Положении по рельсосмазывателям..... 3
- Спориных М.А.** — Содержание инженерных
сооружений в границах Восточно-Сибирской дирекции
инфраструктуры 6

На второй странице обложки

- Яновский А.С.** — Путь с ресурсом в 2,5 млрд т брутто
пропущенного тоннажа: шаги к реализации проекта..... 9

Конструкции и сооружения

- Заграничек К.Л., Рейхарт В.А., Перков И.Е.** —
Оценка чувствительности закаленных рельсов к
термомеханическим повреждениям 12
- Величко Д.В., Пичкурова Н.С.** — Дефектность
железобетонных шпал со стержневым армированием
ШЗ-Д 4×10..... 15
- Березин Н.С., Белов О.Д.** — Композитные
мобильные дорожные покрытия для устройства
временных проездов 18

Контроль и диагностика

- Марков А.А., Антипов А.Г., Кондратьев Р.А. и др.** —
Предупреждение предразрывного состояния
рельсовой плети магнитным методом..... 20
- Смолин А.И.** — Обследование пролетных строений
мостов с применением защищенного БПЛА и системы
машинного зрения..... 25
- Шаповалов В.Л., Архипов В.В., Окост М.В.** —
Выявление потенциально деформирующихся участков
пути методом георадиолокации..... 28

- Горьканова Т.Н.** — Лучший кабинет технической учебы ... 31

На обложке

Первая страница — На магистралях России

Фото Ковалева И.Ю.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА ВСЖМ-1 МОСКВА—САНКТ-ПЕТЕРБУРГ И СОДЕРЖАНИЕ УЧАСТКОВ СКОРОСТНОГО И ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ



ГРИШАН А.А., ОАО «Российские железные дороги», Центральная дирекция инфраструктуры, начальник службы по организации скоростного и высокоскоростного движения поездов

Реализация проекта ВСЖМ-1 Москва—Санкт-Петербург. Планом реализации высокоскоростных магистралей со скоростью движения поездов до 400 км/ч предусмотрено строительство в 2024—2046 гг. пяти ВСЖМ (Москва—Санкт-Петербург, Москва—Екатеринбург, Москва—Адлер, Москва—Рязань, Москва—Минск) с поэтапным вводом их в эксплуатацию (рис. 1).

Завершение проекта магистрали Москва—Санкт-Петербург запланировано на 2028 г. Ее протяженность составит 679 км, время хода без остановок — 2 ч 15 мин, период движения поездов — с 6:00 до 24:00.

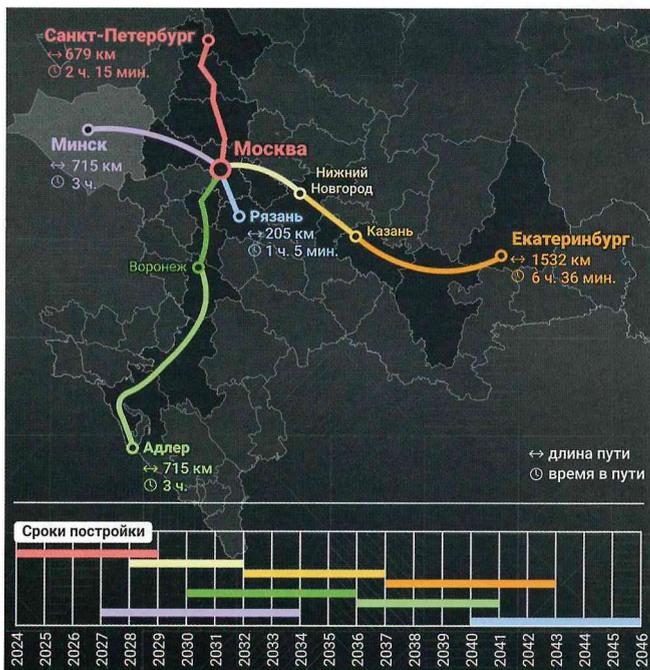


Рис. 1. План реализации высокоскоростных магистралей с 2024 по 2046 г.

В связи с движением поездов работы будут проводиться в 5-часовые ночные технологические «окна» с 0:00 до 5:00.

В ходе внедрения утвержденной 13.09.2024 Модели диагностирования и мониторинга объектов инфраструктуры ВСЖМ Москва—Санкт-Петербург № 1864 планируется контролировать 454 параметра по хозяйствам ЦП, ТЭ, ЦСС, ЦШ, ЦДПО, ЦЭЗ и т. д. (рис. 2).

Технология диагностирования ВСЖМ-1 предусматривает применение следующих технических средств:

высокоскоростные диагностические комплексы; автоматизированные средства мониторинга инфраструктуры;

полнофункциональные диагностические комплексы на специализированном подвижном составе;

стационарные средства диагностирования и мониторинга объектов инфраструктуры.

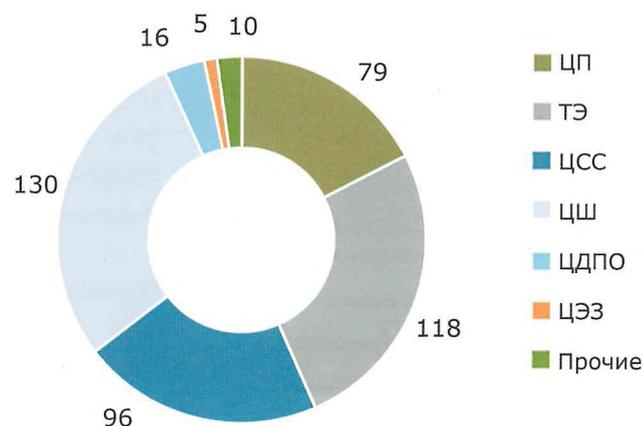


Рис. 2. Число контролируемых параметров

О ПОЛОЖЕНИИ ПО РЕЛЬСОСМАЗЫВАТЕЛЯМ



ВАСИЛЬКИНА А.С., ОАО «Российские железные дороги», Проектно-конструкторское бюро по инфраструктуре (ПКБ И), начальник сектора,
СОЛОДУХИНА К.В., ОАО «РЖД», ПКБ И, ведущий технолог сектора,
СТАРКОВ А.О., ОАО «РЖД», Департамент технической политики, главный специалист отдела

На сети железных дорог России применяются следующие рельсосмазывающие приспособления: 7802 стационарных путевых комплексов, 83 специализированных вагона, 10 установок на базе специального самоходного подвижного состава. Оптимальное использование парка таких технических средств позволяет получить максимальную эффективность при гармонизации применения всех типов рельсосмазывателей в структурных подразделениях Центральной дирекции инфраструктуры (ЦДИ) ОАО «РЖД».

Центральная дирекция инфраструктуры распоряжением от 17 февраля 2025 г. № ЦДИ-142/р утвердила Положение о порядке контроля за

содержанием и использованием стационарных и передвижных рельсосмазывателей (далее — Положение). Это первый единый документ, применимый к техническим средствам рельсосмазывания и используемый на сети железных дорог России.

В Положении определены основные принципы организации деятельности ЦДИ, направленные на обеспечение эффективной и бесперебойной работы технических средств лубрикации для снижения интенсивности износа рельсов и металлических частей стрелочных переводов. В документе регламентируются процессы планирования, установки, эксплуатации, порядок осмотров

Содержание участков скоростного и высокоскоростного движения. Для существующих участков скоростного и высокоскоростного движения поездов Распоряжением ОАО «РЖД» от 21 сентября 2023 г. № 1727 утверждена «Дорожная карта» по реализации работ, обеспечивающих уровень комфортности пассажиров и плавность хода поездов, на период с 2023 по 2025 г. на направлениях Москва—Санкт-Петербург, Москва—Красное, Москва—Нижний Новгород, Москва—Адлер, Москва—Казань.

По результатам проведенных исследований влияния плавности хода, вибрации и ускорений на комфорт пассажиров и на основе зарубежных документов, норм и конструктивных решений сформированы предложения по установлению единых требований к показателям комфорта пассажиров и плавности хода, а также методов их определения для включения в разрабатываемый СТО РЖД «Плавность хода скоростных, высокоскоростных и пассажирских

поездов. Требования и методы контроля».

Утверждены Технические решения к изменению объектов инфраструктуры в части геометрических параметров стрелочных переводов марок 1/11 и 1/13 с улучшенной геометрией, влияющих на комфорт пассажиров. Данные решения прорабатываются с заводами-изготовителями.

Разработаны технологические процессы работ по текущему содержанию и ремонту пути, а также контролю за качеством их проведения. Появилась возможность выполнять работы с применением систем лазерного сканирования на участках капитального ремонта, а также работы по разрядке температурных напряжений в рельсовых плетях бесстыкового пути в зоне стыка уравнительного пролета проекта СП 1060.000 для скоростей движения поездов 250 км/ч.

Центральной дирекцией инфраструктуры внедряется в опытную эксплуатацию подсистема «плавность хода» системы АСУ ПА ЦДИ*.

Опытная эксплуатация проходила в Горьковской, Куйбышевской и Свердловской дирекциях инфраструктуры с сентября по декабрь 2024 г., после чего планируется тиражирование подсистемы на все дирекции инфраструктуры.

*Автоматизированная система управления производственными активами Центральной дирекции инфраструктуры.

и контроль состояния средств лубрикации.

В первом разделе Положения описывается организация системы управления лубрикацией, которая разделена на три уровня. Первый включает подразделения центрального аппарата и центральных дирекций ОАО «РЖД», второй — региональные структурные подразделения филиалов и дочерних обществ ОАО «РЖД», третий — структурные подразделения региональных дирекций ОАО «РЖД». Для наибольшего итогового эффекта применение рельсосмазывания разделено на этапы (см. рисунок).

В Положении прописан порядок выбора требуемых типов рельсосмазывателей с учетом протяженности участка, количества кривых и стрелочных переводов. В кривых радиусом 1000 м и менее должно выполняться смазывание рельсов передвижными средствами лубрикации. Если такой способ не обеспечивает снижения интенсивности бокового износа ниже нормативного (согласно Методике определения интенсивности бокового износа рельсов в кривых и элементов стрелочных переводов, утвержденной 12 декабря 2016 г.) и при этом не нарушаются нормативные сроки службы рельсов, то в кривых, радиус которых менее 650 м, возможна установка стационарных путевых рельсосмазывателей (СПР). Не допускается рельсосмазывание в кривых на участках использования песочниц локомотивов и сильного засорения пути абразивными материалами. Применение всех типов лубрикации для элементов инфраструктуры допустимо только при положительном эффекте, подтвержденном технико-экономическим

обоснованием на основе оценки интенсивности бокового износа рельсов и металлических частей стрелочных переводов в соответствии с рациональностью применения (см. таблицу).

Главным критерием при определении потребности в технических средствах рельсосмазывания служат показатели интенсивности бокового износа рельсов, металлических частей стрелочных переводов и грузонапряженность участка.

Во втором разделе Положения прописывается порядок ручных промеров элементов стрелочных переводов и рельсов в кривых, а также измерений бокового износа рельсов с помощью передвижных диагностических средств. Для кривых различных градаций радиусов установлены следующие нормативы:

- при радиусах менее 350 м — 0,06 мм/млн т брутто;
- при радиусах 351–650 м — 0,04 мм/млн т брутто;
- при радиусах 651–1000 м — 0,02 мм/млн т брутто.

Интенсивность бокового износа остряков, рамных рельсов и элементов стрелочных переводов не должна превышать 4 мм/год.

В третьем разделе Положения представлены организация и порядок контроля за содержанием и использованием передвижных рельсосмазывателей, таких как вагоны-рельсосмазыватели (ВРС), рельсосмазыватели на базе специального самоходного подвижного состава (РС ССПС).

Вагон-рельсосмазыватель используется в составе пассажирских и почтово-багажных поездов для смазывания кривых. Контроль планирова-

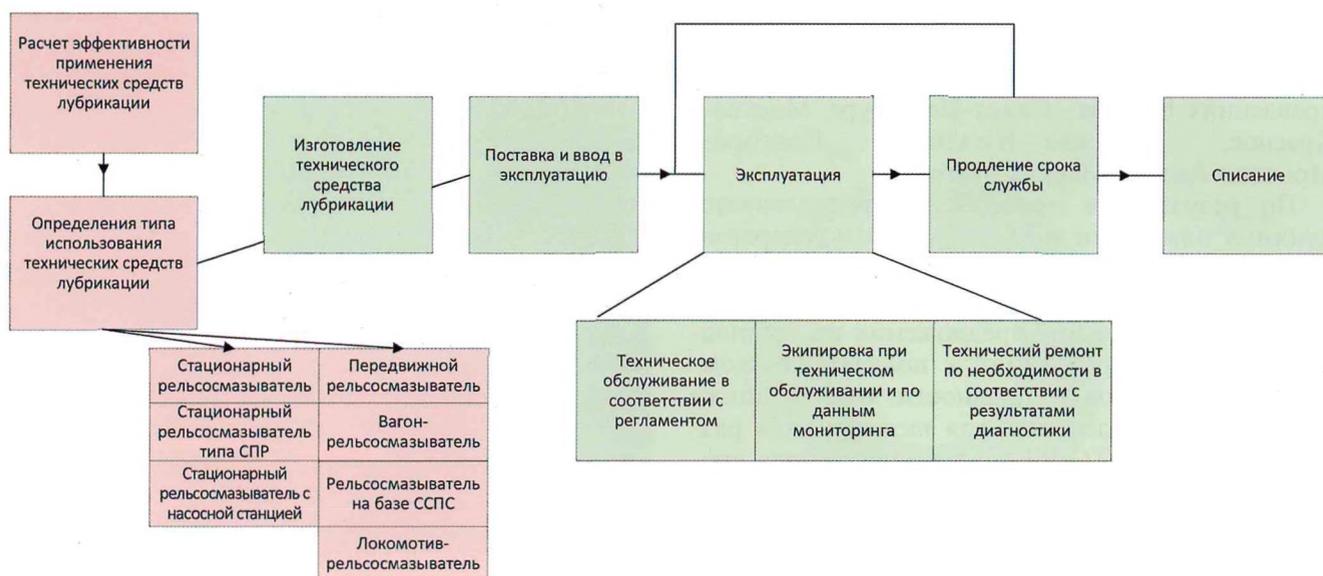


Схема жизненного цикла технических средств лубрикации

Сферы рационального применения различных типов рельсосмазывателей

Объекты лубрикации	Вагоны-рельсосмазыватели	Рельсосмазыватели на базе ССПС/локомотивы-рельсосмазыватели	Стационарные рельсосмазыватели		
			СПР-02-М.1/СПР-02-04-М.1	СПР-02-М.1-М.2	Рельсосмазыватели с насосной станцией (АМЛ, РСЛ)
Полигон	Х	Х			
Участок					
Одиночная кривая			Х	Х	Х
Группа стрелочных переводов			Х	Х	Х
Одиночный стрелочный перевод			Х		

ния работ и эксплуатации ВРС возложен на региональные дирекции диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры.

Рельсосмазыватели на базе специального самоходного подвижного состава используют на участках, где отсутствует возможность курсирования ВРС. Организация работы РС ССПС возложена на дирекции по эксплуатации путевых машин.

Четвертый раздел Положения посвящен порядку использования СПР, которые обеспечивают дозированное нанесение смазочного материала в зону контакта «колесо-рельс» с установленной периодичностью для достижения нормативных значений показателей интенсивности бокового износа. На сегодняшний день СПР широко распространены на сети железных дорог России в качестве основного технического средства для снижения интенсивности бокового износа в кривых участках пути и на стрелочных переводах. Контроль за ними осуществляют структурные подразделения служб пути. Для обеспечения эффективной бесперебойной работы и снижения интенсивности бокового износа показатель готовности и безотказности (Кг) стационарного рельсосмазывателя должен быть не менее 0,95.

В Положении прописан порядок определения месторасположения рельсосмазывателей в зависимости от типа средства лубрикации и места его установки. Также регламентированы технический ремонт, обслуживание и экипировка СПР, модернизация с целью продления срока эксплуатации.

Руководствуясь в работе разделами Положения, ожидается эффект от снижения интенсивности износа рельсов в кривых участках пути и элементов стрелочных переводов и, как следствие, продление срока их службы и сокращение числа замен. Благодаря этому снизится потребность в технологических «окнах», что, в свою очередь, отразится на стабильности графика движения поездов и увеличит пропускную способность линий.

Оптимизация операций, связанных с обслуживанием и эксплуатацией технических средств лубрикации, позволит сократить трудозатраты на обеспечение работоспособности рельсосмазывания за счет регламентного взаимодействия между филиалами ЦДИ, будет способствовать более четкому планированию использования всех типов рельсосмазывателей, сократит издержки при нерациональном применении и перерасход средств на техническое обслуживание и экипировку.

В 2024 г. была проведена корректировка Временного положения с учетом замечаний и предложений, полученных от дирекций инфраструктуры, Управления пути и сооружений, Дирекции диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры, Дирекции по эксплуатации путевых машин, Центра управления содержанием инфраструктуры на основании опыта применения документа.

Список источников

1. Временное Положение о порядке контроля за содержанием и использованием стационарных и передвижных рельсосмазывателей: утв. Управлением пути и сооружений Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД» 7 апреля 2023 г.
2. Концепция развития технологии лубрикации зоны контакта «колесо-рельс» в ОАО «Российские железные дороги»: распоряжение ОАО «РЖД» от 16 января 2015 г. № 60/р.
3. Методика по определению мест установки стационарных рельсосмазывателей: утв. Управлением пути и сооружений Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД» 15 декабря 2015 г.
4. Положение о порядке отключения стационарных рельсосмазывателей типа СПР: утв. Управлением пути и сооружений Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД» 28 ноября 2016 г.
5. Регламент проведения работ по техническому обслуживанию стационарного путевого рельсосмазывателя: утв. Управлением пути и сооружений Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД» 21 апреля 2015 г.

СОДЕРЖАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ГРАНИЦАХ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЙ ДИРЕКЦИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ

СПОРЫХИН М.А., ОАО «Российские железные дороги», Восточно-Сибирская дирекция инфраструктуры,
заместитель начальника службы пути

Восточно-Сибирская железная дорога является одной из самых сложных магистралей Российской Федерации в части эксплуатации инженерных сооружений. Их обслуживают следующие предприятия: дистанция инженерных сооружений (г. Иркутск), путевая машинная станция № 291 (г. Нижнеудинск), Северобайкальская дистанция пути по обслуживанию тоннелей (г. Северобайкальск) и 19 дистанций пути.

При эксплуатационной длине земляного полотна 3803,654 км протяженность полотна с дефектами и деформациями всех видов составляет 453,088 км, или 11,91 %, в том числе 703 неустойчивых или деформирующихся участков общей протяженностью 285,465 км.

Виды дефектов и деформаций земляного полотна и его обустройства представлены на рис. 1.

Общая протяженность водоотводных сооружений составляет 4154,351 км, из них требуют капитального ремонта 359,699 км.

На полигоне Восточно-Сибирской дороги эксплуатируются 5085 различных сооружений, в том числе 2245 мостов, 2717 труб и лотков, 55 железнодорожных тоннелей, 37 пешеходных мостов и тоннелей, 23 галереи, четыре путепрово-

да тоннельного типа, две фильтрующие насыпи, два технологических моста. Общая длина всех сооружений составляет 220,284 км, развернутая — 255,392 км.

Некоторые уникальные сооружения, например Киркирейский и Северомуйский тоннели, Чертов мост, объекты Кругобайкальской железной дороги (рис. 2), включены в перечень культурного и исторического наследия. Следует отметить, что именно Восточно-Сибирская дорога имеет наибольшее количество тоннельных сооружений и единственную на сети Северобайкальскую дистанцию по обслуживанию тоннелей.

Одним из основных индикаторов состояния земляного полотна является количество на нем дефектных мест (ДЗП) и водоотводных сооружений. Надо отметить, что эти показатели ежегодно уменьшаются (рис. 3).

Всего за период с 2013 по 2023 г. по результатам выполнения работ по ремонту и реконструкции земляного полотна и его сооружений дефектность водоотводных сооружений снижена на 501,616 км (с 861,315 км в 2013 г. до 359,699 км в 2023 г.).

В настоящее время на дороге эксплуатируются 5085 искусственных сооружений, в том



Рис. 1. Виды дефектов и деформаций земляного полотна (а) и его обустройства (б)

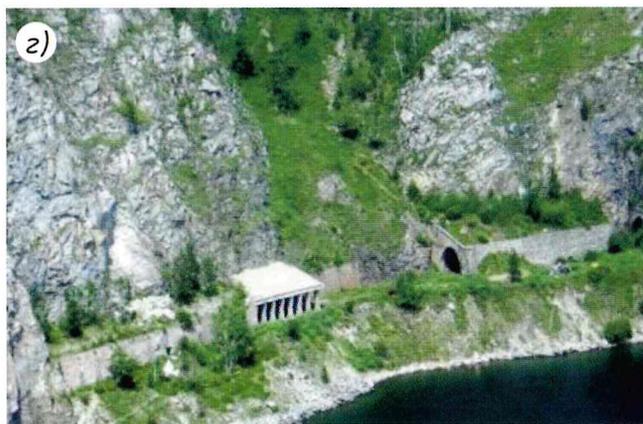
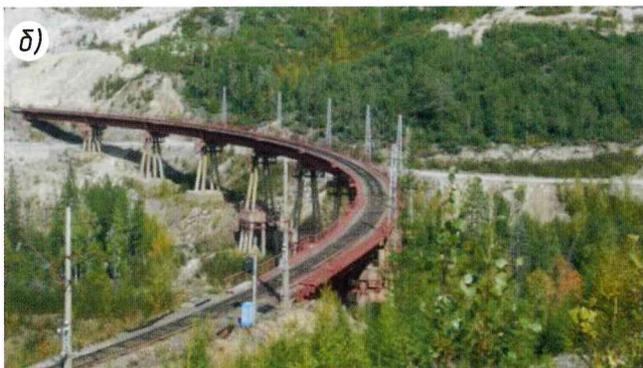
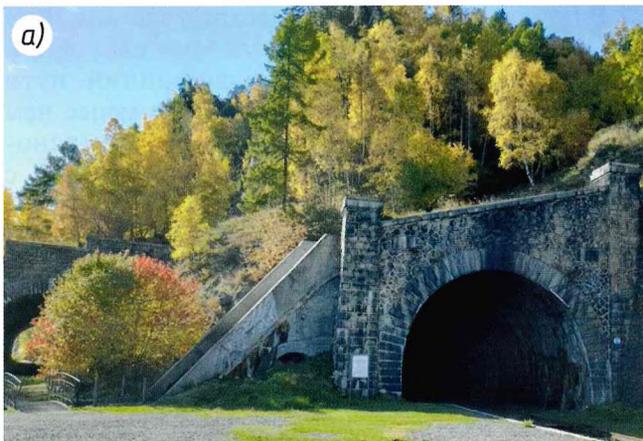


Рис. 2. Искусственные сооружения Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры:
 а — Киркирейский тоннель; б — Чертов мост; в — Северомуйский тоннель; г — сооружения Кругобайкальской железной дороги

числе 437 сооружений с неудовлетворительной балльной оценкой. Несмотря на увеличение количества сооружений, вводимых в эксплуатацию за счет реализации инвестиционных программ, способствующих увеличению пропускной и провозной способности дороги, количество сооружений в неудовлетворительном состоянии ежегодно снижается (рис. 4).

В Иркутском центре диагностики и мониторинга сооружений инфраструктуры оценивают состояние земляного полотна и искусственных сооружений с непосредственным участием специалистов мостоиспытательной станции, инженерно-геолгических баз, тоннелеобследовательской станции и снеголавинной станции.

Для диагностики и мониторинга инженерных сооружений

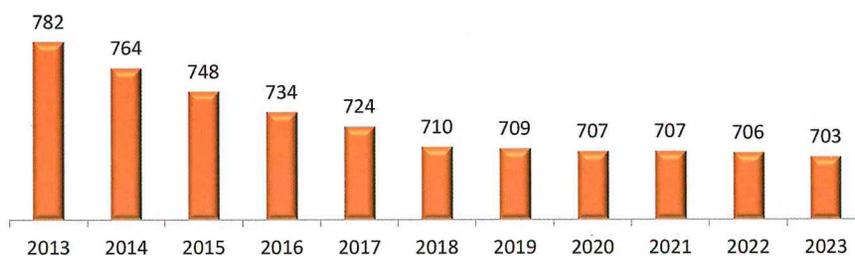


Рис. 3. Динамика снижения дефектности водоотводных сооружений, шт.



Рис. 4. Динамика снижения количества сооружений в неудовлетворительном состоянии

Историческая справка

В 1939 г. в целях обеспечения безопасного, безаварийного и беспрерывного движения поездов на Кругобайкальском участке для лечения земляного полотна, искусственных водоотводных сооружений и укрепления береговой линии о. Байкала и р. Ангары, устройства регуляционных и берегоукрепительных сооружений Приказом наркома пути Л.М. Кагановича № 27/П 1 была создана Путьевая строительная контора (ПСК). В ее состав входили ремонтно-строительный поезд № 9, ремонтно-оползневой поезд, ремонтно-строительный поезд № 10. Численный состав работающих составлял 1699 чел. Позднее ПСК была реорганизована в ПМС-224.

Проблемы содержания инженерных сооружений, особенно земляного полотна, усугубились в 1950–1959 гг., после строительства Иркутской ГЭС, в связи с поднятием уровня воды в о. Байкал на 1 м.

используют БПЛА, создают ортофотопланы, 3D-модели, проводят визуальный осмотр.

По результатам проходов диагностического комплекса «ИНТЕГРАЛ» анализируют системы обзорного и линейного видео, системы пространственного сканирования и георадиолокации. Расчет проводят с использованием программного обеспечения «Геостаб», «Geo-5», «ZondRes2D».

Затем в программном обеспечении «StabWay» анализируют нестабильные участки.

Обследуют земляное полотно работники инженерно-геологических баз в соответствии с утвержденными службой пути годовыми планами работ, в том числе с применением георадиолокационного оборудования, буровых работ, инструментальных съемок с помощью нивелира, тахеометра, GPS-съемок.

По результатам оценки земляного полотна средствами диагностики формируют данные для их учета и паспортизации, планирования организации работы дистанций пути, ремонтов земляного полотна и его обустройств в рамках технических возможностей предприятий дирекции, а также подрядных организаций.

В 2024 г. силами механизированных комплексов ПМС-291 выполнен ремонт земляного полотна и водоотводных сооружений на 13 объектах, с помощью кюветоочистительной техники МКТ и СЗП проведены работы по нарезке кюветов и вырезке лишнего балласта в рамках текущего содержания.

В целях снижения количества участков ДЗП в дирекции инфраструктуры на ежегодной основе формируются планы дистанций пути по выполнению комплекса работ не менее чем на одном деформирующемся участке земляного полотна для последующего снятия его с учета. В 2023 г. улучшено состояние 19 неустойчивых или деформирующихся участков, а в 2024 г. — 29.

Прошедший год также отметился нововведением. В целях улучшения состояния земляного полотна, его водоотводных, защитных и укрепительных сооружений и приведения в нормативное состояние с привлечением всего контингента дистанций пути каждый четверг недели объявлен Днем по улучшению состояния земляного полотна и его сооружений (далее — День земляного полотна). Установлен порядок устранения замечаний и инцидентов, выявленных при его сезонных осмотрах; инцидентов, созданных при обследовании работниками инженерно-геологических баз в границах линейных участков дистанций пути.

Контроль за проведением Дня земляного полотна возложен на заместителей начальника дирекции инфраструктуры — начальников региональных отделов инфраструктуры.

В целях значительного повышения уровня содержания инженерных сооружений в границах Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры необходимо сформировать Слюдянский производственный участок ПМС-291 и развить его производственные мощности для выполнения работ хозяйственным способом. Следует отметить, что ранее на станции Слюдянка дислоцировалась путьевая машинная станция ПМС-224, которая была упразднена в 2014 г. В ее задачи входило обслуживание береговой линии о. Байкал.

В целях развития и приведения в нормативное состояние земляного полотна и его обустройств имеющейся в ПМС-291 техники недостаточно. Необходимо нарастить производственные мощности, поставив в каждый регион по два бульдозера, два экскаватора, два мини-погрузчика Bobcat, два топливозаправщика, два трала, два вагон-домика «Ермак», два самосвала, два седельных тягача (с тралом) и одному трактору Т-35. Кроме того, в связи с большим количеством участков деформирующегося земляного полотна в границах Северобайкальского региона дороги необходимо его оснастить думпкарной «вертушкой», состоящей из 47 вагонов.

Следует учесть, что для перспективного парка техники требуется соответствующий штат работников.

Путь с ресурсом в 2,5 млрд т брутто пропущенного тоннажа: шаги к реализации проекта

Заведующий кафедрой «Путь и путевое хозяйство» Российского университета транспорта (МИИТ) **Е.С. Аппиз** напомнил, что земляное полотно на большинстве направлений отечественной сети построено более века назад и рассчитано на гораздо меньшие нагрузки и скорости движения поездов. Повышенные нагрузки от подвижного состава приводят к просадкам и повреждениям земляного полотна с нарушением геометрии рельсовой колеи, что влечет многочисленные выправки и, соответственно, нежелательные расходы. Мировая практика в подобных случаях прибегает к повышению стабильности основной площадки земляного полотна с помощью хорошо дренирующего подбалластного защитного слоя, который при необходимости армируется георешеткой.

Итак, на участках, где по результатам штамповых испытаний величина модуля деформации в уровне основной площадки земляного полотна менее 80 МПа, должен быть устроен подбалластный защитный слой. Для отвода воды нижней поверхности слоя придается уклон в полевую сторону величиной 0,004.

Однако широкое применение такого варианта усиления основной площадки сдерживается рядом факторов: высокая цена, большой объем завозимого материала, низкий темп укладки и отсутствие спецтехники для реализации. Машина ЩОМ-МРС, способная поднять темп укладки, еще только разрабатывается группой ПТК с учетом выделенного гранта Минпромторга России. Пока изготовлена добыюще-распределительная секция, а секция рециклинга только проектируется. Срок поставки машины назначен на 2026 г. Поэтому в РУТ (МИИТ) был разработан альтернативный вариант создания защитного слоя с использованием лежащих в пути старогодных слоев балласта при добавлении вяжущих материалов с полимерными добавками. Этот вариант укладки подбалластного слоя можно осуществить, применяя имеющуюся технику и холодный ресайклинг использованного балласта. Данная технология позволяет отказаться от вырезки и вывоза старогодных материалов и оптимизировать завоз новой песчано-гра-

вийной смеси, уменьшив толщину подбалластного слоя до 20 см.

Технология холодного ресайклинга отработалась на Экспериментальном кольце в 2023 г. и на Красноярской дороге в 2024 г. При этом удалось достигнуть неплохой производительности на кольце — 70 м/ч, а после учета и корректировки опыта — 100 м/ч на Красноярском опытном участке, что в принципе обеспечивает необходимый темп работ при капитальном ремонте пути. Результаты штамповых испытаний подтвердили получение высоких показателей по модулю деформации основной площадки земляного полотна, т.е. данная конструкция подбалластного защитного слоя выдерживает заданные нормативы. В связи с этим следует актуализировать Инструкцию по устройству подбалластных защитных слоев при реконструкции (модернизации) железнодорожного пути от 12 декабря 2012 г. № 2544р, включив в нее защитные слои с использованием старогодного балласта.

Для мониторинга поведения земляного полотна на исследуемых участках (пять опытных и два контрольных) Экспериментального кольца были установлены датчики для измерения напряжений в балласте под шпалой и на основной площадке. Для определения остаточных деформаций балластного слоя и рабочей зоны земляного полотна устроены геодезические марки (рис. 2). Таким образом была выполнена оценка силовой нагруженности подшпального основания. Вывод: главным условием надежной работы подшпального основания является обеспечение предельного условия второй группы по деформациям и их однородности по протяжению пути.

Выступление заведующего кафедрой «Строительство дорог транспортного комплекса» ПГУПС **А.Ф. Колоса** было целиком посвящено конструкции балластной призмы инновационного пути с ресурсом 2,5 млрд т. Докладчик сообщил, что существующая балластная призма на магистральных направлениях сети ОАО «РЖД» разработана под осевые нагрузки, не превышающие 23 тс. Исследования показали, что при поездных нагрузках более 25 тс/ось и скоростях грузовых составов 90 км/ч щебеночный балласт переходит в стадию сдвиговых деформаций, что сопрово-

ждается его разуплотнением, расползанием балластной призмы, накоплением просадок.

Проанализировав параметры щебня на железных дорогах мира, было установлено, что в тех странах, где активно применяется тяжеловесное движение, зерновой состав щебеночной смеси более мелкий, чем установленный для сети ОАО «РЖД». В связи с этим были исследованы четыре состава щебня, в том числе по американскому и отечественному стандартам, и выбран оптимальный вариант, характеризующийся выгодным сочетанием крупных и мелких частиц, что в шесть раз увеличивает число точек соприкосновения (контактирования) зерен, повышая тем самым стабильность балластной призмы за счет лучшего распределения напряжений в толще балласта. Отсюда следует заключение: щебеночный балласт фракций 10–63 мм с коэффициентом неоднородности 2,0 проявляет высокие прочностные и деформационные свойства, которые незначительно снижаются после пропуска 450 млн т брутто, что обеспечивает повышенный ресурс.

Эксперименты по износостойкости и истираемости горных пород помогли установить, что базальт и габбро-диабаз гораздо предпочтительнее классического гранита, поэтому на особо грузонапряженных направлениях с целью достижения наработки 2,5 млрд т рекомендуется использовать в балластной призме именно эти материалы, обладающие повышенными показателями истираемости, сопротивления удара на копре, морозостойкости, лещадности и др. по сравнению со щебнем по ГОСТ 7392–2014.

По результатам исследований специалисты ПГУПСа не нашли технической целесообразности

в увеличении толщины балласта под шпалой до 40 см, так как при 30 см происходит более быстрая стабилизация призмы, а общая накопленная деформация оказывается минимальной. Кроме этого, использующиеся на сети щебнеочистительные машины не требуют переоснащения при вырезке и очистке балласта на глубину не более 30 см. Уменьшение толщины щебня под шпалой до 30 см дает экономию примерно в 20 %.

Итого, в целях наработки 2,5 млрд т брутто следует применять балластную призму с толщиной щебня под подошвой шпалы 30 см, плечом 45 см и пологими откосами 1:1,75.

Все представленные рекомендации справедливы при соблюдении несущей способности земляного полотна, характеризующейся модулем упругости на поверхности основной площадки не менее 80 МПа.

Исполнительный директор ООО «ИЦ ВЭИП» М.А. Левинзон представил исследования по оценке силовой нагруженности пути с перспективной конструкцией верхнего строения, позволяющей пропустить 2,5 млрд т брутто до капитального ремонта, и прогнозу трудозатрат при его текущем содержании.

Для реализации масштабных инновационных проектов, требующих больших инвестиций, необходимо еще на стадии подготовки иметь инструмент оценки технико-экономической эффективности внедряемой конструкции. Учитывая, что в короткие сроки осуществить наработку тоннажа в 2,5 млрд т невозможно, для определения жизненного цикла конструкции требуется создать математическую модель взаимодействия пути и подвижного состава.

Для разработки такой модели был проведен комплекс исследований силовой нагруженности пути на особо грузонапряженных участках Московской, Восточно-Сибирской, Забайкальской и Северной дорог. Одновременно продолжался мониторинг экспериментальных отрезков пути на кольце в Щербинке, а также подконтрольная эксплуатация новых конструкций верхнего строения на Красноярской дороге. Особое внимание уделялось влиянию на параметры взаимодействия пути и подвижного состава характеристик плана (кривые

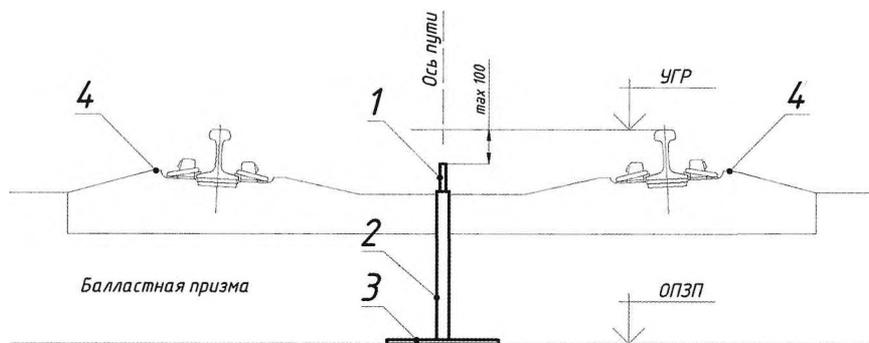


Рис. 2. Схема измерения остаточных деформаций балластного слоя и рабочей зоны земляного полотна с помощью геодезической марки (из презентации Е.С. Ашпиза):

- 1 — геодезическая марка; 2 — обсадная труба; 3 — основание марки;
- 4 — металлическая площадка с потайным винтом; УГР — уровень головки рельса; ОПЗП — уровень основной площадки земляного полотна

большого, среднего и малого радиусов), пропущенного тоннажа и погодных условий (зима и лето).

Модель, созданная на основе опытных данных, позволила перейти к теоретической оценке трудозатрат на содержание инновационного пути. Для этого была применена зависимость Веллера, связывающая силовую нагруженность конструкции и интенсивность накопления отступлений и деформаций. В результате были получены характеристики трудозатрат при текущем содержании инновационных конструкций пути.

Одно из главных открытий, которое удалось осуществить в ходе исследований, заключается в получении линейной зависимости модуля упругости пути от вертикальной силы, тогда как в действующих правилах расчета модуль упругости имеет неизменное значение. Это дает возможность заключить, что данный показатель оказывает существенное влияние на стоимость жизненного цикла верхнего строения пути. В связи с этим рекомендуется при внедрении новых конструкций верхнего строения выполнять режимные нагрузочные испытания пути для оценки состояния подшпального основания.

Генеральный директор АО «ВНИИЖТ» **С.А. Виноградов** рассказал об организации испытаний перспективной конструкции пути с ресурсом 2,5 млрд т пропущенного тоннажа. За период 2023–2024 гг. был проведен полный объем лабораторных и стендовых испытаний всех элементов узлов скреплений, включая пружинные клеммы, прокладки и подкладки, с проверкой ключевых эксплуатационных характеристик. Результаты положительные, на всю продукцию получены сертификаты.

Далее испытания продлились в эксплуатационном режиме, для чего на Экспериментальном кольце ВНИИЖТа были уложены опытные участки протяженностью 650 м с новыми конструкциями пути и контрольные участки с типовыми элементами верхнего строения протяженностью 295 м, а также два съезда со

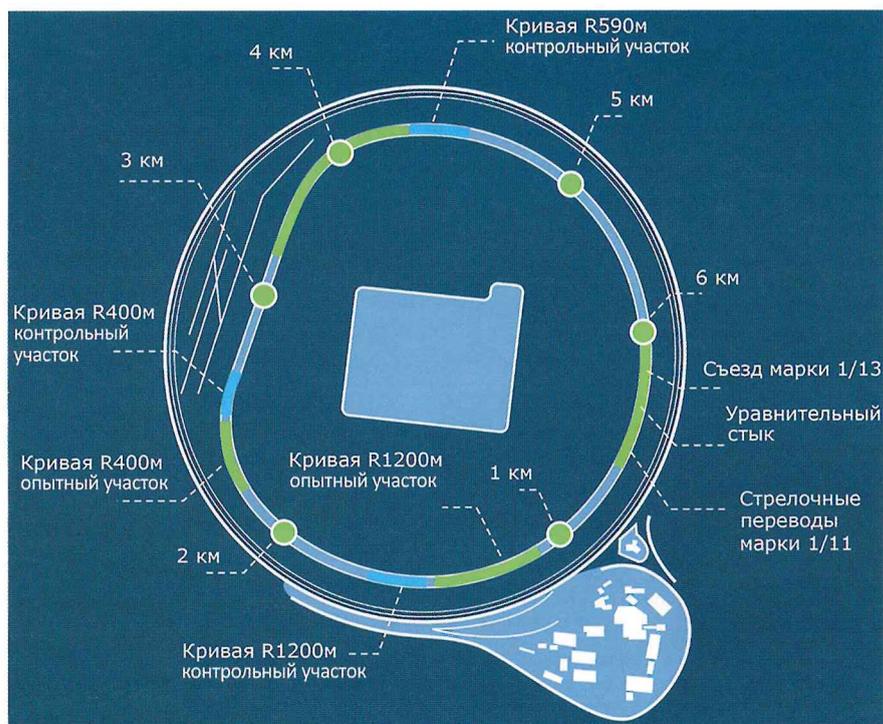


Рис. 3. Схема укладки опытных и контрольных участков пути на Экспериментальном кольце ВНИИЖТа (из презентации С.А. Виноградова)

стрелочными переводами марок 1/13 (с подуклонкой), 1/11 (без подуклонки) с крестовинами с непрерывной поверхностью катания и один уравнительный стык (рис. 3). Нарботка обеспечивалась опытным поездом массой 5819 т из 63 вагонов. Условия эксплуатации максимально приближены к параметрам поездной нагрузки на линиях с грузонапряженностью 80 млн т·км брутто/км в год.

Ресурсные испытания продолжатся до 2026–2027 гг. для создания базы данных, на основе которых легче построить достоверные прогнозные модели, а потом скорректировать их и апробировать. Полученный опыт следует использовать для развития предиктивного моделирования, методов искусственного интеллекта, а также методологической базы для сокращения сроков испытаний и скорейшего допуска конструкций в эксплуатацию.

На основе предложений и рекомендаций, поступивших от докладчиков, был сформирован протокол научно-технического совета с указанием сроков исполнения всех этапов исследований и внедрения отдельных элементов конструкции перспективного пути.

ЯНОВСКИЙ А.С.

(по материалам НТС ОАО «РЖД» от 30.01.2025)

УДК 625.143.3

ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЗАКАЛЕННЫХ РЕЛЬСОВ К ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИМ ПОВРЕЖДЕНИЯМ



ЗАГРАНИЧЕК К.Л.,
 АО «Научно-исследовательский институт
 железнодорожного транспорта»
 (АО «ВНИИЖТ»), заведующий лабораторией,
РЕЙХАРТ В.А., АО «ВНИИЖТ»,
 канд. техн. наук,
ПЕРКОВ И.Е., АО «ВНИИЖТ», технический
 эксперт

Аннотация. Разработана методика оценки чувствительности рельсов к термомеханическим повреждениям, возникшим из-за боксования или юза локомотивов. Основой методики является метод ступенчатого нагружения с последующей перегрузкой и использованием концентратора напряжений в виде прижога. Предлагается по данной методике проводить факультативный контроль чувствительности рельсов категории ДТ к термомеханическим повреждениям.

Ключевые слова: рельсы, дифференцированная закалка, сопротивление усталости, трещина, концентратор напряжений, остаточные напряжения, критическая длина.

Современные рельсы необходимо оценивать по показателям, определяющим их надежность, возможно — ресурс, а также перспективность использования. Основной показатель, устанавливаемый в процессе стендовых испытаний, — условный предел выносливости P_N . Его широко используют при оценке качества рельсов, а также в различных расчетах. В то же время уровень силового нагружения, т. е. максимальные нагрузки, а следовательно и P_N зависят от состояния поверхности катания головки рельсов.

Настоящая работа базируется на следующих концептуальных положениях. Во-первых, основными показателями эксплуатационной надежности рельсов являются l_c — критическая длина усталостной трещины и K_{fc} — вязкость разрушения при циклическом нагружении. Во-вторых, показатель l_c не зависит от момента зарождения усталостной трещины, показатель K_{fc} не зависит от формы детали и местоположения усталостной трещины, но зависит от суммарных напряжений в области трещины.

Установлено, что «решающее влияние на показатели сопротивления усталости оказывают не особенности структуры, а остаточные напряжения растяжения», формирующиеся в ре-

зультате холодной правки рельсов [1]. Эти напряжения, неоднородные по величине на поверхности головки длинномерного рельса, при суммировании с приложенными напряжениями значительно ускоряют возникновение и скорость развития поперечных трещин усталости, понижая при этом живучесть рельсов. Неоднородность распределения остаточных напряжений проявляется в виде разброса результатов стендовых испытаний. Первый шаг — разработка концентратора напряжений для любых рельсов, включая старогодные и после ремонта (строжка, шлифовка). Опробованы различные методы создания искусственного концентратора напряжений (надрезы, сверления и т. п.). Однако наиболее технологичным оказался концентратор в виде прижога электродом диаметром 3 мм на поверхности катания по оси симметрии головки рельса. Концентратор исключает влияние состояния поверхности катания головки, а также существенно снижает максимальную нагрузку P_{max} при испытаниях. Для создания сравнимых условий использовали метод ступенчатого нагружения с начальной нагрузкой $P_{max} = 440$ кН и последующей перегрузкой на 49 кН через каждые 200 тыс. циклов. Предвари-

тельные испытания показали, что интервал использованной $P_{\max} = (440 \div 540)$ кН вполне достаточен для получения результатов (изломов) по рельсам всех качественных категорий.

Таким образом, испытания в узком интервале P_{\max} и при остром концентраторе напряжений позволят выделить реальный вклад остаточных напряжений в разрушение рельсов, точнее оценить основные показатели надежности рельсов различных категорий, уровня прочности и т. д.

На этом этапе цель исследований — проверить возможность использования в качестве концентратора напряжений прижог электродом. В связи с этим набор проб рельсов как новых, так и после различной наработки (эксплуатации) отличался достаточным разнообразием. К примеру, были испытаны пробы рельсов ОТ350, ДТ350 и ДТ370 различного назначения. Наибольшая наработка составила более 2 млрд т брутто. Анализ проводили по показателям l_c и K_{fc} . Основной вопрос заключался в следующем: критично ли снижение величин l_c и K_{fc} под влиянием прижога электродом?

Условия применимости выбранного концентратора определены в процессе исследований. Всего испытана 51 проба закаленных рельсов Р65, в том числе новых — 36 шт. и после наработки — 15 шт. Схема испытаний: положение пробы — головкой вниз, межопорное расстояние — 1 м, коэффициент асимметрии цикла нагружения — 0,1. Статистика изломов по P_{\max} (средние значения l_c и K_{fc}) приведена в табл. 1.

Как видно из таблицы, рельсы с наработкой тоннажа (эксплуатируемые) имеют существенное преимущество по величине показателей l_c и K_{fc} по сравнению с новыми, особенно при изломах от нагрузки $P_{\max} = 540$ кН. Это объяснимо наличием сформировавшегося при эксплуатации нового напряженного состояния (релаксация остаточных напряжений). В новых рельсах отмечены усталостные трещины небольшой длины 3–4 мм, в отдельных случаях 1,5–2,0 мм. Так, изломавшихся проб с $l_c \leq 3,5$ мм зафиксировано по четыре штуки при нагрузках 440 и 490 кН и девять — при

Таблица 1
Статистика изломов рельсов

Показатель	Максимальная нагрузка на рельсы P_{\max} , кН					
	440		490		540	
	новые	эксплуатируемые	новые	эксплуатируемые	новые	эксплуатируемые
Количество, шт.	13	9	13	4	10	2
Среднее значение l_c , мм	8,1	12,2	7,3	13,8	2,9	13,2
Среднее значение K_{fc} , МПа $\sqrt{м}$	30	37	31	43	22	40

540 кН. Однако при $P_{\max} = 440$ кН категорию ДТ370 представляют две пробы с $l_c = (3,1 \div 3,5)$ мм, а при $P_{\max} = 540$ кН наименьшие длины трещин у рельсов категории ДТ370 (1,5 мм) и ДТ370ИК (1,7 мм). Также при $P_{\max} = 490$ кН и $P_{\max} = 540$ кН испытаны пробы рельсов категории ДТ350СС с $l_c = (2,5 \div 3,7)$ мм. Необходимо отметить, что, несмотря на небольшие размеры усталостных трещин, к примеру, при нагрузке 540 кН пробы рельсов разрушились после наработки 430–540 тыс. циклов. Это связано с тем, что рельсы категории ДТ370 более твердые, с пониженной вязкостью стали править сложнее, а рельсы категории ДТ350СС предназначены для скоростного движения, т. е. должны отвечать более жестким требованиям по прямолинейности (класс А), что чревато увеличением уровня остаточных напряжений растяжения на поверхности головки. В то же время ГОСТ Р51685–2022 «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия» контроль таких напряжений не предусматривает.

Неоднородность распределения остаточных напряжений по длине рельсов показал следующий эксперимент. Пробы новых рельсов категории ДТ350СС (производства 2021 г.) без концентраторов испытали до излома при нагрузке $P_{\max} = 802$ кН, измерили l_c и рассчитали K_{fc} . Результаты получили следующие: первая проба имеет $l_c = 3,3$ мм и

Таблица 2
Распределение количества усталостных трещин, шт., в зависимости от их длин

Наличие концентратора	l_c , мм						Всего
	1–2	2,1–3,0	3,1–4,0	4,1–5,0	5,1–6,0	$\geq 6,1$	
С концентратором	3	7	7	2	1	16	36
Без концентратора	1	6	20	23	9	6	65

Таблица 3
Распределение количества усталостных трещин, шт., в зависимости от вязкости разрушения при циклическом нагружении K_{fc}

Наличие концентратора	K_{fc} , МПа $\sqrt{м}$					Всего
	10–20	20,1–30,0	30,1–40,0	40,1–50,0	50,1–60,0	
С концентратором	7	12	13	4	–	36
Без концентратора	–	7	37	20	1	65

$K_{fc} = 37$ МПа $\sqrt{м}$, вторая — 6,2 мм и 49 МПа $\sqrt{м}$ соответственно, третья — 4,0 мм и 40 МПа $\sqrt{м}$, четвертая — 4,2 мм и 41 МПа $\sqrt{м}$, пятая — 2,9 мм и 34 МПа $\sqrt{м}$, шестая — 3,6 мм и 38 МПа $\sqrt{м}$. Получены три пробы из шести с $l_c \leq 3,5$ мм, $\Delta K_{fc} = K_{fc}^{max} - K_{fc}^{min} = 49 - 34 = 15$ МПа $\sqrt{м}$. Примечательно, что эксперимент позволил впервые провести оценку критической длины усталостных трещин l_c , причем на новых рельсах категории ДТ, учитывая что, во-первых, l_c не нормирована, (на первом плане — предел выносливости полнопрофильных рельсов P_N и трещиностойкость K_{fc}). Во-вторых, величина l_c при расчетах K_{fc} не является критичной, потому что высокие значения $P_{max} = (687 \div 785)$ кН, а оба показателя l_c и P_{max} , участвующие в расчете K_{fc} , перекрывали негативное влияние небольших l_c . Но при использовании острого концентратора напряжений максимальные нагрузки составляют всего $P_{max} = (440 \div 540)$ кН, тем самым не обеспечивая выполнение нормированных значений K_{fc} . Далее рассмотрим влияние острого концентратора на величины l_c и K_{fc} .

За последние 3,5 года испытаниям на сопротивление усталости были подвергнуты 13 партий новых рельсов с дифференцированной закалкой (ДТ). Из 82 проб 65 разрушились при построении кривых выносливости, 17 имеют базовые результаты. Полученные данные сравнили с итогами исследований новых рельсов ДТ (36 шт.) при наличии острого концентратора при P_{max} , равной 440, 490, 540 кН. Распределение l_c и K_{fc} приведены в табл. 2 и 3 соответственно.

Во-первых, как видно из табл. 2, усталостные трещины длиной менее 3 мм (7 шт.) зафиксированы на рельсах ДТ без концентраторов, т. е. их появление не инспирировано концентратором напряжений, а отражает реальный уровень качества рельсов ДТ. Результаты получены

ранее при стандартных испытаниях по определению предела выносливости на достаточно большом объеме рельсов (65 шт.). Во-вторых, необходимо отметить наличие усталостных трещин в широком диапазоне l_c от 1 до 13 мм как для объема «с концентратором», так и без него. Более того, наибольшая длина l_c в объеме «с концентратором» — 12,7 мм, в объеме «без концентратора» — 8,8 мм. Это может свидетельствовать о влиянии острого концентратора, в первую очередь, на параметры надежности (l_c и K_{fc}) рельсов с пониженными характеристиками стали. Для сравнения приводим результаты испытаний рельсов категорий ОТ350 производства ЕВРАЗ НТМК (2023 г.). При построении кривой выносливости новых рельсов получили следующее: $P_{max} = (569 \div 726)$ кН, $l_c = (6,8 \div 11,2)$ мм, $K_{fc} = (41 \div 50)$ МПа $\sqrt{м}$. При испытании двух проб рельсов с концентратором получили: $P_{max} = 490$ кН, $l_c = 8,6$ и 9,8 мм, $K_{fc} = 35$ и 37 МПа $\sqrt{м}$. Стабильные результаты!

Условия испытания для рельсов при наличии концентратора и без него весьма различны (схемы нагружения, уровень P_{max}). Проанализировали категории рельсов на соответствие их наименьшим значениям l_c ($l_c \leq 3,0$ мм) и K_{fc} ($K_{fc} \leq 25$ МПа $\sqrt{м}$) (см. табл. 2 и 3) и получили следующее:

при наличии концентратора l_c у рельсов ДТ370 составляет 1,5 мм, ДТ370ИК — 1,7 мм, ДТ350СС — 2,5 мм;

без концентратора l_c у ДТ370 равна 2,9 мм, у ДТ370ИК — 2,0 мм;

с концентратором K_{fc} у ДТ370 и ДТ370ИК — 18 МПа $\sqrt{м}$, а у рельсов ДТ350 — 20 МПа $\sqrt{м}$. Последние привлекли внимание, когда при построении кривой выносливости (2021 г.) получили высокий предел выносливости $P_N = 71,5$ тс (490 МПа), что свойственно рельсам категории прочности 370;

K_{fc} без концентратора отсутствуют.

(Окончание в следующем номере)

ДЕФЕКТНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛ СО СТЕРЖНЕВЫМ АРМИРОВАНИЕМ ШЗ-Д 4×10



ВЕЛИЧКО Д.В., Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС), канд. техн. наук,
ПИЧКУРОВА Н.С., СГУПС, канд. техн. наук

Аннотация. В статье представлен анализ дефектности железобетонных шпал подтипа ШЗ-Д 4×10 на шести участках Среднесибирской магистрали со сроком службы 700–1200 млн т брутто. Приведена статистика за 2013–2024 гг. Отмечено, что при достижении пропущенного тоннажа 700 млн т существенно (в четыре раза) возрастает интенсивность роста числа дефектных и замененных шпал.

Ключевые слова: железобетонные шпалы, струнобетонные шпалы, дефект, Среднесибирская магистраль.

Железобетонная шпала — один из основных элементов конструкции верхнего строения пути. Воспринимая через рельс давление от поездной нагрузки, шпала равномерно распределяет его и передает далее на щебеночный балласт [1].

Железобетонные шпалы армированы предварительно напряженной арматурой по одному из двух вариантов:

классический отечественный [2–5] (рис. 1, а) — 44 струны высокопрочной проволоки диаметром 3 мм (общая площадь арматуры 312,4 мм²);

итальянский по технологии OLMI [6–8] (рис. 1, б) — всего четыре стержня диаметром 9,6 мм (общая площадь арматуры 289,38 мм²).

На Среднесибирской магистрали Западно-Сибирской дороги организовано тяжеловесное движение поездов массой 9000 т с инновационными вагонами с осевой нагрузкой 250 кН. Эксплуатационные параметры I пути Среднесибирской магистрали: I класс, специализация О, высокая грузонапряженность. Основные характеристики участков пути I приведены в табл. 1.

В 2012 г. на Среднесибирской магистрали началась укладка железобетонных шпал со стержневым армированием (подтип ШЗ-Д 4×10), и уже с 2013 г. отмечено появление дефектных

шпал данного подтипа вплоть до массового их выхода.

Основные виды дефектов, выявленных при эксплуатации, следующие: продольные трещины в бетоне, проходящие через ряды арматуры (коды 22.1, 22.2); поперечные трещины в подрельсовой части в верхней зоне (не классифицируются); сколы бетона на торцах шпал (не классифицируются); поперечные трещины, изломы в средней части шпалы (код 12.1) [9].

Опытным порядком установлено, что период выполнения капитального ремонта пути

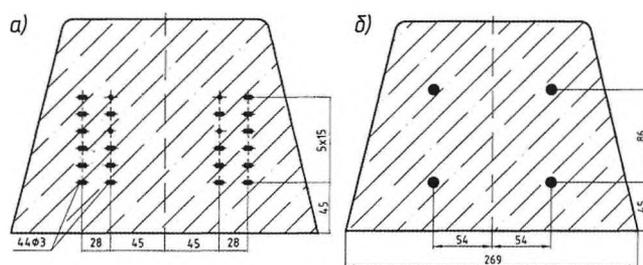


Рис. 1. Варианты армирования железобетонных шпал: а — струнное; б — стержневое

Таблица 1
Характеристики участков пути

Перегон	Пропущенный тоннаж, млн т	Длина участка, км
Ка-Та	803,10	24,4
В.М-Ср	796,90	11,3
Ря-Ла	758,50	15,5
Че-Зу	1100,2	29
Па-Св	1104,7	10
Ха-Ур	1212	14

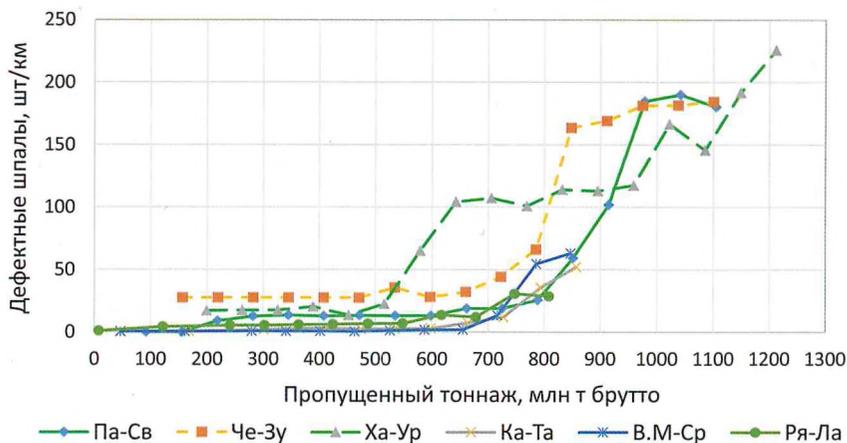


Рис. 2. Рост объемов дефектных шпал на участках (перегонах) при нарастании пропущенного тоннажа

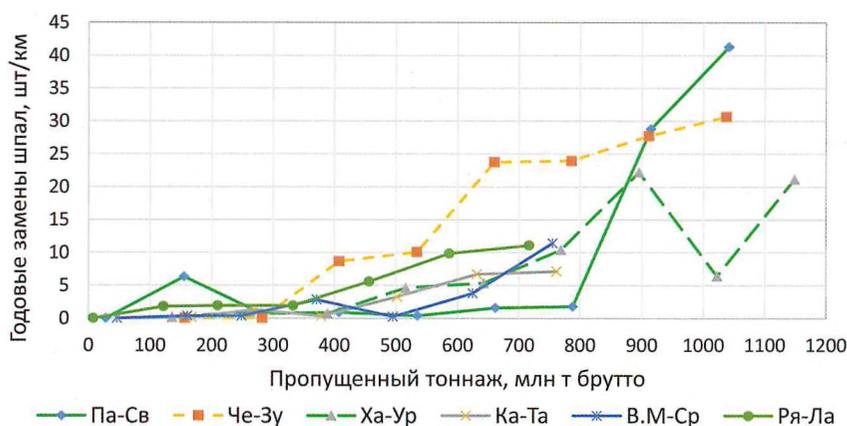


Рис. 3. Рост ежегодных объемов заменяемых шпал на участках (перегонах) при увеличении пропущенного тоннажа

Таблица 2
Динамика увеличения дефектных железобетонных шпал ШЗ-Д 4×10 с ростом наработки тоннажа

Наработка, млн т брутто	Дефектные шпалы, шт/км	Прирост дефектных шпал, шт/км	Замененные шпалы, шт/км	Прирост замененных шпал, шт/км
200	9,2	-	1,7	-
400	11,1	1,9	2,9	1,2
600	22,7	11,6	7,0	4,1
800	58,8	36,1	14,1	7,1
1000	172,7	113,9	25,4	11,3

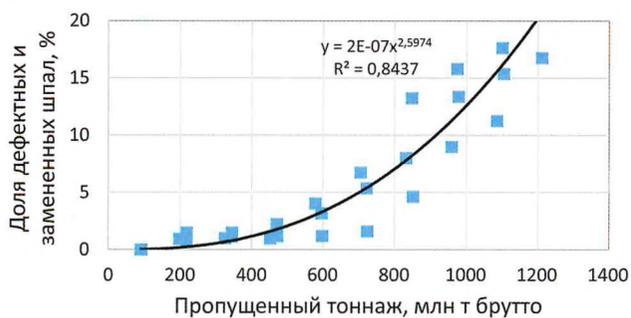


Рис. 4. Рост суммы дефектных и замененных железобетонных шпал ШЗ-Д 4×10 с увеличением пропущенного тоннажа

(летняя или зимняя укладка рельсошпальной решетки) не влияет на долю дефектности шпал.

Ранее выполненный анализ отказов струнобетонных шпал [10], армированных 44 струнами высокопрочной проволоки диаметром 3 мм, показал, что при таком конструктивном решении шпалы способны выдерживать перспективные наработки тоннажа в объеме 1,5–2,5 млрд т брутто.

По I пути Среднесибирской магистрали был проведен подробный анализ дефектности (с 2013 по 2024 г.) при массовом выходе железобетонных шпал подтипа ШЗ-Д 4×10 со сроком службы 700–1200 млн т на шести участках (104 км), на каждом из которых определено наличие дефектных шпал по каждому году и число их замен в эти годы.

Графики зависимости полугодовых показателей дефектности шпал от пропущенного тоннажа и ежегодные объемы заменяемых шпал представлены на рис. 2 и 3.

Обобщенные данные наблюдений по всем перегонам представлены в итоговой табл. 2, характеризующей динамику выхода дефектных шпал ШЗ-Д 4×10 и их замену на всех контролируемых участках с увеличением пропущенного тоннажа.

Интенсивность увеличения суммы дефектных и замененных шпал нарастающим итогом выражает восходящая кривая, представленная на рис. 4. Установлено, что после достижения пропущенного тоннажа в 700 млн т брутто значительно (в четыре раза) возрастает средняя интенсивность роста суммы дефектных и замененных железобетонных шпал — с 12 шт/км на 100 млн т в интервале 0–700 млн т до 47 шт/км на 100 млн т в интервале более 700 млн т.

Выводы

1. Анализ отказов железобетонных шпал со стержневым армированием показал, что при высокой грузонапряженности и использовании грузовых поездов повышенной массы (более 9000 т) с высокими осевыми нагрузками (250 кН) интенсивность отказов шпал в первые два-три года службы достаточна высока — 6 шт/км на 100 млн т брутто.

2. Проведен многолетний анализ дефектности железобетонных шпал со стержневым армированием ШЗ-Д 4×10 на шести участках (104 км) I пути Среднесибирской магистрали. Выявлено, что после пропуска 700 млн т брутто значительно (в четыре раза) возрастает интенсивность роста суммы дефектных и замененных шпал (2,5 %/км на 100 млн т в интервале 700–1100 млн т).

3. Железобетонные шпалы подтипа ШЗ-Д 4×10, изготовленные по технологии OLM1, не соответствуют перспективным эксплуатационным требованиям, в том числе межремонтному периоду в 2,5 млрд т брутто, из-за большого уровня роста дефектности, требующего дополнительных затрат на текущее содержание и промежуточные ремонты пути. Кроме того, по результатам переборки рельсошпальной решетки на базах ПМС после первого срока эксплуатации следует ожидать минимальный уровень годности шпал (для повторного использования на малодолятельных участках), что может привести к нехватке старогодных шпал и нерациональному использованию ресурсов.

Необходимо дальнейшее совершенствование конструкции железобетонных шпал со стержневым армированием (и, вероятно, со струнным тоже) при эксплуатационных испытаниях

новых вариантов на особо грузонапряженных направлениях в условиях тяжеловесного движения поездов.

Список источников

1. Железобетонные шпалы для рельсового пути / А.Ф. Золотарский, Б.А. Евдокимов, Н.М.Исаев и др. М.: Транспорт, 1980. 270 с.

2. ГОСТ 10629–88. Шпалы железобетонные предварительно напряженные для железных дорог колеи 1520 мм. Введ. 01.01.1990. Изм. 01.07.2004. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. 15 с.

3. ОСТ 32.152–2000. Шпалы железобетонные предварительно напряженные для железных дорог колеи 1520 мм Российской Федерации. Общие технические условия. М., 2000. 33 с.

4. ГОСТ Р 54747–2011. Шпалы железобетонные для железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия. Введ. 01.07.2012. М.: Стандартинформ, 2012. 28 с.

5. ГОСТ 33320–2015. Шпалы железобетонные для железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия. Введ. 01.03.2016. Изм. 25.12.1919. М.: Стандартинформ, 2019. 31 с.

6. Горбунов Н.Н., Величко Д.В. Адаптация производства железобетонных шпал современным требованиям // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2014. № 3. С. 71–74.

7. Величко Д.В., Горбунов Н.Н. Эффективность модернизации технологических линий по изготовлению шпал // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2014. № 4. С. 45–48.

8. Экономичное армирование железобетонной шпалы / С.А. Косенко, Д.В. Величко, С.В. Богданович, С.С. Хасенов, И.К. Соколовский // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 2 (61). С. 67–76.

9. Инструкция по ведению шпального хозяйства с железобетонными шпалами: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 22.08.2022 № 2183/р.

10. Анализ отказов железобетонных шпал в условиях Транссибирской и Среднесибирской магистралей. Тема № 2021-004. Новосибирск. 95 с.

EVALUATION OF DEFECTS IN REINFORCED CONCRETE SLEEPERS WITH ROD REINFORCEMENT ACCORDING TO SUBTYPE S3D 4x10

Velichko Dmitry — Ph.D., Associate Professor, Department of «Way and Track Management» Siberian Transport University. Novosibirsk, Russia. vdv.nsk@mail.ru

Pichkurova Natalia — Ph.D., Associate Professor, Department of Buildings, Building Structures and Materials Siberian Transport University. Novosibirsk, Russia. nataliapich@mail.ru

Abstract. The article presents an analysis of the defects of reinforced concrete sleepers according to the ШЗ-Д 4×10 subtype with their mass output on 6 sections of the Central Siberian railway with a service life of 700–1200 million tons. Statistics are given from 2013 to 2024. It is noted that when the missed tonnage of 700 million tons is reached, the intensity of growth in the amount of defective and replaced reinforced concrete sleepers increases significantly (by 4 times).

Keywords: reinforced concrete sleepers ШЗ-Д 4×10; string-concrete sleepers, defect, Central Siberian railway.

КОМПОЗИТНЫЕ МОБИЛЬНЫЕ ДОРОЖНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ВРЕМЕННЫХ ПРОЕЗДОВ



**БЕРЕЗИН Н.С., ООО «СТЕКЛОНИТ Менеджмент»,
директор департамента «Плиты МДП»,
БЕЛОВ О.Д., ООО «СТЕКЛОНИТ Менеджмент»,
ведущий инженер-проектировщик**

Стандартные методы, применяемые при освоении новых территорий, такие как устройство лежневой дороги, отсыпка грунтом (песком, песчано-гравийной смесью) при возведении железнодорожных насыпей на подтопляемых участках, в зоне действия водотоков, в ходе содержания и ремонта земляного полотна для обеспечения проезда в сложных гидрогеологических условиях, не всегда пригодны.

Для выполнения выше названных задач в качестве альтернативы может служить возведение временных проездов из мобильных дорожных покрытий «МДП МОБИСТЕК-80» производства АО «СТЕКЛОНИТ».

Плиты были разработаны в 2008 г. совместно с головным научным центром ПАО «Газпром» — «Газпром ВНИИГАЗ».

Мобильные дорожные покрытия «МДП МОБИСТЕК-80» представляют собой композитные плиты, оснащенные специальными замковыми соединениями для устройства единого полотна любых размеров и конфигураций. Выполнены по технологии трехслойной конструкции из сердечника на основе LVL-

бруса и многослойного стеклопластикового покрытия. Типовые размеры приведены на рис. 1. Основные характеристики мобильных дорожных покрытий «МДП МОБИСТЕК-80» представлены ниже.

Толщина, мм.....	100
Масса, кг.....	700–720
Габаритные размеры, м:	
Длина	6
Ширина.....	2,2
Размеры рабочей поверхности, м	
Длина	5,65
Ширина.....	1,85
Разрушающее напряжение, МПа:	
при изгибе, не менее.....	9
при сжатии, не менее.....	12

Мобильные дорожные покрытия «МДП МОБИСТЕК-80» применяются в следующих целях:

обеспечение оперативного проезда и доставки техники, людей на строительные объекты в условиях бездорожья, в том числе на болотах 1 и 2 типов, что обусловлено положительной плавучестью плит и высоким показателем погонной изгибной жесткости;

сооружение временных площадок под хранение материально-технических ресурсов;

устройство проездов и площадок при производстве строительно-монтажных работ на магистральных трубопроводах;

устройство мобильных взлетно-посадочных площадок под вертолетную и беспилотную технику;

сооружение временных переездов через различные коммуникации.

По сравнению с традиционным способом возведения временных проездов из лежневых настилов плиты «МДП МОБИСТЕК-80» обладают следующими преимуществами:

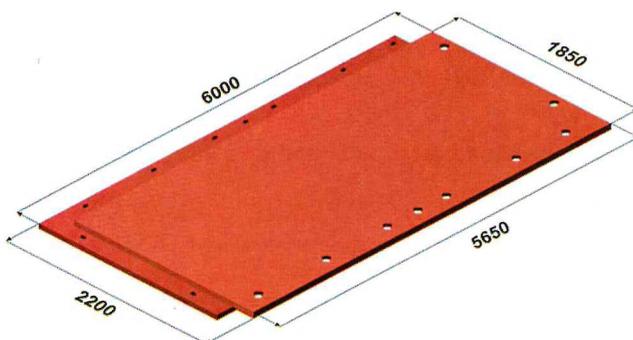


Рис. 1. Типовые размеры (мм) плиты «МДП МОБИСТЕК-80»



Рис. 2. Различные варианты применения «МДП МОБИСТЕК-80»: организация проезда тяжелой гусеничной техники на переувлажненных грунтах (а), организация проезда тяжелой колесной техники (б), производство работ на обводненных грунтах (в)

позволяют организовать проезд техники массой до 80 т;

сплошность покрытия защищает от грязи, ила и торфа, а также позволяет эффективно распределять нагрузку по всей площади опирания;

модульная концепция, позволяющая возводить проезды и площадки любой конфигурации;

минимальная предмонтажная подготовка поверхности, сокращающая потери времени и финансовые издержки;

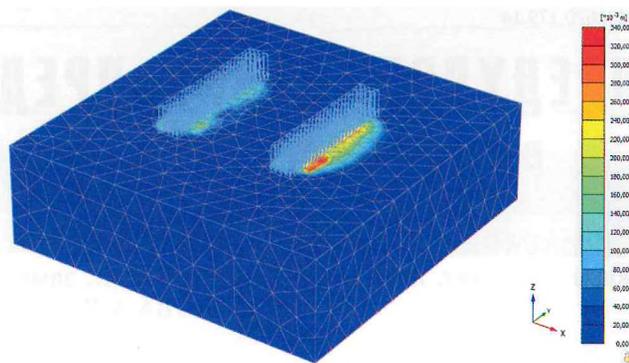


Рис. 3. Деформации слабого грунта под воздействием нагрузки от гусеничной техники

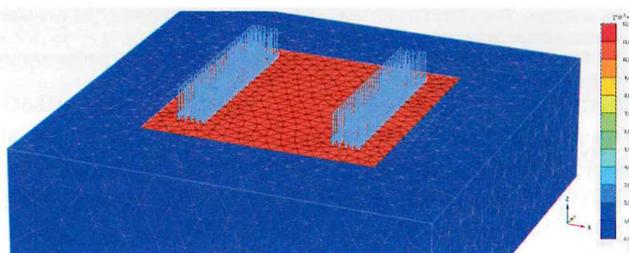


Рис. 4. Деформации слабого грунта под воздействием нагрузки от гусеничной техники с применением «МДП МОБИСТЕК-80»

многократная оборачиваемость;
высокая скорость укладки, производительность работ за одну смену превышает 1000 м²;
небольшой вес плиты (700 кг) при большой эффективности задействованной площади;

положительная плавучесть за счет малой плотности дает возможность применять МДП на болотах 1 и 2 типов без дополнительных мероприятий по подготовке основания;

применение в любых климатических зонах (рабочая температура варьирует от -60 до +60 С°);

стойкость к агрессивным средам, воздействию нефтепродуктов, ультрафиолетового излучения;

сохранение растительного покрова после эксплуатации, что позволяет избежать необходимости рекультивации почв.

Рис. 3 и 4 свидетельствуют, что мобильные дорожные покрытия «МДП МОБИСТЕК-80» дают возможность более равномерно распределить нагрузку от техники на слабые грунты и уменьшить их осадку на 96,5 %.

При укладке «МДП-МОБИСТЕК-80» на болотах требуется привести основание к однородному состоянию, при необходимости — выполнить корчевку пней, удалить крупные камни и отчистить площадку от кустарника.

УДК 620.179.14

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ПРЕДРАЗРЫВНОГО СОСТОЯНИЯ РЕЛЬСОВОЙ ПЛЕТИ МАГНИТНЫМ МЕТОДОМ

МАРКОВ А.А., АО «Радиоавионика», докт. техн. наук, АНТИПОВ А.Г., АО «Радиоавионика», канд. физ.-мат. наук, КОНДРАТЬЕВ Р.А., заместитель начальника Санкт-Петербургского ЦДМ НК, ЕФИМОВА А.В., АО «Радиоавионика», инженер

Аннотация. В работе представлены результаты определения величин стыковых зазоров рельсового пути магнитным методом в сложных зимних условиях. Методика основана на обработке сигналов, полученных с помощью вагона-дефектоскопа с электромагнитами на осях колесных пар. Проведено сравнение результатов магнитного метода с результатами ручных измерений и данными видеоконтроля на участке протяженностью 169 км при средней температуре рельсов -12 °С. Показана высокая достоверность (более 95 %) магнитного метода определения величин стыковых зазоров. Выявлены стыковые зазоры, превышающие нормативные значения и требующие приведения их в норму. Результаты исследования имеют практическую значимость для повышения безопасности движения поездов и оптимизации текущего содержания железнодорожного пути.

Ключевые слова: магнитный метод, рельсовая дефектоскопия, разрыв рельса, болтовой стык, стыковой зазор, бесстыковой путь, намагничивающая система.

Рельсовые пути на сети ОАО «РЖД» эксплуатируются в очень широком диапазоне температур. Расчетная температурная амплитуда достигает 110 °С и более [1]. При понижении температуры рельсов возникают растягивающие напряжения, приводящие к излому рельсовой плети и образованию больших зазоров, опасных для движения поездов. Разрыв рельсовой нити при низких температурах является актуальной проблемой при эксплуатации пути.

Одним из доступных способов предотвращения разрыва болтовых стыков является своевременное обнаружение стыковых зазоров сверхнормативных величин для данного температурного режима. Современные диагностические средства не всегда могут достоверно определить искомую величину, особенно в сложных зимних условиях [2, 3].

Организация ручного промера зазора с помощью шаблона КОР [1] при наступлении экстре-

Доставка «МДП-МОБИСТЕК-80» к месту производства работ осуществляется самосвалом или бортовой техникой. Монтаж целесообразно проводить с помощью крана либо экскаватора типа «обратная лопата» с объемом ковша 0,65–1,25 м³, оборудованным монтажным крюком.

Строповку «МДП-МОБИСТЕК-80» необходимо осуществлять, используя технологические отверстия для монтажа плит. При помощи замковых соединений и крепежных отверстий, смежные плиты соединяются между собой в единое полотно. Благодаря замковой системе возможно применение плит в криволинейных участках с радиусом от 90 м.

В заключение отметим, что применение мобильных дорожных покрытий «МДП МОБИСТЕК-80» для организации проезда в сложных гидрогеологических условиях показало состоятельность и практичность этой конструкции. Их использование позволяет уменьшить осадку грунта под тяжелой техникой до 96 %. Данная технология доказала свою эффективность

на различных объектах промышленного комплекса России, что подтверждено многочисленными актами и положительными отзывами по результатам эксплуатации.

Список источников

1. СП 34.13330.2021. «СНиП 2.05.02-85*. Автомобильные дороги». Введ. 10.08.2021. 2021. Доступ через ЭФ ПНТД.
2. СП 78.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85. Введ. 01.07.2013. М.: Минрегион России, 2013.
3. СП 37.13330.2012. Промышленный транспорт. Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91. Введ. 01.01.2012. Изм. 14.12.2023. М.: Минрегион России, 2013.
4. СП 312.1325800.2017. Дороги внутрихозяйственные. Правила эксплуатации. Введ. 15.06.2018. М.: Стандартиформ, 2018.
5. СП 313.1325800.2017. Дороги автомобильные в районах вечной мерзлоты. Правила проектирования и строительства. Введ. 15.06.2018. Изм. 30.05.2022. М.: Стандартиформ, 2018.

мально низких температур и высоком уровне снежного покрова весьма трудозатратна и не всегда реализуема.

Как показано в [4, 5], весьма эффективным и относительно простым в применении способом определения величин стыковых зазоров является обработка сигналов магнитного метода (MFL) контроля рельсов вагоном-дефектоскопом, комплексно реализующим другие методы (УЗ, видео). При этом система намагничивания должна обеспечивать значительный уровень магнитного потока в рельсах и высокую стабильность в рабочем диапазоне скоростей сканирования. Такой системой обладает вагон-дефектоскоп с аппаратурой Авикон-03М с электромагнитами на осях колесных пар индукторных тележек.

В предыдущих исследованиях [5] оценка достоверности определения величин стыковых зазоров была выполнена при сравнении информации, полученной автоматически магнитным методом и ручной обработкой видеоизображений болтовых стыков. Результаты в целом положительные [5]. В то же время измерения по видеоизображениям могут внести дополнительные погрешности, вызванные как возможными искажениями за счет скоростных условий, так и ограниченной точностью ручного анализа весьма малых величин (от 0 до 35 мм) по фрагменту изображения стыкового зазора. Кроме того, необходимо учитывать, что эти результаты в основном получены при достаточной освещенности (в летнее время) без ограничивающих факторов, характерных для зимних условий.

С целью дополнительного уточнения достоверности метода в зимних условиях выполнено исследование заснеженного участка пути протяженностью 169 км при средней температуре рельсов -12°C . Как видно из рис. 1, в связи со сложными условиями контроля и значительной (около 60 км/ч) скоростью движения подвижной единицы ультразвуковым (УЗ) методом по ряду каналов (42° и 0°) сигналы от болтового стыка не зафикси-

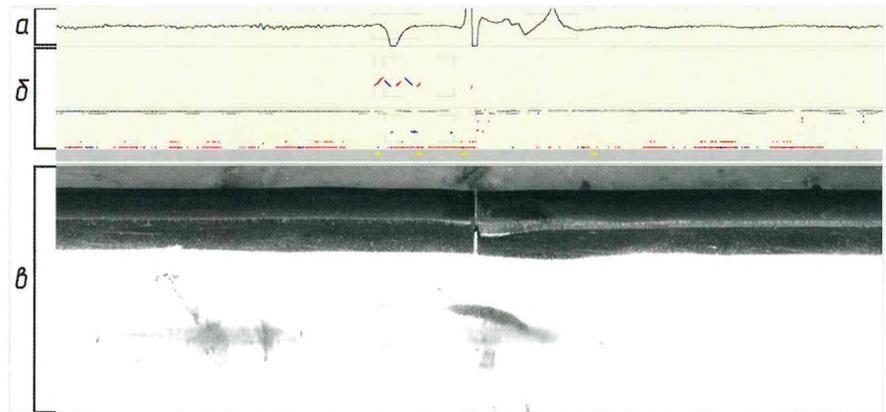


Рис. 1. Примеры изображения болтового стыка, полученные разными способами контроля:
а — магнитным методом; б — ультразвуковым методом; в — видеоизображение (со стороны нерабочей грани головки рельса)

рованы (отсутствуют сигналы от всех отверстий на приемном конце рельса). Система анализа видео также не распознала исследуемый объект. В то же время магнитный метод стабильно фиксирует сигналы как от концов накладки болтового стыка, так и от стыкового зазора.

На рассматриваемом участке магнитным методом автоматически распознаны все (3141 шт.) болтовые стыки. В то же время системой анализа видеоизображения обнаружено всего 304 стыка (менее 10 %). Возможно столь низкий результат вызван алгоритмами обработки видео, ориентированными на распознавания болтовых стыков по наличию стыковых накладок, которые в данном случае находятся под снежным покровом. Такой результат показывает необходимость разработки и внедрения для сложных зимних условий альтернативных методов измерения зазоров. По мнению авторов, наиболее подходящим для этих целей является ранее предложенный способ измерения зазоров, осно-

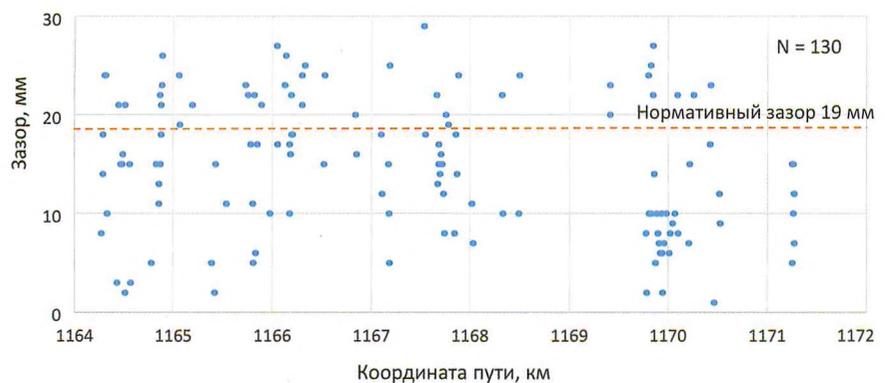


Рис. 2. Результаты натуральных измерения величин стыковых зазоров по обоим нитям пути. Пунктирной линией показан нормативный зазор при текущей температуре

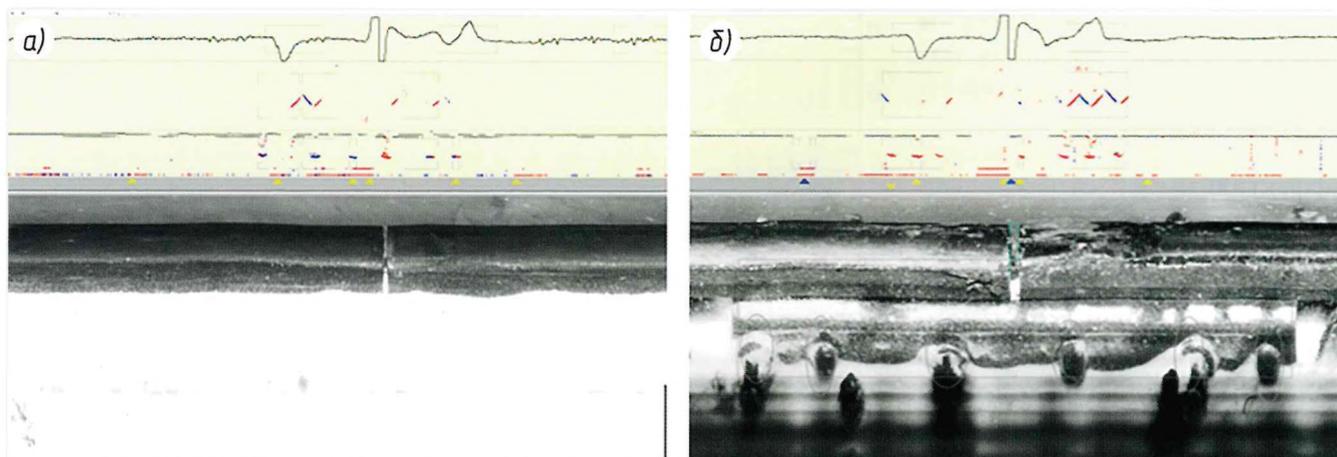


Рис. 3. Изображение болтовых стыков:

а — высокий уровень снега, система видеораспознавания не сработала; б — видно зону накладки, зона болтового стыка определена видеораспознаванием

ванный на магнитном методе неразрушающего контроля рельсов [6].

При поддержке специалистов путевого хозяйства для уточнения достоверности получаемых значений на выбранном участке проведены дополнительные измерения. Работы по промеру стыковых зазоров вручную при помощи шаблона типа КОР выполняли при отрицательной температуре и высоком уровне снежного покрова. Чтобы избежать влияние воздействия проходящих поездов на размер зазоров, измерения проводили непосредственно после проезда вагона-дефектоскопа. На выбранном участке протяженностью около 7 км выполнено ручное измерение зазоров в 130 болтовых стыках. Результаты измерений представлены на рис. 2 в виде точечной диаграммы.

Нормативный зазор установлен согласно [1] и зависит от климатической зоны и температуры рельсов, которая определялась пирометрами вагона-дефектоскопа. Как видно из рис. 2,

почти у половины болтовых стыков величина зазора превышает рекомендуемое значение на 1–10 мм. Отметим, что в зимний период температура на данном участке может опускаться до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

По указанным выше причинам система автоматической обработки видео на этом участке не определила ни одного болтового стыка, хотя визуально при нахождении местоположения стыка по данным магнитного и УЗ методов можно было выделить зону стыкового зазора на видеоизображении. Примеры записи сигналов в зоне стыков приведены на рис. 3.

Как видно из рис. 3, а, снежный покров полностью скрывает стыковую накладку, что мешает автоматическому видеораспознаванию определить наличие болтового стыка. В то же время на рис. 3, б накладка частично освобождена от снега, и данная зона распознается, не мешая системе видеорасшифровки определить зону болтового стыка и размер зазора.

На основании полученных данных ручных измерений (см. рис. 2) и результатов автоматического расчета магнитного метода сформирована таблица. Фрагмент точечной диаграммы совместных (ручного и магнитного) измерений, построенный по данным этой таблицы для левой нити пути, представлен на рис. 4. Из него видно, что в основном многие значения, измеренные двумя рассматриваемыми методами, совпадают или отличаются на

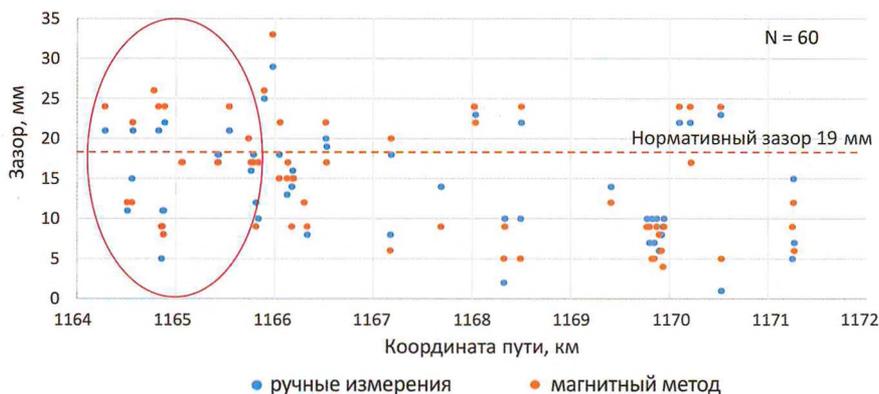


Рис. 4. Результаты измерения ручным и магнитным методами стыковых зазоров по левой нити пути

незначительную величину (1–5 мм). Для более наглядного отображения результатов, выделенный фрагмент (красный контур с 22 точками) представлен в виде гистограммы на рис. 5.

Как видно из гистограммы, большинство измерений стыковых зазоров, выполненных разными методами, не отличаются более чем на 5 мм. Однако обнаружен один болтовой стык, зазор которого, измеренный магнитным методом, составляет более 30 мм, что по действующей нормативной документации (НТД) [1] требует ограничения скорости движения поездов до 25 км/ч.

Сравнение данных ручного и магнитного методов по всем 130 стыковым зазорам на анализируемом участке пути протяженностью 7 км приведено на рис. 6. Из рисунка видно, что результаты ручного измерения и автоматического расчета сигналов магнитного метода в целом совпадают. Достоверность составляет более 95 %, что с учетом сложных зимних условий является неплохим показателем. Отклонения, находящиеся в диапазоне от 6 до 7 мм, составляют менее 5 %. Причины таких отклонений в основном связаны с механическими повреждениями концевых участков рельсов и подробно описаны в [4, 5].

Таким образом, можно считать доказанным, что достоверности автоматического измерения величин стыковых зазоров магнитным способом вполне достаточно для практических измерений с целью обеспечения безопасной эксплуатации железнодорожных путей. Причем эти измерения могут проводиться как при плановом проезде вагона-дефектоскопа, так и при организации специальных проездов, назначаемых в период аномально низких температур.

Анализ полученных данных показал, что магнитный метод, использованный на всей протяженности пути (169 км), позволил автоматически распознать все болтовые стыки и измерить стыковые зазоры. Согласно требованиям НТД [1] результаты отсортированы по допустимым скоростям движения и сведены в табл. 1.

Отметим, что на анализируемом участке выявлено 12 стыковых зазоров свыше 30 мм, которые в соответствии с действующими НТД требуют ограничения скорости до 25 км/ч, и 67 бол-

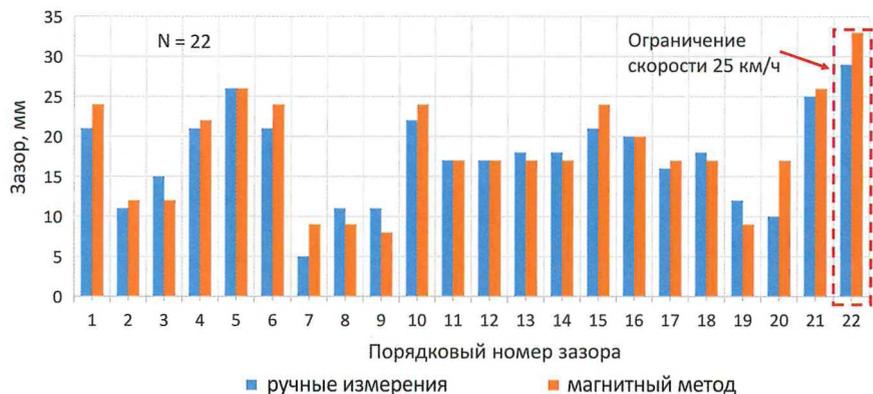


Рис. 5. Сравнение натуральных измерений стыковых зазоров с данными магнитного метода. Красным пунктиром выделен зазор, превышающий допустимые значения

товых стыков, требующих ограничения скорости до 60 км/ч. На основании полученных данных сформирована ведомость сверхнормативных зазоров (табл. 2), требующих ограничения скорости движения поездов до 25 км/ч.

Дополнительно все 12 зазоров подтверждены и ручным анализом по видеоизображению. Наиболее аномальные значения выделены цветом. В кратчайшие сроки путейцы устранили выявленные нарушения на участке.



Рис. 6. Сравнение натуральных измерений стыковых зазоров с данными магнитного метода

Таблица 1
Условия пропуска поездов по стыкам и выявленные отклонения

Стыковой зазор, мм (при диаметре отверстий 36 мм)*	Скорость движения поездов не больше, км/ч	Из 3141 шт. стыков выявлено, шт.
Более 24 до 26	100	347
Более 26 до 30	60	67
Более 30 до 35	25	12
Более 35	Движение прекращается	0

* При диаметре отверстий 40 мм нормы увеличиваются на 2 мм.

Таблица 2

Фрагмент ведомости сверхнормативных зазоров, определенных магнитным методом

Левая нить				Правая нить			
км	м	Температура рельса, °С	Зазор, мм	км	м	Температура рельса, °С	Зазор, мм
1091	077	-12	31	1124	383	-10	33
				1104	587	-11	31
				1084	20	-13	33
				1080	357	-13	31
1071	12	-11	>33	1073	505	-12	31
				1068	688	-11	31
1050	887	-11	31	1065	811	-11	31
				1049	682	-12	31
				1030	425	-11	31

Весьма интересной функцией, позволяющей в перспективе осуществлять мониторинг болтовых стыков, является возможность синхронизации сигналов нескольких поездов с точностью до каждого стыка, с индикацией величин стыковых зазоров. В будущем это позволит по тенденции изменения искомым значений заранее запланировать работы по предупреждению негативных последствий (разрыва стыков).

Предварительные исследования, показывают, что авторская программа по расчету и мониторингу стыковых зазоров функционирует успешно. Работы по ее корректировке и способам представления результатов мониторинга будут продолжены.

Как отмечено в [5] и будет показано в последующих исследованиях, данной методикой могут быть определены и близкие к нулю значения стыковых зазоров, важные для предупреждения выбросов пути при высоких температурах окружающего воздуха.

Выводы

1. Магнитный метод измерения стыковых зазоров показал высокую достоверность (более

95 %) по сравнению с ручным методом, особенно в сложных зимних условиях.

2. Предложенный метод позволяет автоматизировать процесс измерения зазоров, что существенно повышает эффективность и оперативность контроля.

3. Система дает возможность выявлять стыковые зазоры, превышающие допустимые значения, и определять необходимость ограничения скорости движения поездов.

4. Метод может быть использован для мониторинга состояния болтовых стыков и прогнозирования возможных проблем в будущем.

Список источников

1. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 14.11.2016 № 2288р (в ред. от 13.12.2023).

2. Стоянкович Г.М., Пупатенко В.В. Температурные деформации в зоне уравнильных пролетов бесстыкового пути // Путь и путевое хозяйство. 2019. № 6. С. 34–37. EDN: NCPQLA.

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

4. Марков А.А., Антипов А.Г., Максимова Е.А. Оценка зазоров в болтовых стыках рельсов магнитным методом // Путь и путевое хозяйство. 2023. № 9. С. 26–28; № 10. С. 21–23. EDN: WLQJJDV.

5. Марков А.А., Антипов А.Г., Максимова Е.А. Автоматизация измерения стыковых зазоров рельсового пути магнитным методом // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2024. Т. 83, № 2. С. 149–160. EDN: NQBDLA.

6. Патент № 2793171 РФ, В61К 9/08. Способ оценки стыковых зазоров рельсов железнодорожного пути / Антипов А.Г., Марков А.А., Максимова Е.А.; патентообладатель АО «Радиоавионика». № 2022131896; заявл. 06.12.2022; опубл. 29.03.2023; Бюл. № 10.

PREVENTION OF PRE-RUPTURE CONDITION OF RAIL TRACKS USING THE MFL METHOD

Markov Anatoliy — D.Sci., Head of the Department «Methods and means of nondestructive testing», Radioavionica JSC. St. Petersburg, Russia. anarmarkov@gmail.com

Antipov Andrey — Ph. D, senior researcher, Radioavionica JSC, St. Petersburg, Russia.

Kondratiev Roman — Deputy Head of the St. Petersburg Center for Diagnostics and Monitoring of NDT.

Efimova Anna — Engineer, Radioavionica JSC. St. Petersburg, Russia.

Abstract. The paper presents the results of determining the values of railway track joint gaps using a magnetic flux leakage (MFL) method in difficult winter conditions. The technique is based on processing signals obtained using a flaw-detector car with electromagnets on the axles of wheel pairs. The results of the MFL method are compared with the results of manual measurements and video monitoring data on a 169 km section at an average rail temperature of -12 °C. High reliability (over 95%) of the MFL method for determining the values of track joint gaps is demonstrated. Joint gaps exceeding standard values and requiring their normalization are revealed. The results of the study are of practical importance for improving train traffic safety and optimizing the current maintenance of the railway track.

Keywords: magnetic flux leakage, MFL, rail NDT, rail break, bolted rail joint, rail joint gap, continuous welded track, magnetizer.

ОБСЛЕДОВАНИЕ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗАЩИЩЕННОГО БПЛА И СИСТЕМЫ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ



СМОЛИН А.И., ОАО «Российские железные дороги», заместитель начальника Самарского центра диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры

В Самарской мостостанции проходит опытную эксплуатацию система видеоинспекции на базе противоударного промышленного беспилотного летательного аппарата (БПЛА) Elios 2.

В состав комплекса входит БПЛА с защитным корпусом, который обеспечивает возможность работы в труднодоступных местах, и высокопроизводительный ноутбук с программным обеспечением, способным выполнять обработку фото- и видеоматериалов на основе нейросетевых процессов (рис. 1).

Данный комплекс служит вспомогательным средством диагностики при обследовании железобетонных и металлических пролетных строений мостов и путепроводов. Управляет БПЛА оператор с помощью пульта-контроллера, на котором закреплен планшет. После завершения полетов полученный видеоматериал через флеш-накопитель переносят на ноутбук с программой распознавания дефектов.

В настоящее время пролетные строения мостов и путепроводов обследуют с применением средств индивидуальной защиты для работы на высоте, при наличии исправных смотровых приспособлений в конструкции пролетных строений мостов. Экипировка работников высотным снаряжением занимает много времени. Для работы на высоте необходимо пройти обучение и медицинскую комиссию.



Рис. 1. Противоударный БПЛА и высокопроизводительный ноутбук

Применение же системы видеоинспекции позволяет обследовать искусственные сооружения, исключая перечисленные выше условия.

В целях проведения пробной эксплуатации и внедрения данной системы в процесс обследования искусственных сооружений (ИССО) разработан и утвержден план работы на 2024 г., который включает в себя 20 сооружений на полигоне Куйбышевской железной дороги: 17 мостов с металлическими пролетными строениями разных типов (балочные длиной до 23 м; фермы длиной до 110 м) и три моста с железобетонными пролетными строениями длиной от 16 до 23 м.

Для проверки системой машинного зрения в приоритетном порядке выбрали сооружения с дефектами, выявленными ранее. Наиболее целесообразно применить данную систему при обследовании больших (длиной более 100 м) и средних (длиной 25–100 м) мостов.

На 01.09.2024 был выполнен облет 12 искусственных сооружений.

На основании полученного практического опыта разработана схема облета обследуемых пролетных строений.

В ходе работ был составлен хронометраж затраченного времени на выполнение всех операций — от

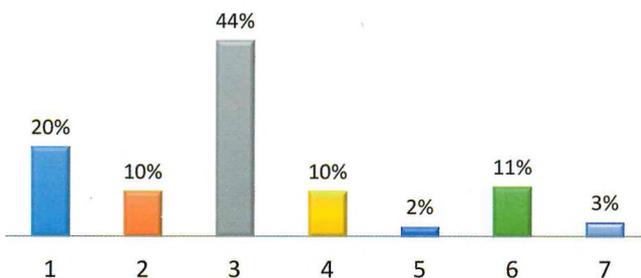


Рис. 2. Выявленные неисправности: 1 — места разрушения защитного слоя бетона пролетных строений с оголением арматуры; 2 — сколы бетона; 3 — потеки выщелачивания (нарушение гидроизоляции); 4 — трещины в поверхности бетона; 5 — разрушение диафрагм объединения смежных балок; 6 — очаги коррозии металлических пролетных строений; 7 — локализованные трещины в металлических пролетных строениях

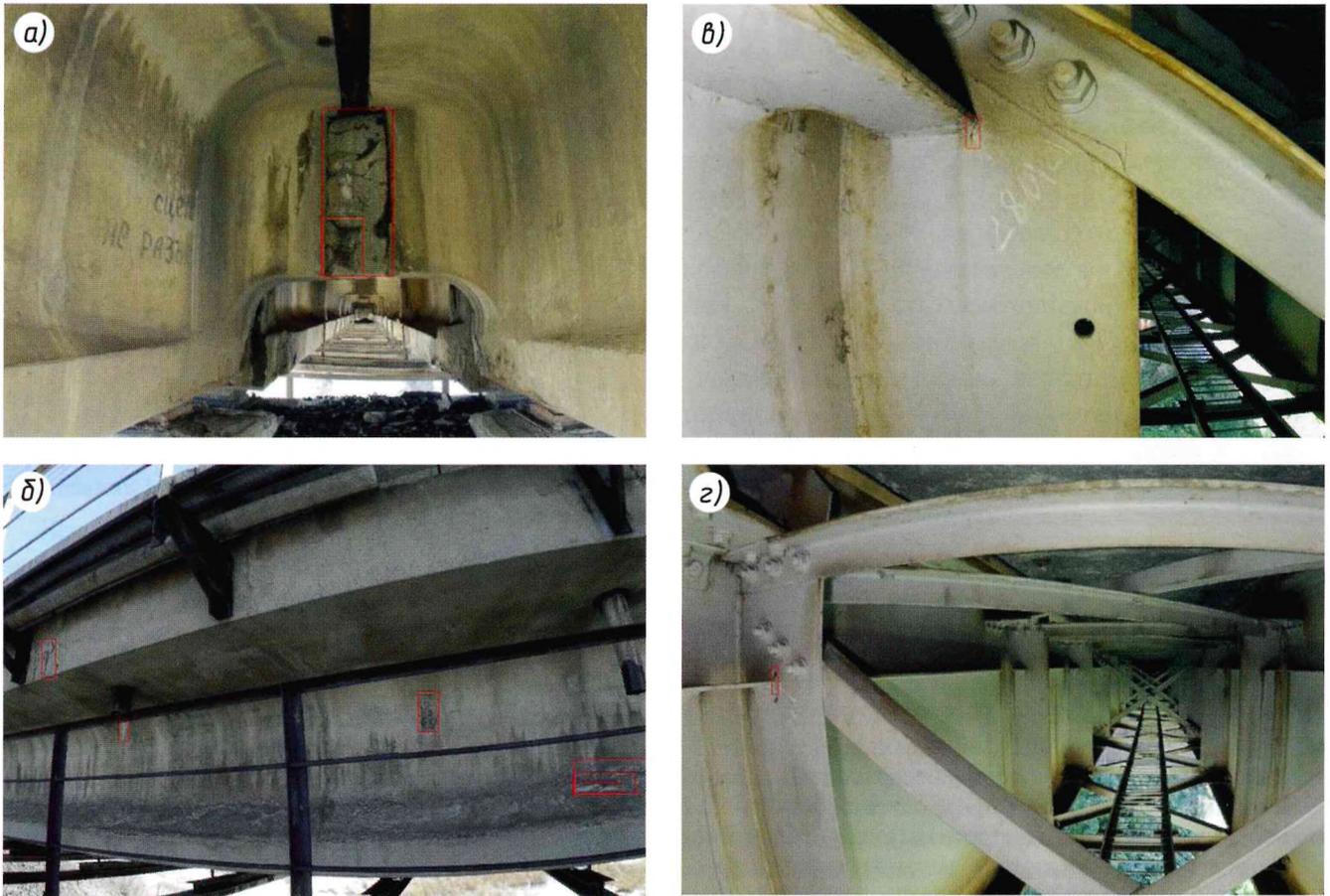


Рис. 3. Примеры выявленных при помощи системы машинного зрения неисправностей: а — разрушение бетона диафрагм объединения смежных железобетонных балок пролетного строения; б — локальные сколы бетона, места оголения арматуры и потеки выщелачивания; в, г — трещины в металлических пролетных строениях (оба дефекта были выявлены ранее при обследованиях и подтверждены системой машинного зрения); красным обведены дефекты

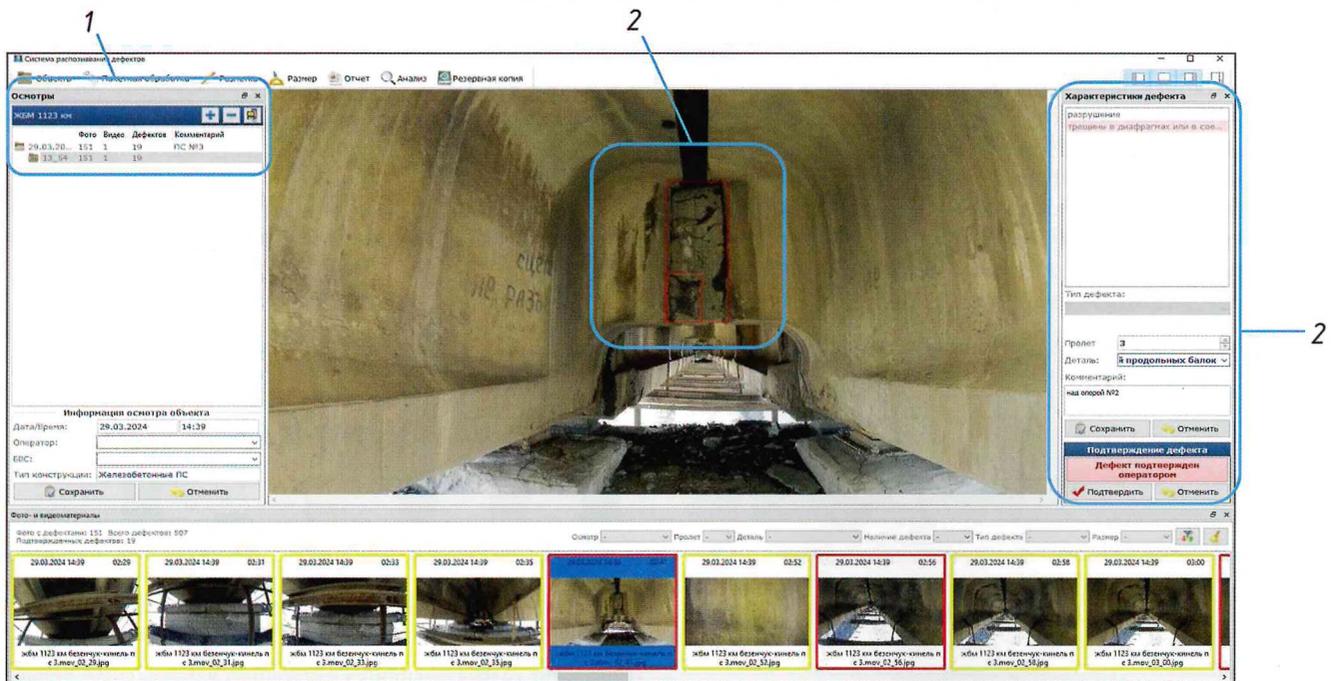


Рис. 4. Снимок экрана при работе в программе обработки полученных видеоматериалов: 1 — общие сведения о рассматриваемом объекте; 2 — тип дефекта, определенный системой

снаряжения БПЛА до его разборки. На облет моста с тремя железобетонными пролетными строениями (16,5 + 18,7 + 16,5 м) затрачено 75 мин:

на пролетное строение длиной 16,5 м понадобилось 7,5–8,5 мин, остаток заряда аккумулятора составил 21–31 %;

на пролетное строение длиной 18,7 м понадобилось 9,5 мин, остаток заряда аккумулятора составил 9 % (поскольку пролетное строение длиной 18,7 м имело диафрагмы не только по концам пролета, но и в третях, необходимо было совершать дополнительные манипуляции с БПЛА для съемки всех мест).

Анализ времени, затраченного на обследование моста, показал, что специалисты мостоиспытательных станций (МИС) в среднем тратят 8 ч на 100 м, а среднее время осмотра (с расшифровкой видеоданных) с помощью БПЛА составляет 3,5 ч на 100 м, т. е. в два раза быстрее.

В ходе выполненных работ выявлено 90 неисправностей (рис. 2).

Примеры неисправностей, распознанных системой, приведены на рис. 3.

На рис. 4 представлен снимок экрана при работе в программе обработки полученных видеоматериалов. В нижней части рисунка — лента фотографий, размеченных нейросетью. Желтой рамкой система помечает фотографии, на которых, как она считает, присутствует неисправность; красной — фотографии с неисправностями, которые подтверждены оператором.

При облете железобетонного пролетного строения длиной 16,5 м нейросетью была размечена 151 фотография, на которых предполагалось наличие 507 дефектов; из них оператором подтверждено всего 19. Такая большая разница объясняется тем, что нейросеть ошибочно принимала за дефекты ветки деревьев, остатки снега и другие объекты на этапах взлета, перемещения и посадки БПЛА.

Основным ограничением применения БПЛА являются погодные условия, а именно ветер. Согласно техническим характеристикам защищенного БПЛА сопротивляемость ветру составляет до 5 м/с. Кроме того, он не защищен от воды.

При этом карты технологических процессов на обследовании ИССО специалистами МИС допускают проведение обследований при более суровых погодных условиях. Таким образом, возникают ситуации, когда невозможно использовать БПЛА при проведении плановых обследований ИССО.

Также затрудняет работу ограниченное время полета на одном аккумуляторе — до 10 мин.

К достоинствам использования БПЛА относятся следующие:

возможность выявления дефектов в труднодоступных местах, отсутствие слепых зон;

уменьшение объема работ на высоте;

автоматизация обработки полученных результатов — распознавание дефектов происходит в автоматическом режиме, оператор работает уже с готовыми данными, подтверждая либо отклоняя обнаруженную системой неисправность.

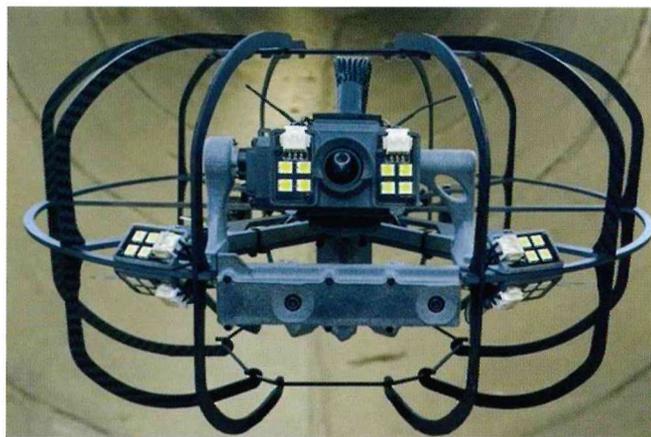


Рис. 5. Отечественная модель БПЛА, находящаяся в разработке

Можно с уверенностью утверждать, что система видеосъемки подтвердила свою работоспособность и в дальнейшем заменит привычное обследование ИССО, но на сегодняшний день она пока еще не может заменить квалифицированных специалистов.

Противоударный промышленный БПЛА Elios 2 пока не имеет мировых аналогов. Его особенность заключается в способности стабилизировать свое положение после удара об элементы конструкции за счет повышенной скорости вращения винтов (до 30 тыс. об/мин). Этим объясняется его высокая стоимость — около 8 млн руб. При этом заявленный ресурс двигателей составляет всего 25 ч работы, после чего их необходимо менять, чтобы сохранить гарантийные обязательства. Это также влечет за собой дополнительные расходы. Управление защищенным БПЛА осуществляется полностью в ручном режиме и требует от оператора определенных навыков и сноровки.

Перспективной является возможность выполнения облета по заранее заданным координатам — геоточкам даже специалистом, не имеющим навыков управления.

На рис. 5 представлен отечественный БПЛА, который сейчас разрабатывается с учетом наших предложений. Он должен иметь улучшенные полетные технические характеристики, увеличенную емкость аккумулятора, приемлемую стоимость, повышенный ресурс двигателей, автоматический режим полета. Специалисты НПЦ АО «Марс» планируют до конца года продемонстрировать работу отечественного защищенного БПЛА.

Одним из основных направлений развития является совершенствование самой системы распознавания дефектов: снижение объема перебраковки, реализация возможности группирования однотипных дефектов, а также самостоятельное определение системой элементов искусственного сооружения с построением 3D-модели и карты дефектов на ней.

Самарский центр диагностики тесно сотрудничает с НПЦ АО «Марс» по доработке программного обеспечения. В настоящее время выпущено два обновления программы с учетом наших замечаний.

ВЫЯВЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНО ДЕФОРМИРУЮЩИХСЯ УЧАСТКОВ ПУТИ МЕТОДОМ ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ

ШАПОВАЛОВ В.Л., Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), докт. техн. наук.,
 АРХИПОВ В.В., РГУПС аспирант, ОКОСТ М.В., РГУПС, канд. техн. наук.,
 МОРОЗОВ А.В., РГУПС, канд. техн. наук

Аннотация. Рассмотрена связь величины деформации пути (перекоса) с модулем деформации балласта и данными георадиолокационных измерений. Получаемые характеристики позволяют прогнозировать расположение участков, где в перспективе могут возникать отступления геометрии рельсовой колеи.

Ключевые слова: модуль деформации, балластный слой, уплотненность, георадар, железнодорожный путь.

Обоснование применения георадиолокации как идентификационного метода выявления участков пути с недостаточным уплотнением балластного слоя представлено в настоящей статье.

Для установления связи между деформациями, уплотнением балластного слоя, модулем деформации балласта и георадиолокационными данными, а также дальнейшего прогнозирования возникновения расстройств геометрии пути выполнен комплекс исследований. В такой постановке задачу ранее не рассматривали.

В 2022 и 2023 гг. на перегоне Звереве—Сулин Северо-Кавказской дороги на четном пути первого класса с 1086 км ПК4 по 1096 км ПК2 научной лабораторией по оценке состояния верхнего строения пути Ростовского государственного университета путей сообщения проведены наблюдения. В апреле 2022 г. на участке завершен капитальный ремонт, уложен бесстыковой путь с рельсами типа Р65 на железобетонных шпалах со скреплением АРС, в мае балласт пополнен и выправочной техникой путь приведен в нормативное состояние. По прошествии 14 дней геометрические параметры рельсовой колеи ухудшились. На четырех километрах выявлены пять отступлений IV степени (ограничение скорости до 40 км/ч), на семи — 12 отступлений III степени (без ограничения скорости).

С января по декабрь 2023 г. комплексом «ЭРА» на участке измерены такие параметры как уровень, рихтовка, шаблон и просадки рельсовой колеи. Выбор способа получения параметров по результатам контрольных проездов комплекса и георадиолокационных данных для анализа участка пути обоснован скоростью получения информации, а также их целевым назначением (диагностика верхнего строения пути и основной площадки земляного полотна). Кроме того, в апреле 2023 г. выполнены прямые измерения модуля деформации балластного слоя прибором ZORN ZFG 3.0.

Исследование состоит из следующих основных этапов: сбор, обработка и систематизация инфор-

мации об изменениях геометрии рельсовой колеи с выделением участков, имеющих отклонения от норм содержания, и динамике их развития; полевое определение модуля деформации балластного слоя в трех точках на километр; обработка георадиолокационной информации и анализ амплитудной и частотной составляющей отраженного сигнала на всем протяжении пути. Сочетание используемых методов позволяет установить связи между характеристиками, указанными в задачах исследования, и получить зависимости величины деформации пути от модуля деформации балласта, а также отражательной способности и средневзвешенной частоты балластного слоя от величины деформации пути.

Оценка геометрии рельсовой колеи

Наиболее частыми причинами отступлений и неисправностей геометрии рельсовой колеи являются неравномерная упругость балластного слоя, его загрязненность и деформация основной площадки земляного полотна. Поэтому анализируемым параметром был выбран перекос рельсовых нитей, измеряемый в миллиметрах и фиксируемый путеизмерительной системой диагностического комплекса «ЭРА». Оценивали значения отклонений геометрии рельсовой колеи III степени, для которой величина перекоса превышает 10 мм. Используя путеизмерительные ленты [1] за 2023 г., получаемые ежемесячно, сформирована выборка перекосов III степени с их координатами. Массив максимальных значений перекоса использован в сравнительном анализе с данными георадиолокационных измерений и полевых исследований.

На рис. 1 приведены результаты интерпретации путеизмерительных лент в виде цветовой карты с отступлениями параметра «перекос III степени». Ось абсцисс соответствует протяженности участка в метрах, ось ординат — временной период. Цветовой градиент соответствует

изменению величины перекоса: от синего цвета (отступления III степени отсутствуют) к красному цвету (максимальное значение отступлений III степени). Цветовая шкала, соответствующая величине перекоса в миллиметрах, приведена в нижней части рис. 1. Зеленой рамкой выделены максимальные значения перекосов, зафиксированные в течение года. Принятая форма интерпретации результатов анализа отступлений геометрии рельсовой колеи по перекосам позволяет отследить месяцы, когда были устранены отклонения и оценить динамику развития перекосов.

Так, можно сделать вывод, что техническое обслуживание участка пути, выполненное в период с 20 сентября по 21 октября 2023 г., позволило уменьшить величину перекосов и протяженность участков с отступлениями. Однако результаты контрольного проезда 20 ноября 2023 г. показали рост наблюдаемых величин.

Определение модуля деформации балластного слоя

В работе использован метод определения модуля деформации как характеристики упругих свойств, зависящей от степени уплотнения. В полевых условиях проведены динамические испытания реакции балластного слоя на действия ударной нагрузки, передаваемой через круглый штамп прибором ZORN ZFG 3.0. Измерения выполнены в межшпальном пространстве в трех точках на 1 км пути, при этом для уменьшения погрешности в одной из точек делали серию измерений с последующим усреднением полученных значений. Вместе с модулем деформации E_{vd} , МПа, дополнительно определены значения деформации S , мм, и коэффициент S/v , характеризующий возможность дальнейшего уплотнения балластного слоя, где v — скорость деформации, мм/с. В соответствии с инструкцией к прибору ZORN ZFG 3.0 при значении $S/v < 3,5$ последующее уплотнение инертного материала невозможно, при $S/v > 3,5$ — допустимо. Всего выполнено 93 измерения в 31 точке.

Метод георадиолокации

Поскольку метод георадиолокации позволяет оценивать изменение физических свойств [2, 3, 4] и внутренней структуры исследуемой среды, в данном случае

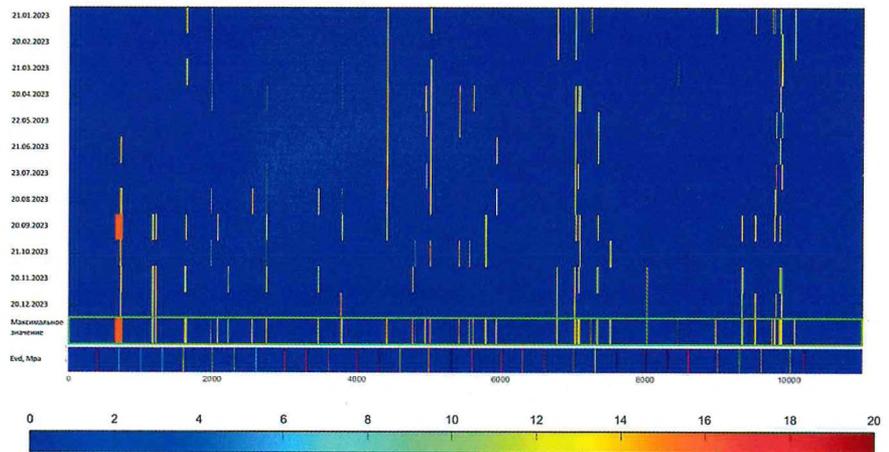


Рис. 1. Интерпретация анализа распределения отклонений на исследуемом участке пути

он применен как диагностический инструмент определения состояния балластного слоя. В качестве входных георадиолокационных данных использованы радарограммы, полученные рупорным антенным блоком с центральной частотой 400 МГц. Пример такой радарограммы приведен на рис. 2. Стрелками отмечены поверхность и нижняя граница балластного слоя.

Исходные радарограммы после предварительной обработки (вычитание сигнала прямого прохождения) подвергали амплитудному и частотному анализу.

Амплитудный анализ заключается в определении отражательной способности слоя балласта с учетом процесса затухания электромагнитного излучения. В общем виде процесс затухания электромагнитного излучения, распространяющегося в среде, можно описать следующим выражением:

$$\Sigma_0 = \int_0^{\infty} |F(r)| dr,$$

где Σ_0 — отражательная способность слоя в интервале глубин r от 0 до ∞ ; $F(r)$ — сигнал георадиолокационного импульса; dr — элемент интегрирования, дифференциал (бесконечно малое изменение r).

Поскольку квазигармонический сигнал $F = F(r)$ достаточно быстро затухает в среде, он может с высо-

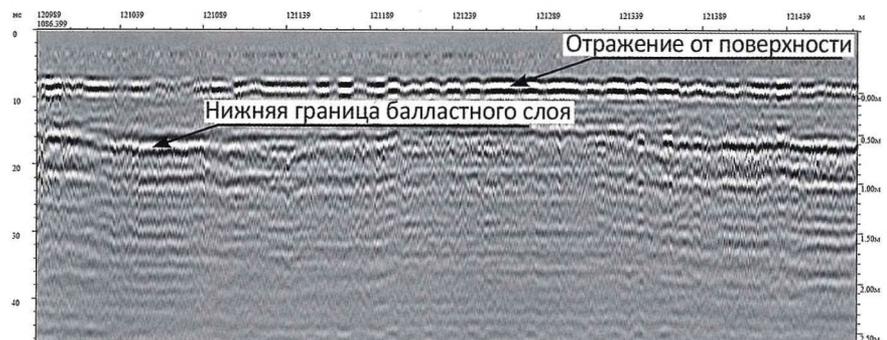


Рис. 2. Фрагмент радарограммы профиля участка пути перегона Зверев—Сулин

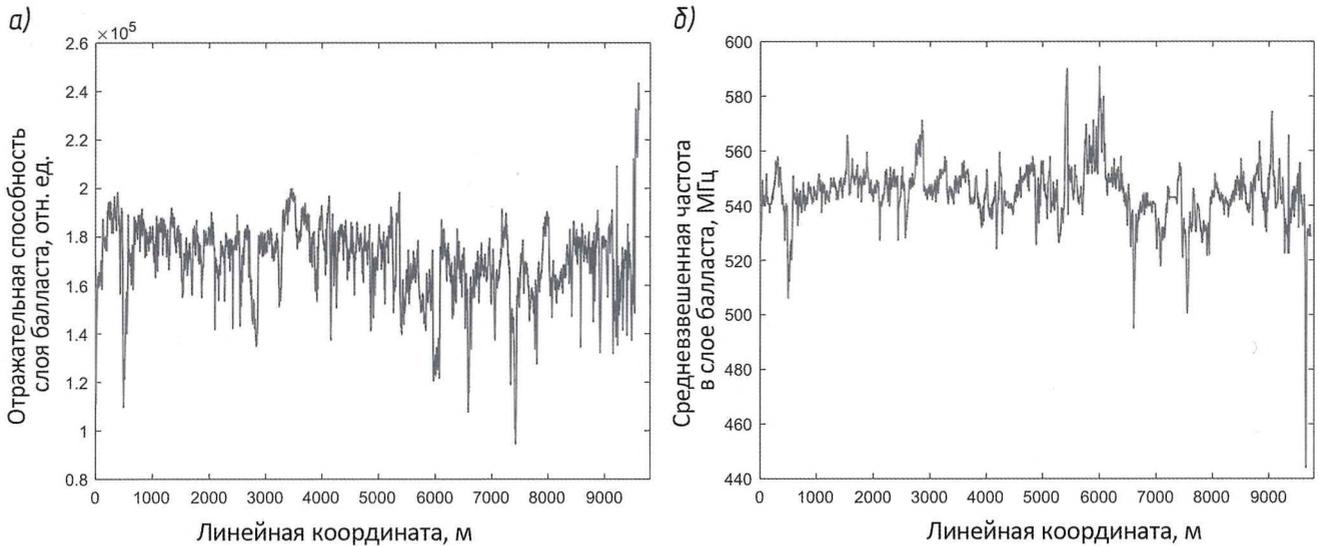


Рис. 3. Результаты амплитудного (а) и частотного (б) анализа

кой точностью быть представлен в виде

$$F(r) = f(r)e^{-\rho r}, \quad (1)$$

где $f(r)$ — амплитуда затухающего георадиолокационного сигнала, как функция от r ; e — экспонента; ρ — коэффициент затухания электромагнитного излучения в среде. Затем, преобразовав (1), получаем

$$F(r) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^{\infty} f(\omega) \sin\left(\frac{\omega\sqrt{\epsilon}}{c}r\right) d\omega,$$

где ω — круговая частота; ϵ — диэлектрическая проницаемость среды (слоя); c — скорость света в вакууме.

Таким образом, выбрав ограниченную область отсчетов в радарограмме, соответствующую слою балласта ($0, r_m$) от нижней постели шпалы до глубины 0,4 м (нормативное значение), рассчитывают его отражательную способность следующим образом:

$$\Sigma_m = \int_0^{r_m} |F(r)| dr,$$

где 0 и r_m — координаты верха и низа анализируемого балластного слоя; m — номер отсчета в трассе, соответствующий нижней границе балластного слоя.

Частотный анализ георадиолокационной информации основан на расчете средневзвешенной частоты в выбранном диапазоне отсчетов трасс. Процедура применяется для двумерного массива, сформированного из радарограммы, размеры которого определяет целевое окно поиска. Применяя дискретное преобразование Фурье к трассе $F(x_j)$, получаем

$$F(x_j) = \sum_{k=1}^n C_k e^{i2\pi(k-1)x_j},$$

где x_j — последовательность отсчетов в трассе; j — номер отсчета, который изменяется в интервале от 1 до n ; k — индекс суммирования коэффициентов Фурье от 1 до n ; i — мнимая единица; C_k — коэффи-

циенты Фурье, которые определяют по следующему правилу:

$$C_k = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n F(x_j) e^{-i2\pi(k-1)x_j}, \quad 0 \leq k \leq n.$$

Таким образом, определенные спектральные амплитуды и частоты для соответствующих гармоник позволяют найти средневзвешенную частоту $f_{св}$, которую в общем виде можно представить следующим образом:

$$f_{св} = \frac{\sum A_i f_i}{\sum A_i},$$

где f_i и A_i — соответственно спектральные частота и амплитуда для i -й гармоники.

В результате таких процедур формируется массив-строка с количеством ячеек, равным числу трасс в профиле, в которых содержится информация об амплитудных и частотных составляющих радарограммы в заданном окне по глубине.

Представленный выше подход стал основой определения изменения плотности балластного слоя при механическом воздействии по результатам анализа амплитуд трасс георадиолокационных сигналов. При этом возможно рассмотрение реальной среды как однородной с плоскими горизонтальными границами раздела, что позволит изучить конструктивные элементы пути в виде плоскопараллельной слоистой структуры с учетом постоянства показателя преломления в пределах границ каждого слоя.

В результате обработки радарограмм получены значения отражательной способности и средневзвешенной частоты (рис. 3). Амплитудные и частотные атрибуты распределены вдоль обследованного участка неравномерно, и на некоторых участках пути их значения повышаются. Это связано с различными характеристиками балластного слоя.

(Окончание в следующем номере)

ЛУЧШИЙ КАБИНЕТ ТЕХНИЧЕСКОЙ УЧЕБЫ

Подведены итоги конкурса 2024 г. «Лучший кабинет технической учебы», прошедший в структурных подразделениях производственного блока ОАО «РЖД» в соответствии с Распоряжением от 26 сентября 2022 г. № 2466/р. Оценка конкурсных работ проводилась по трем номинациям «Лучший кабинет технической учебы», «Лучший конспект по технической учебе» и «Лучший конспект по предсменным инструктажам».

От **Центральной дирекции инфраструктуры** в номинации «**Лучший кабинет технической учебы**» **первое место** заняла Сахалинская дистанция инфраструктуры Дальневосточной ДИ.

В номинации «**Лучший конспект по технической учебе**» победители распределились следующим образом:

первое место — Рогожин С.А., Фаянсовая дистанция инфраструктуры Московской ДИ, тема «Содержание рельсовых цепей и технология производства работ при их обслуживании»;

второе — Трудоношин Д.А., Василенко В.А., Микунская дистанция инфраструктуры Северной ДИ, тема «Правила по безопасному нахождению работников ОАО «РЖД» на путях, утвержденные распоряжением ОАО «РЖД» от 24.12.2012 г. № 2665»;

третье — Стецурин А.И., Московско-Окружная дистанция инфраструктуры Московской ДИ, тема «Управление стрелочными электроприводами. Порядок планирования, учета и контроля выполнения работ в хозяйстве автоматики и телемеханики».

От **Управления пути и сооружений Центральной дирекции инфраструктуры** в финал вышли 12 кабинетов технической учебы, девять конспектов по технической учебе и шесть конспектов по проведению предсменных инструктажей.

В номинации «**Лучший кабинет технической учебы**» признаны победителями следующие участники:

первое место — Московско-Киевская дистанция пути Московской дороги;

второе — Иркутск-Сортировочная дистанция пути Восточно-Сибирской дороги;

третье — Горький-Казанская дистанция пути Горьковской дороги.

В номинации «**Лучший конспект по технической учебе**» призовые места распределились следующим образом:

первое — Каравдина Н.В., начальник сектора

службы пути Московской дороги, тема «Контроль за угоном рельсовых плетей»;

второе — Радионова Н.В., начальник сектора Восточно-Сибирской дороги, тема «Замена рельсовых плетей бесстыкового пути и перекладка с переменной рабочей канта»;

третье — Белореченская дистанция пути Северо-Кавказской дороги, тема «Действия при обнаружении неисправности проходящего подвижного состава. Действия при сходе подвижного состава, при падении груза из проходящего поезда на пути или смещении груза за пределы габарита. Действия при обнаружении утечки нефтепродуктов, кислоты и других химических веществ из подвижного состава».

Итоги конкурса в номинации «**Лучший конспект по проведению предсменных инструктажей**»:

первое место заняла Гармоница Е.С., технолог Тверской дистанции пути Октябрьской дороги, тема «Обязанности дежурного по переезду при вступлении на дежурство. Порядок приема и сдачи дежурства. Ведение книг. Порядок встречи поездов и пропуск автомобильного транспорта»;

второе — Лец Е.А., специалист по управлению персоналом 1 категории Мысовской дистанции пути Восточно-Сибирской дороги, тема «Действия работников при укусах насекомых, энцефалитных клещей, змей»;

третье — Андреева Н.С., ведущий инженер службы пути Восточно-Сибирской дороги, тема «Оказание первой помощи при травмах».

От **Дирекции диагностики и мониторинга инфраструктуры Центральной дирекции инфраструктуры** в финал вышли девять кабинетов технической учебы, восемь конспектов по технической учебе и восемь конспектов по проведению предсменных инструктажей.

В номинации «**Лучший кабинет технической учебы**» **первое место** занял Читинский центр диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры Забайкальской дороги,

второе — Иркутский центр диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры Восточно-Сибирской дороги,

третье — Московский центр диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры Московской дороги.

В номинации «**Лучший конспект по технической учебе**» победители распределились следующим образом:

первое место — Завадская Ю.Е., Московский центр диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры Московской дороги, тема «Применение ГБО при проведении обследования подводной части опор мостов»;

второе — Максютин А. М., Читинский центр диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры Забайкальской дороги, тема «Принципы оценки состояния бесстыкового пути в период высоких температур с помощью системы ЕК АСУИ СДМИ»;

третье — Алтынников Д.С., Иркутский центр диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры Восточно-Сибирской дороги, тема «Электробезопасность. Особенности поражения электрическим током».

В номинации «**Лучший конспект по проведению предменных инструктажей**» признаны победителями следующие участники:

первое место — Бирюкова О.В., Иркутский центр диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры Восточно-Сибирской дороги, тема «Понятие о чрезвычайных ситуациях. Их классификация по виду и масштабу»;

второе — Мальшев Р.В., Саратовский центр диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры Приволжской дороги, тема «Пожарная безопасность на железнодорожном транспорте»;

третье — Целищева Е.В., Нижегородский центр диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры Горьковской дороги, тема «Первая помощь при поражении электрическим током».

От **Дирекции по эксплуатации путевых машин Центральной дирекции инфраструктуры** в финал вышли 12 кабинетов технической учебы, семь конспектов по технической учебе и пять конспектов по проведению предменных инструктажей.

В номинации «**Лучший кабинет технической учебы**» **первое место** заняла Северобайкальская механизированная дистанция инфраструктуры Восточной ДПМ Восточно-Сибирской дороги,

второе — Октябрьская механизированная дистанция инфраструктуры Куйбышевской ДПМ Куйбышевской дороги,

третье — Красноярская механизированная дистанция инфраструктуры Восточной ДПМ Красноярской дороги.

В номинации «**Лучший конспект по технической учебе**» места распределились следующим образом:

первое — Северо-Западная ДПМ Октябрьской дороги;

второе — Красноярская механизированная дистанция инфраструктуры Восточной ДПМ Красноярской дороги;

третье — Нигозерская механизированная дистанция инфраструктуры Северо-Западной ДПМ Октябрьской дороги.

В номинации «**Лучший конспект по проведению предменных инструктажей**» победителями стали следующие подразделения:

первое место — Московская ДПМ Московской дороги;

второе — Северобайкальская механизированная дистанция инфраструктуры Восточной ДПМ Восточно-Сибирской дороги;

третье — Нигозерская механизированная дистанция инфраструктуры Северо-Западной ДПМ Октябрьской дороги.

От **Центральной дирекции по ремонту пути** в финале конкурса участвовали 17 лучших кабинетов технической учебы, 16 конспектов по технической учебе, 13 конспектов по проведению предменных инструктажей.

В номинации «**Лучший кабинет технической учебы**» **первое место** присвоено ПМС № 67 Восточно-Сибирской ДРП,

второе — ПМС № 257 Красноярской ДРП,

третье — ПМС № 88 Октябрьской ДРП.

В номинации «**Лучший конспект по технической учебе**» **первое место** занял Хохлов И.А., главный инженер ОПМС-68 Московской ДРП, тема «Производственный контроль на опасных производственных объектах»,

второе — Шайдуллина Е.С., технолог I категории ПМС-171 Свердловской ДРП, тема «Сварка рельсовых плетей, закрепленных в оптимальную температуру»,

третье — Высоцкая А.Н., ведущий инженер ПМС-46 Забайкальской ДРП, тема «Способы укладки плетей бесстыкового пути».

В номинации «**Лучший конспект по проведению предменных инструктажей**» места распределились следующим образом:

первое — Чередова А.М., распределитель работ ПМС-340 Восточно-Сибирской ДРП, тема «Принудительный ввод рельсовых плетей в оптимальную температуру»;

второе — Худорожко Е.В., ведущий инженер ПМС-54 Забайкальской ДРП, тема «Формирование, ремонт и осмотр колесных пар СПС»;

третье — Ласкуткина Е.М., ведущий технолог ПМС-303 Восточно-Сибирской ДРП, тема «Техническое обслуживание и ремонт дорожно-строительных машин».

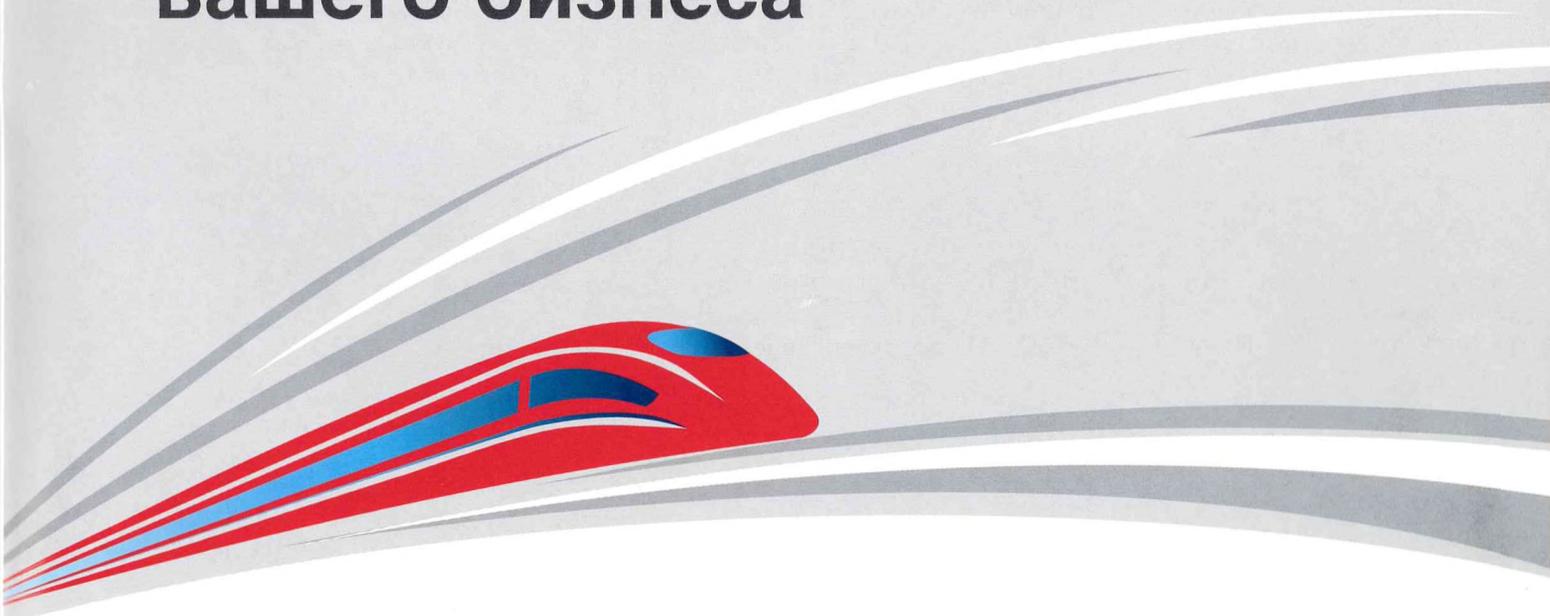
ГОРЬКАНОВА Т.Н.

Поправки

В № 1 за 2025 г. на с. 8 следует читать: «Ежегодный объем шлифовки при установленной периодичности [6] для особо грузонапряженных участков, протяженность которых около 17 тыс. км, составит: $17000 \cdot 85 \cdot 124 \cdot 2 = 49600$ км прохода».

На с. 9 следует читать: «Для шлифования всего полигона с грузонапряженностью 80 млн т·км груза брутто/км в год и более затраты составят: $30,3 \cdot 49600 \approx 1,50$ млрд руб».

Рекламно-информационное сотрудничество – эффективная поддержка в продвижении вашего бизнеса



Наши отраслевые журналы ориентированы на широкий круг читателей – от руководителей и специалистов до студентов и учащихся железнодорожных учебных заведений.

- Журнал «**Железнодорожный транспорт**» издается с 1826 г.
- Журнал «**Путь и путевое хозяйство**» издается с января 1957 г.
- Журнал «**Локомотив**» издается с 1957 г.
- Журнал «**Вагоны и вагонное хозяйство**» издается с 2005 г.
- Журнал «**Железные дороги мира**» издается с 1961 г.
- Журнал «**Автоматика, связь, информатика**» издается с 1923 г.

Нас читают во всех регионах России, в десятках стран ближнего и дальнего зарубежья, на предприятиях магистрального и промышленного железнодорожного транспорта.

Наше сотрудничество будет полезным для налаживания взаимовыгодных контактов, деловых партнерских отношений.

**По вопросам размещения рекламы
обращаться в ЦНТИБ ОАО «РЖД»**

Телефон: (499) 262-54-29

Факс: (499) 262-69-11

E-mail: cntib@css-rzd.ru

Почтовый адрес: 107996, г. Москва, Рижская площадь, д. 3





Кубаньжелдормаш

Завод основан в 1933 году

КЛЮЧ ПУТЕВОЙ МОТОРНЫЙ

КПМ

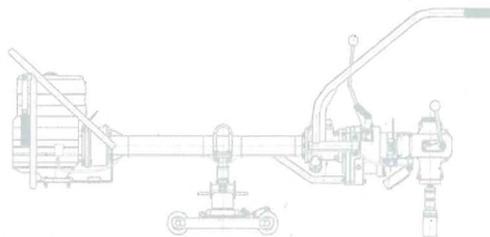
Российский аналог Geismar TS-2

КЛЮЧ ПУТЕВОЙ МОТОРНЫЙ КПМ ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ ЗАВИНЧИВАНИЯ И ОТВИНЧИВАНИЯ КЛЕММНЫХ ГАЕК, ЗАКЛАДНЫХ БОЛТОВ И ПУТЕВЫХ ШУРУПОВ



СДЕЛАНО
В РОССИИ

- Конструкция узла сцепления имеет масляную ванну, которая увеличивает износостойкость и возможность работы без перегрева
- Идеально подходит для интенсивной работы в «окно»
- Две передачи для различной степени завинчивания
- Точно настраиваемый крутящий момент
- Отсутствие реактивного момента на рукоятках
- Длительный срок службы благодаря надёжной конструкции
- Подходит для всех типов верхнего строения пути
- Широкий обзор в темноте благодаря светодиодной подсветке
- Сделано в России
- Гарантийное и постгарантийное обслуживание заводом-изготовителем "Кубаньжелдормаш"



На правах рекламы

352922, Россия, Краснодарский край, г.Армавир, ул.Маркова, д.36 8 (86137) 5-45-96 info@zdm.ru www.zdm.ru