



- НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ, НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
- FRV-ОСМОТР ИССО
- РОСТ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВИБРОДИАГНОСТИКИ
- КОНФЕРЕНЦИЯ В МИИТЕ
- О СНЯТИИ ЛОКАЛЬНЫХ СИЛ В ПЛЕТЯХ
- «ОКНО» В МИРОВОЙ ОКЕАН

# путь

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ, ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

И ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

12 · 2024





# ДИАГНОСТИКА НА ВСЖМ-1



Фото И.Ю. Ковалева

Не далек тот день, когда по высокоскоростной магистрали Москва—Санкт-Петербург (ВСЖМ-1) помчатся новые пассажирские поезда. Намеченный график строительства предполагает завершить его во втором квартале 2028 г.

Но уже сейчас ОАО «Российские железные дороги» разрабатывает концепцию диагностирования и мониторинга объектов инфраструктуры магистрали. Так, на заседании секции «Комплексные проблемы транспорта» научно-технического совета ОАО «РЖД», прошедшем в середине ноября, была рассмотрена тема «Модель диагностирования и мониторинга объектов инфраструктуры высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва—Санкт-Петербург».

Основные характеристики ВСЖМ-1 определяют объем контроля ее инфраструктуры. Для проверки 1358 км главных путей всеми видами контроля предстоит обследовать 5432 км/мес, 144 км приемо-отправочных путей — съемными средствами проверки геометрии рельсовой колеи и мобильными средствами неразрушающего контроля. Требуют внимания 226 стрелочных переводов на главных путях и 287 — на приемо-отправочных. Наряду с этим надо следить за состоянием земляного полотна и 342 км ИССО. Нельзя забывать и об объектах служб энергетики, связи и ЖАТ.

Кроме того, необходимо принимать во внимание интенсивность и скорости движения поездов, которые существенным образом влияют на возможность выполнения диагностики и мониторинга магистрали. Для полнофункционального контроля понадобятся комплексные мобильные средства, способные проверять объекты инфраструктуры на скоростях, близких к скорости движения поездов.

Определено количество контролируемых параметров объектов инфраструктуры. Всего их 452, в том числе 79 по пути.

Принципиальная схема реализации проекта предусматривает разработку модели диагностирования, которая уже принята в текущем году. В этом же году намечено сформировать технические требования к мобильным средствам диагностирования, в 2026 г. — завершить модернизацию ИИС «ИНФОТРАНС-ВЕЛАРО RUS» и программно-аппаратного комплекса, а к концу 2027 г. — разработать конструкторскую документацию мобильного диагностического комплекса для проверки объектов инфраструктуры на скорости 400 км/ч.

Дорожная карта регламентирует создание и актуализацию до 2029 г. нормативных и технических документов для диагностирования и мониторинга объектов инфраструктуры ВСЖМ-1 в количестве 36 шт. Из них 23 — по железнодорожному пути.

Чтобы система диагностирования ритмично функционировала, необходим квалифицированный персонал. Поэтому комплексный план внедрения модели предусматривает обучение руководителей и специалистов на ВСЖМ-1, а также обоснование организационной структуры Центра диагностики и мониторинга магистрали.

Работа предстоит напряженная, но судя по настрою участников заседания и учитывая опыт реализации комплексных проектов, накопленный ОАО «РЖД», не приходится сомневаться, что все намеченное будет выполнено, и система диагностирования и мониторинга высокоскоростной магистрали надежно обеспечит безопасность и бесперебойность движения поездов между двумя столицами.





Учредитель — ОАО «Российские железные дороги»

Научно-популярный  
производственно-технический  
журнал

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

Главный редактор С.В. ЛЮБИМОВ

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС77-21830 от 07.09.2005

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

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

Подписано в печать 30.11.2024

Формат 60х84 1/8. Офсетная печать.

Заказ № 24208 от 27.11.2024

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

# В НОМЕРЕ

## Конструкции и сооружения

**Кореньков Д.А., Иванников М.А., Загитов Э.Д. —**

Разработка конструкции и технологий содержания  
железнодорожного пути, обеспечивающих наработку  
2,5 млрд т брутто пропущенного тоннажа ..... 2

**Титаренко М.И., Глюзберг Б.Э., Трегубчак П.В.**

**и др. —** Стрелочные переводы типа Р65 марки 1/11  
в условиях обращения поездов повышенной массы и  
длины ..... 7

## Контроль и диагностика

**Шемякин В.Ю., Космачева А.А. —** FРV-эффективность:

осмотры искусственных сооружений с помощью  
инновационных технических средств ..... 11

**Антоновская Г.Н., Капустян Н.К. —** Расширение

возможностей метода вибродиагностики для  
мониторинга земляного полотна ..... 13

**Горьканова Т.Н., Мочалова И.В. —** Конференция в

Российском университете транспорта ..... 17

## Содержание, ремонт и реконструкция

**Новакович В.И., Карпачевский В.В.,**

**Корниенко Е.В. и др. —** О способе снятия локальных  
избыточных продольных сил в рельсовых плетях ..... 19

**Гарифьянов Ф.М. —** Защита пути от снежных лавин  
на Западно-Сибирской магистрали ..... 21

**Петрова Н.В. —** «Окно» в Мировой океан ..... 24

## Проблемы и решения

**Парахненко И.Л., Бишлер Е.Ю. —** Исследование

продольных колебаний подвижного состава в кривых  
участках пути ..... 26

Будем помнить всегда ..... 29

Перечень статей, опубликованных в журнале

«Путь и путевое хозяйство» за 2024 г. .... 30

## На обложке

Первая страница — На магистралях России

Фото Ковалева И.Ю.



# РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИЙ СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ НАРАБОТКУ 2,5 МЛРД Т БРУТТО ПРОПУЩЕННОГО ТОННАЖА



**КОРЕНЬКОВ Д.А.**, ОАО «Российские железные дороги», первый заместитель начальника Департамента технической политики,  
**ИВАННИКОВ М.А.**, ОАО «Российские железные дороги», Департамент технической политики, начальник отдела комплексных научно-технических проектов и инфраструктуры,  
**ЗАГИТОВ Э.Д.**, Инжиниринговый центр железнодорожного транспорта, главный конструктор по инфраструктуре

В соответствии с поручением Министерства промышленности и торговли Российской Федерации ОАО «Российские железные дороги» реализует проект «Разработка конструкции и технологий содержания железнодорожного пути, обеспечивающих наработку 2,5 млрд т брутто пропущенного тоннажа» (протокол от 30.08.2018 № 56-МД/20). Цель проекта — оптимизация стоимости жизненного цикла конструкции железнодорожного пути для особо грузонапряженных участков за счет увеличения наработки пропущенного тоннажа между капитальными ремонтами и промежуточными видами ремонтов. Для реализации проекта Правление ОАО «РЖД» (протокол от 21 декабря 2020 г. № 77) одобрило создание на базе АО «Инжиниринговый центр железнодорожного транспорта» (ИЦ ЖТ) специализированного подразделения по разработке и внедрению перспективных решений в области путевой инфраструктуры.

ОАО «РЖД» актуализировало и утвердило 13 апреля 2023 г. (№ 931/р) Технические требования к конструкции пути и системе его обслуживания, отвечающие поставленным задачам (предыдущая редакция документа от 21.09.2021 № 1508). Этапность внедрения проекта определена Дорожной картой по разработке конструкции и технологий содержания железнодорожного пути, обеспечивающих наработку 2,5 млрд т брутто пропущенного тоннажа, которую в октябре 2023 г. также обновили (30.10.2023 № 2686/р). Период с 2021 по 2025 г. отводится на осуществление научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) по созданию соответствующей конструкции пути и внедрение технологий ее содержания.

Перспективным полигоном укладки разработанной конструкции являются все особо грузонапряжен-

ные участки пути сети железных дорог ОАО «РЖД», что составляет более 17 тыс. км.

В рамках данного проекта основные усилия разработчиков направлены на создание следующих элементов и узлов конструкции:

- рельсов с улучшенными эксплуатационными характеристиками;

- скреплений, обеспечивающих надежную стабильность подуклонки и ширины рельсовой колеи;

- шпал и брусев с подшпальными прокладками, обеспечивающих более равномерное распределение поездных нагрузок на балластный слой;

- балластного слоя, сохраняющего стабильность положения путевой решетки в условиях интенсивного движения поездов;

- подбалластных защитных слоев, усиливающих прочность и устойчивость основной площадки земляного полотна;

- стрелочной продукции с повышенным ресурсом.

Помимо этого, в рамках проекта будет создана система технического обслуживания и мониторинга, позволяющая эффективно поддерживать надежность конструкции пути.

Техническими требованиями предусмотрены предварительные ремонтные схемы, которые регламентируют увеличение наработки пропущенного тоннажа как между капитальными ремонтами пути, так и между промежуточными видами ремонтных работ с 225 до 350 или 450 млн т груза брутто. В связи с чем при реализации проекта особое внимание уделяется решению комплексной задачи: синергии технических характеристик элементов пути в единой конструкции и обеспечение соблюдения критериев как по первому предельному состоянию (по прочности и устойчивости), так и по второму предельному состоянию (по



стабильности положения пути в плане и профиле).

Проект является сложным и наукоемким, воплотить его в жизнь силами и компетенциями одной организации в регламентированные Дорожной картой сроки сложно, поэтому для успешного его осуществления привлечены ведущие российские центры компетенций по направлениям:

проектно-конструкторское бюро по инфраструктуре (ПКБ И);

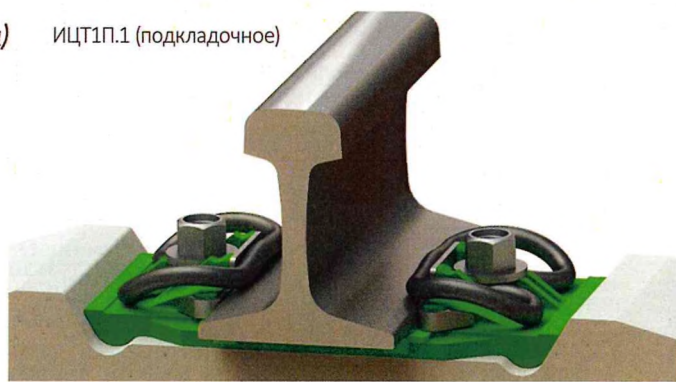
профильные научные организации и высшие учебные заведения, такие как Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (АО «ВНИИЖТ»), Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)),

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС), Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС), Испытательный центр взаимодействия экипажа и пути железных дорог (ИЦ ВЭИП) и Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого;

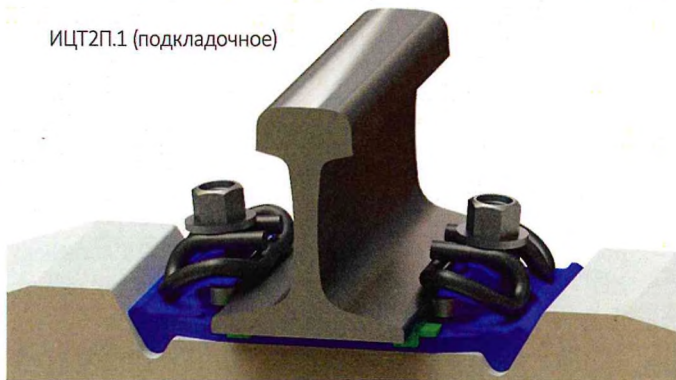
производители и разработчики элементов и конструкций верхнего строения пути — ЕВРАЗ, Новосибирский и Муромский стрелочные заводы, РЖДстрой, БетЭлТранс и др.

Согласно Дорожной карте и Календарному плану НИОКР за период 2021–2023 гг. уже многое сделано: созданы математические модели — многомассовая

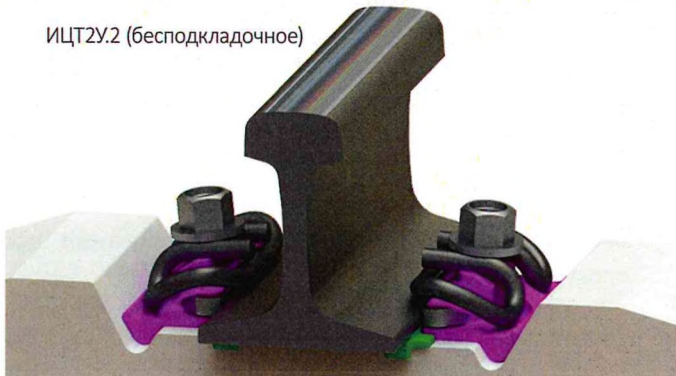
а) ИЦТ1П.1 (подкладочное)



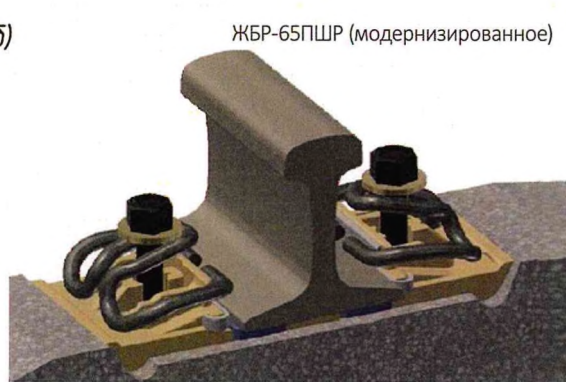
ИЦТ2П.1 (подкладочное)



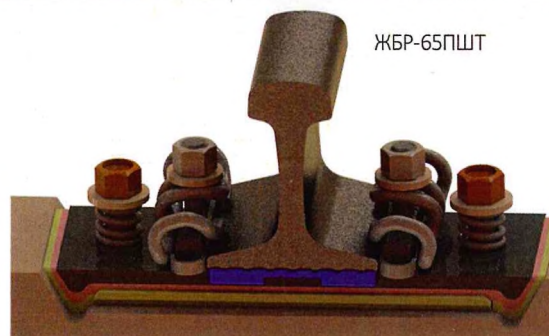
ИЦТ2У.2 (бесподкладочное)



б) ЖБР-65ПШР (модернизированное)



ЖБР-65ПШТ



в) АКМ-65

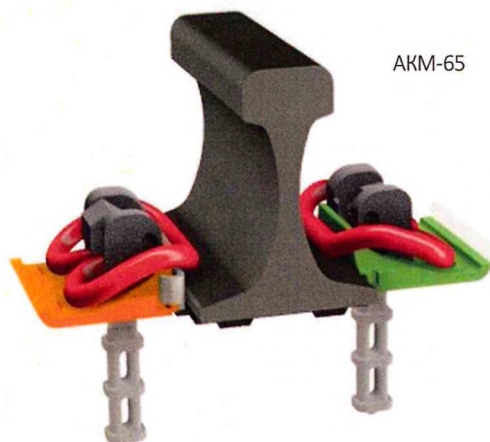


Рис. 1. 3D модели рельсовых креплений: разработки АО «ИЦ ЖТ» (а); разработки ПКБ И (б); разработки ООО «Технологии 69» (в)



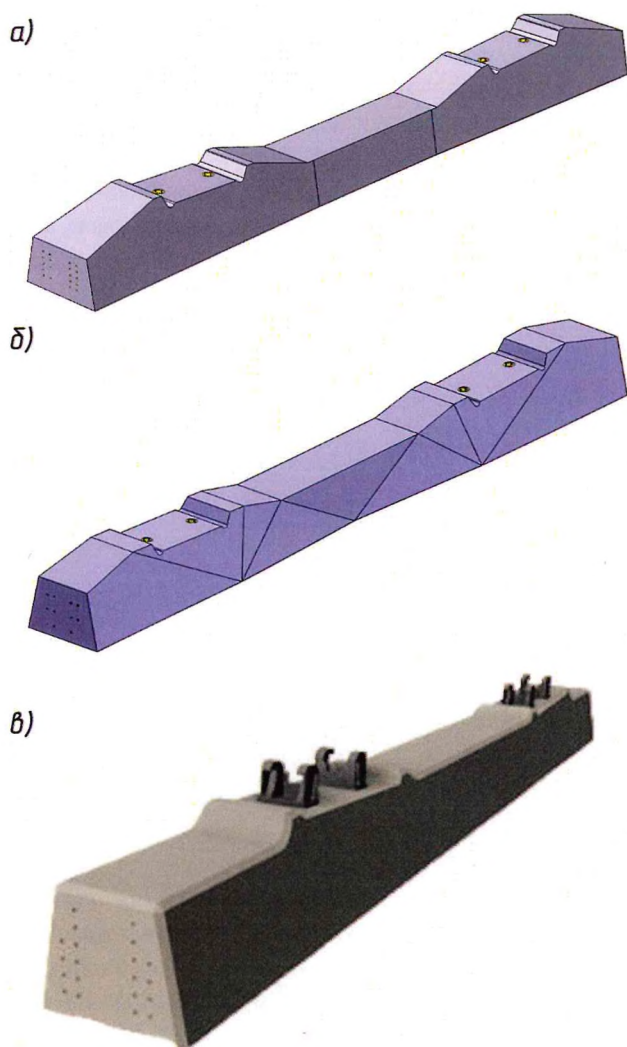


Рис. 2. Трехмерные электронные модели разработанных железобетонных шпал: подтипа III-ЕД (а); подтипа III-ЕДТ (б); подтипа III-АК (в)

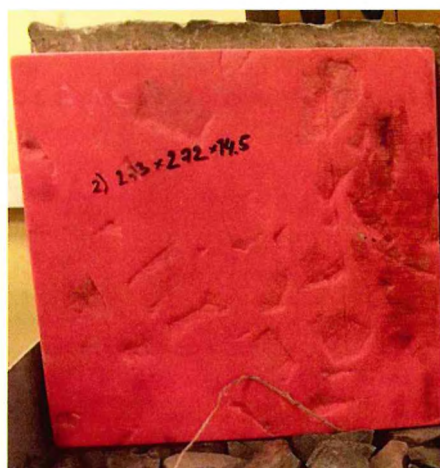


Рис. 3. Образец мягкой подшпальной прокладки после 2 млн циклов испытательной нагрузки

динамическая модель взаимодействия пути и подвижного состава, конечно-элементная геотехническая модель подшпального основания, глобальная конечно-элементная модель пути, конечно-элементные модели элементов новой конструкции пути и специального программного обеспечения для выполнения расчетов планирования эксперимента и оптимизации параметров конструкций;

проведены валидация и верификация разработанных математических моделей (валидация осуществлялась на основе результатов натурных экспериментов, которые были выполнены ВНИИЖТом, МИИТом и ИЦ ВЭИП);

подготовлена конструкторская документация на узлы промежуточных рельсовых креплений, шпалы, брусья, стрелочную продукцию и конструкцию пути в целом;

осуществлены расчеты новой конструкции пути;

изготовлены опытные образцы узлов и элементов конструкции пути;

проведены лабораторные и стендовые испытания опытных образцов;

разработаны программы и методики эксплуатационных испытаний новой конструкции пути на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ».

В рамках проекта создано шесть вариантов промежуточных рельсовых креплений, в том числе пять шурупно-дюбельных, (три проекта АО «ИЦ ЖТ» и два — ПКБ И), и одно анкерное от компании ООО «Технологии-69» (рис. 1).

В рамках реализации проекта железобетонного подрельсового основания разработаны три варианта шпал (рис. 2): для шурупно-дюбельных креплений — подтипов III-ЕД (АО «ИЦ ЖТ») и III-ЕДТ (совместно АО «ИЦ ЖТ» и АО «БЭТ»), для анкерного крепления — III-АК (ООО «Технологии-69»).

Подтипы шпал III-ЕД и III-ЕДТ имеют увеличенную ширину подрельсовой площадки, что позволяет распределить нагрузку на подрельсовую прокладку. Данное решение принято с учетом результатов математического моделирования и опыта проектирования шпал и креплений для тяжеловесных линий зарубежных стран (200–220 мм). Помимо этого, предусмотрено армирование торцов шпал и зон расположения дюбелей. Схемы армирования шпал следующие:

для подтипа III-ЕД — 24×5;

для подтипа III-ЕДТ — 12×7,5;

для подтипа III-АК — 20×5.

Масса соответственно 323, 345 и 295 кг.

Для инновационной стрелочной продукции АО



«ВНИИЖТ» подготовил проекты брусьев 2022-02, 2022-03, 2022-5, 2022-06, 2023-01 и 2023-02.

Для снижения уровня динамических нагрузок в конструкции железобетонных шпал и брусьев предусматривается применение подшпальных прокладок, которые позволяют повысить площадь передачи нагрузки на балластный слой от шпалы (бруса) в три — пять раз и снизить напряжение на основной площадке земляного полотна на 30 %. Достоинства применения подшпальных прокладок подтверждены лабораторными испытаниями (рис. 3).

На сегодняшний день завершены приемочные испытания промежуточных рельсовых креплений и шпал, конструкторской документации присвоена литера «О1». Под эгидой Департамента технической политики ОАО «РЖД» реализован комплекс мероприятий по сертификации разработанных шпал, узлов промежуточных рельсовых креплений и их элементов, для которых обязательно подтверждение соответствия (сертификации) требованиям Технического регламента Таможенного Союза (ТР ТС 003/2011).

Особое внимание в проекте уделено вопросам повышения несущей способности и стабильности подшпального основания.

Для принятия конструкторских решений по балластному слою организовали трехэтапные лабораторные испытания на базе ПГУПС по специально разработанным для этого программе и методике.

Первый этап включал в себя изучение горных пород и зернового состава, их исследования на истираемость и сопротивление удару на копре. В результате выбраны наиболее прочные породы: базальт, габбро-диабаз, габбро-диорит.

В рамках подбора зернового состава рассматривались категории «В» по ГОСТ 7392–2014, AREMA 4 и вариант, совместно предложенный МИИТом, ИЦ ЖТ и ПГУПСом, на котором и остановились в ходе испытаний с определением деформационных характеристик — от 10 до 63 мм.

На втором этапе провели циклические испытания с вариацией толщины балласта под шпалой (30 и 40 см) и уклона заложения откоса (1:1,5 и 1:1,75), по результатам которых определили оптимальные параметры балластной призмы: толщина 30 см, уклон заложения откоса 1:1,75.

Третий этап для подтверждения ресурса балластного слоя из выбранных горной породы и зернового состава и для проверки возможности соблюдения межремонтных сроков предварительных ремонтных схем предусматривает циклические испытания, в том числе с добавлением загрязнителей и влаги.

Для обеспечения прочности и стабильности основной площадки земляного полотна ИЦ ЖТ совместно с РУТ (МИИТ) разработали технологию создания подбалластного защитного слоя с использованием старогодных накопленных материалов и закреплением их вяжущими компонентами и полимерными стабилизаторами. В отличие от технологии с применением щебеночно-песчано-гравийной смеси (ЩПГС) и геосинтетиками предложенная технология позволит обойтись без вывоза старогодных материалов, оптимизировать объем доставки ЩПГС и толщину подбалластного слоя до 20–25 см.

Все эксплуатационные испытания проходили на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ». Для изучения возможностей новой конструкции пути в октябре — ноябре 2023 г. выполнили строительно-монтажные работы: уложили 13 опытных участков общей протяженностью 650 м с различной вариативностью рельсошпальной решетки и пять контрольных участков общей протяженностью 295 м. На опытных участках использовали балластный слой из базальтовых горных пород новой фракции 10–63 мм. Также опробовали опытную технологию устройства подбалластного защитного слоя методом холодного ресайклинга. Движение по Экспериментальному кольцу было открыто 7 декабря 2023 г. К 17 июля 2024 г. наработка тоннажа превысила 150 млн т брутто. Эксплуатационные испытания продлятся до конца 2025 г. Пропущенный тоннаж за этот период должен составить около 450 млн т брутто.

В рамках проекта разработана конструкторская документация на инновационные стрелочные переводы: с непрерывной поверхностью катания (НПК) и подуклонкой, с крестовинами марок 1/11 и 1/13, стрелочный перевод проекта МС3.8365 с подуклонкой, уравнильный стык и уравнильный прибор. В декабре 2023 г. изготовлены опытные образцы металлических частей стрелочной продукции. Для проведения испытаний в августе 2024 г. на станции Ярославль-Главный Северной дороги уложили стрелочный перевод проекта МС3.8365 с подуклонкой. Осенью этого же года планируется укладка инновационных стрелочных переводов марки 1/11 с НПК с подуклонкой и без нее, съезда марки 1/13 с НПК с подуклонкой и уравнильного стыка с повышенным ресурсом.

Также предусмотрена опытная эксплуатация конструкций пути на особо грузонапряженном участке Заозерная—Камала Красноярской дороги. Планируется уложить 13 участков с вариативностью конструкций рельсошпальной решетки суммарной протяжен-



ностью 2300 м, три участка с вариативностью усиления основной площадки земляного полотна суммарной протяженностью 300 м и контрольный участок протяженностью 200 м.

Помимо создания новой конструкции пути и ее элементов в проекте предусмотрена технология его содержания. С августа 2022 г. шла разработка Концепции системы технического обслуживания пути, завершившаяся в апреле 2023 г. (Распоряжение ЦДИ от 28.04.2023 № 2527). Документом определены целевое состояние участков пути, обеспечивающих наработку пропущенного тоннажа 2,5 млрд т брутто, система предиктивного анализа состояния конструкции пути и планирования его технического обслуживания и ремонтов, требования к ремонтам и системе технического обслуживания пути, функции и структура ПЧ и ПЧ ИССО, стратегия приведения пути к Техническим требованиям, утвержденным Распоряжением ОАО «РЖД» от 13.04.2023 № 931/р, перечень мероприятий подготовки и внедрения системы технического обслуживания и ремонтов.

Данный документ является основой для дальнейшей подготовки организационных, нормативных и технических документов, которые будут использо-

ваться при внедрении новых конструкции пути и системы его обслуживания.

К завершению НИОКР в 2025 г. в рамках реализации проекта будут получены результаты эксплуатации опытных участков на Экспериментальном кольце за два года и за один год подконтрольной эксплуатации на участке Заозерная—Камала. В связи с этим разработали модель для прогнозной оценки стоимости жизненного цикла, учитывающую план, профиль, конструкцию и состояние пути, схему ремонтов, скорости движения поездов, структуру осевых нагрузок обращающегося подвижного состава, продолжительность теплого и холодного периодов в течение года и другие факторы.

Выбор оптимальной конструкции пути должен базироваться на технико-экономическом обосновании, которое планируется сформировать к концу 2025 г. на основании наиболее эффективного варианта конструкции пути. Кроме того, запланировано провести актуализацию нормативно-технической документации в части ремонтов и технического обслуживания пути.

Укладка (тиражирование) новой наиболее эффективной конструкции пути в соответствии с бизнес-планом проекта планируется в 2026–2035 гг.





# Стрелочные переводы типа Р65 марки 1/11 в условиях обращения поездов повышенной массы и длины

ТИТАРЕНКО М.И., АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), канд. техн. наук, ГЛЮЗБЕРГ Б.Э., АО «ВНИИЖТ», докт. техн. наук, ТРЕГУБЧАК П.В., АО «ВНИИЖТ», КУЗНЕЦОВ С.В., АО «ВНИИЖТ»

Рост провозной способности дорог Восточного полигона ОАО «РЖД» обеспечивается преимущественно за счет использования грузовых поездов повышенной массы и длины, а также вагонов с увеличенной осевой нагрузкой. На маршрутах их обращения эксплуатируются в основном стрелочные переводы типа Р65 марки 1/11 проекта 2768 на железобетонном подрельсовом основании, в меньшем количестве — проекта 2764 на деревянном основании.

В условиях воздействия на путь поездов массой до 7100 т с осевыми нагрузками вагонов до 25 тс были проведены динамико-прочностные испытания указанных стрелочных переводов и дана оценка напряженно-деформированного состояния их элементов. Испытания проходили на разъезде Лиан участка Комсомольск-на-Амуре—Горин Дальневосточной дороги на переводах № 3 проекта 2764 и № 12 проекта 2768 в течение 2021–2022 гг.

Оба перевода предназначены для эксплуатации на главных путях сети ОАО «РЖД» со скоростями движения поездов до 140 км/ч по прямому направлению и 50 км/ч по боковому. Полная длина переводов составляет 33363 мм, передний вылет — 14059 мм, задний — 19304 мм, длина крестовины — 5500 мм, остяков — 8300 мм, рамных рельсов — 12500 мм, радиус переводной кривой 300 м.

В конструкциях рассматриваемых переводов предусмотрены короткие сборные крестовины с вкладышно-накладочным скреплением в заднем стыке и поворотные остяки с аналогичным скреплением в корне. Многодетальность заднего стыка крестовины и корней остяков, зазоры и ступеньки в их зонах способствуют повышенной динамике при взаимодействии с подвижным составом и, соответственно, преждевременному расстройству узлов. Неврезное сочленение рельсовой и литой частей усювиков крестовины по типу «косой стык»

улучшает ее динамику и снижает интенсивность износа элементов.

Состояние стрелочных переводов и их отдельных элементов на момент динамико-прочностных испытаний соответствовало требованиям Инструкции по текущему содержанию железнодорожного пути, утвержденной Распоряжением ОАО «РЖД» от 14.11.2016 № 2288. Износ остяков составлял 2,0–2,6 мм, рамных рельсов — 1,5–1,8 мм, крестовин — 2,2–3,1 мм, рельсов соединительных путей — 1,8–2,5 мм, контррельсов — 2,0–2,2 мм. Выкрашивание металла на поверхности катания рельсовых элементов не превышало 1,0 мм.

Испытания проводили при скоростях движения по прямому направлению переводов до 70 км/ч, по боковому — до 40 км/ч. Основными типами обращающихся локомотивов являлись магистральные тепловозы 2ТЭ10У, 2ТЭ10МК, 3ТЭ10МК, 3ТЭ10УК с осевыми нагрузками 23 тс и 3ТЭ25К2м с осевой нагрузкой 24 тс. Все секции тепловозов имели по две трехосные тележки.

Измеряли напряжения в кромках подошвы рельсовых элементов и упругие изменения колеи в основных зонах переводов. В рельсовых элементах прямого направления наибольшие зарегистрированные напряжения от воздействия подвижного состава не превысили допускаемых значений. Превышение отмечено только в рельсовых элементах бокового пути.

При этом в остяках, рамных рельсах, рельсах соединительных путей и контррельсах стрелочного перевода проекта 2764 наибольшие зарегистрированные напряжения превысили допускаемые значения (соответственно 275, 240, 240 и 330 МПа) и достигли следующих величин от воздействия локомотивов/вагонов, МПа: 289/310, –/250, 260/315 и 360/–.

На переводах проекта 2768 наибольшие зарегистрированные напряжения тоже превысили допускаемые





Рис. 1. Износ, спливы и отслоение металла на контррельсе  
уголкового профиля

значения в остряхах, рельсах соединительных путей и контррельсах (соответственно 275, 240 и 330 МПа), достигнув следующих величин от воздействия локомотивов/вагонов, МПа: 300/315, -/260 и 360/-.

Наибольшие упругие изменения ширины колеи в зоне стрелки, соединительного пути и крестовинного узла перевода проекта 2764 составили соответственно 3,2, 4,3 и 2,5 мм; перевода проекта 2768 — 3,5, 2,7 и 2,0 мм, что отвечает требованиям обеспечения безопасности грузовых поездов.

Учитывая выявленные особенности повышенного напряженного состояния рельсовых элементов, скорость движения грузовых поездов, в том числе повышенной массы и длины, по боковому пути стрелочных переводов типа Р65 марки 1/11 на уровне 40 км/ч можно сохранить. Надежная работа конструкций в условиях сохранения скоростного

режима при повышенном напряженном состоянии рельсовых элементов бокового пути будет обеспечиваться при корректировке их ресурса в сторону уменьшения. Обеспечению безопасности движения также поспособствует уплотнение интервалов проведения диагностических мероприятий.

На участках обращения поездов повышенной массы и длины с осевыми нагрузками вагонов до 25 тс необходимо предусмотреть плановую замену стрелочных переводов проектов 2764 и 2768 на современные конструкции на железобетонном подрельсовом основании отечественного производства, в том числе проектов Н01.004, Н01.001, МСЗ.8365. Вместо переводов с короткими поворотными остряхами длиной 8300 мм и крестовинами длиной 5500 мм возможно использование гибких остряков и крестовин с рельсовыми окончаниями проекта 2750 на железобетонных брусках, а также, при необходимости, переводов проекта 2193 с гибкими остряхами на деревянных переводных брусках с короткой крестовиной. На более совершенных переводах с гибкими остряхами и крестовинами с рельсовыми окончаниями возможна ликвидация стыков за счет их сварки, что положительно скажется на динамических качествах конструкции, уменьшив силовые воздействия.

Рассмотрим технические решения, призванные улучшить современные стрелочные переводы типа Р65 марки 1/11. Предусмотренные в их конструкции контррельсы из уголкового профиля по сравнению с шинными обладают повышенной жесткостью, что отрицательно влияет на работу элементов контррельсового и крестовинного узлов. Особенно сильно это проявляется на железобетонном подрельсовом основании. В итоге возникает интенсивный износ как самих контррельсов, так и ходовых рельсов при них. Отмечаются спливы и выкрашивание металла (рис. 1).

Знакопеременный характер нагружения подкладок с упорами, определяемый повышенной жесткостью контррельсового узла, способствует их разрушению. Это приводит к искажению параметров, обеспечивающих безопасность движения, — изменению расстояния между контррельсом и усовиком/сердечником крестовины, нарушению стабильности ширины желобов. Необходимо улучшение прочностных и эксплуатационных свойств контррельсового узла при снижении жесткостных параметров с сохранением

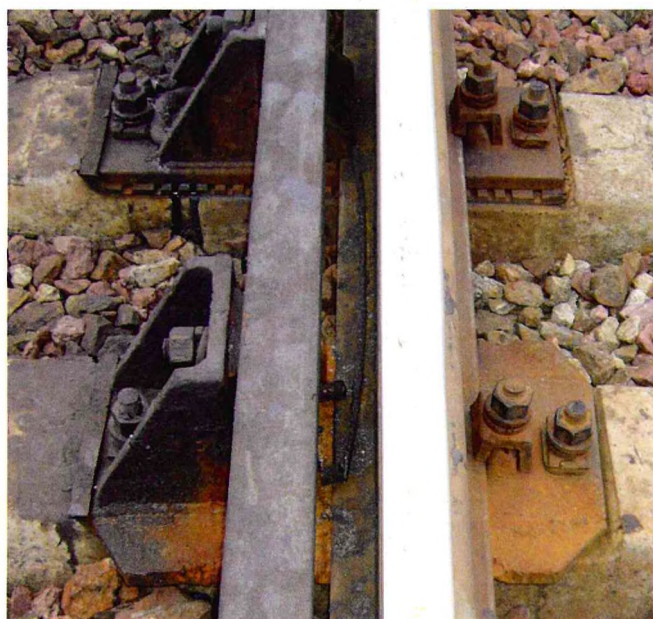


Рис. 2. Контррельсовая подкладка с упором, усиленная  
после излома в полевых условиях (на переднем плане).  
Рядом — типовая подкладка с упором



существующих положительных характеристик (рис. 2). Знакопеременный характер нагружения подкладок с подушками на стрелке также является одной из причин их излома.

Наряду с совершенствованием типовых конструкций для их изготовления требуются современные материалы, в том числе композитные, обладающие повышенными прочностными и изолирующими свойствами, к тому же допускающие армирование в слабых сечениях.

Особенности геометрии поверхности катания крестовины существующей конструкции с понижением уровня усювиков в зоне сечения сердечника 20 мм и более приводят к передаче нагрузки от колеса только на сердечник в его слабом сечении. Как следствие — выкрашивание и выкол металла на поверхности катания сердечника в указанной зоне и преждевременный отказ крестовины после наработки всего лишь 5–10 млн т брутто (рис. 3). Улучшение профиля поверхности катания крестовины в зоне перекашивания усювик/сердечник должно выполняться с учетом современного очертания профиля поверхности катания колес, чтобы перераспределить передачу нагрузки на усювик и сердечник в его слабом сечении. Современный профиль поверхности катания эксплуатируемых колес подвижного состава должен учитываться также и при формировании взаимного положения поверхности остриков и рамных рельсов в зоне их сочленения.

Ширина колеи также требует уточнения и корректировки. Действующая единая величина этого параметра 1520 мм по прямому и боковому направлениям



Рис. 3. Выкрашивание поверхности катания крестовины стрелочного перевода типа Р65 марки 1/11



Рис. 4. Боковой износ головки криволинейного острия стрелочного перевода типа Р65 марки 1/11 проекта 2768

обыкновенных стрелочных переводов типа Р65 марки 1/11 и 1/9 нуждается в уточнении. Радиусы переводных кривых на переводах основных марок 1/11 и 1/9 составляют соответственно 300 и 200 м. Опыт длительной эксплуатации показал, что в условиях крутых кривых при отсутствии возвышения наружной нити происходит интенсивный износ рельсовых элементов, что вызывает уширение колеи по боковому направлению переводов (рис. 4, 5). Отсюда следует, что корректировка колеи необходима. Реализация криволинейной геометрии по боковому пути в зоне крестовины, в том числе с непрерывной поверхностью катания, благоприятно скажется на возможностях увеличения скоростного режима.

Повышению стабильности ширины колеи с возможностью ее регулировки способствует использо-



Рис. 5. Боковой износ литой части усювика с выкрашиванием в зоне сочленения с рельсовой частью



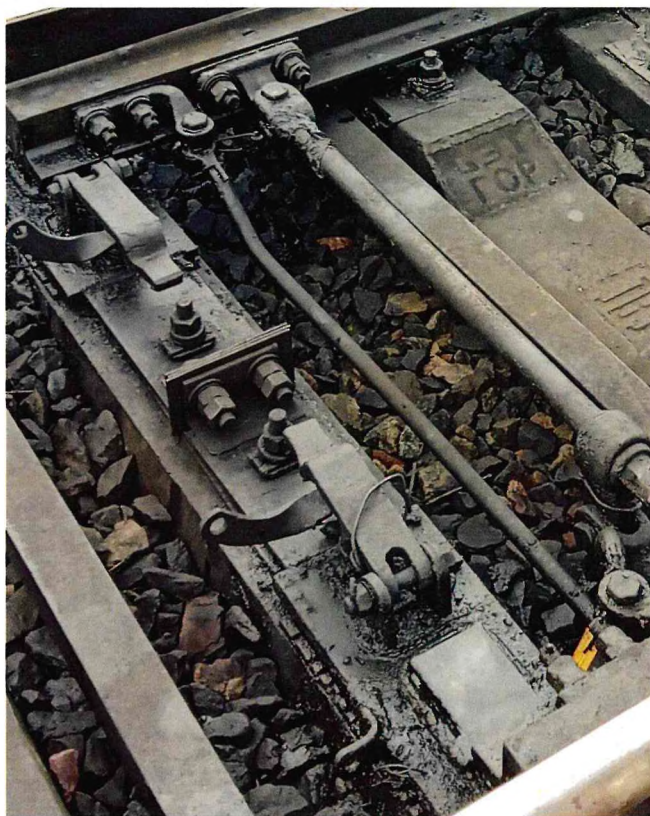


Рис. 6. Узел соединения стяжной полосы стрелочного перевода типа Р65 марки 1/11 проекта 2768 с изолирующими втулками и прокладками

вание связных полос. В конструкциях современных связных полос применен узел многодетального соединения с изолирующими втулками и прокладками (рис. 6). При работе в условиях вибраций происходит его расстройство с интенсивным износом изолирующих элементов — втулок и прокладок — и последующим нарушением функционирования рельсовых цепей. Для недопущения этого приходится производить периодическую переборку элементов соединений связных полос с их демонтажом и последующим монтажом, что сопровождается значительными трудовыми и материальными затратами.

Использование вставок из изолирующих материалов вместо изолирующих втулок и прокладок позволит исключить дополнительные затраты на переборку элементов связных полос при обеспечении надежной работы рельсовых цепей. Так, на стрелочном переводе типа Р65 марки 1/11 проекта Н01.004 производства АО «НСЗ» в узлах соединения стяжных полос применены вставки из полимерных изолирующих материалов с ограниченными



Рис. 7. Подкладка из композитных материалов на соединительных путях симметричного стрелочного перевода типа Р65 марки 1/6 проекта 2628

прочностными характеристиками. Более предпочтительны вставки из композитных материалов, обладающие, по сравнению с полимерными, повышенными прочностными и изолирующими свойствами. Упрощенный малодетальный узел соединения связной полосы без втулок и прокладок благоприятно отразится на эксплуатационных качествах конструкции, обеспечит бесперебойную работу рельсовых цепей и стабильность ширины колеи на стрелочных переводах.

Подкладки из композитных материалов на стрелочных переводах зарекомендовали себя с самой лучшей стороны при эксплуатационных испытаниях, которые проводились на соединительных путях симметричных переводов типа Р65 марки 1/6 проекта 2628 на станции Бекасово-Сортировочная Московской дороги (рис. 7).

Повышению надежной работы и безопасности движения способствует использование на стрелочных переводах производства АО «НСЗ» проекта Н01.004 внешних замыкателей.



# FPV-ЭФФЕКТИВНОСТЬ: ОСМОТРЫ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ



**ШЕМЯКИН В.Ю.**, ОАО «Российские железные дороги», начальник отдела искусственных сооружений Управления пути и сооружений Центральной дирекции инфраструктуры,  
**КОСМАЧЕВА А.А.**, ОАО «Российские железные дороги», инженер I категории отдела искусственных сооружений Управления пути и сооружений Центральной дирекции инфраструктуры

**Проблематика текущих осмотров искусственных сооружений.** В настоящее время ОАО «РЖД» обслуживает 82330 искусственных сооружений железнодорожной инфраструктуры, от технического состояния которых зависят бесперебойность и безопасность движения поездов с установленными скоростями, безопасный пропуск пешеходов и автотранспорта [1]. Осмотр искусственных сооружений помимо контроля их состояния позволяет определить очередность ремонта для предупреждения появления или развития неисправностей и повреждений. Основой для планирования периодичности осмотров является ранее зафиксированное техническое состояние сооружений.

В настоящее время ответственными за текущий осмотр и фиксацию состояния искусственных сооружений являются мостовые мастера и бригадиры, которые также отвечают за их текущий ремонт и содержание. В качестве опытного проекта с 2020 г. на некоторых дорогах для разделения функций осмотров и текущего ремонта внедрили должности мастеров и бригадиров по контролю. Такое разделение себя оправдало, так как часть специалистов имеет возможность постоянно заниматься осмотром, что превентивно влияет на обнаружение неисправностей и корректное определение технического состояния сооружений.

С 2024 г. уже на всей сети осмотрами искусственных сооружений занимаются мастера и бригадиры по контролю. Мастера по контролю в основном отвечают за осмотры внеклассных, больших и средних мостов, а бригадиры — за остальные искусственные сооружения.

Основными инструментами при осмотрах до сих пор остаются рулетка, линейка, бинокль и хорошее зрение работника. Для того чтобы не пропустить

ни один элемент конструкций моста, сотруднику приходится прикладывать значительные усилия, порой даже применять невероятную ловкость, например при его осмотре с помощью смотровой тележки, затрачивая много времени. На одном только мосту специалист может выявить до 200 неисправностей. Это ведет к последующему снижению коэффициента полезного действия специалиста, повышает влияние «человеческого фактора» при последующих осмотрах, может привести к некорректному определению технического состояния сооружений.

Из общего рабочего времени сотрудника 1973 чел-ч в год в среднем 1678 чел-ч (85 %) уходит на осмотры искусственных сооружений и дальнейшую работу с программным комплексом ЕК АСУИ.

Назрела необходимость автоматизации процессов, чтобы сократить длительность периодических осмотров, уменьшить влияние «человеческого фактора» и поднять на качественно новый уровень выявление неисправностей и оценку технического состояния искусственных сооружений. С этой целью сформирована и внедряется на дорогах инновационная концепция осмотров при текущем содержании искусственных сооружений с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

**Инновационная концепция** предусматривает постепенный переход от натурных осмотров к осмотрам с помощью FPV-дронов, управляемых оператором БПЛА с видеокамерой, которая передает ему изображение в режиме реального времени. Такие дроны способны подлетать практически вплотную к сооружениям и демонстрировать оператору труднодоступные для мастеров и бригадиров места. К тому же защищенные пропеллеры позволяют сохранить оборудование даже при столкновении.





Рис. 1. Осматриваемый мост (фото с FPV-дрона)

Запланированы также создание цифровой базы выявляемых по результатам осмотров неисправностей и создание программы обработки данных с помощью технического зрения и нейросетевых баз с автоматическим определением неисправностей.

На данном этапе внедрения концепции дистанции инженерных сооружений нарабатывают базы данных осматриваемых сооружений при помощи БПЛА модели DJI Phantom 4 RTK.

В целях контроля дистанции инженерных сооружений также успешно проводят осмотры строящихся искусственных сооружений, что позволяет вовремя принять меры при обнаружении недоделок или изъянов строительства.

**Экспериментальный осмотр.** В границах Западно-Сибирской железной дороги в рамках концепции проведен экспериментальный текущий осмотр большого металлического моста и водопропускной трубы с помощью FPV-дрона (рис. 1).

Норма времени на визуальный осмотр большого металлического моста составляет 9 ч [2]. Так как работы проводятся на высоте (на фермах и опорах), необходимо учитывать возможную травмоопасность и наличие труднодоступных мест.

Использование FPV-дрона сокращает время осмотра такого моста в восемь раз и исключает травмирование сотрудников при работе на высоте или в труднодоступных местах (рис. 2). К тому же по результатам осмотра с FPV-дрона можно установить вероятность подмыва опор моста, что особенно актуально в период пропуска весенних и ливневых вод, а также в короткий срок качественно оценить состояние верхнего строения пути, нижнего пояса, низа проезжей части, верхнего пояса, устоев, опор и опорных частей.

После осмотра искусственного сооружения без БПЛА необходимо вручную внести все выявленные неисправности в ЕК АСУИ. Для большого сооружения на это потребуется около 3 ч. В соответствии с



Рис. 2. Трещина, обнаруженная при осмотре моста с помощью FPV-дрона

инновационной концепцией создание базы данных неисправностей позволит использовать программное обеспечение для обработки данных через нейросети, автоматическую фиксацию данных с FPV-дрона при помощи искусственного интеллекта и интеграцию неисправностей в базу ЕК АСУИ, а также в электронную книгу ПУ-30, что значительно сократит время фиксирования замечаний в информационных ресурсах.

С помощью FPV-дрона можно осматривать водопропускные трубы в стесненных условиях, что и было предпринято в рамках экспериментального осмотра. В итоге зафиксирован требуемый временной интервал, который составил менее получаса. К тому же сотрудникам не потребовалось проникать внутрь трубы, что значительно упростило задачу.

**Заключение.** В результате проведенного экспериментального осмотра большого металлического моста и водопропускной железобетонной трубы в рамках текущего содержания можно сделать вывод, что применение FPV-дрона значительно сокращает время работ, являясь безопасным и менее трудоемким методом.

Массовое применение FPV-дронов позволит повысить количественные показатели осмотров. Полноценное внедрение концепции осмотров при текущем содержании искусственных сооружений с применением БПЛА, в том числе создание программы обработки данных с помощью технического зрения и нейросетевых баз с автоматическим определением неисправностей, повысит уровень осмотров в целом и качество текущего содержания сооружений.

#### Список источников

1. Инструкция по содержанию искусственных сооружений, утвержденная Распоряжением ОАО «РЖД» от 02.10.2020 № 2193/р (ред. от 26.06.2023).
2. Распоряжение ОАО «РЖД» «Об утверждении норм времени на осмотр искусственных сооружений и рекомендаций по оценке численности» от 27.09.2022 № 2479/р.



# РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТОДА ВИБРОДИАГНОСТИКИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА



**АНТОНОВСКАЯ Г.Н.**, Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лавёрова УрО РАН, докт. техн. наук,  
**КАПУСТЯН Н.К.**, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лавёрова УрО РАН, докт. физ.-мат. наук

**Аннотация.** Предложено теоретическое обоснование и экспериментальная реализация новой методики для расширения возможностей вибродиагностики состояния грунтов железнодорожной насыпи. Основа методики состоит в сейсмометрической регистрации у основания насыпи колебаний от проходящих поездов с последующим определением амплитуд первого экстремума ( $A_1$ ) записи вертикальной компоненты в полосе частот (0,1–1,25 Гц). Сопоставление аналитического выражения воздействия движущегося поезда на насыпь и экспериментальных величин  $A_1$  позволяет подобрать значения модуля сдвига  $\mu$  грунтов насыпи, т. е. получить значения в условиях естественного залегания грунта. Непрерывные наблюдения дают возможность следить за изменением  $\mu$  во времени, в том числе при оттаивании грунта. Чувствительность параметра к этому процессу показывает разрешающую способность методики.

**Ключевые слова:** железнодорожная насыпь, широкополосный сейсмометр, амплитуда, модуль сдвига.

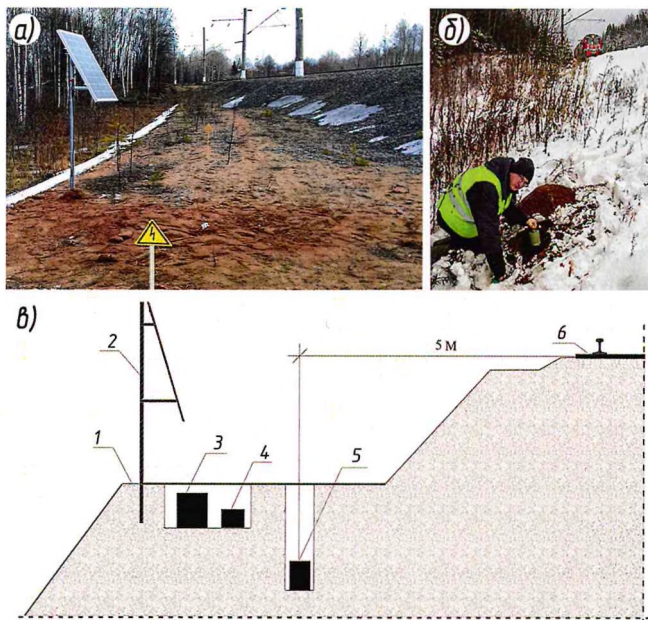
В настоящее время существует большое разнообразие методов натурного изучения железнодорожных насыпей и оценки их упруго-деформированного состояния: геодезические, геофизические, инженерно-геологические, отбор образцов из шурфов и пр. Отметим две особенности: во-первых, эти методы дискретны во времени (проводятся по регламенту или по мере необходимости) и, во-вторых, нацелены на обследование состояния балластного слоя и/или основной площадки земляного полотна. Получаемые данные (скорости распространения упругих волн, перемещения и пр.) используют для конечно-элементных расчетов, определяющих упруго-деформированное состояние насыпи [1], т. е. «напрямую» (in situ — в условиях естественного залегания) оценку состояния не проводят.

Сложившийся подход к комплексированию расчетов и натурных данных сейчас является основным при обследовании, но он имеет ряд недостатков. Прежде всего, это проблема верификации результатов расчетов — с экспериментальными данными их можно сравнивать в том случае, когда изменения в свойствах грунта достаточно велики (например, наблюдаются визуально), т. е. не на ранней стадии развития процессов. Вторая проблема — в расчетных схемах не учитываются реальные динамические воздействия подвижного состава [5], которые усиливают статическую нагрузку и могут создавать дополнительные изменения в грунтах. Намеченные тенденции увеличения скорости поездов и осевой нагрузки требуют совершенствования методов контроля состояния земляного полотна, так как эти факторы способствуют активизации действующих и развитию новых деструктивных процессов. Поэтому необходима разработка новых методик, более чувствительных к изменениям в грунтах.

Геофизические методы применяют для оценки качественных и количественных характеристик грунтов, получения данных о литологическом строении тела насыпи и его основания, выявления неоднородностей и их

локализации [7]. Среди геофизических методик широко распространены георадиолокационные исследования, но и сейсмические работы занимают важное место и представлены, в основном, малоглубинной сейсморазведкой на объемных и поверхностных волнах [3], а также измерением параметров вибрационного воздействия [5].

Как известно, метод вибродиагностики основан на изучении амплитудно-частотных характеристик колебаний грунта, создаваемых подвижным составом. Но в



**Рис. 1. Система мониторинга земляного полотна:**  
а — внешний вид системы; б — установка широкополосного сейсмического датчика; в — схема размещения оборудования:  
1 — берма, 2 — солнечная панель, 3 — регистратор данных Centaur,  
4 — аккумуляторная батарея, 5 — широкополосный сейсмометр ТС-120s, 6 — железнодорожный путь



этом методе практически не учитываются изменения свойств грунта в низкочастотной области спектра при создаваемых вибрационных нагрузках от подвижного состава и релаксации после «снятия» нагрузки. Причина достаточно проста и заключается в полосе частот применяемой сейсмической аппаратуры. Как правило, это пьезоакселерометры или сейсмоприемники электродинамического типа, используемые в сейморазведке [5]. Кроме того, эта аппаратура предназначена для регистрации сильных колебаний и не способна «увидеть» и качественно зарегистрировать слабые.

Отметим, что природа высокочастотных и низкочастотных воздействий на земляное полотно различна. В первом случае это взаимодействие колес и рельсов, во втором — нагрузка от подвижного состава, аналогичная действию движущегося штампа. Реакция земляного полотна на низкочастотные воздействия, создаваемые поездом, определяется его упругими свойствами. Возникающие при динамическом (вибрационном) нагружении добавочные деформации определяются свойствами нагрузки (весом поезда, его скоростью) и упругими параметрами грунта. Теоретическое рассмотрение воздействия на грунт движущегося поезда показывает [4], что амплитуда вертикальной компоненты скорости смещения грунта в заданной точке железнодорожной насыпи определяется модулем сдвига грунта. Таким образом, используя аналитическое решение задачи и экспериментальные замеры амплитуды можно подобрать значения модуля сдвига [10]. При достаточно непрерывном трафике и анализе изменений амплитуды (модулей сдвига) во времени можно следить за состоянием земляного полотна, заметить отклонения на ранней стадии и сделать прогноз на будущее.

**Схема и методика эксперимента.** Наблюдения проводились на специально выбранных участках земляного полотна Северной железной дороги в Архангельской области, отстоящих друг от друга на расстоянии 300 м. Из опыта эксплуатации один из них характеризуется как стабильный, а другой — ослабленный (в его основании залегают торфяные грунты). Непрерывная регистрация велась 260 дней (с 01.01 по 17.09.2022 г.). Во время исследования использовались широкополосные трехкомпонентные сейсмометры Trillium Compact 120s с регистраторами Centaur фирмы Nanometrics [11], установленными непосредственно у подошвы насыпи. Питание сейсмической аппаратуры осуществлялось от солнечных батарей. Типичная схема размещения системы мониторинга показана на рис. 1. В среднем за сутки проходило 30–40 поездов различного типа (преимущественно грузовые). Для определения строения насыпи провели малоглубинную сейморазведку станциями Телсс-402 [9] и Geoda [8].

Пример теоретической сейсмограммы приведен на рис. 2, а.

В сейсмограмме прохождения поезда по участку (рис. 2, б) присутствует набор частот, определяемых интерференцией колебаний разной природы (взаимодействие колес с рельсом и др.). Аналитическое решение воздействия поезда из  $N+1$  подвижных единиц (локомотива и вагонов) в заданной точке ( $y, z$ ) для вертикальной амплитуды теоретического сигнала (скорости смещения грунта по вертикали  $A_z$ ) рассмо-

трено в [4] и представлено следующим выражением:

$$A_z = \sum_{i=0}^N \frac{M_i g V}{40 \pi \mu} \left( \frac{\xi_1 (8r_1^2 + 15z^2)}{r_1^5} + \frac{\xi_2 (8r_2^2 + 15z^2)}{r_2^5} \right),$$

где  $M_i$  — масса, создающая нагрузку на тележку;  $g$  — ускорение свободного падения;  $V$  — скорость поезда;  $\mu$  — модуль сдвига для грунта насыпи;  $\xi_1 = l_1 + l_1 - Vt$ ;  $l_1$  — расстояние от сцепки до сцепки (длина  $i$ -го вагона);  $l_1$  — расстояние от сцепки до середины первой тележки;  $t$  — текущее время;  $r_1 = \sqrt{\xi_1^2 + y^2 + z^2}$ ;  $\xi_2 = l_1 + l_2 - Vt$ ;  $r_2 = \sqrt{\xi_2^2 + y^2 + z^2}$ ;  $l_2$  — расстояние от той же сцепки до середины второй тележки.

Из формулы видно, что амплитуда скоростей смещений  $A_z$  обратно пропорциональна модулю сдвига  $\mu$ .

Опираясь на результаты аналитического решения, подобрали полосовой фильтр 0,01–1,25 Гц (рис. 2, в), который применили к исходной записи (см. рис. 2, б).

Вариации амплитуд в средней части записи объясняются неоднородностью вагонов в составе, неравномерностью хода поезда и пр. За основной параметр приняли значение первого экстремума  $A_z$  (минимума) на компоненте  $Z$  после фильтрации и варьировали значениями модуля сдвига  $\mu$  для максимального подбора расчета и эксперимента. Значение модуля сдвига для приведенной сейсмограммы (см. рис. 2, в) составляет  $\mu = 5,5 \cdot 10^7$  Па.

Учитывая, что параметр  $A_z$  зависит от веса поезда и его скорости, при анализе всего массива данных, полученных за 260 дней непрерывного мониторинга, выбирали только записи грузовых поездов, зарегистрированных обоими пунктами наблюдений. Сравнение проводилось автоматически специально созданной программой, отбирающей записи, отличающиеся по времени первых вступлений менее чем на 60 с (прохождения поезда между пунктами наблюдений со скоростью 20 км/ч). Таким образом, было получено около 6000 сейсмограмм примерно при одинаковой скорости поездов, а сравнение записей в двух точках позволяет «уйти» от веса поезда. Величина  $A_z$  согласно выше приведенной формуле зависит от состояния грунтов (определяется модулем сдвига) и подвижного состава (скорости и веса).

Полученные значения амплитуд  $A_z$  усреднялись за 10 сут, что позволяло уменьшить влияние различий проходящих составов (учитывая, что в сутки проходит примерно 30–40 грузовых поездов, состоящих из вагонов разного типа). Такой интервал осреднения дает приемлемое для статистики количество величин и позволяет получить распределение, близкое к нормальному [2]. Медианное значение  $A_z$  для 10-дневных массивов данных приняли в качестве параметра мониторинга.

На рис. 3 приведены временные вариации значений амплитуд для устойчивого и ослабленного участков земляного полотна с 01.01 по 17.09.2022 г. в сравнении с изменениями температуры окружающего воздуха в дневные и ночные часы. Учитывая различия в абсолютных значениях амплитуд для разных участков насыпи, на графиках приведены значения изменений амплитуд  $\Delta A_z$  (%) относительно величин для устойчивого участка, что позволило сравнивать кривые в одном масштабе. Кроме того, на кривых отображены доверительные интервалы



(пунктирные линии), что обосновывает присутствие на них экстремумов (см. рис. 3).

Сравнение кривых показывает следующее:

сезонные вариации амплитуды для устойчивого участка насыпи примерно в два раза больше (в процентном исчислении), чем для ослабленного;

наибольшие различия амплитуд (и соответственно модулей сдвига) для разных участков насыпи относятся к летнему времени.

Сравнение кривых, представленных на рис. 3, показывает, что временной интервал перехода через  $0^\circ\text{C}$  характеризуется наиболее ярким изменением хода кривых для обоих участков. Обратим также внимание на запаздывание примерно на 20 дней скачков амплитуд  $A_z$  относительно всплеска положительных дневных температур воздуха (см. рис. 3), что дополнительно указывает на задержку по времени, необходимую для оттаивания грунта.

Резонно предположить, что тут мы имеем дело с процессом оттаивания замерзшего грунта, причем разная влагонасыщенность в разных участках определяет «резкость» перехода. Такой вывод опирается на результаты исследования свойств мерзлых грунтов [6]. Исходя из этого во временном интервале оттаивания (около месяца для данного района Архангельской области) следует ожидать наибольших различий в состоянии грунтов участков насыпей.

Таким образом, изменения сезонного упруго-деформированного состояния грунтов насыпи отражаются в вариациях параметров амплитуды  $A_z$ , т. е., согласно [1], в модуле сдвига. Можно также отметить, что, зная прогноз изменения температуры и сопоставляя его с анализом вариаций вертикальных амплитуд  $A_z$ , можно говорить о прогнозе состояния железнодорожной насыпи.

По результатам мониторинга состояния двух участков насыпи изменения  $A_z$  во времени можно разделить на два интервала — зимний и летний. На рис. 4 приведены соответствующие гистограммы. Помимо отмеченного выше различия примерно в два раза медианных значений амплитуд виден сдвиг  $A_z$  в зависимости от се-

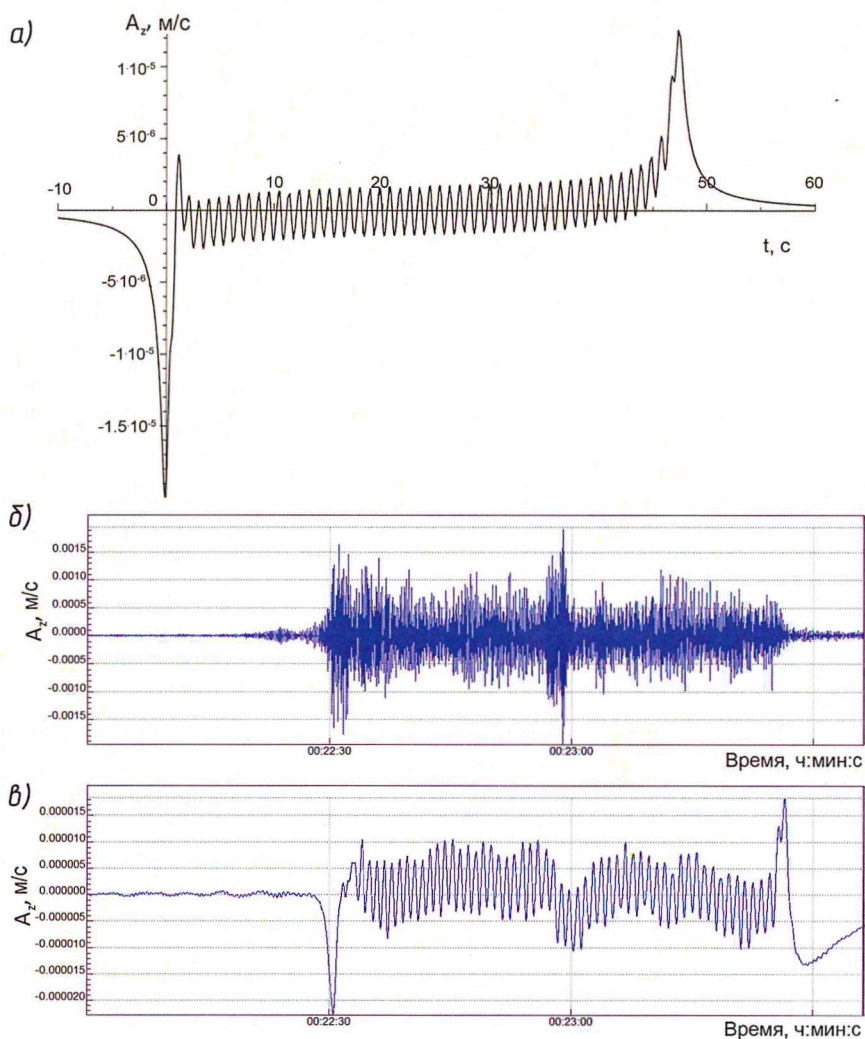


Рис. 2. Пример теоретического расчета (а) и регистрации грузового поезда широкополосным велосиметром на вертикальном канале Z в разных полосах частот — исходная запись (б) и запись после применения полосового фильтра 0,01–1,25 Гц (в)

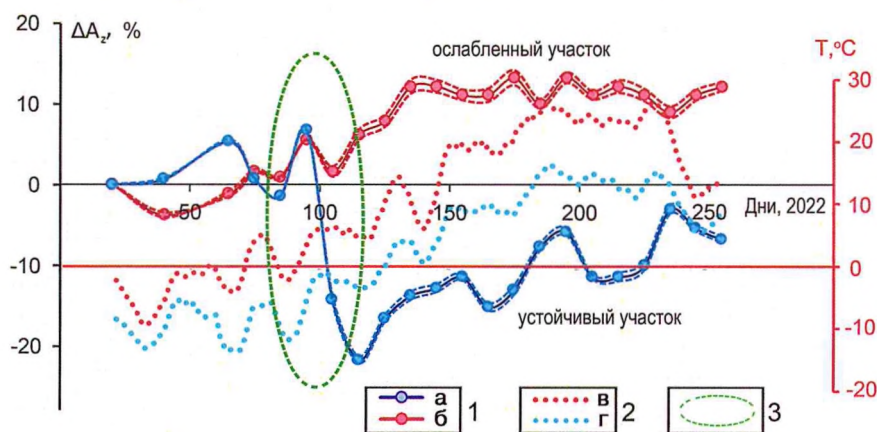


Рис. 3. Сопоставление результатов мониторинга состояния двух участков железнодорожной насыпи с 01.01 по 17.09.2022 г. в сравнении с изменением температуры:  
1 — осредненные значения амплитуд  $A_z$  для участков насыпи (а — устойчивого, б — ослабленного); 2 — вариации температуры (в — днем, г — ночью); 3 — интервалы времени, рассматриваемые в тексте. На кривых показаны стандартные отклонения значений



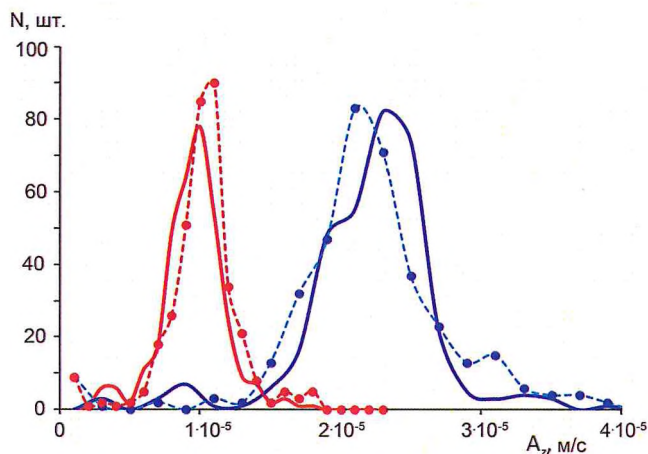


Рис. 4. Гистограммы значений  $A_z$  в летнее (пунктирная линия) и зимнее (сплошная линия) время для двух участков насыпи: ослабленного (красная линия) и устойчивого (синяя линия)

зона, причем разный для тестируемых участков насыпи. Для стабильного участка летом  $A_z$  меньше на 10 %, чем зимой, а для нестабильного, наоборот, — больше на 10 %. Это, по существу, является демонстрацией чувствительности методики. Учет таких вариаций в расчетах является дополнительной возможностью их уточнения.

Подытоживая сказанное, заметим, что наше исследование было сконцентрировано на анализе вертикальных (Z) колебаний, регистрируемых широкополосным велосиметром, создаваемых грузовыми поездами. Среди выявленных новых возможностей метода вибродиагностики для мониторинга состояния земляного полотна можно выделить следующее:

доступен непрерывный мониторинг состояния земляного полотна без нарушения графика движения поездов;

использование широкополосной сейсмической аппаратуры позволяет регистрировать сигнал, создаваемый подвижным составом, в максимально широкой полосе частот, что дает возможность применять различные подходы к анализу волновых форм. Схема размещения датчиков может быть любой, в том числе не нарушающей строение насыпи. Наблюдения автоматизированы, могут вестись дистанционно;

возможна оценка состояния земляного полотна при увеличении скоростного режима и/или увеличении нагрузки на ось, корреляция с сезонными климатически-

ми изменениями, что позволит оптимизировать пропускную способность железнодорожной линии;

возможен прогноз развития неблагоприятных процессов с помощью использования в расчетах модулей сдвига, полученных в условиях естественного залегания, а также величин динамической нагрузки от поезда.

Работа выполнена по государственным заданиям Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики Уральского отделения Российской академии наук (номер государственной регистрации 122011300389-8) и Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, (номер государственной регистрации 122040600106-8).

#### Список источников

1. Антоновская Г.Н., Капустян Н.К., Федоренко Е.В. Возможности сейсмической аппаратуры в задачах оценки состояния железнодорожных насыпей // Сейсмические приборы. 2019. Т. 55, № 3. С. 61–73. DOI: 10.21455/si2019.3-4.
2. Антоновская Г.Н., Капустян Н.К., Шиленкова В.С. Экспериментальное подтверждение задачи определения модуля сдвига материала железнодорожной насыпи // Вопросы инженерной сейсмологии. 2023. Т. 50, № 3. С. 79–84. DOI: 10.21455/VIS2023.3-6.
3. О+Р 760/2. Диагностика земляного полотна: памятка введ. 20.04.2012 / ОСЖД. 2012. 16 с. URL: <https://osjd.org/ru/8931/page/106077?id=2398> (Дата обращения 05.02.2024).
4. Добровольский И.П. Методика определения модуля сдвига материала железнодорожной насыпи // Вопросы инженерной сейсмологии. 2023. Т. 50, № 1. С. 84–88. DOI: 10.21455/VIS2023.1-6.
5. Коншин Г.Г. Упругие деформации и вибрации земляного полотна: учеб. пособие. М.: МГУПС (МИИТ), 2010. 180 с.
6. Цытович Н.А. Механика мерзлых грунтов: Общая и прикладная. М.: URSS, 2019. 446 с.
7. Шаповалов В.Л. Диагностика балластного слоя и земляного полотна железных дорог методом георадиолокации: дис. доктора техн. наук: 2.9.2 / Место защиты: РГУПС. Ростов-на-Дону, 2022. 396 с.
8. Geode exploration seismograph // Geometrics: сайт. 2023. URL: <https://www.geometrics.com/product/geode-exploration-seismograph/> (Дата обращения 10.09.2023).
9. Телеметрическая сейсморазведочная система ТЕЛСС-402 // Геосигнал: сайт. 2023. URL: [http://geosignal.ru/essential\\_grid/telemetricheskaya-seysmorazvedochnaya-s/](http://geosignal.ru/essential_grid/telemetricheskaya-seysmorazvedochnaya-s/) (Дата обращения 05.02.2024).
10. Kapustian N.K., Antonovskaya G.N., Orlova I.P. Soil state testing using heavy vehicle vibrations // Energies. 2022. Vol. 15, № 3. Art. № 830. DOI: 10.3390/en15030830.
11. Products // Nanometrics: сайт. 2023. URL: <https://nanometrics.ca/products> (Дата обращения 05.02.2024).

#### EXPANDING THE CAPABILITIES OF THE VIBRATION DIAGNOSTICS METHOD FOR MONITORING THE CONDITION OF THE ROADBED

**Antonovskaya Galina** — D.Sci, Deputy Director for Science, Head of the Laboratory of Seismology N.Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Arkhangelsk, Russia. [essm.ras@gmail.com](mailto:essm.ras@gmail.com)

**Kapustian Natalia** — D.Phys.Math., Chief Scientific Officer. Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences. Moscow, Russia. N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Arkhangelsk, Russia. [nkapustian@gmail.com](mailto:nkapustian@gmail.com)

**Abstract.** A theoretical justification and experimental implementation of a new technique for expanding the possibilities of vibration diagnostics of a railway embankment soil condition are proposed. The basis of the technique consists in seismic registration at the embankment base of vibrations from passing trains, followed by determination of the amplitudes of first extremums ( $A_z$ ) of the vertical component recording in a frequency band (0,1–1,25 Hz). A comparison of the analytical expression of the impact of a passing train on the embankment and the experimental values of  $A_z$  allows us to select the values of the shear modulus  $\mu$  of embankment soils, i.e., to obtain values in conditions of natural occurrence. Continuous observations make it possible to monitor the change of  $\mu$  over time, including during thawing of the soil. This process shows the resolution of the technique.

**Keywords:** railway embankment, broadband seismometer, amplitude, shear modulus.



# КОНФЕРЕНЦИЯ В РОССИЙСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ТРАНСПОРТА

В Российском университете транспорта (МИИТ) 13–14 ноября состоялась XXI Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути», приуроченная к 120-летию со дня рождения профессора Г.М. Шахунянца.

Г.М. Шахунянец внес большой вклад в развитие путейской науки и практики, по его учебникам обучались несколько поколений инженеров путей сообщения. Г.М. Шахунянец длительное время был членом научно-исследовательских Советов МПС и Минтрансстроя, возглавлял секцию «Инженерная защита территории СССР» НТС Госстроя. На протяжении 25 лет руководил Комитетом по земляному полотну Министерств путей сообщения и транспортного строительства.

На конференции присутствовали более 200 участников, в том числе руководители Центральной дирекции инфраструктуры, Центральной дирекции диагностики и мониторинга инфраструктуры, Центральной дирекции по ремонту пути, ученые российских вузов, научно-исследовательских и проектных организаций, представители фирм-производителей современной техники, ученые Беларуси и Казахстана, а также студенты и аспиранты МИИТа.

Пленарное заседание по традиции открыл **В.Н. Сазонов**. С вступительным словом к собравшимся обратились научный руководитель РУТ (МИИТ) **И.Н. Розенберг** и заместитель начальника ЦДИ **М.М. Старовойтов**.

Главный конструктор по инфраструктуре АО «Инжиниринговый центр железнодорожного транспорта» **Э.Д. Загитов** представил основные итоги разработки конструкций и технологий содержания железнодорожного пути, обеспечивающих наработку 2,5 млрд т брутто пропущенного тоннажа, а именно: разработаны конструкторская документация на скрепления, шпалы, брусья, стрелочную продукцию, программы и методики лабораторных исследований узлов скреплений, шпал и брусев; изготовлены опытные образцы элементов конструкции пути, проведено их лабораторное тестирование; созданы программы и методики эксплуатационной проверки на Экспериментальном кольце ВНИИЖТа и на перегоне Заозерная—Камала Красноярской дороги; на Экспериментальном кольце заложены опытные участки. В 2025 г. предстоит испытать инновационные стрелочные переводы и конструкции пути на Экспериментальном кольце и на перегоне Заозерная—Камала, провести валидацию математических моделей и актуализацию расчетов конструкций, нормативно-технической документации в части ремонтов и технического обслуживания, разработать технико-экономическое обоснование конструкции пути с системой технического обслуживания.

О ходе реализации проекта высокоскоростной магистрали Москва—Санкт-Петербург и особенностях содержания существующих участков скоростного и высо-

коскоростного движения поездов доложил начальник службы по организации скоростного и высокоскоростного движения поездов ЦДИ **А.А. Гришан**. С 2024 по 2046 г. планируется построить пять железнодорожных линий со скоростью движения поездов до 400 км/ч, с поэтапным вводом в эксплуатацию участков Москва—Санкт-Петербург, Москва—Екатеринбург, Москва—Адлер, Москва—Рязань, Москва—Минск. Докладчик сообщил об улучшении плавности хода поездов в ходе выполнения мероприятий Дорожной карты, утвержденной Распоряжением ОАО «РЖД» от 21.09.2023 № 1727.

С докладом о техническом состоянии инженерных сооружений сети дорог и проблемах их содержания выступил заместитель начальника Управления пути и сооружений ЦДИ **Д.В. Еськов**. Он отметил важность взаимодействия эксплуатирующих организаций с научно-образовательными учреждениями, проектно-изыскательскими институтами, разработчиками технологий и строительным комплексом. Докладчик рассказал о проблемах, связанных с искусственными сооружениями и земляным полотном, необходимости привлечения инвестиций и перехода к роботизации, предложил внести изменения в нормативную базу.

Заместитель главного инженера Центральной дирекции по ремонту пути **С.А. Кириленков** доложил о внедрении технологии укладки пути для повышения его ресурса на участке протяженностью 2,8 км перегона Заозерная—Камала Красноярской дороги. Ремонтно-путевые работы на указанном объекте проведены в период с 19 сентября по 3 октября 2024 г. за шесть «окон» продолжительностью 24 ч каждое (пять «окон» для замены рельсошпальной решетки и устройства подбалластного защитного слоя методом холодного ресайклинга, одно «окно» для замены инвентарных рельсов на плети).

Заместитель начальника Дирекции диагностики и мониторинга инфраструктуры **А.Н. Козаченко** проанализировал результаты внедрения инновационных методов диагностики инженерных сооружений. Укомплектование обследовательских станций новым оборудованием продолжается и к 2026 г. должно достигнуть 100 % от расчетного. Приобретаются аппаратно-программные



В президиуме слева направо **В.Н. Сазонов**, **И.Н. Розенберг**, **М.М. Старовойтов**





На пленарном заседании

комплексы для обследования русел рек, телеуправляемые подводные аппараты, лазерные сканеры, комплекс автоматизированного выявления неисправностей, беспилотные аппараты. Это позволит расширить спектр, детализацию и полноту получаемой информации, повысить качество оценки состояния объектов инфраструктуры, использовать безлюдные технологии, разработать модуль автоматизированного рабочего места инженера мостоиспытательной станции ЕК АСУИ ИССО МИС.

Участники конференции в соответствии с программой приняли участие в работе четырех секций.

Секция **«Земляное полотно в сложных инженерно-геологических условиях»** была посвящена особенностям ремонта и текущего содержания инженерных сооружений. Так, на участке Туапсе—Адлер организована работа землеройных комплексов для установки тетраподов, очистки застенных пазух, террасирования оползневых участков косогора. На Забайкальской дороге применена технология укладки гибких бетонных покрытий для футеровки траншей и укрепления склонов водоотводных сооружений.

Участники мероприятия обсудили проблемы «больного» земляного полотна при строительстве БАМ-2, связанные с недостатками инженерно-геологических изысканий, технологическими нарушениями при подготовительных и строительных работах.

На секции **«Железнодорожный путь для высокоскоростного и скоростного пассажирского движения; инфраструктура железнодорожного пути при развитии рельсового транспорта крупных городских агломераций»** рассматривались вопросы организации технического обслуживания ВСМ, эксплуатации инфраструктуры хозяйства пути и сооружений, потребность в разработке комплексов машин, применение комплекса КСП-700. Большое внимание уделено улучшению плавности хода поездов, совершенствованию конструкций железобетонных подрельсовых оснований и конструкции узла промежуточного рельсового скрепления. Для проекта ВСЖМ-1 Москва—Санкт-Петербург рассматривались риски применения коробчатых пролетных строений, технические решения по управлению стрелочными переводами, разрабатываемые рельсовые скрепления для пути и стрелочных переводов.

**«Железнодорожный путь повышенного ресурса и технологии его обслуживания для тяжеловесного грузового движения поездов»** — тема еще одной секции. На ней обсудили требования к зерновому составу щебня для конструкции пути с повышенной наработкой тоннажа, ознакомились с производством инновационного щебня фракции от 10 до 63 мм, опытным устройством подбалластных защитных слоев методом холодного ресайклинга на перегоне Заозерная—Камала Красноярской дороги.

Лабораторные испытания АО «ИЦ ЖТ» подшпальных прокладок показали, что в период стабилизации балластного слоя остаточная осадка уменьшилась практически в шесть раз, а изменение зернового состава снизилось примерно в три раза.

АО «ИЦ ЖТ» разработал методику подбора жесткости подшпальных прокладок, на основе моделирования составлена схема их раскладки для стрелочного перевода марки 1/11 с непрерывной поверхностью катания. Для обеспечения нормативных требований по трещиностойкости шпал и других железобетонных элементов верхнего строения представлена методика выбора схемы армирования и усилия натяжения напряженной арматуры.

Шпалы для горно-перевальных участков проходят испытания на Дальневосточной дороге под поездными нагрузками и воздействием погодных условий. Конструкция шпал предусматривает использование скреплений ЖБР 65ПШТ и ЖБР 65ПШР, разработанных ПКБ И, имеет интегрируемую на заводе упругую подшпальную прокладку ЦП613.

Комплекс МПВ выполняет объемное уплотнение балласта практически под всей шпалой с одновременной стабилизацией пути виброплитами. Предлагаемая АО «Тулажелдормаш им. А.В. Силкина» технология обеспечивает требуемые параметры стабилизации пути без дополнительного привлечения машины типа ДСП, послеосадочная выправка пути не требуется.

На секции **«Мониторинг и диагностика железнодорожного пути»** рассмотрены вопросы гидрологического обеспечения в паводковый период, применение современных диагностических средств для выявления и оценки природных процессов, угрожающих искусственным сооружениям и земляному полотну, диагностирование инфраструктуры ВСМ мобильными комплексами, а также с применением геоинформационных технологий. Выступавшие отмечали важность высокоточного позиционирования мобильных диагностических средств.

Представлены новые возможности непрерывного вибромониторинга насыпи. Оценено влияние циклических поездных воздействий на накопление остаточных деформаций грунта в лабораторных условиях.

В заключение конференции участники подвели итоги и сформулировали ряд рекомендаций по обсуждаемым темам.

ГОРЬКАНОВА Т.Н., МОЧАЛОВА И.В.  
Фото Сысоевой Т.Д.



# О СПОСОБЕ СНЯТИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ИЗБЫТОЧНЫХ ПРОДОЛЬНЫХ СИЛ В РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЯХ

НОВАКОВИЧ В.И., Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), докт. техн. наук,  
КАРПАЧЕВСКИЙ В.В., РГУПС, канд. техн. наук, КОРНИЕНКО Е.В., РГУПС, канд. техн. наук,  
МИРОНЕНКО Е.В., РГУПС, канд. техн. наук, ГАБРЕЛЯН Г.М., РГУПС, аспирант

В начальный период внедрения бесстыкового пути в СССР в нормативах [1 и 2] не допускалось никаких отступлений от установленной температуры закрепления рельсовых плетей. Считалось, что в первую очередь при низких температурах зимой необходимо обеспечить прочность рельсов, испытывающих температурные растягивающие напряжения, суммирующиеся с растягивающими напряжениями, возникающими в кромках подошвы при изгибе рельсов под воздействием колес подвижного состава. Тогда, в 50–60-е годы прошлого столетия, в методике расчета допускаемых напряжений была принята величина 350 МПа. Из-за этого в юго-западных регионах СССР максимальная допускаемая температура закрепления рельсов (типа Р50, других более массивных еще не было) по расчетам на прочность обычно не превышала 15 °С. Полагали, что в северных и восточных регионах из-за большой годовой амплитуды температурных колебаний, прежде всего по условиям прочности, бесстыковой путь применять нельзя до того как появятся рельсы более тяжелых типов. Еще одним фактором, влияющим на выбор температуры закрепления, был немецкий опыт применения бесстыкового пути. В Германии оптимальная температура закрепления составляла 15 °С. К тому времени, когда в СССР только начинали в опытном порядке укладывать бесстыковой путь, там его уже давно эксплуатировали на десятках тысяч километров. А поскольку в СССР климат более континентальный, отечественные специалисты пришли к выводу, что плети нужно закреплять при температуре не выше, чем в Германии.

При ремонтных работах с применением машин тяжелого типа (в конце 1959 г. появились щебнеочистительные машины Драгавцева — ЩОМ-Д) в рельсовых плетях возникали дополнительные продольные силы, вызывающие изменение температуры закрепления, нарушая установленный температурный режим примерно на 16 °С. В начале ремонтируемого участка образовывались растягивающие дополнительные силы, а в его конце — сжимающие [3]. Поэтому считалось, что после ремонта необходимо в рельсовой плети снять эти локальные силы (распределенные в виде пика в пределах 50-метрового участка), раскрепляя плеть до ее ближайшего конца или назначая начало и конец ремонтируемого участка на концах плетей. Такие дополнительные требования существенно усложняли и удорожали обслуживание бесстыкового пути, снижая его эффективность. Позднее в нормативах [4 и 5] ликвидация дополнительных продольных сил раскреплением плети до ближайшего ее конца была заменена на применение способа снятия локальных избыточных продольных сил [6].

В ныне действующей Инструкции по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути [7] оба упомянутых выше требования отсутствуют — теперь не надо снимать локальные дополнительные продольные силы ни раскреплением плети до ее ближайшего конца, ни раскреплением на локальном участке. Это объясняется тем, что больше не приме-

няются машины тяжелого типа, поднимающие рельсошпальную решетку более чем на 150 мм. И значит нарушение температуры закрепления при работе любых современных машин не может превышать 2 °С, чем следует пренебречь. Однако некоторые руководители высоких рангов требуют, по старой памяти, снимать возникающие незначительные отступления от температурного режима, как это регламентировалось в самых ранних нормативах [1 и 2]. Но в Инструкции [7] такого требования нет, так как оно бы исключало возможность применения сверхдлинных плетей.

Во второй половине 1980-х гг. ученые железнодорожных вузов [8] предложили применять рельсовые плети длиной до протяженности перегона. В [8] было помещено Приложение 2, в котором изложен проект Технических указаний по укладке, ремонту и содержанию бесстыкового пути с рельсовыми плетями неограниченной длины (с. 91–93). Этот проект в 1986 г. был утвержден ЦП МПС в виде временных указаний для опытного применения. Несмотря на то что заведующий лабораторией бесстыкового пути Е.М. Бромберг был против сверхдлинных плетей, данный проект согласовал во ВНИИЖТе заведующий отделением проф. В.Г. Альбрехт. Ефим Моисеевич Бромберг продолжал считать, что плети не могут быть длиной более 950 м, поскольку их эпизодически необходимо перезакреплять из-за локальных дополнительных продольных сил, возникающих во время ремонтных работ. Он не признавал возможности использования в расчетах рельсов на прочность результатов лабораторных испытаний, проведенных в МИИТе [9], согласно которым минимальный условный предел текучести рельсовой стали даже для термически необработанных рельсов, уже пропустивших нормативный тоннаж, составлял 470 МПа. Если принять подобный результат, расчет рельсов на прочность теряет всякий смысл. Для современных закаленных рельсов такой расчет тем более не нужен, поскольку их предел определен в 800 МПа [10] (с. 21).

Однако верхний предел температуры закрепления плетей зависит не только от расчета рельсов на прочность, но и от величины образующегося зазора в случае излома плети или разрыва стыка. Ширина зазора зависит от погонного сопротивления балласта, сдвигаемого шпалами вдоль оси пути. Е.М. Бромберг еще до того, как стал заведующим лабораторией бесстыкового пути, провел испытания с целью выявления величины погонных сопротивлений сдвигу шпал в щебеночном балласте вдоль и поперек оси пути [11]. Он приводит итоговые данные этих опытов, согласно которым, в частности, «максимальное погонное сопротивление продольным перемещениям деревянных шпал в щебеночном балласте вдоль оси пути по двум рельсовым нитям составляет 9,2 кН/м». Если это значение погонного сопротивления принять в расчет ширины зазора, то окажется, что применять бесстыковой путь в СССР нельзя, ибо тогда температура закрепления в 15 °С окажется недопустимо высокой. Но поскольку лаборатории бесстыкового пути была поставлена задача внедрить эту



конструкцию, было принято решение вычислить необходимое погонное сопротивление и, исходя из допустимого зазора, потребовать его обеспечения [12], не заботясь о том, как это сделать. Таким образом нарушалось всеобщее правило — принимать в инженерных расчетах наиболее неблагоприятные условия.

В ныне действующей Инструкции [7] рекомендовано принимать в расчетах погонное сопротивление балласта сдвигу шпал вдоль оси пути на одну нить равным 12 кН/м (с. 87), тогда как среднее значение этого сопротивления для железобетонных шпал, определенное лабораторией бесстыкового пути [13] (с. 31), составляло 10 кН/м, что более чем в два раза превышало значения максимальных сопротивлений, определенных в [11]. В сборнике трудов ВНИИЖТа [13] (с. 44) в выводах в первом пункте констатировалось, что «сопротивления перемещения деревянных и железобетонных шпал в эксплуатируемом пути практически одинаковы». Опыты по определению погонных сопротивлений сдвигу шпал тогда проводились без учета воздействия поездов, так как считали эти условия более неблагоприятными, предполагая, что при пригрузке рельсошпальной решетки поездом сопротивление увеличится. Но это предположение оказалось ошибочным. Еще в 1969 г. в учебнике «Железнодорожный путь» Г.М. Шахунянц [14] (с. 443) отмечал, что «при сотрясениях проходящей подвижной нагрузкой значения погонного сопротивления шпал падает до 0,5 своего статического значения».

Но если под поездом падает сопротивление, то в момент его движения происходит перемещение шпалы, а под следующим составом то же явление повторяется и, получается, деформация имеет скорость. И как показали исследования [8], скорость рассматриваемой деформации пропорциональна приложенной силе, а это означает, что данный процесс подчиняется закону вязкости Ньютона. Таким образом, количественной мерой, определяющей сопротивление балласта сдвигу шпалами, является коэффициент вязкости.

Значения погонных сопротивлений сдвигу шпал в балласте вдоль или поперек оси пути имеют большую дисперсию как случайные величины. Ими нельзя пользоваться в расчетах как детерминированными. Тем не менее до сих пор в нормативах по бесстыковому пути сохраняются положения, которые были определены расчетами без учета случайного характера исходных данных и воздействия проходящих поездов.

В Приложении 1 (с. 85–90) монографии [8] помещены Технологические указания ЦПСВ-03-32 (Восстановление контактной сваркой лопнувших и дефектных рельсовых плетей бесстыкового пути с частичным раскреплением с применением передвижных рельсосварочных машин (ПРСМ), утвержденные ЦП МПС СССР только в 1983 г. Это стало возможным благодаря тому, что главным инженером ЦП МПС стал Н.Ф. Митин, который лично принимал активное участие в разработке технологических указаний и во внедрении этого способа сварки [15]. Николай Федорович применял его в опытном порядке еще в 1968 г. будучи старшим дорожным мастером Овручской дистанции пути. До 1972 г. этот способ было запрещено публиковать в печати, так как предполагалось патентовать его за рубежом. Только с помощью этого нововведения, названного позднее «способом сварки с предварительным изгибом», стало возможно укладывать бесстыковой путь с плетями протяженностью до перегона.

До начала XXI в. термитный способ сварки рельсов на отечественных железных дорогах не имел широкого распространения по причине того, что прочность такого сварного соединения тогда считалась не-

достаточной. В настоящее время, когда алюминотермитная сварка вполне освоена, было бы рационально ликвидировать с ее помощью все болтовые стыки в местах соединения рельсовых плетей. Эту работу можно выполнять при капитальном и среднем ремонтах пути, а также при текущем содержании.

Однако производить сварку возможно только при температурах, отличающихся от установленной температуры закрепления не более чем на 5 °С. Имеется несколько наших предложений в виде патентов, которые позволяют выполнять сварку при низких температурах рельсов с применением нагрева или натяжения плетей, но они пока не нашли своего отражения в нормативах.

А вот применять способ снятия локальных избыточных продольных сил в плетях бесстыкового пути [6] при низких температурах нельзя, потому что на концевых участках плетей, которые часто имеют длину более 200 м, отступления от температуры закрепления не локальны. Это означает, что раскреплением ограниченного участка плети понизить большие отступления от установленной температуры закрепления до допустимых размеров, как это иногда путейцы пытаются делать, не удастся. Отступления с недопустимо пониженной температурой закрепления останутся, и эти места не будут обеспечивать с достаточной надежностью безопасность движения поездов по условию устойчивости колеи.

#### Список источников

1. Технические условия на укладку и содержание бесстыкового пути: утв. МПС СССР 22.05.1969. М.: Транспорт, 1970. 129 с.
2. Технические указания по укладке и содержанию бесстыкового пути: утв. МПС СССР 03.10.1979. М.: Транспорт, 1982. 165 с.
3. Новакович В.И. ШОМ-Д на ремонте бесстыкового пути // Путь и путевое хозяйство. 1963. № 10. С. 3–5.
4. Технические указания по укладке и содержанию бесстыкового пути: утв. МПС РФ 03.10.1991. М.: Транспорт, 1992. 72 с.
5. Технические указания по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути: утв. МПС РФ 31.03.2000. М.: Транспорт, 2001. 95 с.
6. А.с. № 365416. Способ снятия местных избыточных напряжений от продольных сил в рельсовых плетях бесстыкового пути / П.Р. Гайдар, В.И. Новакович, Г.И. Павлов, Ю.И. Резниченко, Г.А. Худяков. № 1497551/27-11; заявл. 28.10.1970; опубл. 08.01.1973; Бюл. № 6.
7. Инструкция по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 14.12.2016 № 2544р. Доступ через СПС «КонсультантПлюс».
8. Новакович В.И. Бесстыковой железнодорожный путь с рельсовыми плетями неограниченной длины. Львов : Вища школа, 1984. 99 с.
9. Механические характеристики рельсов Р65 стандартного производства / Г.М. Шахунянц, И.Я. Туровский, М.Б. Смирнова, А.М. Никонов // Экспериментальные исследования рельсов. М.: Транспорт, 1968. С. 3–84. (Труды МИИТ ; вып. 271).
10. Шур Е.А. Повреждения рельсов. М.: Интекст, 2012. 192 с.
11. Бромберг Е.М. Воздействие на путь грузовых вагонов. М.: Трансжелдориздат, 1956. 134 с. (Труды ВНИИЖТ ; вып. 113).
12. Вериго М.Ф. Новые методы в установлении норм устройства и содержания бесстыкового пути. М.: Интекст, 2000. 184 с.
13. Маркарьян М.А., Зверев Н.Б. Сопротивление бесстыкового пути перемещениям // Бесстыковый путь. М.: Трансжелдориздат. 1962. С. 19–45. (Труды ВНИИЖТ ; вып. 244).
14. Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь: учебник. М.: Транспорт, 1969. 536 с.
15. А.с. № 226754. Способ сварки стержней // Е.В. Мазница, В.Ф. Сушков, А.М. Литвинов, В.И. Новакович, Г.А. Худяков. Б.И. № 27, 1972.



# ЗАЩИТА ПУТИ ОТ СНЕЖНЫХ ЛАВИН НА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ МАГИСТРАЛИ



ГАРИФЬЯНОВ Ф.М., ООО «Защитные сооружения «Дорпроект»», главный инженер

Трассы железных дорог, пролегающих по гористой местности, заведомо находятся под угрозой воздействия стихийного явления — схода снежных лавин. Это зачастую влечет за собой сбой в движении поездов и опасность для жизни людей. ОАО «РЖД» предусматривает различные методы и способы борьбы со сходом снега. В России в лавиноопасной зоне находятся некоторые участки Куйбышевской, Южно-Уральской, Западно-Сибирской, Красноярской, Восточно-Сибирской и Дальневосточной дорог.

На Западно-Сибирской магистрали опасный участок находится на линии Новокузнецк—Таштагол. Одним из таких мест здесь является перегон на 466 км, где в свое время наблюдался сход так называемого осова — соскальзывание снежных масс широким фронтом в виде оползня вне строго фиксированного русла (рис. 1).

Здесь железнодорожный путь проходит по узкому участку между склоном горы (крутизна от 25° до 60° и более) и рекой Кондомой. Разработкой проекта лавинопредотвращающих сооружений в 2008 г. занимались специалисты ООО ЗС «Дорпроект» совместно с учеными научно-исследовательской лаборатории «Борьба с заносами, лавинами и размывами на железных дорогах» (НИЛ Лавины) Сибирского госу-

дарственного университета путей сообщения согласно техническому заданию и с учетом требований СНиП 2.01.15-90 [1]. В 2009 г. защитные устройства установили в соответствие с проектом, и до сих пор они надежно ограждают дорогу от схода снежных лавин.

Основными критериями при проектировании служили надежность, эффективность и экономическая целесообразность применения конкретного типа средства защиты, учитывая при этом рекомендации, изложенные в [2, 3, 4].

Обследуемый участок находится в юго-восточной части Кемеровской области (Горная Шория), в пограничной зоне с Красноярским и Алтайским краями и республикой Хакасия. По климатическому районированию местность относится к строительно-климатической зоне 1В [5].

Количество осадков за год колеблется от 550 до 900 мм. Снег составляет до 32 % годовых осадков, что образует снежный покров высотой 70–80 см. Суточные максимумы осадков могут достигать до 80 мм. В исключительные зимы высота снежного покрова может достигать 2 м.

На плато выше склона расположен лесной массив (рис. 2), и по этой причине снегопринос с поля прак-



Рис. 1. Сход снежной лавины на 466 км в виде осова на линии Новокузнецк—Таштагол. Январь 2006 г.

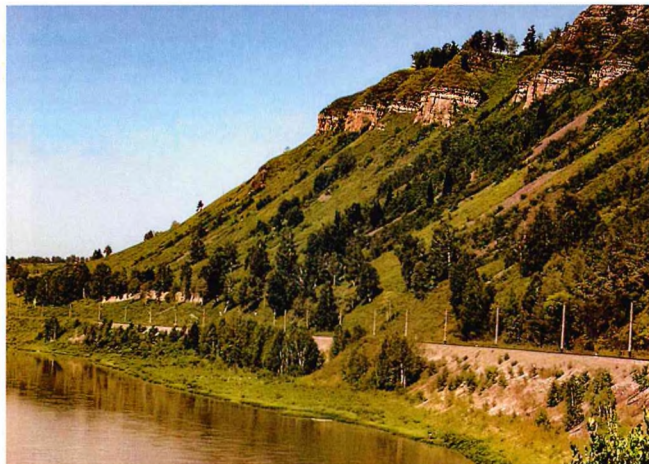


Рис. 2. Общий вид лавиноопасных склонов на 466 км. Август 2007 г.





Рис. 3. Забор ООО «Гео-Барьер». Фото из открытых источников



Рис. 4. Забор НИЛ Лавины СГУПС

тически отсутствует, т. е. снежный покров на склоне горы формируется практически только за счет выпадающего снега.

Максимальная высота снега на снегомерных маршрутах и наибольший уровень снега за месяц наблюдаются в конце февраля, реже в начале марта. Максимальная высота снега в стартовой зоне лавиноопасных склонов по данным снегомерных съемок на 466 км для лавиноопасного участка — 179 см.

Существует много различных способов защиты железнодорожного пути, транспортных сооружений и других объектов от снежных лавин. При проектировании защитных устройств на перегоне на 466 км линии Новокузнецк—Таштагол ООО ЗС «Дорпроект» приняло решение не рассматривать некоторые варианты в силу различных причин:

искусственно регулируемый сброс лавин, так как это мероприятие связано с проведением взрывных работ, что может спровоцировать возникновение склоновых процессов (сплывов, оползней и т. п.);

устройство лавинозащитных галерей, так как при существующей частоте схода лавин и отсутствии локального места их выхода, это мероприятие заведомо экономически невыгодно;

строительство лавинонаправляющих сооружений (лавинорезы, направляющие стенки и т. п.), так как нет возможности отвести движущуюся лавину от пути.

В связи с вышеизложенным рабочая группа Дорпроекта предложила проект лавиноудерживающих сооружений в комплексе с агромелиорацией. Были рассмотрены три варианта.

**Заборы ООО «Гео-Барьер»** используются для защиты от камнепадов, снежных лавин, селей и оползней. Они состоят из одинаковых модулей-пролетов, которые представляют собой стальные сети с кольцевыми ячейками, закрепленными между стойками в специальных креплениях (рис. 3).

Сети производятся различных типов и размеров в зависимости от инсталляции, рельефа местности, величины камней, способов доставки и монтажа на строящихся объектах. Специальная технология плетения сети позволяет получать сплошные полотна без жесткого крепления кольцевых ячеек в местах переплетения, что позволяет поглощать энергию камнепада, снежных лавин и селей очень эффективно.

По нашему мнению, одним из недостатков данного вида защиты является его высокая стоимость. Расчетная стоимость одного модуля длиной 1,5 м составляет около 18 тыс. руб. Стоимость сооружения из четырех рядов общей протяженностью 1400 м для лавиноопасного участка на 466 км обходится в более 17 млн руб. (Здесь и далее для сравнения приведены расчеты в ценах 2008 г.)

**Забор НИЛ Лавины СГУПС** (рис. 4) состоит из одинаковых модулей-пролетов, которые представляют собой легкую сварную сетку размерами 1500×1500 мм с ячейкой 150×150 мм и диаметром нити 4 мм, которая крепится сваркой к стойкам из двутавра № 12, усиленного подкосами из швеллера № 10.





Рис. 5. Сетчатые террасы на 466 км. Июнь 2010 г.

Однородная поверхность зоны застройки, отсутствие скальных выходов, незначительная разность отметок в поперечных сечениях предполагают защитное обустройство склона непрерывными рядами. Кроме того, эта схема оправдана при строительстве коротких рядов с сетчатым заполнением как с точки зрения технологии проведения работ, так и с точки зрения уменьшения давления снега на крайние элементы в рядах.

Стоимость одного модуля этого забора длиной 1,5 м будет равна около 15 тыс. руб. Стоимость всей конструкции для рассматриваемого участка получится почти 14 млн руб.

**Сетчатые террасы.** Специалисты ООО ЗС «Дорпроект» разработали еще одну конструкцию снегоудерживающего сооружения — сетчатые террасы (рис. 5), которые армируют снежный склон на всю глубину и предотвращают сползание снега в виде лавины.

Конструкция состоит из набора одинаковых модулей (рис. 6), каждый из которых собирается из двух основных деталей: легкой сварной арматурной плоской (не рулонной) сетки (тип 4) и трубчатой стойки. Арматурная сетка изготавливается контактной точечной сваркой, причем провариваются все крестообразные соединения. Размеры сетки 2×4 м с ячейками 200×200 мм из стальной катанки Вр-1 диаметром 6 мм (ГОСТ 23279–85) [6]. Трубчатые стойки выполняются из стальной водогазопроводной трубы (ГОСТ 3262–75) [7] с условным проходом 40 мм и наружным диаметром 48 мм, длиной 2 м. На одном торце трубчатой стойки делается диаметральный паз шириной 6,5 мм и глубиной 40–50 мм для закрепления арматурной сетки. Кроме названных двух деталей по-



Рис. 7. Саженьцы сосны на склоне горы. Июнь 2010 г.

надобится еще некоторое количество анкеров длиной 0,5–0,6 м, выполняемых из той же трубы с тем же диаметральный пазом.

Конструкция лавинопредупреждающих сооружений «сетчатые террасы» одобрена для внедрения службой пути Западно-Сибирской дороги и защищена патентом на полезную модель № 90453.

Сетчатые террасы монтируются на склонах в местах потенциального зарождения и развития снежных лавин сплошную, рядами, в шахматном порядке, группами (островками) или поодиночке — в зависимости от условий снегонакопления, рельефа, наличия и состояния древесно-кустарниковой растительности и других обстоятельств.

Сетчатые террасы сочетают в себе предельную конструктивную простоту, технологичность, умеренную материал- и трудоемкость как при изготовлении, так при и монтаже.

Один модуль сетчатой террасы длиной 2 м поперек склона стоит около 5 тыс. руб. Стоимость всей

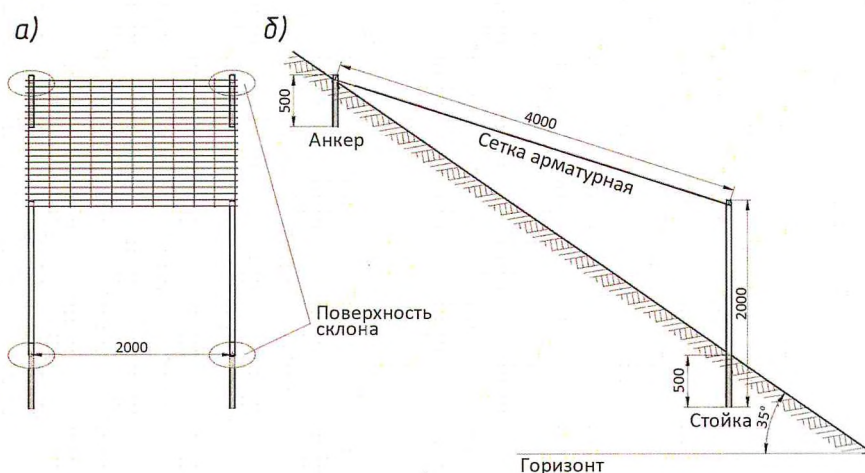


Рис. 6. Модуль сетчатой террасы:  
а — фронтальная проекция; б — профильная проекция



# «ОКНО» В МИРОВОЙ ОКЕАН



**ПЕТРОВА Н.В.,** ОАО «Российские железные дороги», Октябрьская дирекция инфраструктуры, инженер 1-й категории

Мурманская область, Кольский район, сельское поселение Междуречье — адрес Морского торгового порта «Лавна». Это название стало известно на всю страну, когда во время IV Железнодорожного съезда в декабре 2023 г. президент Российской Федерации В.В. Путин дал старт рабочему движению по новой линии, соединяющей Мурманский ход Октябрьской дороги и портовый комплекс перегрузки угля «Лавна».

Порт «Лавна» на западной стороне незамерзающего Кольского залива в дальнейшем станет одним из важнейших транспортных узлов на маршруте Северного морского пути и одним из ключевых инфраструктурных объектов Мурманской области и страны. Проект комплекса перегрузки угля «Лавна»

является составной частью проекта «Комплексное развитие Мурманского транспортного узла», который реализуется в соответствии с государственной программой Российской Федерации «Развитие транспортной системы». Основной целью плана развития узла является создание круглогодично действующего глубоководного морского хаба — центра по переработке нефтеналивных грузов, перевалке угля и минеральных удобрений, интегрированного в международный транспортный коридор «Север—Юг».

В соответствии с Дорожной картой ОАО «РЖД» на полигоне Октябрьской дороги ведется развитие участка Волховстрой—Мурманск в рамках федерального проекта «Развитие железнодорожных подходов к морским портам Северо-Западного бассейна»

конструкции для рассматриваемого лавиноопасного участка на 466 км составляет 3,7 млн руб.

**Агролесомелиорация** — один из самых надежных и действенных средств борьбы с лавинами. Посадка растительности осуществляется на горных склонах, имеющих достаточный почвенный покров, в пределах естественной границы распространения лесов в данной местности (рис. 7).

Площадь лесопосадок должна покрывать весь лавиноопасный склон, начиная от вершины. В качестве посадочного материала используют местные быстрорастущие породы деревьев и кустарников, имеющие сильно разветвленную корневую систему и не требовательные к качеству почвы.

Растения высаживают на склоне площадками, которые располагаются в шахматном порядке с размещением в ряду через 3 м и при таком же расстоянии между самими рядами. Посадку выполняют ранней весной, когда почва хорошо насыщена влагой, что способствует лучшей приживаемости семян.

Расчетная стоимость облесения лавиноопасного склона горы на 466 км посадкой семян в количестве 46 тыс. шт. составляет около 100 тыс. руб.

Таким образом, общая стоимость противолавинной защиты на этом участке равна 3,8 млн руб.

## Список источников

1. СНиП 2.01.15-90. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования. Введ. 01.01.1992. Зам. 01.01.2013. М.: Госстрой, 1991.
2. Мельник Д.М. Предупреждение снежных заносов на железных дорогах. М.: Транспорт, 1966. 243 с. (Труды ВНИЖТа; Вып. 313.)
3. Ядрошников В.М. Расчетные параметры лавинозащитных сооружений. Новосибирск: Издательство СТАПС, 1997. 134 с.
4. Дюнин А.К., Бялобжеский Г.В., Чесноков А.Г. Защита автомобильных дорог от снежных лавин: материал тех. инф. М.: Транспорт, 1987. 60 с.
5. СНиП 23-01-99\*. Строительная климатология. Введ. 01.01.2000. Отм. 25.06.2021. М.: Стандартинформ 2006. 74 с.
6. ГОСТ 23279-85. Сетки арматурные сварные для железобетонных конструкций и изделий. Общие технические условия. Введ. 01.01.1986. Отм. 01.07.2013. М.: Стандартинформ, 2019.
7. ГОСТ 3262-75. Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия. Введ. 01.01.1977. Изм. 01.05.2007. М.: Стандартинформ, 2007.

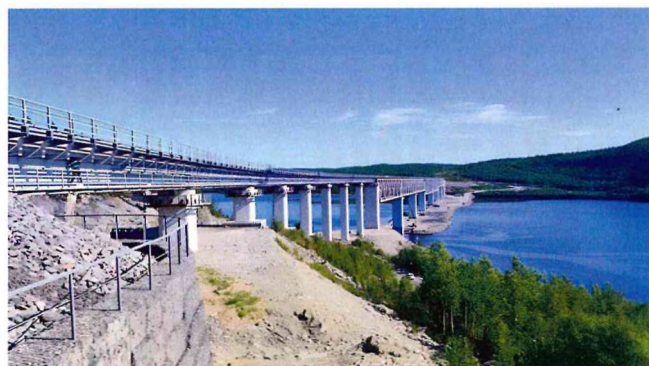


Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры и долгосрочной программы развития ОАО «РЖД» до 2025 г.

На всем протяжении строящейся к порту железнодорожной линии производится монтаж контактной сети, прокладка кабелей связи, электроснабжения и инженерных коммуникаций. Строится тяговая подстанция «Лавна». На станциях Выходной, Мурмаши-2, Промежуточная возводятся здания и сооружения транспортной безопасности, бытового и производственного назначения, идет реконструкция участков автомобильных дорог, попадающих в зону стройки.

Построенный меньше чем за год железнодорожный мост через реку Тулома является одним из важнейших искусственных сооружений на железнодорожной линии Выходной—Лавна, поскольку соединяет порт «Лавна» с сетью ОАО «РЖД». Это самый крупный объект на линии. На его строительстве было задействовано около 2,5 тыс. специалистов, в том числе работники Октябрьской дирекции инфраструктуры, осуществлявшие технический надзор за ведением работ, и более 250 единиц различной техники. Длина переправы составляет 1313 м. Высота опор — 34 м.

Для пропуска дополнительных объемов грузов модернизировали железнодорожную инфраструктуру Октябрьской магистрали Мурманского региона. В активной фазе на участке Волховстрой—Мурманск решаются 18 первоочередных задач, среди которых создание на пяти перегонах участка Свирь—Мурманск 52,6 км вторых путей, реконструкция 11 станций, восстановление разъезда Суглица, строительство дома отдыха для локомотивных бригад на станции Выходной. Октябрьской дирекции инфраструктуры в реализации такого амбициозного проекта (создание, модернизация и обслуживание объектов) отводится ведущая роль. В рамках «Комплексного развития Мурманского транспортного узла» припортовой станции Лавна организационно-штатным отделом Дирекции проведена работа по изменению организационно-функциональной модели следующих структурных подразделений Октябрьской ДИ: Мурманской дистанции пути (ПЧ-42), Мурманской дистанции сигнализации, централизации и блокировки (ШЧ-21), эксплуатационного вагонного депо Апатиты (ВЧДЭ-23). Для обслуживания новых участков дополнительно ввели 121 штатную единицу. Это монтеры пути, дежурные по поезду, осмотрщики-ремонтники, электромеханики, электромонтеры и другие представители отраслевых профессий. Позже планируется увеличить штат еще на 44 единицы.



Мост через реку Тулома

Для своевременной подготовки вновь набранного персонала проводится работа с образовательными подразделениями Октябрьского учебного центра профессиональных квалификаций по согласованию для кандидатов дополнительных мест в плановых группах, а также с филиалами среднего профессионального образования отраслевых вузов (Петрозаводский филиал ПГУПС) по созданию дополнительных групп подготовки рабочих кадров.

В результате предлагаемых изменений организационно-функциональных моделей структурных подразделений дирекции будет достигнуто снижение риска нарушения производственных технологий с увеличением качества выполняемых работ в установленные сроки, повышена безопасность движения поездов.

Глубоководный порт «Лавна» — один из ключевых инфраструктурных проектов для переориентации внешней торговли России. Общая стоимость проекта составляет около 78,5 млрд руб. Он обеспечит навигацию экспортных грузов по Северному морскому пути. Внешэкономбанк Российской Федерации с партнерами профинансирует строительство специализированного угольного терминала мощностью 18 млн т в рамках программы «Фабрика проектного финансирования». «Реализация проекта осуществляется на принципах частно-государственного партнерства и положительно повлияет на социально-экономическое развитие российской Арктики», — прокомментировал председатель Внешэкономбанка Российской Федерации И.И. Шувалов.

Осуществление намеченных мероприятий позволит ОАО «РЖД» обеспечить в 2024 г. провозную способность на участке Выходной—Лавна в объеме 4 млн т угля брутто, начиная с 2025 г. — 18 млн т, а к 2030 г. погрузка достигнет 110 млн т.

Глава ОАО «РЖД» О.В. Белозёров подчеркнул, что Мурманское направление востребовано у грузоотправителей «как прямой выход на Северный морской путь и напрямую в Мировой океан».



УДК 625.143.1, 625.033.373.2, 625.171

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В КРИВЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ



**ПАРАХНЕНКО И.Л.**, Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), канд. техн. наук,  
**БИШЛЕР Е.Ю.**, УрГУПС, старший преподаватель

**Аннотация.** В статье рассмотрено изменение длин продольных волн, возникающих при движении грузового состава в кривых участках пути. Такое волнообразное движение вызывает неравномерный износ обеих рельсовых нитей, деградацию верхнего строения пути. Уменьшить последствия возможно посредством нанесения смазочных материалов на дорожки катания и боковые поверхности рельсов.

**Ключевые слова:** железнодорожный путь, грузовой состав, продольные силы в контакте «колесо-рельс», скорость движения поезда, кривой участок пути, длина волны, моделирование, коэффициент трения.

При увеличении объемов перевозок по сети железных дорог достаточно остро встает вопрос о продлении сроков службы рельсов и сохранении профилей колесных пар. В единой механической системе взаимодействия пути и подвижного состава эксплуатационные затраты на содержание устройств инфраструктуры нужно контролировать, управляя физическими процессами в зоне контакта колеса и рельса [1].

Изучение физических процессов трения качения в различных динамических системах позволяет управлять рисками при обеспечении безопасности движения грузовых поездов. С развитием компьютерных технологий и программных комплексов моделирование движения поездов позволяет выполнять сложные расчеты с учетом влияния различных факторов [2].

При движении поезда возникают большие продольно-динамические силы, как растягивающие, так и сжимающие, которые оказывают влияние на безопасность движения и эксплуатационные характеристики как пути, так и подвижного состава [3–6]. Основной

причиной изъятия рельсов из пути на магистральном ходу (20–40 %) являются дефекты контактно-усталостного характера, на появление и развитие которых оказывают влияние режимы движения поездов [7] и качество стали.

Цель данной работы — проанализировать влияние продольных сил, вызывающих колебательные процессы во время движения подвижного состава в кривых участках, при различных вариантах коэффициента трения.

Для имитационного моделирования динамики грузового состава при движении по пути использовали специализированный модуль программного комплекса «Универсальный механизм». Участок для моделирования длиной 3600 м был выбран максимально приближенным к условиям эксплуатации на главном ходу Свердловской дороги. Его параметры плана и профиля приведены в таблице.

Моделировали грузовой состав, состоящий из двух тяговых модулей локомотива и 62 грузовых вагонов с различной нагрузкой на ось (23,5 и 27,0 тс). Исследова-

Параметры исследуемого участка

Элемент плана участка	Длина, м			
	круговой кривой	первой переходной	второй переходной	общая
Прямая вставка	—	—	—	91
Кривая левая R=990 м, h=35 мм	285	110	100	495
Прямая вставка	—	—	—	372
Кривая левая R=630 м, h=85 мм	284	80	80	444
Прямая вставка	—	—	—	94
Кривая правая R=540 м, h=100 мм	79	100	100	279
Прямая вставка	—	—	—	421
Кривая правая R=380 м, h=70 мм	148	110	70	328
Прямая вставка	—	—	—	1076

Примечание. h — возвышение наружного рельса в кривой.



Рис. 1. Продольные силы, возникающие при проследовании кривой грузовым составом



ние проводили в режиме тяги при установившейся скорости с шагом 10 км/ч от 40 до 80 км/ч, что соответствует типовым скоростным режимам для грузовых поездов.

Изучив движение поезда в кривом участке пути (рис. 1), можно сделать вывод, что продольные силы в переходных кривых не стабильны, и только при проследовании круговой кривой движение состава приобретает признаки установившегося процесса (т. е. постоянные радиус и скорость способствуют стабилизации сил, которые становятся постоянными и максимальными).

Поскольку максимальные силы были зафиксированы именно в круговой кривой, далее был проведен их сравнительный анализ при разных условиях эксплуатации. Специалистами кафедры «Путь и железнодорожное строительство» совместно с сотрудниками железной дороги было проведено исследование коэффициента трения в контакте колеса и рельса, для чего принимали усредненные значения измеренных коэффициентов трения  $f$  при различном трибологическом состоянии рельсов: сухом ( $f = 0,4$ ) и смазанном ( $f = 0,25$ ) [8].

Сравнение полученных результатов и оценка продольных сил, вызывающих колебания подвижного состава в кривых при скорости 40 км/ч, приведено на рис. 2 при рассматриваемых трибологических состояниях: сухое трение и лубрикация обеих нитей (отдельно внутренней и внешней).

Анализируя графики можно сказать, что с уменьшением радиуса кривой колебания становятся более интенсивными и их максимальная амплитуда растет. В кривых больших радиусов колебательные движения возникают только в самом начале круговой кривой, а далее затухают, но при радиусах менее 540 м колебания видны на протяжении всей круговой кривой, что и приводит к более интенсивному износу в контакте «колесо-рельс».

При меньшем коэффициенте трения  $f = 0,25$  увеличивается длина продольной волны до 40 %, в то же время наблюдается рост максимальных значений амплитуды. В кривой наименьшего радиуса смазывание дорожки катания внутренней рельсовой нити приводит к увеличению длины максимальной волны и росту амплитудных значений.

В результате исследования колебательного процесса при установившемся движении экипажа в кривой были получены зависимости длины волны от скорости движения, представленные на рис. 3.

Анализируя графики можно заметить, что при лубрикации дорожки катания наружной нити в кривой радиусом 990 м длина волны до скорости 60 км/ч уменьшается, а потом начинает расти.

При радиусе 380 м наблюдаем обратную ситуацию

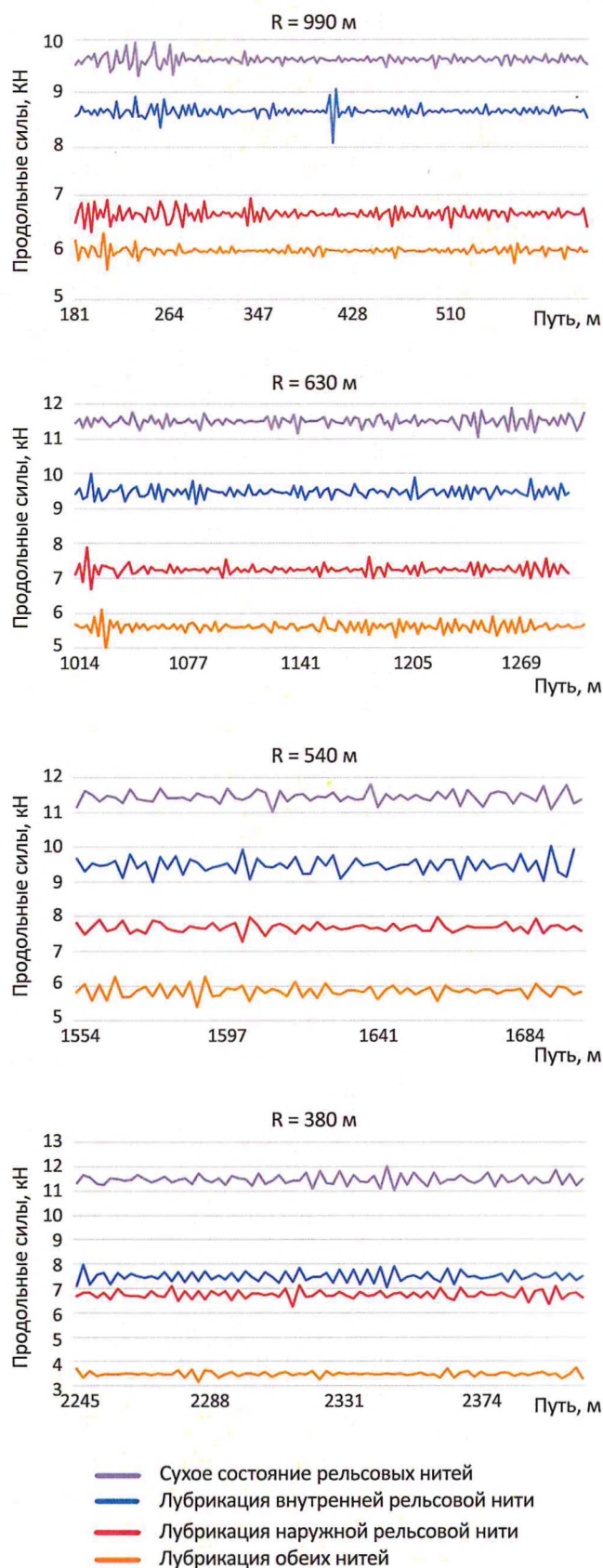


Рис. 2. Продольные силы колебания экипажа в кривых разных радиусов при различном трибологическом состоянии рельсов



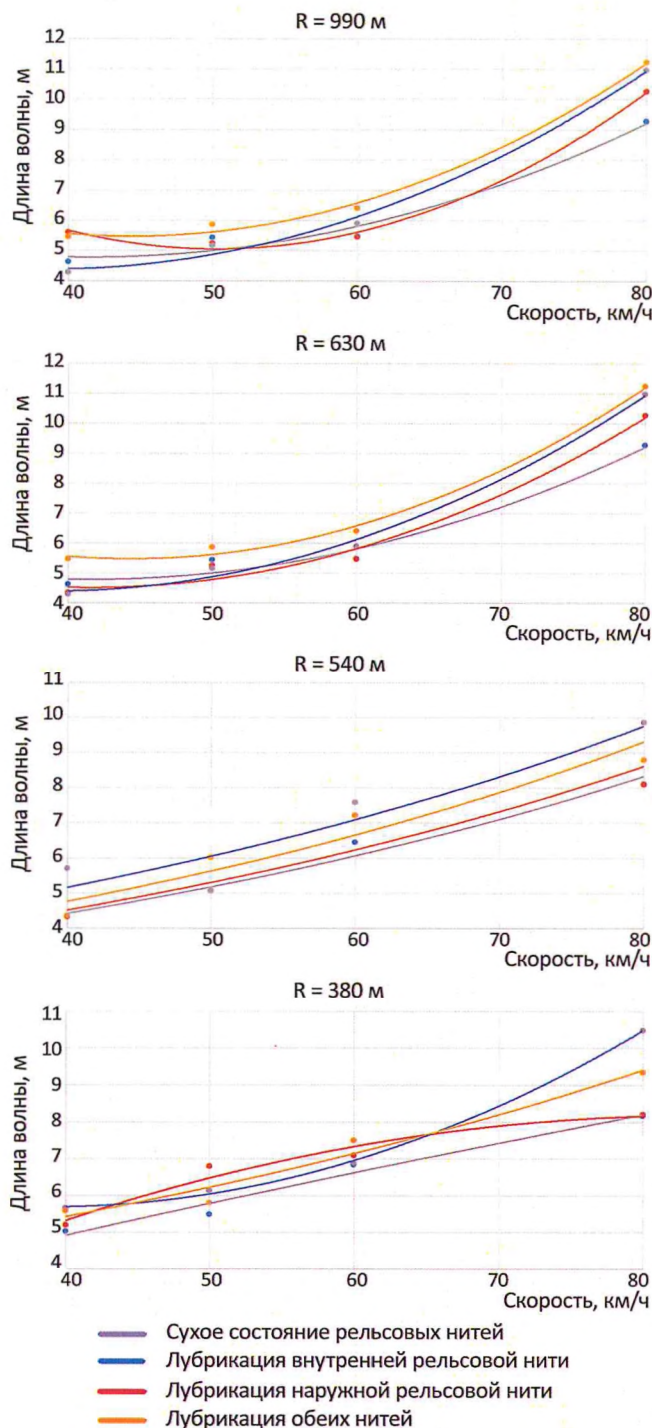


Рис. 3. Изменение длин продольных волн в разных кривых в зависимости от трибологического состояния рельсов и скоростей движения поездов

#### STUDY OF LONGITUDINAL VIBRATIONS OF ROLLING STOCK ON CURVED SECTIONS OF TRACK

Parakhnenko Inna — Ph.D., Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia. IParakhnenko@usurt.ru  
 Bishler Elena — Ural State University of Railway Transport, senior lecturer, Ekaterinburg, Russia. Bishler@usurt.ru

**Abstract.** The article examines the change in the lengths of longitudinal waves that arise when a freight train moves in curved sections of the track. This wave-like movement causes uneven wear of both rail threads and degradation of the upper track structure. It is possible to reduce the consequences by applying lubricants to the tracks and side surfaces of the rails.

**Keywords:** railway track, freight train, longitudinal forces in the «wheel-rail» contact, train speed, curved track section, wavelength, modeling, friction coefficient.

— линия тренда растет до скорости 70 км/ч, а потом становится постоянной. В кривых радиусом 630 и 540 м при лубрикации дорожки катания наружной рельсовой нити длина волны растет с увеличением скорости.

По данному исследованию можно сделать вывод, что коэффициент трения влияет на продольные колебания экипажа, изменяя длину волны. Чем меньше длина волны, тем больше расстройств геометрии рельсовой колеи в эксплуатации. Регулируя коэффициент трения можно удлинять волны, а следовательно минимизировать воздействие на путь подвижного состава. «Классический» способ смазки только наружной рельсовой нити недостаточен — в кривых малого радиуса необходимо смазывать и внутреннюю нить.

#### Список источников

1. Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь: учебник. М.: Транспорт, 1987. 480 с
2. Сакало В.И., Сакало А.В. Критерии для прогнозирования возникновения контактно-усталостных повреждений в колесах железнодорожного подвижного состава и рельсах // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2019. Т. 78, № 3. С. 141–148. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2019-78-3-141-148>.
3. Сидорова Е.А., Певзнер В.О., Чечельницкий А.И. Показатели силового взаимодействия пути и подвижного состава при движении грузового вагона по длинным неровностям с учетом действия продольных сил // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2021. Т. 80, № 6. С. 359–365. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2021-80-6-359-365>.
4. Парахненко И.Л., Гребнева Д.А. Моделирование пятна контакта, возникающего при взаимодействии колеса и рельса, для разных вариантов режимов ведения грузового состава // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 4(63). С. 36–43.
5. Продольные силы в длинносоставных грузовых поездах // Железные дороги мира. 2010. № 11. С. 61–65.
6. Сахаров П.А. Исследование продольных сил в грузовых поездах при движении через переломы профиля пути в режиме электрического торможения // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт. 2019. № 1(38). С. 59–62.
7. Каргапольцев С.К., Новосельцев П.В., Купцов Ю.А. Волнообразный износ рельсов при торможении // Мир транспорта. 2017. Т.15, № 5 (72). С. 46–53. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2017-15-5-4>.
8. Парахненко И.Л., Аккерман С.Г. Исследования влияния вариантов лубрикации на силы, возникающие в контакте колесо-рельс // Транспорт и логистика: пространственно-технологическая синергия развития: сборник научных трудов IV Международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону, 2020. С. 13–17.

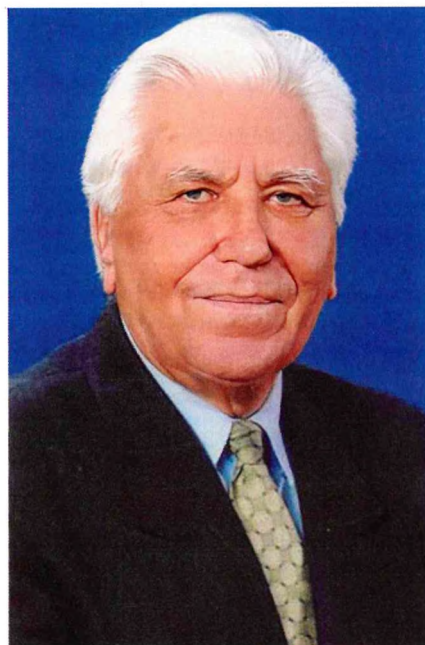


# БУДЕМ ПОМНИТЬ ВСЕГДА

В этом году исполняется 100 лет со дня рождения Валерия Ивановича Грицыка — известного ученого, внесшего значительный вклад в теорию и практику строительства и эксплуатации земляного полотна железных и автомобильных дорог. Он был мудрым наставником для студентов и молодых ученых, настоящим другом и единомышленником для коллег.

Одно лишь перечисление степеней и званий В.И. Грицыка говорит о его значимости для отечественных железных дорог: доктор технических наук, профессор, почетный академик Российской академии транспорта, почетный железнодорожник, почетный транспортный строитель, ветеран Великой Отечественной войны, ветеран железнодорожных войск. Награжден пятью медалями за заслуги перед отраслью, знаками «Участник строительства Средне-Сибирской магистрали», «Участник всероссийского выставочного центра» (2001 г.), отмечен в энциклопедии транспортного строительства и юбилейном двухтомнике «Транспортное строительство» (2004 г.). Член диссертационного совета.

Практическая и научная деятельность Валерия Ивановича Грицыка посвящена железнодорожному транспорту, транспортному строительству. Окончив с отличием институт военных инженеров, в составе железнодорожных войск он участвовал в восстановлении железнодорожных линий Карельского перешейка, развитии



Ленинградского узла, станции Выборг, строительстве Средне-Сибирской железной дороги, вторых путей направлений Брянск—Москва, Петрозаводск—Мурманск, Каргалы—Акмолинск, электрификации Транссиба. Валерий Иванович работал на дистанциях пути Северо-Кавказской дороги, был руководителем лаборатории-станции ЦНИИСа (г. Челябинск), лаборатории земляного полотна УО ВНИИЖТа (г. Свердловск), заведующим кафедрой «Путь и путевое хозяйство» УЭМИИТа (УрГАПС), деканом строительного факультета РИИЖТа (РГУПС).





В.И. Грицык участвовал в разработке норм плотности грунтов, технологии механизированной планировки, укрепления откосов механизированным травосеянием и плитными покрытиями. Его теория проективных координат определила направление контрольно-разбивочных работ, топографо-геодезических нормативов земляного полотна железных и автомобильных дорог. Он исследовал водно-тепловой режим и деформации земляного полотна, предложил их комплексную классификацию, показатели стабильности; разработал системотехнические основы управления состоянием объектов земляного полотна на принципах структурной и параметрической оптимизации с учетом стохастической обусловленности среды функционирования, алгоритмы итеративной оптимизации, метод проектирования оптимальных противопучинных конструкций (подушек, первых термо- и гидроизолирующих покры-

тий) по гипотезе предельных деформаций (и промерзаемости), способ исправления пути на пучинах по криволинейным отводам, измерительные приборы, принципы нормативного содержания, АСУ земляного полотна.

В.И. Грицык являлся автором более 220 научных, методических, 10 нормативных работ, более 150 публикаций, многочисленных учебников и учебных пособий, провел оппонирование девяти докторских диссертаций.

Валерий Иванович ушел от нас на 91-м году жизни. Прошло 9 лет, но мы — его коллеги, последователи и ученики помним и всегда будем помнить этого интеллигентного, добросердечного, и в тоже время настойчивого, веселого, целеустремленного и незаурядного Человека с большой буквы.

КОЛЛЕКТИВ  
СТРОИТЕЛЬНОГО ФАКУЛЬТЕТА РГУПС

## ПЕРЕЧЕНЬ СТАТЕЙ, опубликованных в журнале «Путь и путевое хозяйство» за 2024 г.

### I. Управление. Кадры

Алексеева Ю.О. — О социальной политике ОАО «РЖД»	5
Волкова Т.П. — Чемпионат профессионалов	11
Гранты ОАО «РЖД» для молодых ученых в 2024 г.	2
Итоги конкурса рационализаторских предложений «Идея ОАО «РЖД»—2024»	9
Кеткина А.Г. — Лучшие по профессии	4
Кеткина А.Г. — Передовые коллективы	4
Коваленко Н.И., Коваленко А.Н. — Оценка рисков нарушения численности персонала в путевом хозяйстве	2
Манаков А.Л., Игнатьев В.Ю., Маслов Н.А. — «Механики» СГУПС — чемпионы России по специальности	5
Почетные железнодорожники	5, 10
Холодилов Д.А. — Обучение персонала как залог стабильности, развития и успеха организации	8
Шведенко А.А. — Значение вспомогательных профессий в путевом хозяйстве	9

### II. Безопасность движения и труда. Защита окружающей среды

Андреева Л.А., Желудкевич А.М., Ялышев Р.Ф. — Повышение безопасности на переездах	8
Горьканова Т.Н. — Об улучшении плавности хода поездов и комфорта пассажиров	5
Лисицын А.И., Чаплыгин В.С. — О состоянии охраны труда в ОАО «РЖД»	3
Малинский С.В., Шарова В.О. — Перспективные методы анализа периодических неровностей пути в задачах оценки безопасности движения	4

### III. Диагностика и мониторинг

Антоновская Г.Н., Капустян Н.К. — Расширение возможностей метода вибродиагностики для мониторинга земляного полотна	12
Брандис М.П., Буслаев И.Д., Степаненко А.Л. и др. — Аппаратно-программный комплекс для ультразвукового контроля рельсов	3
Горьканова Т.Н. — Школа передового опыта по организации комплексной диагностики объектов инфраструктуры	10
Космин В.В. — Применение квадрокоптеров для обследования мостов	4
Лебедев С.П., Слобцова Е.М., Савичев С.В. — Вихревой контроль поверхности боковых граней рельсов	1
Лесов К.С., Хальфин Г.-А.Р. — Диагностическое средство для оценки технического состояния промежуточных рельсовых скреплений	7
Марков А.А., Антипов А.Г., Карелин М.В. и др. — Магнитный метод для оценки состояния бесстыкового пути	2
Пономарев С.А., Рождественский С.А., Рукавчук Ю.П. и др. — Актуализация Положения о расшифровке результатов неразрушающего контроля рельсов	2
Радько А.С. — Перспективы применения робототехнических комплексов для обследования инфраструктуры железных дорог	1
Тарабрин В.Ф., Бугаенко В.М., Чистякова О.Е. и др. — Инновационные решения в области неразрушающего контроля рельсов	7



<b>Чечельницкий А.И.</b> — Дирекция диагностики и мониторинга инфраструктуры: достижения, перспективы, новые технологии .....	6
<b>Шемакин В.Ю., Космачева А.А.</b> — FРV-эффективность: осмотры искусственных сооружений с помощью инновационных технических средств .....	12
<b>Щепотин Г.К.</b> — Диагностика геометрических параметров рельсовой колеи в период весеннего оттаивания пути .....	3

#### IV. Текущее содержание. Ремонт пути

<b>Акопян А.Г.</b> — Поиск инновационных решений в области сварочного производства .....	8
<b>Ашпиз Е.С., Дорошенко К.А.</b> — Применение технологии холодного ресайклинга для устройства подбалластных защитных слоев .....	11
<b>Гарифьянов Ф.М.</b> — Защита пути от снежных лавин на Западно-Сибирской магистрали .....	12
<b>Гарифьянов Ф.М.</b> — Создание защитных лесонасаждений на новых участках железных дорог .....	4
<b>Камнев С.В.</b> — Организация производства рельсовых рубок в стационарных условиях на Улан-Удэнской дистанции пути .....	5
<b>Козлов В.В.</b> — Обслуживание малодеятельных участков механизированным способом .....	6
<b>Ленкин В.Д., Симонок И.А.</b> — Ликвидация дефектов рельсовых плетей алюминотермитной наплавкой .....	8
<b>Лисицын А.И., Чаплыгин В.С.</b> — Как путейцы готовятся к зиме .....	11
<b>Локтев А.А., Людаговский А.В., Шишкина И.В. и др.</b> — Электромагнитная наплавка рельсового стыкового соединителя .....	2
<b>Маявлин Д.А., Клементьев К.В.</b> — Проблема роста количества мест временного восстановления рельсовых плетей .....	8
<b>Маркин М.А., Широков В.А., Ульянов В.А.</b> — Определение типов отступлений в содержании верхнего строения пути, влияющих на плавность хода .....	11
<b>Некрасов Д.Б., Борц А.И., Бехер С.А. и др.</b> — Обеспечение эффективности шлифования рельсов на основе диагностирования преддефектных состояний .....	2, 3
<b>Новиков В.И., Карпачевский В.В., Корниенко Е.В. и др.</b> — О способе снятия локальных избыточных продольных сил в рельсовых плетях .....	12
<b>Новиков В.И., Карпачевский В.В., Мироненко Е.В. и др.</b> — Как перезакреплять концевые участки плетей .....	1
<b>Пазуха А.А., Рыжков Д.С.</b> — Инновационная троллейная линия на базе ГМС .....	10
<b>Пикалов А.С., Ильиных А.С., Милорадович В.К.</b> — Проблемы и перспективы технологии шлифования рельсов .....	6
<b>Романенко В.А., Мацкевич М.В., Востриков Д.В.</b> — Сокращение мест временного восстановления плетей .....	6
<b>Савин А.В., Соломатин Е.В.</b> — Неисправности безбалластного пути для высокоскоростного движения ...	8, 9
<b>Сычёв В.П.</b> — Новая технология равномерного распределения и уплотнения балласта под шпалой .....	3
<b>Хвостик М.Ю., Хромов И.В.</b> — Сферы рационального применения шлифования и фрезерования рельсов в пути .....	10
<b>Чечельницкий А.И., Певзнер В.О., Шарова В.О.</b> — Проблемы длинных профильных неровностей пути и их решения .....	7
<b>Шаньгин Р.В., Рабчук И.В.</b> — Оценка и перспективы развития технологий обслуживания железнодорожного пути .....	5
<b>Шур Е.А., Федин В.М., Чернышев К.А. и др.</b> — Индукционная сварка решит проблемы сварных стыков ...	4, 5

#### V. Конструкции и элементы пути

<b>Атапин В.В.</b> — Оценка изменения величины бокового износа рельсов .....	10
<b>Ашпиз Е.С., Салмин А.О.</b> — Применение водоотводных лотков из композиционных материалов в условиях пучинистых грунтов .....	1
<b>Бондаренко А.А.</b> — Композитные шпалы повышают эффективность путевого хозяйства .....	7
<b>Бондаренко А.А., Салахов Т.А.</b> — Особенности напряженно-деформированного состояния рельсовых скреплений на стрелочных переводах .....	10
<b>Глюзберг Б.Э., Титаренко М.И.</b> — Обеспечение надежной работы стрелочного хозяйства в условиях повышенных нагрузок .....	6
<b>Гнездилов С.А., Лебедев А.В., Простаков К.А.</b> — Влияние химического воздействия просыпающихся (проливающих) грузов на долговечность железобетонного подрельсового основания .....	2
<b>Гречаник А.В., Дылёв Е.О.</b> — Эксплуатационные испытания пути с подшпальными прокладками .....	9
<b>Добрянский А.В., Полевой Е.В., Дорофеев В.В. и др.</b> — К вопросу об оптимизации профиля острякового рельса .....	5
<b>Ершов Д.С.</b> — Крепление металлических частей стрелочных переводов к железобетонному основанию ...	3
<b>Заграничек К.Л., Рейхарт В.А., Перков И.Е.</b> — Сопротивление усталости закаленных рельсов производства АО «ЕВРАЗ ЗСМК» .....	1
<b>Заграничек К.Л., Рейхарт В.А., Перков И.Е.</b> — Сопротивление усталости закаленных рельсов с различной наработкой тоннажа .....	8
<b>Замуховский А.В., Гречаник А.В., Иванникова Е.Е. и др.</b> — Об измерении сил, действующих на рельс .....	2
<b>Кореньков Д.А., Иванников М.А., Загитов Э.Д.</b> — Разработка конструкции и технологий содержания железнодорожного пути, обеспечивающих наработку 2,5 млрд т брутто пропущенного тоннажа .....	12
<b>Космин В.В.</b> — Балласт или плита? .....	7
<b>Коссов В.С., Краснов О.Г., Никонова Н.М. и др.</b> — Влияние эволюции профиля внутреннего рельса на напряженное состояние его поверхности катания .....	5
<b>Краснов О.Г., Акашев М.Г., Никонова Н.М.</b> — Влияние лубрикации на силовую нагруженность внутреннего рельса .....	1
<b>Левинзон М.А., Загитов Э.Д.</b> — Об учете модуля упругости подрельсового основания при разработке новых конструкций пути .....	1
<b>Луговский А.Ю., Богданов О.К.</b> — Способ измерения силового воздействия колес на рельсы в кривых участках пути .....	5
<b>Маявлин Д.А., Клементьев К.В.</b> — К вопросу о снижении дефектности рельсов в стыковой зоне .....	10
<b>Непомнящих Е.В., Кирпичников К.А., Ковенькин Д.А. и др.</b> — Конструкция верхнего строения пути для железных дорог промышленных предприятий .....	4
<b>Новиков В.И., Залавский Н.И., Карпачевский Г.В. и др.</b> — Достаточно ли аргументов в пользу рельсов Р75? .....	4
<b>Рихтер Е.Е.</b> — К вопросу увеличения ресурса контррельсовых подкладок .....	6, 7
<b>Романов А.В., Киселев А.А.</b> — Об интенсивности накопления остаточных деформаций пути на особо грузонапряженных участках .....	11
<b>Титаренко М.И., Глюзберг Б.Э., Трегубчак П.В. и др.</b> — Стрелочные переводы типа Р65 марки 1/11 в условиях обращения поездов повышенной массы и длины .....	12
<b>Шишкина И.В.</b> — Усовершенствование конструкции	



стрелочных подкладок с подушкой .....	2
---------------------------------------	---

## VI. Земляное полотно. Искусственные сооружения

<b>Глотов Д.С., Никифоров О.М., Гончарук А.Г. и др.</b> — Новые материалы и технологии для железнодорожных мостов .....	7
<b>Зайцев А.А., Парамонов М.А., Зайцев А.И.</b> — О проектировании линии Нижний Бестях—Магадан в условиях залегания многолетнемерзлых грунтов .....	2
<b>Исаков А.Л., Бухов С.И.</b> — Определение параметров противопучинных конструкций земляного полотна .....	7
<b>Кондратов В.В., Рупасова И.В.</b> — Повышение надежности сплошностенчатых сварных пролетных строений .....	10
<b>Кондратов В.В., Сластников М.С.</b> — Динамическое воздействие на мосты вагонов с повышенной осевой нагрузкой .....	7
<b>Лесов К.С., Бондаренко А.А., Абдужаббаров А.Х. и др.</b> — Результаты усиления земляного полотна .....	9
<b>Никулин А.А.</b> — Программа обновления инженерных сооружений ОАО «РЖД» .....	4
<b>Пассек Вад.В., Воробьев С.С., Орлов Г.Г. и др.</b> — Использование насыпи однопутной железной дороги в зоне вечной мерзлоты при сооружении вторых путей .....	9
<b>Пассек В.В., Воробьев С.С., Поз Г.М. и др.</b> — Система поверхностного охлаждения насыпи в зоне вечной мерзлоты .....	1
<b>Скутина О.Л., Скутин Д.А., Махова А.М. и др.</b> — Анализ состояния земляного полотна Свердловской железной дороги .....	6
<b>Федоренко Е.В.</b> — Новые подходы к проектированию земляного полотна ВСМ .....	9, 10

## VII. Машины и инструмент. Цифровые технологии

<b>Абрамов А.Д., Кочергин В.И., Семёнов М.А.</b> — Дооснащение снегоуборочных машин устройствами автоматизированного мониторинга .....	1
<b>Васильев А.А., Фурего Э.В., Любченко А.А. и др.</b> — Применение технологий искусственного интеллекта в цифровизации процессов путевого хозяйства ОАО «РЖД» ...	10
<b>Гринчар Н.Г.</b> — О надежности путевых машин .....	9
<b>Гришан А.А.</b> — Цифровизация планирования работ по улучшению плавности хода пассажирских поездов .....	9
<b>Каптелин С.Ю.</b> — Опыт и перспективы использования полимерных композиционных конструкций .....	1
<b>Королёв В.В.</b> — Управление стрелочным хозяйством на основе искусственной нейросети .....	9
<b>Коссов В.С., Тимаков М.В., Протопопов А.Л. и др.</b> — К вопросу использования цифровых двойников при исследовании процессов термообработки, правки и сварки рельсов .....	8, 9
<b>Прокопьева О.А.</b> — Геоинформационное моделирование при проектировании новых линий .....	8
<b>Сычёв П.В., Мальцев А.П., Феденков В.В.</b> — Выявление неисправностей железнодорожного пути с помощью систем технического зрения .....	11

## VIII. Разное

<b>Анашкин Б.Д.</b> — К 40-летию ветеранской организации железнодорожного транспорта .....	4
<b>Астахова Е.Н., Ласточкина Л.М.</b> — Павел Петрович Мельников — первый министр путей сообщения России ...	10
<b>Астахова Е.Н.</b> — Легендарному БАМу — 50 .....	8
<b>Ашпиз Е.С., Замуховский А.В., Гречаник А.В.</b> — История назначения модуля упругости пути в качестве основного расчетного параметра .....	6
<b>Басовский Д.А., Копытенкова О.И., Зайцев А.А.</b>	

<b>и др.</b> — Технологии снижения шумовых и вибрационных нагрузок от трамвая в городе .....	5
<b>Боровков Ю.М.</b> — «Выпало нам строить путь железный, а короче — БАМ» .....	11
<b>Боровков Ю.М., Кеткина А.Г.</b> — БАМ. Полувековой юбилей .....	8
<b>Будем помнить всегда</b> .....	12
<b>Ваганова О.Н., Баронайте Р.А.</b> — Первые итоги актуализации нормативных документов по установлению возвышения наружного рельса в кривых .....	11
<b>Горьканова Т.Н.</b> — Международная научно-практическая конференция в УрГУПС .....	1
<b>Горьканова Т.Н., Мочалова И.В.</b> — Конференция в Российском университете транспорта .....	12
<b>Горьканова Т.Н.</b> — На заседании комитета ОПЖТ по координации производителей компонентов инфраструктуры и путевой техники .....	6
<b>Горьканова Т.Н.</b> — Общее собрание членов ОПЖТ .....	4
<b>Горьканова Т.Н.</b> — Перспективы развития скоростного и высокоскоростного движения .....	7
<b>Горьканова Т.Н.</b> — Сетевое совещание по итогам работы путевого комплекса в 2023 г. ....	3
<b>Диагностика на ВСЖМ-1</b> .....	12
<b>Залива Д.В.</b> — Анализ работы путевого комплекса в 2023 г. ....	3
<b>Збырьский М.Т., Самко А.В., Зайцев А.А.</b> — Разработка методики по оценке влияния нового строительства на эксплуатационные характеристики рельсовой колеи .....	7, 8
<b>Кеткина А.Г.</b> — Жизнь, наполненная служением Отечеству ...	7
<b>Колесников К.В., Прохоров В.М., Шапетько К.В. и др.</b> — К вопросу о плавности хода и комфорте проезда пассажиров .....	9
<b>Конкурс молодых ученых на предоставление грантов в 2025 г.</b> .....	11
<b>Космин В.В., Космина А.А.</b> — Новая российская железная дорога необщего пользования .....	8
<b>Космин В.В.</b> — Словарь русских и английских транспортных аббревиатур .....	10
<b>Костин Д.В.</b> — Обеспечение стабильности производства с использованием средств предиктивной аналитики .....	7
<b>Локтев А.А., Шишкина И.В., Поддаева О.И. и др.</b> — Исследование ветрового воздействия на акустические экраны для железнодорожного транспорта .....	5
<b>Людоговский А.В., Фазилова З.Т., Полухин В.А.</b> — Особенности формирования и геометрия анодных пятен при электромагнитной наплавке .....	6
<b>О проведении конкурса рационализаторских предложений «Идея ОАО «РЖД» — 2024»</b> .....	4
<b>Парахненко И.Л., Бишлер Е.Ю.</b> — Исследование продольных колебаний подвижного состава в кривых участках пути .....	12
<b>Пассек Вад.В., Воробьев С.С., Орлов Г.Г. и др.</b> — Строительство сооружений на мерзлоте несливающегося типа .....	11
<b>Петрова Н.В.</b> — «Окно» в Мировой океан .....	12
<b>Полевой Е.В., Молоканов Р.Н., Борисов А.С. и др.</b> — Опыт ЕВРАЗ ЗСМК по производству рельсов для тяжеловесного движения на экспорт .....	6
<b>Пупатенко В.В., Стоянович Г.М., Пупатенко К.В. и др.</b> — Вибродинамическое воздействие на путь тяжеловесных поездов в летний период на Восточном полигоне .....	6
<b>Романов А.В.</b> — Кафедра «Железнодорожный путь» вчера, сегодня, завтра .....	3
<b>Шепитько Т.В., Волков Б.А., Миронов В.С.</b> — Вспоминая профессора И.В. Турбина .....	2
<b>Шумный Д.В., Гречаник А.В., Замуховский А.В.</b> — Ширина колеи трамвайного пути .....	4
<b>Яновский А.С.</b> — Достижения путевого комплекса за первое полугодие 2024 г. ....	9



# 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](mailto:cntib@css-rzd.ru)

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







**Кубаньжелдормаш**

Завод основан в 1933 году

## **ПКБ-1Т** ТЕЛЕЖКА ПУТЕВАЯ ЧЕТЫРЕХКОЛЁСНАЯ

ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ПУТЯМ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ, СРЕДСТВ МАЛОЙ МЕХАНИЗАЦИИ, КИП, РЕЛЬСОВ, ШПАЛ И РАЗЛИЧНЫХ ГРУЗОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛОКАЛЬНЫХ ПУТЕВЫХ РАБОТ



## **Т01** ТЕЛЕЖКА ОДНОРЕЛЬСОВАЯ (ТИПА «МОДЕРОН»)

ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ТЯЖЕЛОГО ПУТЕВОГО ИНСТРУМЕНТА, СКРЕПЛЕНИЙ, НАКЛАДОК И ДРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ НА НЕБОЛЬШИЕ РАССТОЯНИЯ НА ЛОКАЛЬНЫХ УЧАСТКАХ



На правах рекламы

- Компактные габариты
- Небольшая масса
- Простота управления и использования
- Низкие цены завода-изготовителя
- Сделано в России
- Гарантийное и постгарантийное обслуживание заводом-изготовителем «Кубаньжелдормаш»