



- ЧЕМПИОНАТ ПРОФЕССИОНАЛОВ
- БЫТЬ ГОТОВЫМИ К РАБОТЕ В ЗИМУ
- ПРИМЕНЕНИЕ ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛИНГА
- ОБ УСТАНОВЛЕНИИ ВОЗВЫШЕНИЯ РЕЛЬСОВ
- ТИПЫ ОТСТУПЛЕНИЙ И ПЛАВНОСТЬ ХОДА ПОЕЗДОВ
- ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗРЕНИЕ ВЫЯВЛЯЕТ НЕИСПРАВНОСТИ

# путь

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ, ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

И ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

11 · 2024





# ЧЕМПИОНАТ ПРОФЕССИОНАЛОВ

Чемпионат профессионалов ОАО «Российские железные дороги» (далее Чемпионат) — это самый масштабный проект компании, в котором каждый работник может заявить о своей компетенции и личностном потенциале. Этот конкурс открывает новые возможности для профессионального роста. Все участники Чемпионата имеют различный стаж работы, разные квалификационные категории, но объединяет их преданность выбранной профессии, увлеченность любимым делом, а также возможность поделиться опытом и зарядиться новыми идеями.

В 2021 г. на Северной дороге провели первый региональный этап конкурса (апробация) по компетенции «Обслуживание железнодорожного пути», а в 2022 г. — уже на остальных дорогах. Финал Чемпионата состоялся в 2023 г. в Екатеринбурге на Свердловской дороге, в котором приняли участие представители путевого комплекса из числа монтеров пути. Победителем первого Чемпионата профессионалов ОАО «РЖД» по компетенции «Обслуживание железнодорожного пути» стала команда монтеров пути Свердловской дороги — Александр

Алексеевич Мартынов и Алексей Владимирович Чепкасов.

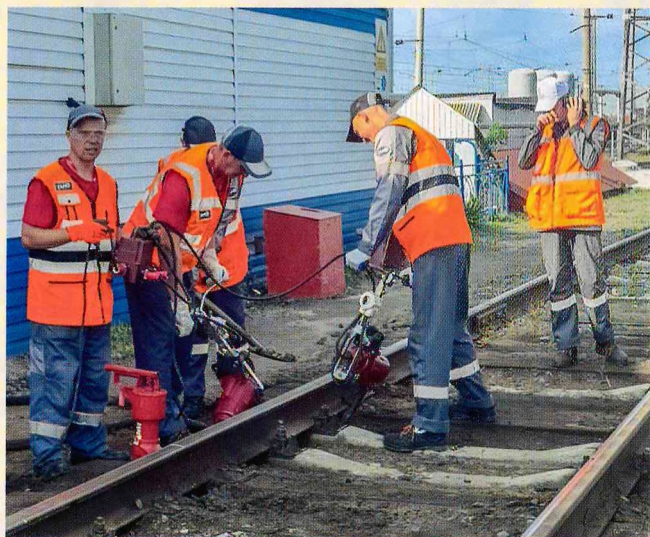
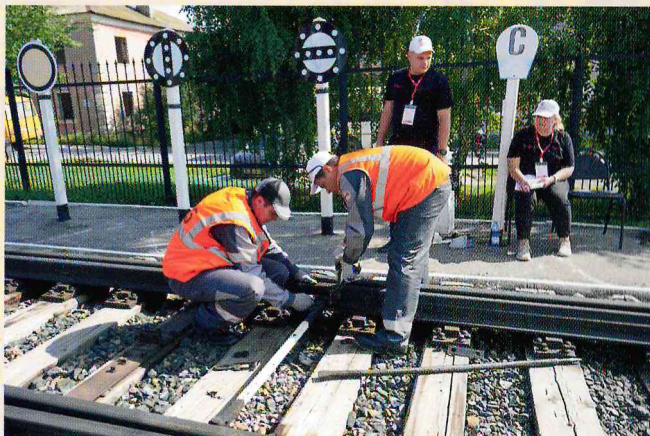
В 2024 г. на заседании Организационного комитета Чемпионата под председательством первого заместителя генерального директора ОАО «РЖД» С.А. Кобзева было принято решение о расширении конкурсных направлений для специалистов путевого комплекса.

Для достижения поставленной цели сформировали рабочую группу из числа представителей Управления пути и сооружений, а также специалистов путевого хозяйства, обладающих профильными знаниями для разработки конкурсной документации для дорожных мастеров по новой компетенции «Организация планирования работ по текущему содержанию железнодорожного пути». От служб пути в ее состав вошли Н.Ю. Сухарникова (Октябрьская ДИ); А.А. Исаева и А.А. Моисеев (Куйбышевская ДИ); Е.С. Грибанова (Перевезенева) (Свердловская ДИ).

Задача предстояла сложная, но очень интересная, ведь модули состязаний должны были охватить различные виды работ, выполняемые конкурсантами не только в своей привычной производственной деятельности, но и содержать нестандартные практические задания с повышенным уровнем сложности. Разработанная документация успешно прошла аккредитацию, и у дорожных мастеров появилась уникальная возможность принять участие в Чемпионате.

Начиная с июня текущего года, на всех железных дорогах России стартовали региональные этапы Чемпионата профессионалов ОАО «РЖД». По компетенции «Организация планирования работ по текущему содержанию железнодорожного пути» принимающей стороной стали Горьковская, Западно-Сибирская, Куйбышевская и Восточно-Сибирская дороги. Всего в конкурсе приняли участие 63 дорожных мастера. Экспертной комиссии предстоял очень нелегкий выбор, так как все конкурсанты были по-своему оригинальны, демонстрировали высокое мастерство, умение творчески подойти к производственному процессу, успешно выполняли все задания и были настроены только на победу. Показательным стал итог конкурса на Куйбышевской дороге. Здесь все призовые места заняли дорожные мастера Юго-Восточной дороги, что говорит об их отличной подготовке и высоком профессионализме, о грамотном подборе дирекцией инфраструктуры руководителей среднего звена. Победители, занявшие призовые места, примут участие в финальном этапе Чемпионата профессионалов.

(Окончание на с. 7)







Учредитель — ОАО «Российские железные дороги»

Научно-популярный  
производственно-технический  
журнал

Издаётся 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 30.10.2024

Формат 60х84 1/8. Офсетная печать.

Заказ № 24185 от 29.10.2024

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

## В НОМЕРЕ

### Содержание, ремонт и реконструкция

Лисицын А.И., Чаплыгин В.С. — Как путейцы  
готовятся к зиме ..... 2

Ашпиз Е.С., Дорошенко К.А. — Применение  
технологии холодного ресайклинга для устройства  
подбалластных защитных слоев ..... 4

Ваганова О.Н., Баронайте Р.А. — Первые итоги актуа-  
лизации нормативных документов по установлению воз-  
вышения наружного рельса в кривых ..... 8

Пассек Вад.В., Воробьев С.С., Орлов Г.Г. и др. —  
Строительство сооружений на мерзлоте  
несливающегося типа ..... 11

Маркин М.А., Широков В.А., Ульянов В.А. —  
Определение типов отступлений в содержании  
верхнего строения пути, влияющих на плавность хода .... 15

### Конструкции и сооружения

Романов А.В., Киселев А.А. — Об интенсивности  
накопления остаточных деформаций пути на особо  
грузонапряженных участках ..... 18

### Контроль и диагностика

Сычёв П.В., Мальцев А.П., Феденков В.В. —  
Выявление неисправностей железнодорожного пути  
с помощью систем технического зрения ..... 23

### Из истории транспорта

«Выпало нам строить путь железный, а короче — БАМ»... 27

Конкурс молодых ученых на предоставление грантов в  
2025 г. .... 31

### На обложке

Первая страница — На магистралях России  
Фото Ковалёва И.Ю.



# КАК ПУТЕЙЦЫ ГОТОВЯТСЯ К ЗИМЕ



**ЛИСИЦЫН А.И.,** ОАО «Российские железные дороги»,  
начальник Департамента экологии и техносферной безопасности,  
**ЧАПЛЫГИН В.С.,** ОАО «Российские железные дороги», главный  
специалист Департамента экологии и техносферной безопасности

Зима — строгий экзаменатор, который не прощает просчетов. Железнодорожникам это известно не понаслышке, поэтому не только путевая инфраструктура должна быть подготовлена к работе в зимних условиях, но и люди — персонал ОАО «РЖД». Этой задаче служит Инструкция по подготовке к работе в зимний период и организации снегоборьбы на железных дорогах, в других филиалах и структурных подразделениях Компании, а также ее дочерних обществах, утвержденная Распоряжением ОАО «РЖД» от 23 мая 2016 г. № 945р.

В подразделениях путевого комплекса на постоянной основе проводят обучение сотрудников порядку действий в период пониженных температур и снегопадов для обеспечения непрерывности перевозочного процесса. Повышенное внимание при этом уделяют работникам, которым впервые предстоит выполнять свои обязанности в зимний сезон — «первозимникам» — их обучают по специально разработанным программам.

В рамках профилактики травматизма «первозимников» за каждым из них закрепляют наставника, который обучает и контролирует правильность выполнения технологических операций в части соблюдения требований охраны труда. Наставничество для «первозимников» помогает не только сократить количество возможных ошибок неопытных

сотрудников, но и повысить общую культуру безопасности на рабочих местах.

При изучении вопросов личной безопасности персонала должны быть учтены возможные профессиональные риски, освоены алгоритмы поведения в нештатных ситуациях и приемы их ликвидации. При ночной работе в условиях снегопада, ветра, низкой температуры повышаются риски получения травмы, поэтому от сотрудника требуется повышенная собранность и бдительность.

Пренебрежение правилами и инструкциями по охране труда в зимний период приводит к печальным результатам, а зачастую и к гибели работников путевого комплекса от наезда подвижного состава. Так, в ноябре 2021 г. погиб монтер пути Хабаровской дистанции пути Дальневосточной дирекции инфраструктуры, выполнявший в составе бригады очистку стрелочных переводов от снега. Причины несчастного случая: неудовлетворительная организация работ, нарушение требований технологии — монтеры не были обеспечены необходимыми средствами защиты и сигнальными принадлежностями; старший группы не назначен. Пострадавший, выполнявший функции сигналиста в бригаде по очистке стрелочных переводов с помощью воздушной струи, отвлекся от своих обязанностей, вышел на соседний путь и был смертельно травмирован проходящим грузовым поездом.

В первый рабочий день после длительных новогодних праздников, а именно 11 января 2021 г., погиб от наезда подвижного состава руководитель среднего звена — дорожный мастер Тулунской дистанции пути Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры, который по должности должен быть примером для сотрудников. Причина несчастия — грубейшие нарушение



Помещения для проживания путевых бригад до (слева) и после (справа) получения мобильных комплексов



ния организации и производства работ, а именно: недопустимое расширение фронта работ по очистке стрелочных переводов от снега, отсутствие ограждения и радиостанций.

Немаловажен вопрос обеспечения работников зимними видами спецодежды, спецобуви и другими средствами индивидуальной защиты согласно Типовым нормам выдачи СИЗ с учетом климатических поясов, а также кремами от обморожения, которые выдаются в соответствии с показателями план-карт подготовки к работе в зимний период согласно категорированию железных дорог на группы по сроку наступления зимы.

При очистке стрелочных переводов от снега и выполнении иных обязанностей на открытом воздухе предусмотрено предоставление работникам перерывов для отдыха и обогрева в отапливаемых помещениях. Время и частота таких перерывов регламентированы Рекомендациями по обеспечению требований к условиям труда работников ОАО «РЖД» при работах в особых температурных условиях в холодный период года, утвержденных Распоряжением ОАО «РЖД» от 6 июня 2023 г. № 1357р, а также приводятся в технологических процессах и т.д.

В целях снижения физической нагрузки на сотрудников и профилактики производственного травматизма для очистки путей и стрелочных переводов от снега в Компании применяется снегоуборочная и снегоочистительная техника, а также устройства пневмообдувки (пневмоочистки) и электрообогрева стрелок.

В период обильных снегопадов и образования снежных валов вдоль путей на территориях станций следует предусматривать (при необходимости) создание ниш для укрытия (ухода) работников с пути при приближении подвижного состава.

Для безопасного перемещения сотрудников по объектам станционной инфраструктуры и выполнения технологических операций необходимо содержать в полном порядке маршруты служебных и технологических проходов, своевременно очищая их от снега, а при необходимости — от наледи. Для этого предусматривается запас необходимого инструмента и соответствующих ингредиентов (песок, соль и т. д.).

Подготовка служебно-технических вагонов, пунктов обогрева и санитарно-бытовых помеще-



Внешний вид и интерьер (коридор) корпуса строительного городка, приобретенного для ПМС-233 Дальневосточной ДРП

ний к эксплуатации в зимний период в подразделениях путевого комплекса заключается в проверке работоспособности систем отопления, котельного оборудования, а также электроприборов.

Только в подразделениях Центральной дирекции по ремонту пути в 2024 г. в рамках программы улучшения условий и охраны труда приобретено:

по одному санитарно-бытовому комплексу для ПМС-42, ПМС-172 Южно-Уральской ДРП и ПМС-45, ПМС-340 Восточно-Сибирской ДРП;

мобильный комплекс для проживания путевых бригад, рассчитанный на 24 чел., для ПМС-303 Восточно-Сибирской ДРП, также запланирована поставка одного комплекса для ПМС-217 Дальневосточной ДРП;

строительный городок, рассчитанный на 160 чел., для ПМС-233 Дальневосточной ДРП, также запланирована поставка по одному комплексу в ПМС-328 Забайкальской ДРП, ПМС-249 и ПМС-219 Дальневосточной ДРП;

комплекс для проживания персонала для ПМС-283 Октябрьской ДРП.

Контроль и осуществление подготовки объектов инфраструктурного комплекса и причастного персонала к зиме выполняют рабочие группы оперативных штабов дорог с принятием управленческих решений. Организация успешного функционирования инфраструктуры в зимний период 2024–2025 гг. на постоянной основе рассматривается не только руководителями дорожного уровня, но и руководителями ОАО «РЖД», в том числе генеральным директором — председателем правления О.В. Белозёровым.

Подготовка к работе в зимний период — не простая задача, это важный компонент трудовой деятельности путевого комплекса, позволяющий обеспечить надежность, безопасность и бесперебойную работу железнодорожного транспорта.



# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛИНГА ДЛЯ УСТРОЙСТВА ПОДБАЛЛАСТНЫХ ЗАЩИТНЫХ СЛОЕВ



АШПИЗ Е.С., Российский университет транспорта (МИИТ),  
докт. техн. наук,  
ДОРОШЕНКО К.А., АО «Инжиниринговый центр железнодорожного  
транспорта», эксперт группы верхнего строения пути

**Аннотация.** Описана опытная укладка подбалластного защитного слоя методом холодного ресайклинга с применением старогодных балластных материалов на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ», которая проводилась в рамках проекта «Разработка конструкций и технологий содержания железнодорожного пути, обеспечивающих наработку 2,5 млрд т брутто пропущенного тоннажа», реализуемого АО «ИЦ ЖТ». Приведены результаты первичных испытаний после укладки соответствующих конструкций.

**Ключевые слова:** подбалластный защитный слой, штамповые испытания, холодный ресайклинг, модуль деформации, вяжущие материалы.

Одна из задач транспортной стратегии Российской Федерации [1] — увеличение объема и скорости доставки грузов — предусматривает внедрение грузовых поездов с повышенными нагрузками (до 27 тс/ось). В связи с этим необходимо обеспечить стабильность основной площадки земляного полотна, что может потребовать его усиления вследствие недостаточной несущей способности грунтов, из которых оно сложено.

Выделяют три основных вида влияния повышенных осевых нагрузок на земляное полотно [2]. Одним из них является увеличение нагрузок на грунты рабочей зоны.

Эффективным способом усиления основной площадки земляного полотна является устройство подбалластного защитного слоя (ПЗС) из щебеночно-песчано-гравийной смеси (ЩПГС), что позволяет сократить объем выправок пути более чем в два раза [3]. В настоящее время в ОАО «РЖД» уже имеется положительный опыт применения ПЗС на экспериментальном участке Торбино—Боровенка [4].

Основным недостатком данной технологии является высокая стоимость в связи с необходимостью вырезки исходного грунта на глубину до 1 м, его

утилизации и завоза кондиционных материалов в сопоставимых объемах, а также низкая производительность работ — 560 м/сут [5].

Применяемые технологии капитальных ремонтов пути обеспечивают суточную выработку около 1600 м [6], что существенно выше темпов работ по усилению основной площадки земляного полотна. В целях сокращения стоимости и времени выполнения работ при устройстве ПЗС используют местные грунты, а именно накопленные толщи старогодного балласта. Однако согласно проведенным в РУТ (МИИТ) исследованиям [7] модуль деформации самой смеси старых балластных материалов составляет не более 65 МПа. Следовательно, достичь большего модуля деформации по верху основной площадки земляного полотна невозможно. Согласно [8] модуль деформации материала, используемого для ПЗС, должен быть не менее 150–200 МПа.

В связи с этим предлагаем рассмотреть технологию устройства ПЗС методом холодного ресайклинга — закреплением накопленной толщи балласта вяжущими материалами и полимерными стабилизаторами с учетом положительных результатов лабораторных испытаний, проведенных на элементарных образцах [9] и модели ПЗС [10].

**Предварительные изыскания.** По результатам изысканий, исходя из наличия накопленной толщи балластных материалов мощностью от 0,5 до 1,0 м, выбрано три участка на втором главном пути Экспериментального кольца АО «ВНИИЖТ» (ПК3+00–ПК5+00, ПК13+00–ПК15+50, ПК26+00–ПК31+00), на которых были проведены штамповые испытания по уровню низа проектируемого ПЗС (табл. 1).

Таблица 1

Результаты штамповых испытаний по основанию ПЗС на опытных участках

| Номер участка | $E_{v1}$ , МПа | $E_{v2}$ , МПа | $E_{v2}/E_{v1}$ |
|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1             | 76,40          | 106,46         | 1,39            |
| 2             | 37,47          | 62,67          | 1,67            |
| 3             | 82,37          | 106,88         | 1,30            |

Примечание:  $E_{v1}$ ,  $E_{v2}$  — модули деформации грунта по первой и второй ветвям нагружения.



Как видно из результатов штамповых испытаний, на всех участках  $E_{v2}/E_{v1} < 2,2$ , что характеризует достаточное уплотнение основания ПЗС [11]. Однако на участке № 2 модуль деформации  $E_{v2}$  оказался меньше 80 МПа, поэтому в целях его повышения было решено устроить ПЗС толщиной 0,25 м из накопленной толщи балластных материалов методом холодного ресайклинга.

Для подбора состава добавок портландцемента и полимерного стабилизатора на этом участке на глубине от 30 до 55 см ниже подошвы шпал отобрали пробы старогодного балласта. Оказалось, что в данном грунте практически отсутствуют частицы размером до 10 мм. Для того чтобы приблизить его состав к составу грунта, на котором проводились лабораторные испытания [9, 10], было решено оптимизировать его смесью ЩПС С7, применяемой в дорожном строительстве по ГОСТ 25607 [12], в объеме 30 % от массы накопленной толщи балластных материалов.

Исходный, оптимизированный и лабораторный гранулометрические составы грунта представлены на рис. 1.

Для оптимизированного гранулометрического состава подобрали также содержание цемента ЦЕМ I 42,5 Н с учетом испытаний на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии.

Согласно проведенным испытаниям [10] полученной прочности образцов при содержании 3 % цемента достаточно для обеспечения модуля деформации не менее 80 МПа по верху основной площадки, что и было принято при устройстве ПЗС. Использовалась типовая технология холодного ресайклинга, применяемая при ремонте и реконструкции автомобильных дорог.

Технологический процесс устройства ПЗС после подготовки основной площадки включает в себя следующие операции:

распределение вяжущего материала, в качестве которого используют цемент и полимерный стабилизатор с применением распределителя;

перемешивание его на расчетную глубину подготовленного основания с предварительно распределенным цементом и полимерным стабилизатором с помощью ресайклера;

уплотнение ПЗС кулачковым катком в два прохода по одному следу;

профилирование уложенного ПЗС до проектных

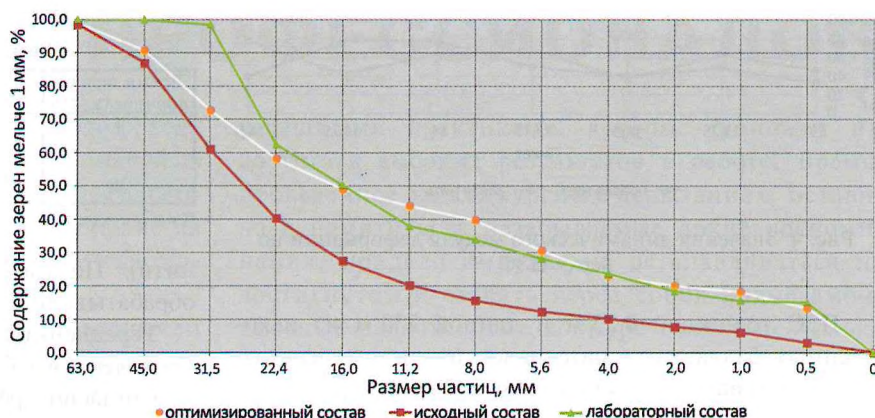


Рис. 1. Исходный, оптимизированный и лабораторный гранулометрические составы грунта



Рис. 2. Технологический процесс устройства ПЗС с использованием машин: 1 — распределение вяжущих; 2 — ресайклинг; 3 — уплотнение кулачковым катком; 4 — планировка поверхности ПЗС; 5 — уплотнение гладковальцовым катком

отметок с использованием грейдера;

окончательное уплотнение ПЗС гладковальцовым катком в два прохода по одному следу.

Участки без устройства ПЗС и с ПЗС сопрягаются между собой в продольном направлении переходными участками длиной 15 м.

Технологический процесс устройства ПЗС с использованием машин представлен на рис. 2.

Для определения погонной выработки при устройстве ПЗС фиксировали время работы машин и выполнили хронометраж операций по устройству ПЗС.



Рис. 3. Определение динамического модуля деформации грунта



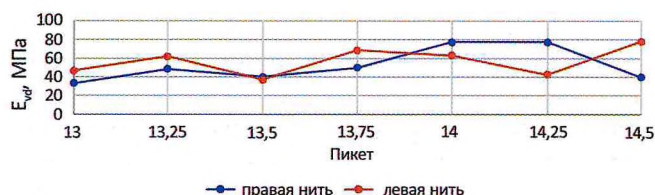


Рис. 4. Значения динамического модуля деформации по верху ПЗС

ПЗС толщиной 0,25 м и длиной 230 м из накопленных балластных материалов (с учетом переходных участков) был сооружен за 207 мин, т. е. производительность работ по данной технологии составила приблизительно 67 м/ч (1608 м/сут). Стоит отметить, что основные потери времени из-за простоя машин (около 90 мин) были вызваны необходимостью дозирования бункера распределителя вяжущего смесью цемента и полимерного стабилизатора.

Повысить производительность работ при устройстве ПЗС можно за счет заблаговременного перемещения цемента со стабилизатором и использования как минимум двух распределителей вяжущих, обеспечивающих непрерывность процесса во время бункеровки одного из них. Если нет возможности смешать цемент со стабилизатором, можно применить отдельный распределитель вяжущего под полимерный стабилизатор. Соблюдение данных рекомендаций позволит сократить время работ по устройству ПЗС на длине 230 м до 117 мин и соответственно повысить производительность работ до 118 м/ч, т. е. почти в два раза; при этом суточная производительность повысится до 2,8 км.

**Результаты испытаний.** Контроль качества уплотнения ПЗС заключается в определении прибором ZFG 3.0 динамического модуля деформации грунта  $E_{vd}$ , МПа, по левой и правой рельсовым нитям, через каждые 25 м (рис. 3, 4).

Согласно результатам проведенных испытаний среднее значение динамического модуля деформации по верху ПЗС  $E_{vd}$  на опытном участке составило 56 МПа, что удовлетворяет требованиям Инструкции [11].

Стоит отметить, что под правой и левой рельсовыми нитями имеется разброс значений, что может свидетельствовать о неравномерном уплотнении ПЗС по длине участков. Это обусловлено тем, что участок № 2 укладывали при обильных осадках, что повлекло за собой неоднородность модуля деформации и снижение его значений в определенных сечениях.

Статические штамповые испытания ПЗС проводили в начале, середине и конце опытных участков сразу после укладки ПЗС (по оси пути, по внутренней и внешней рельсовым нитям) и на 7-е и 28-е сутки после укладки ПЗС (по внутренней рельсовой

Таблица 2

# Результаты штамповых испытаний

| Время набора прочности, сут | $E_{v1}$ , МПа | $E_{v2}$ , МПа | $E_{v2}/E_{v1}$ | СКО $E_{v2}$ , МПа |
|-----------------------------|----------------|----------------|-----------------|--------------------|
| 1                           | 24,79          | 58,71          | 2,37            | 3,49               |
| 7                           | 204,87         | 504,91         | 2,46            | 40,35              |
| 28                          | 395,7          | 516,51         | 1,31            | 36,97              |

Примечание: СКО — среднее квадратическое отклонение.

нити). Полученные данные штамповых испытаний обрабатывали согласно [11].

Усредненные по участку результаты испытаний приведены в табл. 2.

Согласно результатам испытаний сразу после укладки модуль деформации по второй ветви нагружения остался сопоставимым со значением, полученным на этапе предварительных изысканий. Это свидетельствует о том, что процесс гидратации цемента и, соответственно, набора прочности на данном этапе еще не начался. К седьмым суткам материал ПЗС практически полностью набрал свою прочность, как и на лабораторных испытаниях [9]. К 28-м суткам прочность материала осталась сопоставима с предыдущими испытаниями, а модуль деформации материала повысился в 8,8 раз. Также следует отметить уменьшение отношения модулей деформации по первой и второй ветках нагружения по мере набора прочности материалом в 1,8 раз (с 2,37 до 1,31).

## Выводы

Технологию холодной регенерации грунтов можно применять для устройства ПЗС. Модуль деформации на уровне основной площадки земляного полотна не менее 80 МПа обеспечивается, снижается потребность в кондиционных материалах, обеспечивается высокая производительность — 67 м/ч, что в 2,9 раз выше производительности при типовом технологическом процессе. Можно также дополнительно увеличить темп работ до 118 м/ч, что сопоставимо с темпами выполнения капитального ремонта пути.

## Список источников

1. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: утв. распоряжением Правительства РФ от 27.11.2021 № 3363-р. <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZIOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf>
2. Ашпиз Е.С. О влиянии тяжеловесного движения на земляное полотно // Железнодорожный транспорт. 2015. № 7. С. 50–53.
3. Воробьев В.Б. Усиление основной площадки земляного полотна подбалластным защитным слоем для повышения пропускной способности железных дорог // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. 2022. № 2 (58). С. 41–45.
4. Маркин М.А. Решение проблемы устранения локальных выплесков // Путь и путевое хозяйство. 2021. № 5. С. 18–20.
5. Технологический процесс № к1227ц-20 «Реконструк-



# ЧЕМПИОНАТ ПРОФЕССИОНАЛОВ

Также на всех дорогах страны в этом году прошли командные соревнования среди монтеров пути по компетенции «Обслуживание железнодорожного пути». Шестнадцать команд, занявшие на региональном этапе первые места, будут участвовать в финале Чемпионата.

На конкурсе всех без исключения объединяли профессионализм и опыт, преданность и верность избранной профессии. Участники обменивались



успешными практиками, которые помогают им достигать высоких результатов в работе. Время, проведенное на конкурсных испытаниях, оставило в памяти всех незабываемые яркие воспоминания, придало импульс не останавливаться на достигнутом и ставить перед собой новые амбициозные задачи. Этот конкурс станет не только способом признания и поощрения профессионалов, но и прекрасной возможностью подчеркнуть важность и значимость железнодорожных профессий.

Поздравляем всех конкурсантов с завершением региональных этапов Чемпионата! Благодарим за высокий квалификационный уровень и мастерство и желаем всем дальнейшего профессионального роста, а победителям — успешного выступления на финале Чемпионата, который планируется провести в следующем году по уже сложившейся традиции в Екатеринбурге.

ВОЛКОВА Т.П., ОАО «Российские железные дороги»,  
Центральная Дирекция инфраструктуры, Управление пути  
и сооружений, инженер I категории

ция железнодорожного пути с созданием подбалластного защитного слоя комплексом АХМ-800 R в режиме закрытого перегона», утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 05.05.2020 № ПКБ И-27.

6. Пикалов А.С., Милорадович В.К., Севостьянов А.А. Организация производства работ по капитальному ремонту пути на закрытом перегоне с учетом использования инновационной железнодорожно-строительной техники // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 2 (61). С. 33–43. DOI 10.52170/1815-9265\_2022\_61\_33.

7. Технические условия к материалу защитного слоя с использованием продуктов от вырезки старого балласта щебеночистительными комплексами, научно-технический отчет. Этап № 1 «Результаты лабораторных испытаний». Руководитель темы Ашпиз Е.С. М.: МИИТ, 2021. 111 с.

8. Track Compendium: Formation, Permanent Way, Maintenance, Economics. 2nd edition. Hamburg: Eurailpress. 2011 634 с. ISBN 13: 9783777103204.

9. Ашпиз Е.С., Дорошенко К.А. Лабораторные испытания материала подбалластного защитного слоя с приме-

нием вяжущих материалов // TRANSOILCOLD 2023: Материалы VI Международного симпозиума по строительному инжинирингу грунтовых сооружений на транспорте в холодных регионах. Москва. 02–05 октября 2023 г. / Под общ. ред. Т.В. Шепитько. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2023. С. 41–44. EDN YDDTKL.

10. ЕСРТ.0006.210.000095НИР. Отчет по результатам испытаний конструкции подбалластного защитного слоя.

11. Инструкция по устройству подбалластных защитных слоев при реконструкции (модернизации) железнодорожного пути: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 12.12.2012. № 2544р. <http://scbist.com/scb/uploaded/docs/2012/dekabr-2012/3877-rasporyazhenie-oao-rzhd-ot-12-12-2012-n-2544r.htm>

12. ГОСТ 25607–2009. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. Введ. 01.01.2011. М.: Стандартинформ, 2010.

13. ГОСТ Р 70452–2022. Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими. Общие технические условия. Введ. 01.01.2023. М.: Российский институт стандартизации, 2022.

## USING OF COLD RECYCLING TECHNOLOGY FOR SUB-BALLAST PROTECTIVE LAYERS

**Ashpiz Evgeny** — D.Sci., professor, head of the Railway track and maintenance department, Russian university of Transport. Moscow, Russia. SPIN-code: 5412-7662. [geonika@inbox.ru](mailto:geonika@inbox.ru)

**Doroshenko Kirill** — expert of the permanent way group of JSC «ECRT». Moscow, Russia. SPIN-code: 8976-5449.

**Abstract.** The article describes the experimental laying of sub-ballast protective layer by cold recycling with the use of old-year ballast materials on the Experimental Loop of JSC «VNIIZhT», carried out within the project «Development of structures and technologies of railway track maintenance, ensuring the development of 2.5 billion tons of gross tonnage throughput», implemented by JSC «ECRT», as well as the results of initial tests after the laying of the relevant structures.

**Keywords:** subballast protective layer, compression tests, cold recycling, deformation modulus, binding materials.



# ПЕРВЫЕ ИТОГИ АКТУАЛИЗАЦИИ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ ВОЗВЫШЕНИЯ НАРУЖНОГО РЕЛЬСА В КРИВЫХ



**ВАГАНОВА О.Н.**, ОАО «Российские железные дороги», Центральная дирекция инфраструктуры, Управление пути и сооружений, канд. техн. наук,  
**БАРОНАЙТЕ Р.А.**, АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта», канд. техн. наук

Задача определения возвышения наружного рельса в кривых постоянно находится в зоне повышенного внимания специалистов путевого хозяйства. Во всех редакциях Инструкции по текущему содержанию железнодорожного пути вплоть до Инструкции по оценке состояния рельсовой колеи, утвержденной Распоряжением ОАО «РЖД» № 436р от 28.02.2020, величину возвышения требовалось определять по средневзвешенной скорости поездов, курсирующих на данном участке. При этом оставался открытым вопрос, какую именно скорость применять в расчете.

Фактически использовалась максимальная скорость по приказу МПС 41/Ц от 2001 г. (Распоряжение ОАО «РЖД» 2240р от 08.11.2016).

Были предложения устанавливать возвышение по фактическим скоростям движения, но оставалось неясным, как их определять, а также возникала неопределенность из-за различий между скоростями по приказу начальника железной дороги (максимальными) и фактическими.

Проблема была решена в 2021 г. с появлением Руководства по определению возвышения наружного рельса в кривых на основе двухуровневой системы скоростей, утвержденного Распоряжением ОАО «РЖД» 2897р (далее — Руководство 2897р). В настоящее время специалистами АО «ВНИИЖТ» совместно с Управлением пути и сооружений (ЦП) проводится работа по оценке эффективности применения и актуализации данного нормативного документа. Одна из задач — приближение расчетных скоростей к фактически реализуемым для сокращения затрат на техническое обслуживание пути.

В соответствии с Руководством 2897р возвышение в кривых следует рассчитывать не по допускаемому (максимальному), а по «допустимым» скоростям движения. Под допустимой понимается скорость, устанавливаемая на основании тяговых расчетов с учетом профиля линии, технического состояния пути и подвижного состава. В любом случае она не должна превышать конструкционную скорость обращающихся на данном участке локомотивов и вагонов.

В первом приближении результаты анализа по оценке изменения величины возвышения в кривых до и после ремонта пути на опытных участках Южно-Уральской, Северной, Октябрьской и Красноярской дорог показали, что применение «допустимых» скоростей, полученных по результатам тяговых расчетов в

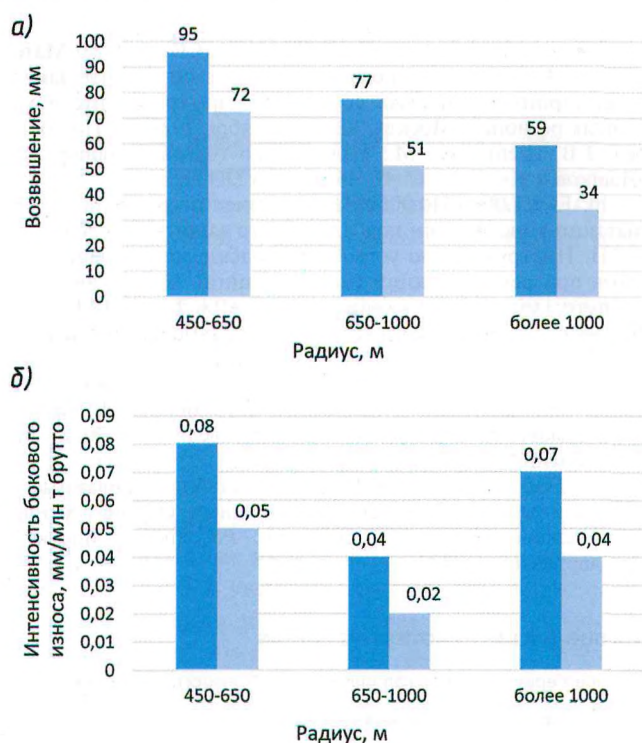


Рис. 1. Изменение величины возвышения (а) и интенсивности бокового износа рельсов (б) до и после ремонта в зависимости от радиуса кривых



соответствии с Руководством 2897р, позволяет в значительной мере уменьшить избыточные возвышения, порожденные использованием максимальных «допускаемых» скоростей движения поездов.

Обобщенные результаты статистического анализа интенсивности бокового износа с учетом переустройства возвышения в кривых на участках капитального ремонта пути 2022 г. показали, что в среднем интенсивность износа рельсов в кривых с переустроенным возвышением снизилась почти в два раза. На рис. 1 хорошо видно, что наибольший эффект от переустройства возвышения, оцениваемый по величине интенсивности бокового износа рельсов до и после ремонта, был достигнут в кривых радиусом 650–1000 м.

По результатам первой части исследования можно констатировать, что поставленная задача — отказ от использования практически не реализуемых максимальных «допускаемых» скоростей движения при определении величины возвышения наружного рельса в кривых для исключения переизбытка возвышения — была достигнута. Однако, несмотря на полученный эффект, практика апробации порядка назначения возвышения по допустимым скоростям в соответствии с Распоряжением ОАО «РЖД» 2897р показала, что допустимые скорости, определяемые по тяговым расчетам, совпадают с фактически реализуемыми только на перевальных участках, где на первое место выступают характеристики локомотивов при движении в длительном режиме. В остальных случаях скорости по тяговым расчетам оказываются несколько завышенными по сравнению с фактическими. Это вызвано тем, что тяговый расчет делается по «чистому полю» для одного поезда и не учитывает плотности поездопотока.

Как показал дополнительный анализ соотношения скоростей движения поездов, на ряде участков наблюдается значительная разница между скоростями (рис. 2) расчетными (установленными по тяговым расчетам), графиковыми и техническими (техническая скорость — средняя скорость движения поезда по участку без учета времени стоянок на промежуточных раздельных пунктах).

Сложности возникли также с получением исходных данных: служба пути тяговые расчеты не делает и вынуждена использовать результаты, полученные в проектных организациях или службе движения при разработке графика следования поездов, но эти расчеты не детализируются для каждой кривой. Поэтому в настоящее время необходим следующий этап расчетов — замена «допустимой» скорости другим показателем



Рис. 2. Соотношение скоростей движения поездов на направлении Киров–Екатеринбург Горьковской дороги

телем в случае, когда «допустимая» скорость дает избыточную величину возвышения.

Подробный анализ Инструкции по разработке графика движения поездов № 3362р от 28.12.2023 показал, что только за счет округления времени хода разница в скоростях может достигать 10 км/ч.

Рассмотрим простой пример. Скорость движения поезда по перегону определяется как  $V = L/t$ , где  $L$  — длина перегона, км;  $t$  — время проследования поезда по перегону, взятое из служебного расписания, ч.

Так, при перегоне  $L = 10$  км и расчетном времени его проследования  $t = 8,1$  мин = 0,13 ч, скорость  $V = 10/0,13 = 76,9$  км/ч.

При округлении (согласно Инструкции по разработке графика движения поездов 3362р от 28.12.2023) до 9 мин = 0,15 ч, скорость  $V = 10/0,15 = 66,6$  км/ч.

Итого разница достигает 10,3 км/ч.

В результате при вычислении возвышений, отталкиваясь от графиковых скоростей поездов, можно получить большой разброс значений (см. табл. 1)

Следует признать, что замена расчета возвышения по допустимым скоростям вместо допускаемых хотя и приближает расчетные скорости к фактическим, но не позволяет в полной мере учесть

Таблица 1  
Разница в возвышениях при определении их по графиковым скоростям с округлением и без

| Радиус, м | Возвышение, мм, при графиковых скоростях, км/ч |                        |
|-----------|--|------------------------|
|           | ~77 (без округления)                           | ~67 (после округления) |
| 350       | -  | 150                    |
| 650       | 120  | 90                     |
| 1000      | 70   | 55                     |

Примечание. Возвышения определялись исходя из соблюдения величины непогащенного ускорения  $a_{\text{нп}} = 0$  (таблица 1 Приложения к Руководству 2897р).



особенности технологии прокладки ниток графика, особенно при высокой плотности поездопотока.

Поэтому для дальнейших расчетов на опытных кривых Горьковской дороги были рассмотрены варианты определения возвышения по скоростям движения поездов:

технической;  
согласно тяговым расчетам;  
графиковой, получаемой из служебных расписаний;  
расчетной, определяемой как среднее между технической и графиковой скоростями движения (не путать со скоростью, установленной по тяговым расчетам!).

Укрупненно результаты расчетов представлены ниже:

1) если возвышение в кривой установлено **по технической скорости**, то его значение в среднем ниже, чем фактическое, в 1, 3 раза (70 мм против 88);

2) если возвышение установлено **по скорости согласно тяговым расчетам**, то его значение в среднем выше, чем фактическое, в 1,2 раза (103 мм против 88);

3) если возвышение установлено **по графиковой скорости**, то его значение в среднем ниже, чем фактическое, в 1, 6 раза (54 мм против 88);

4) если возвышение установлено **по расчетной скорости** (средней между графиковой и технической), то его значение в среднем ниже, чем фактическое, в 1,5 раза (60 мм против 88).

При этом величины непогашенных ускорений по каждому из четырех рассматриваемых вариантов имеют приемлемые значения при движении поезда с технической, расчетной, графиковой и согласно тяговым расчетам скоростями. Даже при движении с максимальной скоростью по приказу (80 км/ч) величины непогашенных ускорений не превышают критического значения (табл. 2).

Обобщив вышесказанное, можно заключить, что, как уже указывалось ранее, в ряде случаев скорости по тяговым расчетам оказываются завышенными по сравнению с фактическими, так как тяговые расчеты не учитывают плотности поездопотока.

Кроме того, дополнительный анализ оценки скоростей на горно-перевальном участке Восточно-

Сибирской дороги показал, что в этих условиях разница между технической скоростью, скоростями по тяговым расчетам и фактически реализуемыми статистически не значима.

Таким образом, можно утверждать, что назначение возвышения по технической скорости движения, заложенной в ЕК АСУИ, является очередным приближением к фактически реализуемым скоростям и не нарушает действующие ограничения по непогашенному ускорению. Поэтому во избежание получения избыточных величин возвышений по расчетам в Руководство 2897р предлагается внести следующее уточнение: «Разрешить для эксплуатационной проверки величины возвышения наружного рельса в кривых использовать не только «допустимую» скорость движения по тяговым расчетам, но и техническую по данным ЕК АСУИ».

## Выводы

1. По результатам статистического анализа на ряде опытных кривых определение величины возвышения наружного рельса не по максимальным «допускаемым», а по «допустимым» скоростям движения поездов позволило уменьшить избыточные возвышения в кривых и снизить интенсивность бокового износа рельсов почти в два раза, что особенно заметно в кривых радиусом 650–1000 м.

2. Итоги дополнительного исследования по уточнению «допустимых» скоростей движения показали, что разница между скоростями, установленными по тяговым расчетам, которые сильно зависят от профиля линии, графиковыми и техническими скоростями может быть весьма значительной. Поэтому при эксплуатационной проверке возвышения наружного рельса на сети предлагается использовать «технические скорости движения», имеющиеся в ЕК АСУИ. Результаты исследований на опытных кривых показывают, что при установлении возвышения по технической скорости значения непогашенных ускорений для грузовых поездов находятся в рекомендованном технико-экономическом диапазоне  $\pm 0,3$  м/с<sup>2</sup> и не выходят за допускаемые пределы  $\pm 0,7$  м/с<sup>2</sup> даже при движении с максимальными «допускаемыми» скоростями.

3. После утверждения соответствующего документа, позволяющего использовать для расчетов возвышения доступную отчетную информацию (имеющуюся в ЕК АСУИ) о технических скоростях движения на перегонах, можно избавиться от избытка возвышения, приводящего к излишним расстройкам пути в кривых участках.

Таблица 2

Величины непогашенного ускорения в кривой, м/с<sup>2</sup>

| Скорость, по которой установлено возвышение | Движение со скоростью, соответствующей                  |                                   |
|---|---|-----------------------------------|
|   | технической, по тяговым расчетам, графиковой, расчетной | максимальной по приказу (80 км/ч) |
| Техническая                                 | <0,30   | <0,70                             |
| По тяговым расчетам                         | <0,54   | <0,25                             |
| Графиковая                                  | <0,52   | <0,60                             |
| Расчетная                                   | <0,40   | <0,47                             |



# СТРОИТЕЛЬСТВО СООРУЖЕНИЙ НА МЕРЗЛОТЕ НЕСЛИВАЮЩЕГОСЯ ТИПА

ПАССЕК ВАД.В., ООО «Лаборатория инженерной теплофизики» (ООО «ЦЛИТ»), докт. техн. наук,  
 ВОРОБЬЕВ С.С., ООО «ТР Инжиниринг», коммерческий директор, ОРЛОВ Г.Г., АО «Институт «Стройпроект»,  
 главный инженер проекта, канд. техн. наук, ПАССЕК ВЯЧ.В., ООО «ЦЛИТ», ведущий научный сотрудник,  
 канд. техн. наук, ПОЗ Г.М., ООО «ЦЛИТ», ведущий научный сотрудник, канд. техн. наук

**Аннотация.** В настоящей статье рассмотрены возможные схемы и особенности строительства грунтовых сооружений на мерзлоте несливающегося типа: поверхностное охлаждение, глубинное охлаждение талого слоя, глубинное охлаждение ниже верхней границы мерзлоты. Приведены основные результаты теплофизических расчетов на примере района около г. Салехарда. Приведены основные достоинства и недостатки каждой из рассмотренных схем строительства грунтовых сооружений.

**Ключевые слова:** мерзлота несливающегося типа, поверхностное охлаждение, глубинное охлаждение, верхняя граница мерзлоты, термостабилизатор, термоопора

**Проблемы, возникающие при строительстве на мерзлоте несливающегося типа.** Наиболее простым является случай строительства на мерзлоте сливающегося типа, когда местные мерзлотные условия и мероприятия по охлаждению сразу после строительства обеспечивают расчетный температурный режим грунтового основания и беспроблемный ввод сооружения в эксплуатацию. Однако при строительстве таких земляных сооружений, как площадка под строительный комплекс (в пределах станционной территории) (рис. 1, а) или дорожная насыпь (рис. 1, б), порой приходится сталкиваться с мерзлотой несливающегося типа, когда верхний слой сезонного промерзания-оттаивания не сливается с многолетнемерзлым грунтом. В результате к концу зимы между промерзшим верхним деятельным слоем и нижележащим мерзлым массивом остается талый слой грунта. Это может произойти при изменении граничных условий на поверхности, вызвавших деградацию мерзлоты сверху, а также при высоте  $h_c$  земляного сооружения, превышающей глубину сезонного промерзания. Эта ситуация может возникнуть и в иных случаях.

Недостатки такого мерзлотного состояния грунтов очевидны. Нижележащая мерзлота б (см. рис. 1), не имея подпитки холода сверху, начинает растепляться. При повышении температуры грунта его деформативность возрастает, особенно при переходе в пластичномерзлое состояние. В связи с этим зона деформации сооружения увеличивается по высоте. Процесс растепления грунтов зависит от многих факторов и характеризуется неравномерностью во времени и пространстве. В связи с этим и деформация характеризуется неопределенностью.

Для стабилизации сооружения необходимо замораживание талого слоя. На рис. 2 приведен пример по-

верхностного охлаждения талого слоя толщиной 7 м в районе Салехарда. Температура мерзлоты на глубине нулевых амплитуд достаточно высокая —  $-0,56^\circ\text{C}$ . Изотерма  $-0,5^\circ\text{C}$  находится на глубине 11 м. При принятых мерах только по поверхностному охлаждению смерзание талого слоя с нижележащей мерзлотой происходит через 8,5 лет. Только после этого начинается формироваться мерзлота с температурой  $-0,5^\circ\text{C}$  и ниже (позиция 5 на рис. 2). Что касается периода смерзания, то температура  $-0,5^\circ\text{C}$  через 5 лет опустилась на глубину 44 м, а вся зона выше 44 м имеет температуру выше указанной и поэтому сильно деформируема.

Рассмотрим три возможных способа стабилизации температурного режима грунтов основания и тела сооружения на мерзлоте несливающегося типа:

поверхностное охлаждение;

глубинное замораживание талого слоя;

глубинное поддержание температуры нижележащей мерзлоты.

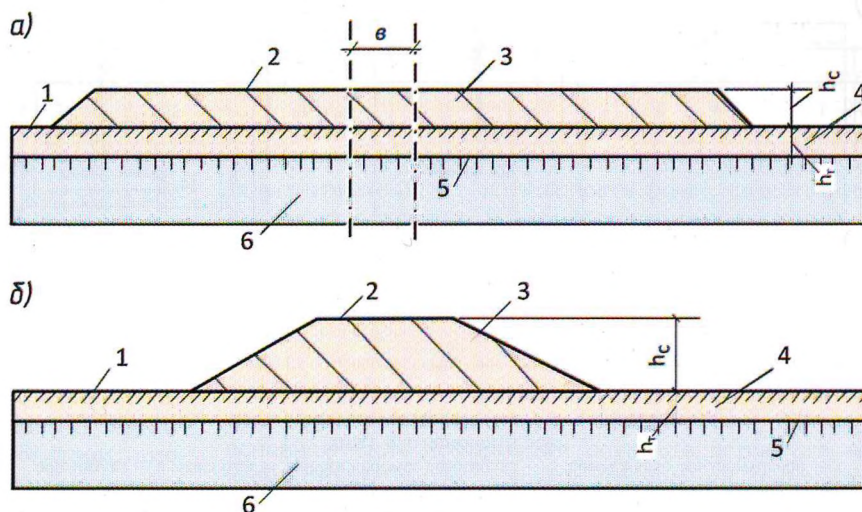


Рис. 1. Мерзлотное состояние земляного сооружения на момент окончания строительства, совпадающего с окончанием теплого периода года:  
 а — площадка под строительный комплекс; б — дорожная насыпь; 1 — естественная поверхность грунта; 2 — верхняя поверхность сооружения; 3 — тело сооружения; 4 — талый слой грунта; 5 — верхняя граница мерзлоты; 6 — мерзлые грунты;  $\sigma$  — зона одномерного теплового процесса, принятого в дальнейших расчетах;  $h_c$  — высота сооружения;  $h_t$  — толщина талого слоя



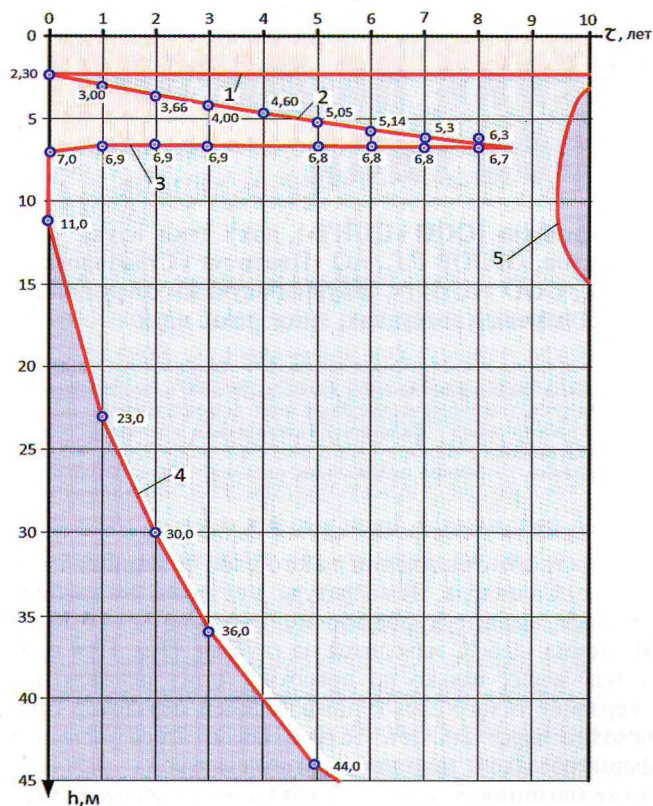


Рис. 2. Характеристика процесса смерзания талого слоя толщиной 7 м с нижележащей мерзлотой при ее начальной температуре  $-0,56^{\circ}\text{C}$ . (охлаждающая установка отсутствует):

1 — нижняя граница деятельного слоя; 2 — нижняя граница мерзлой прослойки, формирующейся сверху; 3 — положение нулевой изотермы (т.е. верхней границы мерзлоты) в период смерзания талого слоя толщиной 7 м; 4 — положение изотермы с температурой  $-0,5^{\circ}\text{C}$ ; 5 — формирование изотермы  $-0,5^{\circ}\text{C}$  после заморозания талого слоя

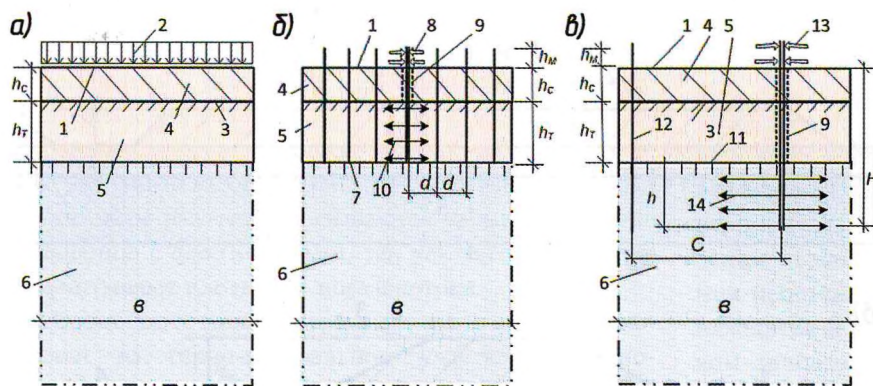


Рис. 3. Принципиальные схемы возведения сооружений при мерзлоте несливающегося типа:

а — поверхностное охлаждение; б — глубинное замораживание талого слоя; в — глубинное охлаждение нижележащей мерзлоты; 1 — верхняя поверхность сооружения; 2 — поверхностное охлаждение; 3 — естественная поверхность грунта; 4 — тело сооружения; 5 — талый слой грунта; 6 — мерзлые грунты; 7 — замораживающие термостабилизаторы; 8 — поток холода в надземную часть термостабилизатора; 9 — теплоизоляция; 10 — толщина талого слоя; 11 — верхняя граница мерзлоты; 12 — термоопора (термостабилизатор) глубинная; 13 — поток холода в надземную часть термоопоры; 14 — поток холода из термоопоры в грунт; h — величина заглубления термоопоры в мерзлую толщу;  $h_m$  — высота верхней (надземной) части термоопоры (термостабилизатора);  $h_c$  — высота сооружения;  $h_r$  — толщина талого слоя; d — расстояние между термостабилизаторами; C — расстояние между термоопорами

На рис. 3 представлена вертикальная колонка грунтов зоны в (см. рис. 1, а), в которой имеет место одномерный тепловой процесс по глубине, при различных способах стабилизации основания.

**Поверхностное охлаждение.** На момент окончания строительства тело сооружения 4 расположено на естественной поверхности 3 грунтов основания, которое содержит талый слой 5 высотой  $h_r$  и нижележащий мерзлый массив 6. Таким образом, при завершении строительства, которое совпадает с окончанием теплого периода года, тело сооружения 4 и слой 5 находятся в талом состоянии, а грунты 6 — в мерзлом.

На рис. 3, а предусмотрено поверхностное охлаждение. Потоки холода 2, формируемые в связи с отрицательной среднегодовой температурой воздуха, направлены вниз через внешнюю поверхность 1 в тело земляного сооружения 4. В результате постепенно замораживается сначала тело сооружения высотой  $h_c$ , а затем и талый слой 5. Но этот процесс происходит крайне медленно, иногда растягиваясь на многие годы. Более того, нижележащая мерзлота 6 за это время растепляется, поскольку круглый год граничным условием сверху для массива 6 является температура заморозания. Сверху холод начнет поступать в грунты 6 только после полного заморозания слоя 5. До наступления этого момента растепленные грунты 6 становятся пластичномерзлыми, т.е. деформируемыми. В этот период деформируемый слой превышает  $\delta = h_c + h_r$ . Для прекращения деформации потребуется еще несколько лет, когда произойдет понижение температуры в верхней части массива 6.

Таким образом, схема на рис. 3, а (поверхностное охлаждение) при мерзлоте несливающегося типа требует после строительства насыпи выстойки ряда лет до ввода в эксплуатацию, что очень непрактично. Поэтому следует рассмотреть способы глубинного охлаждения, которые позволяют практически сразу ввести сооружение в эксплуатацию.

**Глубинное замораживание талого слоя.** На рис. 3, б недостаток предыдущего решения устранен. Для охлаждения применены термостабилизаторы 7, которые заглублены на всю величину  $\delta = h_c + h_r$ . Замораживание грунтов происходит за один зимний сезон. Для этого расстояния d между термостабилизаторами назначаются по расчету (обычно 1,5–2,5 м). Холод из атмосферы 8 поступает в надземную часть термостабилизатора и распространяется в грунт по направлениям 10. Следует отметить, что данный способ требует большого количества энергии, так как грунт талого слоя 5 необходимо перевести из одного фазового состояния в другое.

**Глубинное поддержание температуры нижележащей мерзлоты.** При этом техническом решении не затрачивается энергия на перевод



грунта из одного фазового состояния в другое, а поддерживается мерзлое состояние нижележащей толщи 6.

Охлаждающая система в этом случае выполнена в виде сезонно действующих вертикальных трубчатых охлаждающих установок 12. Это могут быть термодопоры, основанные на конвекции воздуха, или парожидкостные термостабилизаторы. Охлаждающие установки заглублены в мерзлые грунты 6 ниже верхней границы мерзлоты 11 на величину  $h$ , при этом общая глубина погружения, считая от внешней поверхности 1 земляного сооружения, составляет  $H = h_c + h_t + h$ .

Холод из атмосферы 13 поступает в надземную часть термостабилизатора 12 и распространяется в грунт по направлениям 14. При этом следует учитывать, что для перевода 1 м<sup>3</sup> грунта из талого состояния в мерзлое нужно затратить около 25000 ккал (предыдущий способ), а для охлаждения мерзлого грунта на 1 °С — 600 ккал, т. е. в 40 раз меньше (рассматриваемое техническое решение). Поэтому условно стрелки 10 сделаны короче, а стрелки 14 — длиннее (поскольку одинаковые запасы холода в одном случае проникают на 1,0–1,5 м по радиусу, а в другом — на величину радиуса  $R \approx h$ ). Расстояние между охлаждающими установками в этом случае составит  $20 \text{ м} \geq C = 2kh, \text{ м}$ ,

где безразмерный коэффициент  $k$  находится в пределах  $0,75 \leq k \leq 1,25$ .

Эффективность охлаждающего процесса может быть повышена, если исключить потери холода на высоте  $\delta = h_c + h_t$ , применив термоизоляции 9.

Глубину  $h$  погружения охлаждающей установки следует назначать, исходя из следующих двух условий. Во-первых, необходимо учитывать характер мерзлоты. Если более половины  $h$  составляют пластичномерзлые грунты (в них переход из талого состояния не закончен), то  $k = 0,75$ . Если пластичномерзлые грунты составляют менее 15 %, то  $k = 1,25$ . Из этих условий высоту  $h$  целесообразно назначать так, чтобы пластичномерзлые грунты составляли бы не более  $0,4h$ .

Второе условие определяется требованием не загромаждать верхнюю поверхность земляного сооружения элементами охлаждающих систем. При заглублении в мерзлый массив расстояние  $C$  между охлаждающими установками во много раз превышает расстояние  $d$  из предыдущего решения. Расстояние  $C$  при необходимости можно еще более увеличить за счет повышения  $h$ . Кроме того, при большом расстоянии  $C$  становится целесообразным применять не термостабилизаторы, а термодопоры, которые совмещают в себе функции охлаждения и контроля (они являются одновременно и термоскважинами). Термодопоры обладают еще одним важным свойством: имеются варианты с горизонтальным теплообменником. А в этом случае вообще внешняя поверхность земляного сооружения становится свободной.

При применении предыдущего способа (замораживание талого слоя) возникало следующее техническое противоречие. Попытка быстрее заморозить талый слой приводила к увеличению числа термостаби-

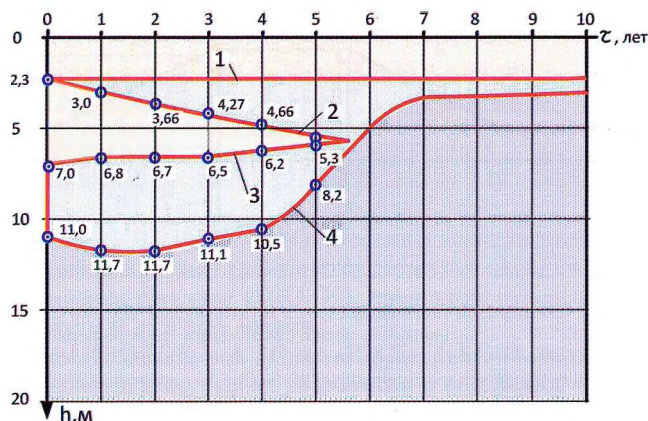


Рис. 4. Характеристика процесса смерзания талого слоя толщиной 7 м с нижележащей мерзлотой при ее начальной температуре  $-0,56$  °С и наличии охлаждающего устройства.

Район Салехарда:

1 — нижняя граница деятельного слоя; 2 — нижняя граница мерзлой прослойки, формирующейся сверху; 3 — положение нулевой изотермы (т.е. верхней границы мерзлоты) в период смерзания талого слоя толщиной 7 м; 4 — положение изотермы с температурой  $-0,5$  °С

лизаторов, надземная часть которых загромаждала внешнюю поверхность земляного сооружения. Для осуществления возможности его эксплуатации необходимо было через один—два года убирать термостабилизаторы и заменять данную систему охлаждения другой, например поверхностной. Новое техническое решение характеризуется отказом от заморозки талого слоя, а основное внимание уделено сохранению и понижению температуры нижележащей мерзлоты, что обеспечивает ограничение области деформации только талым слоем.

Земляное сооружение возводится из талых грунтов на жестком подстилающем слое. Тем не менее, постоянно снизу идет замораживание талого слоя, и устойчивость сооружения во времени улучшается без использования дополнительного поверхностного охлаждения. Однако если поверхностное охлаждение все же применить, то это позволит существенно ускорить процесс, а также учесть глобальное потепление.

Вариант понижения температуры мерзлого массива позволяет ввести в эксплуатацию земляное сооружение сразу после строительства. Возведение его из талых грунтов дает возможность более качественно произвести отсыпку. Кроме того, открывается путь к способам строительства, которые возможно осуществить только талыми грунтами, например, намыв земляного полотна способом гидромеханизации, который в области распространения вечной мерзлоты весьма перспективен в связи с бездорожьем и наличием большого количества водоемов. Обжатие талого слоя грунтов основания происходит летом, поэтому основная часть деформации осуществляется уже во время строительства. А другие деформации, например, в результате ползучести, происходят медленно. Но постепенное замораживание талого слоя эти деформации предотвратит. Другими словами, при этом способе все деформации успевают произойти во время строительства, и сооружение вводится в эксплуатацию сразу, а далее идет его постепенное упрочнение.



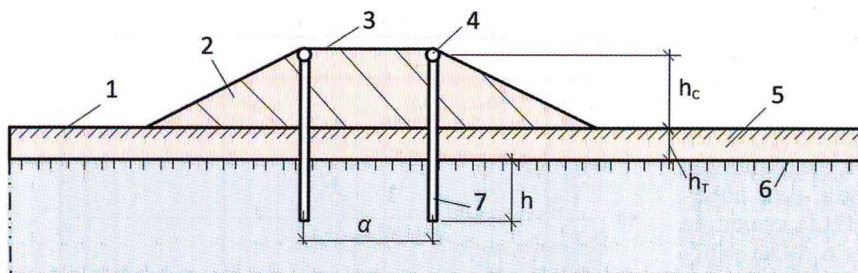


Рис. 5. Схема глубинного охлаждения ниже лежащей мерзлоты применительно к дорожной насыпи в момент окончания теплого периода года:  
1 — естественная поверхность грунта; 2 — тело насыпи; 3 — основная площадка насыпи; 4 — горизонтальный теплообменник термоопоры; 5 — деятельный слой; 6 — верхняя поверхность мерзлоты; 7 — термоопора; а — расстояние между термоопорами; h — величина заглубления термоопор в мерзлый массив;  $h_c$  — высота насыпи;  $h_T$  — толщина талого слоя

На рис. 4 представлен температурный режим того же случая, что и на рис. 2 (т. е. поверхностного охлаждения), но добавлены термостабилизаторы с глубиной погружения 12 м и расстоянием между ними 10 м. Из рисунка видно, что время смерзания уменьшилось на три года, и изотерма  $-0,5^\circ\text{C}$  не ушла на 44 м, а поднялась на 3–4 м. Другими словами, до момента смерзания мерзлотное состояние только улучшалось.

**Сопоставление двух способов глубинного охлаждения грунтов.** Сопоставим затраты термостабилизаторов для двух технических решений глубинного охлаждения, представленных на рис. 3, б и 3, в. В обоих случаях рассмотрим площадку под строительный комплекс на станции, намытую способом гидромеханизации в летний период. Высота площадки  $h_c = 5$  м, толщина деятельного (талого) слоя  $h_T = 2$  м, глубина погружения термостабилизатора в мерзлоту  $h = 5$  м, высота теплообменника при замораживании талого слоя  $h_M = 1,5$  м, а при понижении температуры мерзлого массива  $h_M = 2$  м. Общая длина термостабилизатора в первом случае равна 8,5 м, во втором — 14 м. В плане для охлаждения объема грунта, приходящегося на один термостабилизатор длиной 14 м, погруженный в мерзлую толщу, придется 15 термостабилизаторов длиной 8,5 м, т. е. 127,5 пог. м, что в 9 раз больше! Кроме того, в техническом решении по схеме рис. 3, в, расстояние  $C$  между термостабилизаторами равно 10 м, тогда как по схеме рис. 3, б  $d = 2,5$  м. Большое расстояние  $C$  позволяет осуществлять проезд техники и возводить надземные сооружения. Тем более, что теплообменники при применении не термостабилизаторов, а термоопор возможно

располагать горизонтально в одном уровне с поверхностью.

На рис. 5 приведен пример схемы глубинного охлаждения ниже лежащей мерзлоты применительно к дорожной насыпи. Мерзлотное состояние показано на момент окончания строительства, совпадающего с окончанием теплого периода года. Для охлаждения применены термоопоры, заглубленные в толщу мерзлоты на глубину  $h$  и расположенные на бровках основной площадки. При этом расстояние между термоопорами поперек насыпи  $a \leq 2h$ , а вдоль насыпи —  $C = 2h$ . Мероприятия поверхностного охлаждения на чертеже не показаны.

## Выводы

На основании вышеизложенного материала могут быть намечены следующие три способа строительства земляных сооружений на мерзлоте несливающегося типа по первому принципу (т. е. с восстановлением мерзлоты в грунтах основания и тела сооружения).

Первый способ основан на применении поверхностного охлаждения и имеет существенный недостаток — процесс замораживания растягивается на годы.

Второй способ подразумевает глубинное замораживание талого слоя, например, парожидкостными термостабилизаторами, и связан со значительными затратами энергии.

Третий способ основан на принципе поддержания температуры ниже лежащей мерзлоты. Несущая способность сооружения рассчитывается, исходя из условия стабильности ниже лежащей мерзлоты и талого состояния грунтов вышележащих слоев.

В общем, могут эффективно применяться второй и третий способы глубинного охлаждения грунтов. Однако в большинстве случаев требуется сочетание глубинной и поверхностной систем охлаждения, поскольку поверхностные схемы содержат инерционные типы мероприятий (в частности, теплоизоляцию), которые формируют благоприятное мерзлотное состояние частей насыпи, граничащих с наружным воздухом. А именно в этих поверхностных частях возникают деформации пучения, сдвига откосных частей и другие виды нарушений.

## CONSTRUCTION OF STRUCTURES ON PERMAFROST OF NON-SPILLING TYPE

**Passek Vadim** — D.Sci., General Director of LLC «TSLIT». Russia, Moscow. vyachpas@mail.ru

**Vorobyov Sergey** — Engineer, Commercial Director of TR Engineering LLC. Russia, St. Petersburg. sergey.vorobev@tre.spb.ru

**Orlov Grigory** — Ph.D., Chief Project Engineer of JSC «Stroyproekt Institute». Russia, Moscow. gorlov@stpr.ru

**Passek Vyacheslav** — Ph.D., leading researcher, employee of LLC «TSLIT». Russia, Moscow. vyachpas@mail.ru

**Pos Gennady** — Ph.D., leading researcher, employee of LLC «TSLIT». Russia, Moscow. papagena@list.ru

**Abstract.** In this article, possible schemes and features of the construction of ground structures on permafrost of non-spilling type are considered: surface cooling; deep cooling of the thawed layer, deep cooling below the upper boundary of the permafrost. The main results of thermophysical calculations are presented on the example of the area near the city of Salekhard. The main advantages and disadvantages of each of the considered schemes for the construction of underground structures are given.

**Keywords:** permafrost of non-spreading type, surface cooling, deep cooling, upper permafrost boundary, heat stabilizer, thermal support.



# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОВ ОТСТУПЛЕНИЙ В СОДЕРЖАНИИ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПЛАВНОСТЬ ХОДА



**МАРКИН М.А.**, ОАО «Российские железные дороги», Проектно-конструкторского бюро по инфраструктуре (ПКБ И), начальник отделения пути и путевых машин,  
**ШИРОКОВ В.А.**, ОАО «РЖД», ПКБ И, ведущий конструктор отдела разработки и внедрения диагностических средств,  
**УЛЬЯНОВ В.А.**, ОАО «РЖД», ПКБ И, начальник отдела разработки и внедрения диагностических средств, канд. техн. наук

**Аннотация.** Развитие скоростного и высокоскоростного движения поездов предъявляет определенные требования к содержанию железнодорожного пути. Актуальным становится нормирование параметров инфраструктуры и подвижного состава, влияющих на плавность хода и комфорт следования пассажиров. Современные методы диагностики пути, использующие интеграционные системы, позволяют определять нарушения геометрии рельсовой колеи и ускорения подвижного состава с применением акселерометрии.

**Ключевые слова:** высокоскоростное движение, плавность хода, комфорт пассажиров, диагностика.

Развитие скоростного и высокоскоростного движения поездов предъявляет определенные требования как к содержанию пути, так и подвижного состава для обеспечения комфортности следования пассажиров и плавности хода поездов.

В соответствии с поручением генерального директора ОАО «РЖД» О.В. Белозёрова от 11.07.2023 № ПП-62 для повышения качества пассажирских перевозок и единого стратегического подхода к развитию скоростного, высокоскоростного и основного пассажирского движения, разработана Дорожная карта по реализации мероприятий, направленных на обеспечение уровня комфортности следования пассажиров и плавности хода поездов на период с 2023 по 2025 г. на направлениях Москва–Санкт-Петербург, Москва–Красное, Москва–Нижний Новгород, Москва–Адлер, Москва–Казань, утвержденная Распоряжением ОАО «РЖД» 21.09.2023 № 1727 [1].

Дорожной картой предусмотрены следующие направления работы:

а) нормативное обеспечение:

анализ действующей нормативно-технической документации на предмет ее актуализации или разработки новой;

нормирование всех параметров инфраструктуры и подвижного состава, влияющих на плавность хода и комфорт следования пассажиров, стандартизация данных параметров и разработка Правил технической эксплуатации по плавности хода поездов и комфорту следования пассажиров;

б) технические мероприятия:

планирование всех видов ремонта пути, связанных с улучшением плавности хода (сплошная замена рельсов и дефектных рельсов, шлифовка плетей бесстыкового пути и элементов стрелочных переводов, сварка рельсовых стыков и ликвидация мест времен-

ного восстановления плетей, планово-предупредительная выправка пути и стрелочных переводов, приведение кривых в соответствие с паспортными характеристиками, установка металлокомпозитных стыков, ликвидация мест земляного полотна и искусственных сооружений с неудовлетворительной оценкой);

определение принципов изменения технологии обслуживания пути на скоростных и высокоскоростных направлениях;

разработка методов диагностики пути с использованием интеграционных систем для измерения нарушений геометрии рельсовой колеи и ускорений подвижного состава с применением акселерометрии;

диагностика подвижного состава между техническим обслуживанием и ремонтом;

анализ режима ведения поезда с детальной расшифровкой скоростемерных лент;

изучение аэродинамики подвижного состава;

в) конструкционные мероприятия, включающие создание новых конструкций для скоростных и высокоскоростных линий, в том числе стрелочных переводов с подуклонкой для скоростей движения до 200 и 250 км/ч.

Для реализации мероприятий Дорожной карты ПКБ И разработало Методику определения типов отступлений в содержании верхнего строения пути, непосредственно влияющих на плавность хода на участках скоростного и высокоскоростного движения поездов, утвержденную Распоряжением ОАО «РЖД» от 15.05.2023 № 1192/р.

Цель создания Методики – формирование алгоритма определения отступлений (особенностей), типа неисправностей, характера причин срабатываний акселерометров и возникновения мест с нарушением плавности хода, а также порядка их устранения.

Методика предназначена для использования работниками Центральной дирекции инфраструктуры,



служб пути и структурных подразделений дирекций инфраструктуры, Дирекции скоростного сообщения при техническом обслуживании пути и подвижного состава.

Действие Методики распространяется на высоко-скоростную (В), скоростную (С) и с преимущественно пассажирским движением (П) линии, где пассажирские поезда движутся со скоростями более 140 км/ч и до 250 км/ч в соответствии с табл. 2 [2].

Обеспечение плавности хода в Методике рассмотрено с учетом всех факторов (см. рисунок).

Анализ четырех основных компонентов динамики движения поезда (состояние пути и поезда, скорость движения, режим ведения поезда) проводят методом последовательной оценки их влияния на систему факторов.

Вывод делается методом исключения факторов посредством создания условий, при которых их воздействие минимизируется. После чего рассматривается последний решающий фактор.

В соответствии с Методикой учитываются только влияние динамических характеристик подвижного состава и режим ведения поезда на колебательный процесс.

Принимается, что действующие факторы (состояние подвижного состава, режим ведения поезда и геометрия пути) в равной степени влияют на путь и составляют по 33 % для каждой из осей координат X, Y, Z (суммарно 100 %).

При оценке состояния подвижного состава и степени его влияния записывают параметры геометрии рельсовой колеи (ГРК) на эталонном участке при соблюдении условия проезда с максимальной скоростью или близкой к ней без ускорения и замедления.

Эталонный участок выбирают по критерию минимальных отклонений от норм содержания по всем параметрам ГРК на прямом участке протяженностью не менее 800 м, обеспечивающих максимальную установленную скорость.

Для измерения показателей плавности хода и сравнения их с данными, полученными при расшиф-

ровке информации с портативных акселерометров, был определен эталонный участок на 152 км с ПК1 по ПК10 II главного пути перегона Большая Вишера–Малая Вишера Октябрьской дороги.

Отсутствие срабатывания акселерометра указывает на исправность подвижного состава. Оценка ГРК осуществляется штатными мобильными средствами диагностики (МСД).

При оценке причин, вызвавших нарушение плавности хода, в подвижном составе уточняется следующая информация:

- статистика срабатываний акселерометра;
- количество вагонов в составе;
- места установки акселерометров на подвижном составе;
- статистика срабатываний акселерометра на разных поездах и повторяемости срабатываний на эталонном участке.

Срабатывание на эталонном участке более двух раз подряд акселерометра одного и того же состава (вагона) указывает на преимущественное отклонение в содержании колесных пар, ходовых тележек и т. д. Это может служить основанием для внепланового контроля их технического состояния.

Постоянная фиксация превышения уровня значений показаний акселерометра на эталонном участке может свидетельствовать о зависимости от изменения режима ведения поезда. На участке, где применено резкое ускорение или замедление, наблюдается рост уровня вертикальных и горизонтальных ускорений, пропорциональный скорости нарастания или снижения продольных ускорений.

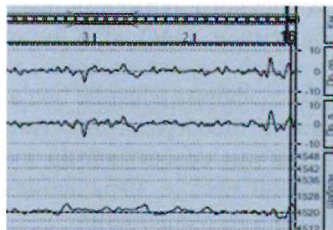
#### Порядок выявления отступлений по ГРК

Оценка нарушений ГРК в первую очередь проводится по типам отступлений в содержании верхнего строения пути, непосредственно влияющих на плавность хода, а именно:

- ширина колеи (сужения и уширения);
- положение рельсовых нитей по уровню (перекосы,

1

**СОСТОЯНИЕ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ**  
по основным и дополнительным  
параметрам геометрии  
рельсовой колеи (ГРК) и  
характеризующим его  
фактическое состояние



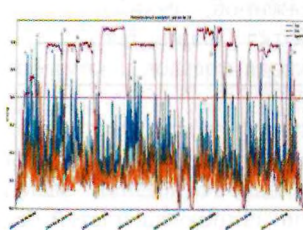
2

**СОСТОЯНИЕ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО  
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**  
(колесных пар, ходовых тележек,  
систем амортизации и т.д.)



3

**РЕЖИМ ВЕДЕНИЯ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО  
ПОДВИЖНОГО  
СОСТАВА**



4

**УСТАНОВЛЕННЫЕ  
СКОРОСТИ  
движения поездов**



Основные компоненты, влияющие на динамику движения поезда и плавность хода



отклонения уровня и крутизна отвода возвышения);

положение рельсовых нитей в плане (рихтовка) — горизонтальные стрелы изгиба, приведенные к симметричной хорде длиной 20 м;

просадки рельсовых нитей в вертикальной плоскости (стрелы изгиба рельсовых нитей от хорды длиной 17 м в точке, расположенной на расстоянии 2,7 м от ее конца);

сочетания отступлений по рихтовке с перекосами и просадками и последовательности этих отступлений;

кривые в плане, требующие ограничения установленной скорости.

К дополнительно контролируемым параметрам относятся следующие:

устройство кривых в плане и по возвышению наружного рельса;

несоответствие фактических параметров пути паспортным данным и проектным характеристикам;

длинные неровности пути в плане и профиле;

оценка деформативных характеристик пути.

Проверяют следующие параметры поперечного профиля рельсов:

профиль головки и боковой износ;

подуклонка;

наклон поверхности катания;

величина стыковых зазоров.

Оцениваются параметры продольного профиля рельсов:

импульсные неровности;

короткие неровности;

волнообразный износ.

Отклонения физических величин, характеризующих техническое состояние основных и дополнительных параметров ГРК, измеряют мобильными средствами диагностики, съемными путеизмерительными средствами и ручными (электронный путевой шаблон).

Отдельные отступления характеризуются координатой (положением по пикетажу), величиной (амплитудой) и длиной. Длину отступлений на графической диаграмме вычисляют с погрешностью  $\pm 1$  м. Амплитудные значения параметров и величину отступлений по ним определяют в соответствии с Инструкцией по оценке состояния рельсовой колеи путеизмерительными средствами и мерам по обеспечению безопасности движения поездов, утвержденной Распоряжением ОАО «РЖД» от 28.02.2020 № 436/р [3].

Отклонения параметров ГРК от номинальных значений (отступления и неисправности) оценивают в зависимости от скорости движения поездов на участке, назначенной в установленном ОАО «РЖД» порядке. Обработку результатов выполняют по Единой методике расшифровки измерений и оценки параметров состояния рельсовой колеи мобильными диагностическими средствами, утвержденной Распоряжением Центральной дирекции инфраструктуры от 3.12.2020 № ЦДИ-960/р [4].

Контроль и оценка параметров пути, влияющие на плавность хода подвижного состава и комфорт пассажиров, в части воздействия ускорений осуществляют по пикетам и километрам.

Для предварительной оценки ГРК на участках пути с нарушением плавности хода и комфорта пассажиров анализируют следующую информацию:

место срабатывания акселерометра по координате пути и характерные особенности с точки зрения содержания пути (прямая, кривая, стрелочный перевод, мост, подходы к нему, тоннель, изолирующий стык и т. д.);

расположение акселерометра в поезде;

состояние инфраструктуры по фактическим отклонениям отдельных параметров методом ранжирования пикетов, километров с оценкой плавности ГРК. По каждому параметру рассчитывают средние квадратические отклонения (СКО) от величин просадок, перекосов, отступлений в плане и т. д. Статистическими характеристиками являются скользящие СКО просадок, перекосов, отклонений уровня и т. д. Скользящие СКО  $\sigma_i$  вычисляют на отрезках длиной 100 м последовательно с шагом по координате пути 20 м.

Для дополнительной оценки плавности ГРК определяют математическое ожидание (среднее арифметическое), значение которого приближается к истинной величине данного параметра, и суммарных амплитудных значений первой гармоники. Скользящее математическое ожидание вычисляют на отрезках длиной 100 м последовательно с шагом по координате 20 м. Предварительно из исходной записи должны быть удалены все импульсные отклонения.

Отклонения основных параметров плавности ГРК от номинальных значений ранжируются по четырем степеням равномерно по 25 % от максимального амплитудного значения первой степени по критерию безопасности, установленной в [3]. Ранжирование позволит сравнить участки, на которых отсутствует устройство пути, по критерию безопасности движения.

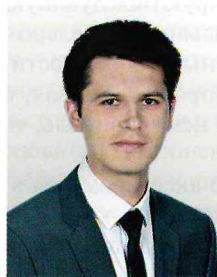
#### **Профилактические меры по предупреждению нарушений плавности хода и комфорта проезда пассажиров**

Ежемесячно формируется отчет с указанием перечня мест, где была нарушена плавность хода. Контрольные проверки осуществляются в соответствии с графиком. Выявляют участки на скоростных и высокоскоростных направлениях с нарушением плавности хода поездов, при этом отдельно рассматривают места с оценкой «сильный дискомфорт», «чувствительный дискомфорт». Данные портативных акселерометров аккумулируются и анализируются для формирования заданий на проведение работ и ведения статистической отчетности. Дополнительно рассматривают параметры по показателям МСД (длинных неровностей), информация по прокату колес подвижного состава, эксплуатируемого на



УДК 625.03

# ОБ ИНТЕНСИВНОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПУТИ НА ОСОБО ГРУЗОНАПРЯЖЕННЫХ УЧАСТКАХ



**РОМАНОВ А.В.**, Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС), канд. техн. наук,  
**КИСЕЛЕВ А.А.**, ПГУПС, канд. техн. наук

**Аннотация.** Обеспечение снижения деформативности железнодорожного пути на особо грузонапряженных участках для минимизации затрат на его содержание в течение жизненного цикла — актуальная задача для путевого хозяйства. В статье представлены результаты оптимизации взаимодействия колеса и рельса в части оценки интенсивности накопления остаточных деформаций верхнего строения пути на особо грузонапряженных участках Октябрьской дороги. Установлена существенная роль повышенного динамического воздействия от колес подвижного состава, имеющих непрерывные и изолированные неровности. Особенно вредно такое воздействие при переувлажненных грунтах земляного полотна, что существенно снижает их прочностные и деформационные характеристики.

**Ключевые слова:** взаимодействие колеса и рельса, остаточные деформации, непрерывные неровности на колесе, изолированные неровности на колесе, вибродинамическое воздействие на грунты, 2,5 млрд т брутто.

Минимизация затрат на содержание пути в течение жизненного цикла конструкции заключается в обеспечении требуемой деформативности по второму предельному состоянию. Особенно остро эта проблема стоит для особо грузонапряженных линий и участков, где будет эксплуатироваться

конструкция верхнего строения с повышенным ресурсом до 2,5 млрд т брутто. Здесь весьма важен ответ на вопрос, какие именно факторы имеют первостепенное влияние на интенсивность накопления остаточных деформаций на таких участках?

участке, показания подуклонки, наклона поверхности катания рельсов и эквивалентной конусности требуют совершенствования методов измерения и нормирования по данным параметрам.

Для устранения нарушений плавности хода балансодержатель определяет вид и порядок работ на основании оценки состояния пути и анализа данных из ЕК АСУИ ПХ.

## Список источников

1. Дорожная карта по реализации работ, направленных на обеспечение уровня комфортности следования пассажи-

ров и плавности хода поездов на период с 2023 по 2025 г. на направлениях Москва–Санкт-Петербург, Москва–Красное, Москва–Нижний Новгород, Москва–Адлер, Москва–Казань: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» 21.09.2023 № 1727р.

2. Методика классификации и специализации железнодорожных линий ОАО «РЖД»: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 13.01.2020 № 28/р. Доступ через СПС Гарант.

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

4. Единая для всех типов путеизмерительных средств методика расшифровки результатов измерений параметров и оценки состояния рельсовой колеи: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 03.12.2020 № ЦДИ-960/р.

## DETERMINING THE TYPES OF DEVIATIONS IN THE CONTENT OF THE UPPER STRUCTURE OF THE PATH THAT AFFECT THE SMOOTHNESS OF THE COURSE

**Mikhail Markin** — head of the Department of Track and Track machines of the Design Bureau for Infrastructure — branch of JSC Russian Railways (PKB I). Moscow, Russia.

**Vladimir Shirokov** — leading designer of the Department for the Development and Implementation of diagnostic tools of the Design Bureau for Infrastructure — branch of JSC Russian Railways (PKB I). Moscow, Russia.

**Ulyanov Vladimir** — Ph.D., Corresponding member VANKB, Head of the Department for the development and implementation of diagnostic tools of the Design Bureau for Infrastructure — branch of JSC Russian Railways (PKB I). Moscow, Russia, wlad0909@ya.ru

**Abstract.** The development of high-speed and high-speed train traffic imposes certain requirements on the maintenance of the railway track. Rationing of infrastructure and rolling stock parameters that affect the smoothness and comfort of passengers is becoming relevant. The development of modern methods of track diagnostics using integration systems makes it possible to determine violations of the geometry of the track gauge and accelerations of rolling stock using accelerometry.

**Keywords:** high-speed movement, smooth running, passenger comfort, diagnostics.



Специалисты ПГУПСа участвовали в комплексной работе по оптимизации взаимодействия колеса и рельса именно в части оценки интенсивности накопления остаточных деформаций основной площадки земляного полотна и балласта на особо грузонапряженных участках Октябрьской дороги. Поэтому стоит рассмотреть результаты этих исследований достаточно подробно.

С целью изучения силового воздействия подвижного состава на путь было оборудовано три экспериментальных и один контрольный участок в пределах Кингисеппской дистанции пути. Основные характеристики этих участков представлены в таблице.

Силовое воздействие от подвижного состава на путь определялось тремя различными методами.

На рис. 1 представлены схемы измерения вертикальных сил традиционными методами Шлюмпфа и матриц влияния (РЖД-2016), регламентированными ГОСТ 34759. Фрагменты записей показывают, что измерение вертикальных динамических сил этими методами не позволяет выявлять повышенное динамическое воздействие от колес, имеющих дефекты на поверхности катания. Основная причина этого заключается в том, что измерительная зона данных схем расположена в одном сечении пути, а «слепые зоны» составляют от 86 до 90% поверхности катания колеса.

В рамках эксперимента также была оборудована схема для измерения вертикальных динамических сил, разработанная на кафедре «Вагоны и вагонное хозяйство» ПГУПСа методом двух сечений [1–3]. Схема измерения представлена на рис. 2. Данный метод реализует кусочно-непрерывную регистрацию сил, действующих от подвижного состава, и позволяет регистрировать повышенное динамическое воздействие от колес, имеющих дефекты. На экспериментальном участке было оборудовано 15 измерительных сечений, что соответствует 2,5 оборотам колеса. Вероятность регистрации дефектов на поверхности катания колес составляла более 80 %.

В результате измерений были выявлены 955 колес (10 % от общего количества), воздействие которых превышало 2,5 стандартных отклонения от

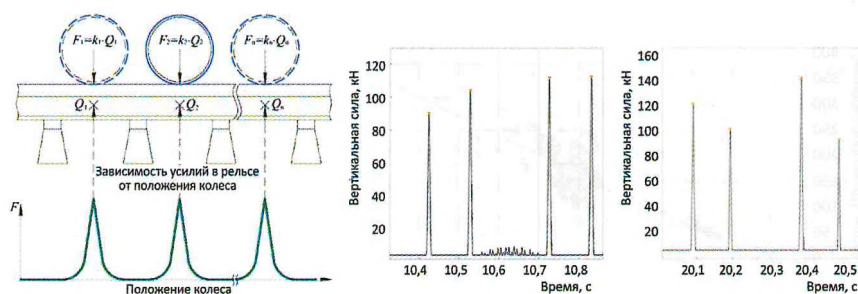


Рис. 1. Схемы измерения вертикальных динамических сил методами Шлюмпфа и матриц влияния:

$F$  — вертикальная нагрузка от колес на рельсы, кН;  $Q$  — усилие в шейке рельса в месте наклейки тензорезистора, кН;  $k$  — коэффициент пропорциональности усилий в шейке рельса и вертикальной силы от колес на рельсы

среднего значения, и еще 4 % колес, воздействие которых лежит за пределами трех стандартных отклонений.

Такие результаты можно объяснить наличием изолированных и непрерывных неровностей на поверхности катания колес. Среднее значение вертикальной динамической силы от воздействия таких колес составила 212 кН при среднем квадратиче-

Характеристика экспериментальных участков

| Показатель                                   | Участок                   |        |       |        |
|--|---------------------------|--------|-------|--------|
|  | № 1                       | № 2    | № 3   | № 4    |
| Грузонапряженность, млн т·км брутто/км в год | 185,5                     | 139,9  | 139,9 | 15,4   |
| Скорость движения, км/ч                      | 80/80                     | 80/60  | 80/80 | 100/80 |
| Класс пути                                   | 1О3                       | 1О3    | 1О3   | 3П13   |
| Пропущенный тоннаж, млн т брутто             | 208,8                     | 919,84 | 785,2 | 739,1  |
| Радиус кривой, м                             | 610                       | 605    | 620   | 625    |
| Конструкция пути                             | Бесстыковой путь          |        |       |        |
| Тип рельса                                   | Р65                       |        |       |        |
| Промежуточное скрепление                     | АРС-4                     |        |       | КБ-65  |
| Балласт                                      | Щебеночный толщиной 50 см |        |       |        |
| Защитный слой                                | Щебеночно-песчаная смесь  |        |       | -      |
| Разделительный слой                          | Геотекстиль, Геосетка     |        |       | -      |

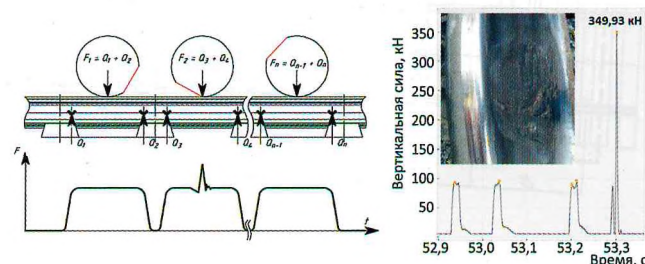


Рис. 2. Измерение вертикальных динамических сил методом двух сечений:

$F$  — нагрузки от колес на рельсы, кН;  $Q_1$ ,  $Q_2$  — усилия в шейке рельса в местах наклейки тензорезисторов, кН



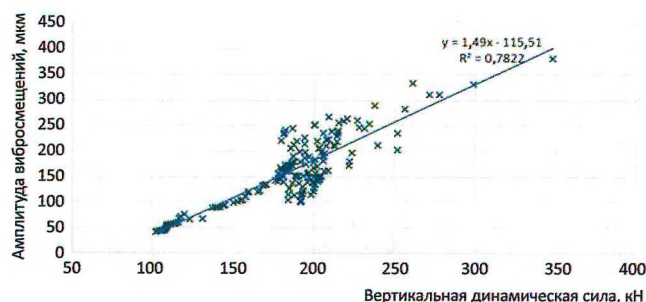


Рис. 3. Зависимость амплитуд вибросмещений грунтов основной площадки земляного полотна от вертикальной силы

ском отклонении 30 кН, в том числе пять колес реализовали вертикальную динамическую силу свыше 300 кН.

Зафиксированные величины вертикальной динамической силы следует признать весьма высокими. Такое значительное динамическое воздействие вызывает вибрацию грунтов земляного полотна и основания, что приводит к высоким амплитудам вибросмещений грунтов основной площадки.

Вибрационные воздействия подвижного состава на грунты основной площадки земляного полотна, представленные на рис. 3, показывают прямую взаимосвязь с величиной вертикальной динамической силы, действующей на рельс. Так, в результате эксперимента при максимальной вертикальной динамической силе 331 кН была зафиксирована амплитуда вибросмещений 390 мкм.

Анализ амплитудно-частотных характеристик колебаний грунтов основной площадки земляного по-

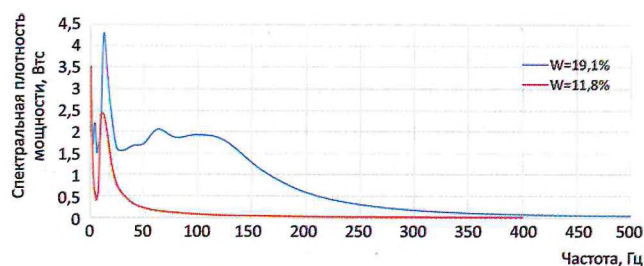


Рис. 4. Амплитудно-частотные характеристики колебаний грунтов основной площадки земляного полотна: W — влажность грунтов основной площадки земляного полотна

лотна, представленный на рис. 4, показывает, что основной вклад в результирующие амплитуды вибросмещений вносят среднечастотные колебания, доля которых составляет от 41 до 55 % (доля низкочастотных колебаний — 26–56 %, высокочастотных — 3–30 %). При этом стоит отметить, что при увеличении влажности грунтов основной площадки энергия колебаний в высокочастотном диапазоне от 50 до 125 Гц увеличивается более чем в два раза. На экспериментальном участке № 3, который расположен в выемке на слабом основании из глинистых грунтов, зафиксировано увеличение энергии колебаний в высокочастотном диапазоне в 8,1 раза.

Исследованиями И.В. Прокудина и его учеников установлено, что вибродинамическое воздействие вызывает снижение прочностных и деформативных характеристик грунтов — удельного сцепления, угла внутреннего трения, модуля общей деформативности [4]:

$$C_{\text{дин}} = C_{\text{ст}} \left[ K'_c + K_c e^{(-K(A-A^H))} \right],$$

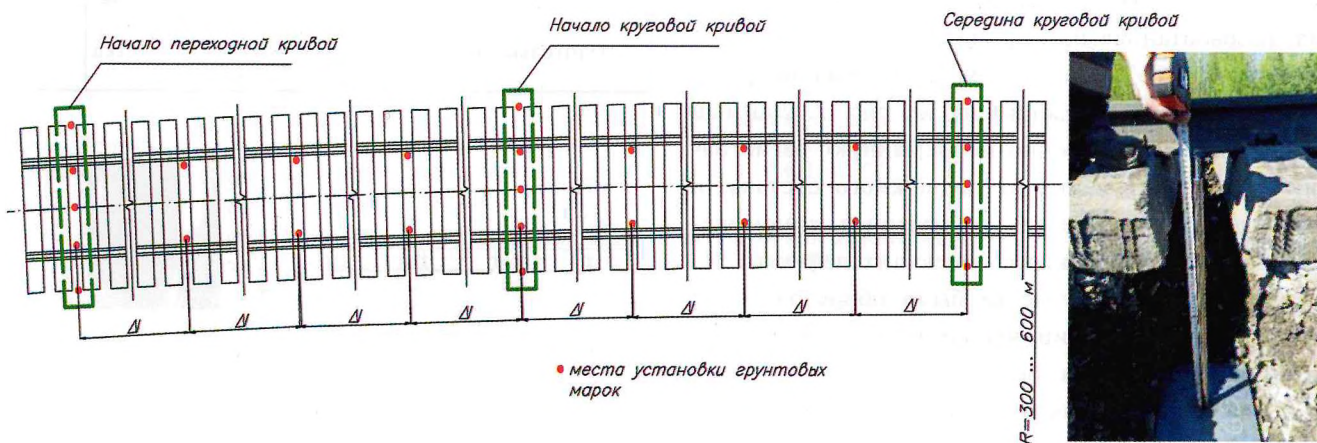


Рис. 5. Схема оборудования участка геодезической опорной сетью и марками, расположенными на основной площадке земляного полотна через равные расстояния  $\Delta l$



$$\varphi_{\text{дин}} = \varphi_{\text{ст}} \left[ K'_{\varphi} + K_{\varphi} e^{(-KA)} \right],$$

$$E_{\text{дин}} = E_{\text{ст}} \left[ K'_E + K_E e^{(-K(A-A^H))} \right],$$

где  $C_{\text{ст}}$ ,  $\varphi_{\text{ст}}$ ,  $E_{\text{ст}}$  — удельное сцепление, угол внутреннего трения и модуль общей деформации при статических испытаниях;

$K'_s$ ,  $K'_\varphi$ ,  $K'_E$  — минимальные показатели соотношения характеристик удельного сцепления, угла внутреннего трения и модуля общей деформации;

$K_s$ ,  $K_\varphi$ ,  $K_E$  — максимальные величины показателей относительного снижения прочностных и деформативных характеристик;

$K$  — коэффициент виброразрушения;

$A$  — результирующая амплитуда колебаний, при которой определяются прочностные и деформативные характеристики;

$A^H$  — начальная амплитуда колебаний.

Результаты оценки прочностных и деформативных характеристик глинистых грунтов основания земляного полотна при вибродинамическом воздействии поездов показывают, что в зависимости от максимальной величины вибросмещения, глубины залегания глинистых грунтов от основной площадки, а также от показателей текучести и числа пластичности удельное сцепление может снижаться до 56 %, угол внутреннего трения — до 37 %, модуль общей деформации — до 70 %.

Таким образом, по мнению авторов, главными причинами снижения несущей способности земляного полотна и, как следствие, интенсивного накопления остаточных деформаций основной площадки являются повышенное вибродинамическое воздействие от колес, имеющих непрерывные и изолированные неровности, а также увлажнение грунтов земляного полотна и основания.

Для оценки интенсивности накопления остаточных деформаций экспериментальные участки были оборудованы геодезической опорной сетью и марками, расположенными на основной площадке. Типовая схема оборудования экспериментального участка бесстыкового пути на железобетонных шпалах в кривой радиусом 300–600 м представлена на рис. 5.

Результаты исследований интенсивности накопления остаточных деформаций выявили влияние на этот процесс как земляного полотна, так и конструкции верхнего строения пути (рис. 6).

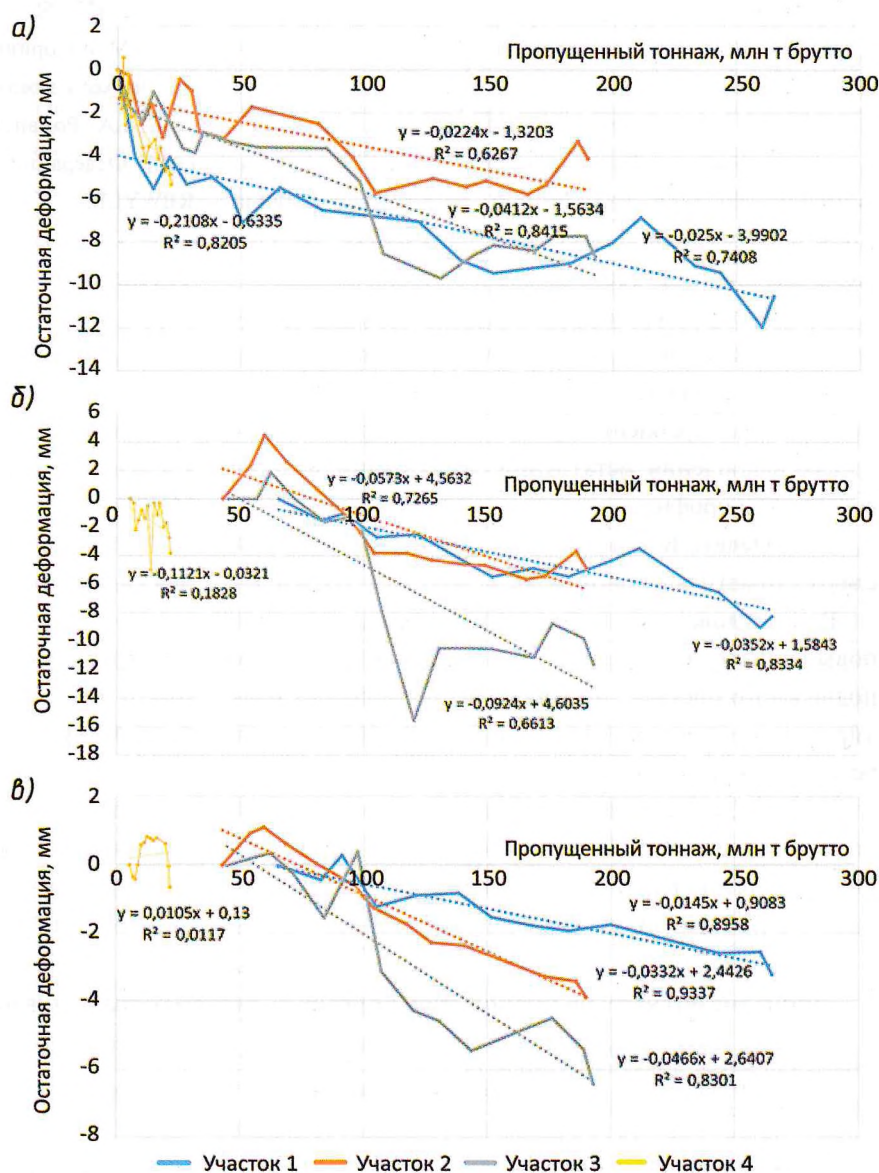


Рис. 6. Результаты измерений остаточных деформаций: а — основной площадки земляного полотна; б — по головке рельса; в — разность между остаточной деформацией рельса и основной площадки земляного полотна (пунктиром выполнены аппроксимирующие линии)



На экспериментальных участках № 1 и № 2, расположенных на насыпи, сложенной из мелких и пылеватых песков с защитным подбалластным слоем и разделительным слоем из геосетки, интенсивность накопления остаточных деформаций основной площадки составила 0,022–0,025 мм/млн т брутто.

На участке № 3, расположенном в выемке на слабом основании, где также уложен защитный подбалластный слой и разделительный слой из геосетки, интенсивность накопления остаточных деформаций зафиксирована практически в два раза выше — до 0,041 мм/млн т брутто.

Интенсивность накопления деформаций в уровне головки рельса оказалась практически в два раза выше по сравнению с интенсивностью накопления деформаций основной площадки земляного полотна. На участках № 1 и № 2 она составила 0,035–0,057 мм/млн т брутто, а на участке № 3 — 0,092 мм/млн т брутто.

Таким образом, можно сделать вывод о существенной роли не только земляного полотна, но и конструкции верхнего строения пути (балласта, промежуточных креплений, упругих прокладок) в процессах накопления остаточных деформаций рельсовой колеи в профиле.

**Заключение.** В качестве выводов и рекомендаций следует отметить два момента:

1) исследованиями выявлена существенная роль повышенного динамического воздействия от колес подвижного состава, имеющих непрерывные и изолированные неровности, на процессы накопления остаточных деформаций. Таким образом, по нашему мнению, следует ввести ранжирование колес на степени по мере приближения к предельным состояниям с установлением возможности допуска подвижного состава на участки пути различного клас-

са в зависимости от установленной скорости и грузонапряженности;

2) установлено важное значение в накоплении остаточной деформации переувлажненных грунтов, что в совокупности с повышенным вибродинамическим воздействием от колес существенно снижает их прочностные и деформационные характеристики. Поэтому надежное обеспечение водоотвода на особо грузонапряженных участках является одной из первоочередных задач.

#### Список источников

1. Мониторинг технического состояния грузовых вагонов на ходу поезда / В.В. Попов, А.Н. Иванов, А.В. Смутин, А.А. Романова, М.В. Зимакова // Транспорт Российской Федерации. 2021. № 1–2(92–93). С. 52–56. EDN: RBWYLB.

2. Третьяков А.В., Зимакова М.В., Петров А.А. Определение силового воздействия от колесных пар с дефектами на поверхности катания посредством Цифровой программно-аппаратной платформы РУБЕЖ // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты: материалы XV Международной научно-технической конференции. СПб.: ПГУПС, 2021. С. 130–134. EDN: MUQUGB.

3. Исследования по совершенствованию метода измерения силового воздействия подвижного состава на путь для мониторинга технического состояния колес / Р.В. Рахимов, А.В. Третьяков, Я.О. Рузметов, О.Б. Нигматов, М.В. Зимакова // Транспорт Российской Федерации. 2022. № 3 (100). С. 29–32. EDN: WODZTM.

4. Прокудин И.В. Прочность и деформативность железнодорожного земляного полотна из глинистых грунтов, воспринимающих вибродинамическую нагрузку: дис. доктора техн. наук: 05.22.06. Ленинград, 1982. 458 с. EDN: NPOITF.

#### ABOUT THE INTENSITY OF ACCUMULATION OF RESIDUAL DEFORMATIONS OF THE RAILWAY TRACK IN HEAVY TRAFFIC AREAS

**Romanov Andrey** — Ph.D, Head of department «Railway track» of Emperor Alexander I ST. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg, Russia, andrey.romanov@mail.ru

**Kiselev Artem** — Ph.D, docent of department «Railway track» of Emperor Alexander I ST. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg, Russia, zhdp10@gmail.com

**Abstract.** Ensuring the reduction of track deformation on particularly freight-intensive railway line to minimize the costs of its maintenance during the life cycle is an current task for the track economy. The article presents the results of optimization of the interaction of the wheel and rail in terms of assessing the intensity of accumulation of residual deformations of the track structure on particularly freight-intensive railway line of the Oktyabrskaya Railway. A significant role of increased dynamic impact from the wheels of the rolling stock, which have continuous and isolated irregularities, is established. Such impact is especially harmful in case of waterlogged soils of the roadbed, which significantly reduces their strength and deformation characteristics.

**Keywords:** interaction of wheel and rail, residual deformations, continuous irregularities on the wheel, isolated irregularities on the wheel, vibrodynamic impact on soils, 2.5 billion tons gross.



УДК 62-51

# ВЫЯВЛЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ



**СЫЧЁВ П.В.**, генеральный директор  
ООО «Вагонпутьмашпроект», канд. техн. наук,  
**МАЛЬЦЕВ А.П.**, Центральный  
научно-исследовательский институт автоматики и  
гидравлики, канд. воен. наук,  
**ФЕДЕНКОВ В.В.**, Национальный исследовательский  
университет МЭИ, докт. техн. наук

**Аннотация.** Оптико-электронные системы находят широкое применение в различных областях человеческой деятельности. Одним из важнейших средств, которое определяет будущее оптической электроники, является система технического зрения (СТЗ). В статье представлена методика определения безопасных участков железнодорожного пути с применением средств технического зрения, устанавливаемых на беспилотные летательные аппараты. Разработаны алгоритмы, описывающие методами СТЗ сигнатуры железнодорожного пути, что позволяет оценивать его состояние. Результаты экспериментов на основе математического моделирования и теоретического анализа доказывают эффективность алгоритмов СТЗ для повышения безопасности на железнодорожном транспорте.

**Ключевые слова:** система технического зрения, железнодорожный путь, беспилотные летательные аппараты.

Актуальность повышения уровня диагностики неисправностей верхнего строения пути, автоматизации процессов их распознавания и разработки алгоритмов восстановления плотности распределения отступлений от норм содержания рельсовой колеи не вызывает сомнений и отражена во многих ранних работах, так или иначе связанных с созданием систем технического зрения [1, 2, 3].

Развитие систем технического зрения (СТЗ) позволяет расширить возможности мероприятий по повышению безопасности железнодорожных перевозок. Основными из достоинств, которыми обладают СТЗ, являются адаптивность к сложившейся обстановке и создание условий для оценки состояния железнодорожного полотна.

Применение СТЗ позволит осуществить автоматизацию процесса определения исправности/неисправности пути с помощью распознавая сигнатуры изображения, полученного от оптической электронной системы беспилотного летательного аппарата [4, 5, 6].

В настоящее время известные методы распознавания образов СТЗ можно разделить на три группы:

методы просмотра, основанные на поиске максимума корреляции имеющихся эталонных и текущих изображений из заданной области поиска;

методы машинного обучения, использующие базу заранее подготовленных примеров;

методы выделения характерных признаков [7].

Первые две группы требуют больших подготовительных работ и значительных вычислительных ресурсов, поэтому в задачах распознавания объектов на аэрофотоснимках широко используются методы третьей группы — методы выделения характерных признаков, которые применимы к любым изображениям. Для решения задачи выявления безопасных (опасных) участков железнодорожного полотна рассмотрим метод технического зрения, основанный на оценке характерных признаков параметрической идентификации геометрических элементов растрового изображения по вычислительному алгоритму обобщенного преобразования Хафа, предложенному в 1981 г. Д. Баллардом [8]. Отличие этого преобразования от классического алгоритма преобразования П. Хафа (патент 1962 г.) заключается в расширении возможности идентификации произвольной фигуры, что особенно необходимо при оценке изображения элементов железнодорожного пути [9].

Разработана методика, основанная на преобразовании Хафа, которая позволяет определить состояние пути с помощью СТЗ, установленных на беспилотных летательных аппаратах.

Основными задачами автоматизированного определения безопасных участков пути с применением СТЗ являются поиск и распознавание сигнатуры изображений трассы и на их основе получение линейных



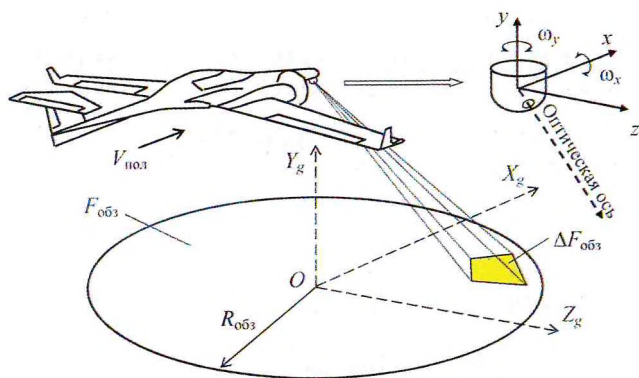


Рис. 1. Расчетная схема для определения эффективности использования оптических систем на гиостабилизированных платформах

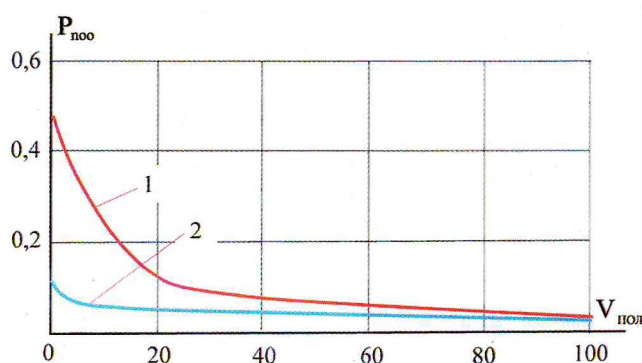


Рис. 2. Взаимосвязь скорости полета БПЛА и радиуса обзора  $R_{обз}$  с вероятностью  $P_{поп}$  попадания искомого объекта в площадь  $F_{обз}$ :  
1 — при  $R_{обз} = 2,0$  км; 2 — при  $R_{обз} = 6,8$  км

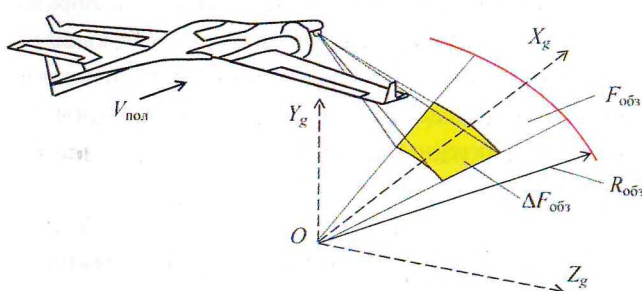


Рис. 3. Расчетная схема для определения эффективности использования оптических систем на гиоплатформах при контроле железнодорожного пути



Рис. 4. Изображение железнодорожного пути, полученное с помощью оптико-электронных систем

зависимостей для вычисления линейных функций. В случае прерывания данных линейных зависимостей возникает вопрос об исправности пути на данном участке.

Распознавание и обнаружение сигнатуры железнодорожного полотна удобно осуществлять при помощи малых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), управляемых оператором. На БПЛА должна быть расположена оптическая система на гиостабилизированной платформе, которая обеспечивает объективу (или системе датчиков) поворот относительно двух осей связанной системы координат  $OX_g$  и  $OY_g$  с угловыми скоростями  $\omega_x$  и  $\omega_y$  (рис. 1). Такой широкий диапазон углов отклонения объектива позволяет устойчиво сопровождать объекты на земной поверхности при маневрировании или эволюциях БПЛА.

Теоретически эффективность применения оптической системы, обеспечивающей круговой обзор, определяется условной вероятностью обнаружения объекта, находящегося в обозреваемой площади  $F_{обз}$ . При определении этого показателя следует учитывать следующие условия:

скорость полета БПЛА ( $V_{пол} > 0$ ); угловая скорость поворота оптической оси объектива имеет ограничение. При имитационном моделировании оптической системы получено, что угловая скорость поворота оптической оси не может превышать величину  $(0,06 \div 0,07)/L$ , где  $L$  — наклонное расстояние от объектива до центра области просмотра в метрах;

угловая скорость поворота объектива зависит от скорости полета, поэтому необходимо учитывать величину  $V_{пол}$  и значения угловых скоростей вращения БПЛА при совершении эволюций, в противном случае на снимках будет смазанное изображение, в котором ничего разобрать нельзя;

в теоретических расчетах обозреваемая площадь

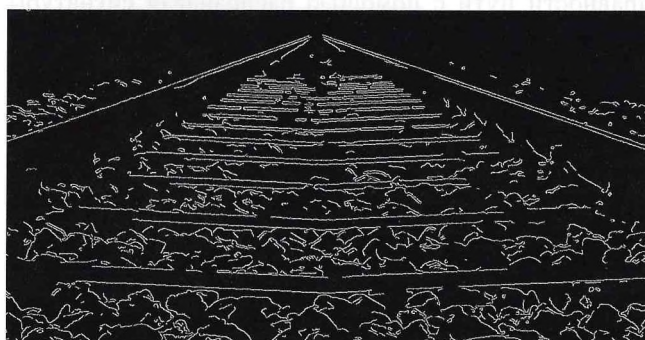


Рис. 5. Изображение, полученное методом Canny



имеет форму круга, и принимается допущение, что земная поверхность в профиле гладкая, т. е. является плоскостью. В реальности земной ландшафт существенно отличается от идеала и все показатели, полученные для гладкой поверхности, как правило, искажены относительно натуры, что необходимо учитывать.

В случае  $V_{\text{пол}} > 0$  условная вероятность обнаружения объекта, находящегося в обзореваемой площади  $F_{\text{обз}}$ , определяется по формуле

$$P_{\text{поо}} = K_{\text{зап}} \frac{\Delta F_{\text{обз}}}{R_{\text{обз}}^2 + 2V_{\text{пол}} R_{\text{обз}}},$$

где  $\Delta F_{\text{обз}}$  — площадь обзора оптико-электронной системы БПЛА;

$K_{\text{зап}}$  — коэффициент запаздывания получения видеoinформации;

$R_{\text{обз}}$  — радиус обзора оптико-электронной системы БПЛА.

При выполнении математического моделирования получены графики взаимосвязи скорости полета БПЛА и радиуса обзора с вероятностью  $P_{\text{поо}}$  попадания искомого объекта в площадь обзора  $\Delta F_{\text{обз}}$ , приведенные на рис. 2, которые показывают, что уже при скорости полета 30 км/ч подобное устройство становится бесполезным, так как оно не реализует свои возможности — вероятность попадания искомого объекта в площадь  $\Delta F_{\text{обз}}$  едва достигает величины 0,05. Увеличение радиуса обзора резко ограничивает вероятность попадания искомого объекта в площадь  $\Delta F_{\text{обз}}$ .

Исходя из вышесказанного для увеличения вероятности обнаружения наземных объектов оптическими системами БПЛА на гиросtabilизированных платформах необходимо, как вариант, изменить закон пространственного положения оптической оси объектива по времени, т. е. вместо



Рис. 6. Выделение по характерным признакам границ железнодорожного пути средствами технического зрения методом Хафа

кругового обзора осуществлять обзор вдоль продольной оси БПЛА, что логично для железнодорожного пути, расположенного в продольном направлении. В этом случае расчетная схема для определения эффективности использования оптических систем примет вид, приведенный на рис. 3.

В результате попадания железнодорожного полотна в зону обзора оптико-электронных систем в СТЗ формируется изображение с данного ракурса движения БПЛА. Возьмем конкретный участок пути, изображение которого получено с помощью оптико-электронных систем (рис. 4).

Данное изображение обрабатывается СТЗ методом преобразования Салпу, что позволяет выделить сигнатуру железнодорожного пути (рис. 5). Далее на основе преобразования Хафа получаем прямые линии, описывающие данную сигнатуру (рис. 6).

Если на изображении будет сформировано недостаточное количество линий, то для их выделения требуется изменить контраст сигнатуры пути методом преобразования Салпу, позволяющий выделить заданные контуры элементов с необходимой четкостью (рис. 7).

Программа формирования изображения позволяет определить координаты точек полученных линий и описать их в виде прямой  $y = kx + b$ . На основе данных уравнений можно получить математическое выражение и определить непрерывность данной функции, что позволяет оценить исправность изучаемого элемента пути.

При оценке состояния пути в криволинейном участке данный метод СТЗ не применяется, так как он рассчитан только на прямые линии. При входе в кривую малого радиуса предлагается ис-

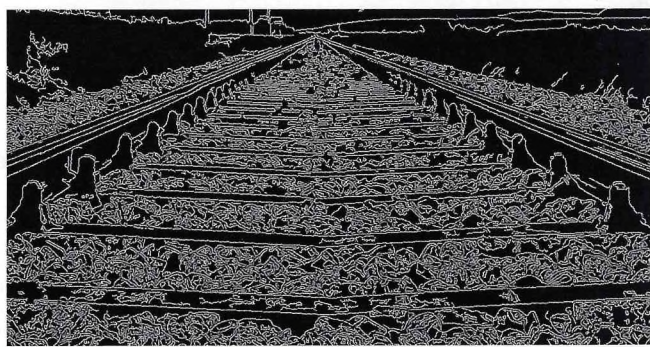


Рис. 7. Изображение, полученное методом Салпу при изменении величины контраста



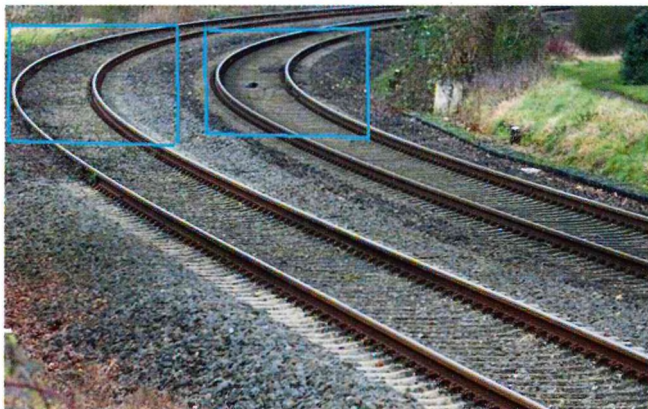


Рис. 8. Изображение криволинейных участков пути, полученное с помощью метода каскада Хара

пользовать метод на основе каскада Хара [8], который предполагает подготовку снимков данного участка и разработку эталонов. При полете БПЛА над криволинейным фрагментом пути оптико-электронная система будет обнаруживать и фиксировать пролетаемый объект. В случае содержания пути в заданных параметрах СТЗ будет его опознавать в виде квадратов. Если на фрагменте пути появится отступление от заданного направления, то СТЗ не отразит данный фрагмент квадратом (рис. 8).

Таким образом, разработана математическая модель выявления отступлений в состоянии пути, использующая современные методы технического зрения, что позволяет вплотную перейти к более широкому развитию транспортных систем [10].

### Выводы

1. Доказано, что метод технического зрения, основанный на определении характерных признаков преобразования Хафа, пригоден для выявления безопасных/опасных участков пути.

2. Проверены методика и алгоритмы поиска объекта, разработанные на основе применения

преобразования Хафа для обнаружения изображения пути.

3. При изменении направления линии (криволинейный участок) может быть использован метод каскада Хара.

### Список источников

1. Локтев Д.А., Сычёв П.В., Залетдинов А.В. Автоматизированное распознавание поверхностных дефектов верхнего строения пути с использованием примитивов Хаара и модифицированного алгоритма Лукаса-Канаде // *Нелинейный мир*. 2019. Т. 17, № 2. С. 5–12.
2. Повышение информативности оценки содержания железнодорожного пути / В.П. Сычёв, А.А. Локтев, Д.А. Локтев, В.В. Виноградов // *Мир Транспорта*. 2017. Т. 15, № 2 (69). С. 20–31.
3. Логинов И.Н., Логинов А.Н., Сычёв В.П. Когнитивная нейроморфная платформа управления ресурсами железнодорожного транспорта в автоматизированных системах управления // *Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство*. 2016. Т. 9, № 9 (9). С. 312–319.
4. Сычёв В.П. К вопросу создания автоматизированной системы управления технологическими процессами ремонтных работ на железнодорожном пути // *Транспортное строительство: сборник статей всероссийской научно-технической конференции*. М.: Перо, 2020. С. 16–24.
5. Гуськов Ю.П., Загайнов В.И. Управление полетом самолетов. М.: Машиностроение, 1991. 269 с.
6. Система распознавания объектов, обеспечивающая работу бортовой системы технического зрения в реальном времени / Н.И. Дмитриев, А.А. Хрусталева, А.И. Ляпин, Е.Ю. Суворов // *Механика, управление и информатика*. 2012. № 2 (8). С. 40–44.
7. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения: курс лекций и практических занятий / Ю.В. Визильтер и др. М.: Физматкнига, 2010. 671 с.
8. Ballard D.H. Generalizing the hough transform to detect arbitrary shapes // *Pattern Recognition*. 1981. Vol. 13, No. 2. P. 111–122. DOI: [https://doi.org/10.1016/0031-3203\(81\)90009-1](https://doi.org/10.1016/0031-3203(81)90009-1).
9. Локтев Д.А., Сычёв П.В., Изотов К.А. Применение модифицированного алгоритма Лукаса-Канаде и примитивов Хаара в системе мониторинга состояния железнодорожного пути // *Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство*. 2019. Т. 14, № 14 (14). С. 67–72.
10. Потапов А.В., Сычёв В.П. Основные направления развития транспортных систем // *Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство*. 2016. Т. 10, № 10 (10). С. 129.

### ASSESSMENT OF RAILWAY TRACK MAINTENANCE USING TECHNICAL VISION SYSTEMS

**Sychev Petr** — Ph.D., General Director of Vagonputmashproekt LLC. Moscow, Russia. petr@vpm770.ru

**Maltsev Andrey** — Ph.D., leading engineer of the Central Research Institute of Automation and Hydraulics (JSC TsNIIAG). Moscow, Russia

**Fedenkov Vladimir** — D. Sci., Associate Professor National Research University MPEI (NRU MPEI).

**Abstract.** Optical-electronic systems are widely used in various fields of human activity. One of the most important tools that determines the future of the optical-electronic systems is the technical vision system (TVS). The article develops a method for determining safe sections of the railway track using technical vision equipment installed on unmanned aerial vehicles. Algorithms have been developed that describe railway track signatures using TVS methods. The algorithms are adapted to this task, which makes it possible to carry out measures to determine safe sections of the railway track. The results of experiments based on mathematical modeling and theoretical analysis prove the effectiveness of TVS algorithms for improving safety in railway transport.

**Keywords:** technical vision system, railway track, unmanned aerial vehicles.



# «ВЫПАЛО НАМ СТРОИТЬ ПУТЬ ЖЕЛЕЗНЫЙ, А КОРОЧЕ — БАМ»

Студенческие строительные отряды занимали особое место в создании Байкало-Амурской магистрали. Не остался в стороне и ведущий профильный вуз. Первый строительный отряд Московского института инженеров транспорта (МИИТ, сейчас РУТ) из 500 чел. выехал на БАМ в 1972 г., т. е. на два года раньше объявления его Всесоюзной комсомольской стройкой. Главным организатором от института выступил Александр Аполлонович Выгнанов, сейчас профессор, председатель Координационного совета ветеранов МИИТ. Командиром отряда стал Эрнст Серафимович Спиридонов (рис. 1), сейчас профессор кафедры «Проектирование и строительство железных дорог». Студенты занимались подготовкой жилья для будущих бамовцев на месте дислокации первого отряда — в поселке Тындинский (сейчас г. Тында). К концу 1972 г. общая численность студенческого отряда составила 2500 чел.

С того времени студенческие отряды от вуза отправлялись на БАМ ежегодно. В 1975 г. даже было подписано официальное соглашение между МИИТом и управлением «Бамстройпуть», включающее в себя основные направления работы коллективов на весь период строительства. Студенты участвовали в прокладке пусковой линии Тында-Беркамит, возведении мостов на трассе БАМ-Тында, зданий вокзалов (рис. 2), создании комплекса промышленной индустрии в г. Шимановск, сборке брусчатых домов на новых участках, строительстве 38-квартирного дома в поселке Тындинский и других жилых домов, школ,

детских садов и многом другом. Одна из улиц поселка Тындинский в честь трудового подвига студентов института названа «Миитовской» (рис. 3).

Всего в стройотрядах за эти годы побывало 12000 миитовцев! Лучшие из них 1 октября 1984 г. приняли участие в укладе «золотого звена» Байкало-Амурской магистрали на станции Куанда. Многие награждены орденами «Дружба народов», «Знак Почета» и медалями «За трудовую доблесть», «За трудовое отличие». Группа бойцов студотрядов удостоена звания «Ударник коммунистического труда». К сожалению, в это время деятельность ССО на БАМе приостанавливается.

Одним из участников ССО был **Юрий Михайлович Боровков**, почетный транспортный строитель, ветеран БАМа (рис. 4). Он охотно поделился с редакцией своими воспоминаниями. Их, конечно, немало! Некоторые из них мы представляем вашему вниманию на страницах журнала. Наверное, многие бамовцы вспомнят нечто подобное.

\*\*\*

Начало лета 1975 г., июнь, сессия позади. Я — один из шестидесяти счастливчиков, студент второго курса МИИТа, сумевший преодолеть все невообразимые препятствия (заседания на многочисленных комсомольских собраниях, поиск нужных рекомендаций, необходимость сделать прививки от энцефалитного клеща и брюшного тифа и многое другое), чтобы быть утвержденным в списках для поездки на БАМ в качестве бойца студенческого строительного отряда.



Рис. 1. Эрнст Серафимович Спиридонов на БАМе

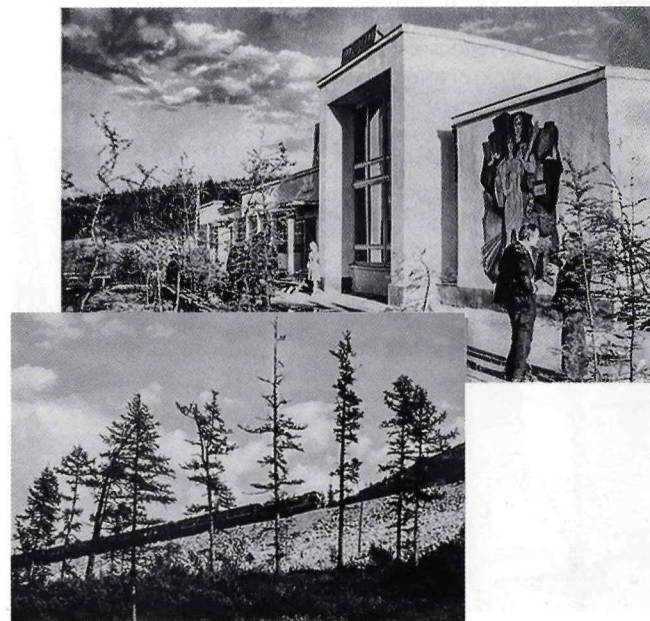


Рис. 2. Вокзал на станции Аносовская (Янкан, Амурская область)



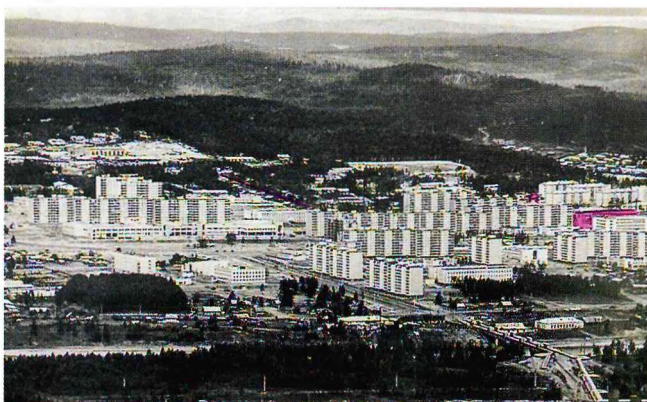


Рис. 3. Улица Миитовская и многоквартирный дом «Пионер», место локации ССО МИИТа в г. Тында (отмечено красным)

И вот наш отряд с рюкзаками, музыкальной аппаратурой для вокально-инструментального ансамбля (как-то сразу не сообразили, что электричества в тайге нет) и всяким разным хозяйственным инвентарем собрался для торжественных проводов у первого корпуса МИИТа. У каждого с собой предусмотрительно по килограмму лука и чеснока (для профилактики цинги).

\*\*\*

Путь наш от института до места назначения длился около семи дней: сначала самолетом ТУ-104 из Москвы до Читы с тремя промежуточными посадками для дозаправки в Свердловске (сейчас Екатеринбург), Новосибирске и Омске. Из Читы почти сутки поездом мы добирались до нужной нам станции Большой Невер. Затем около восьми часов «скакали» на автобусе по кочкам и ухабам и, наконец-то, прибыли в Тынду.

\*\*\*

Ужин в рабочей столовой Тынды был весьма скромным. Наши все еще растущие организмы перемололи пищу в один присест, а калории исчезли через час. Очень хотелось есть! И я предложил другу перейти к моим «стратегическим запасам» — на доньшке рюкзака ждало своего часа колечко одесской колбасы,

заботливо припасенное моей мамой. И как же мы были опечалены, когда увидели на колбасе синеватый оттенок, которой явно «говорил», что колбасное изделие, мягко говоря, испорчено. Оно выскальзывало из рук и пахло совсем невкусно. Сильно расстроенный я с отвращением выбросил ее в открытое окно. Но голод продолжал свирепствовать, и мы решили перехитрить самих себя и пойти на отчаянный шаг. Найдя ржавый лист железа, развели костер и начали тепловую обработку подобранной колбасы. Под воздействием огня она быстро приобрела невероятно аппетитный запах. Убедившись, что «блюдо» съедобно, мы с великим наслаждением оприходовали колбаску.

\*\*\*

До места дислокации нашего стройотряда поселка Хорогочи мы добирались сначала вертолетом МИ-6, а оттуда на вездеходе — до палаточного городка, заранее подготовленного для нас старшекурсниками. Каждому вновь прибывшему выдали комплект спецодежды, защищающей тело от укусов гнуса и комаров, и раздали по топору с брусом для его заточки. Топорище каждый должен был сделать себе сам.

Так начались наши трудовые будни (рис. 5).

\*\*\*

Из вновь прибывших сформировали несколько бригад по 20 человек. У каждой была своя задача.

Нашему отряду предстояло выполнять «простые» функции: на сопках рубить топорами лиственницу диаметром не менее 30 см, обрубать ветки, складывать стволы в штабели и с помощью трелевщика доставлять к месту строительства притрассовой дороги. С задорной речевкой (куда ж без нее?!) всей бригадой поднимали на плечи тяжелейшую лиственницу, медленно перемещались по кругу и раскладывали бревна вплотную друг к другу поперек дороги: комель влево, комель вправо, комель вправо... За лето таким образом мы подготовили основание под будущую автодорогу (почти 10 км!) для дальнейшей засыпки щебнем, а за нами, практически по пятам, шли самосвалы КраЗ.



Рис. 4. Награждение Ю.М. Боровкова юбилейной медалью «50 лет начала строительства Байкало-Амурской магистрали»



Рис. 5. Одна из бригад Студенческого строительного отряда (Фото из личного архива Ю.М. Боровкова)



\*\*\*

Самое страшное насекомое на БАМе не комар, не муха, и даже не мошка (от них была «изобретенная» специальная многослойная сетчатая защита — накомарник), а шершень. Укус этого насекомого очень опасен и считается в пять раз больнее укуса осы. Говорят, были случаи, когда случайно попавшийся на пути насекомого бык был попросту убит шершнем в лоб наповал! Представьте, наша бригада в перерыв беззаботно отдыхает и вдруг из-за сопки с жужжанием, переходящим в свист, в нашу сторону летит многосантиметровая полосатая «штуковина». Шершень!!! Мы врассыпную. А он, не обращая на нас внимания, пролетел мимо по своим делам, изображая из себя тяжелый бомбардировщик. Мы выдохнули и посмеялись над собой.

\*\*\*

БАМ и резко континентальный климат — близнецы-братья. Этот климат не каждый может выдержать. Днем — 30-градусная жара и 100-процентная влажность, в таких условиях нам приходилось трудиться по 12 ч в день. Зато утром, чтобы умыться, чуть ли не топором разбивали застывшую в умывальниках воду.

\*\*\*

Самым нашим любимым временем суток были, конечно же, перерывы на обед, на который отводилось целых два часа! Пищу привозили непосредственно на место работы бригады. Кормили всегда вкусно, много и сытно. Затем — сон. Нас не стоило убеждать и убаюкивать: засыпали в течение секунды, расположившись поудобнее на своих телогрейках и бушлатах.

\*\*\*

В таких климатических условиях нас всегда одолевала жажда. Когда она окончательно брала верх, пили прямо из луж. Вода — кристально чистая! Правда, из-за недостаточного количества в ней соли мы практически никогда не напивались и «дули» воду через каждые полчаса. Не помогала утолить жажду и голубика, которая росла повсеместно в невероятно больших количествах.

\*\*\*

Самое вкусное блюдо мы вкушали по случаю дня рождения кого-либо из бойцов. Повара отслеживали эти праздники очень четко. Для бригады именинника готовилось лакомство — разрезанная вдоль буханка черного хлеба, обильно смазанная вареной сгущенкой. Естественно, этот «торт» исчезал мгновенно.

\*\*\*

Источником электроэнергии для освещения лагеря и приготовления пищи была путевая передвижная электростанция с бензиновым или дизельным двигателем, предназначенная для автономного обеспечения электричеством, так называемая ЖЭСка. Тарахтела она весьма громко, но мы быстро привыкли к шуму. На нее же мы рассчитывали и для подключения музыкальной аппаратуры. К сожалению, наш труд по перевозке усилителей, колонок и музыкальных инструментов с микрофонами был напрасен. При по-

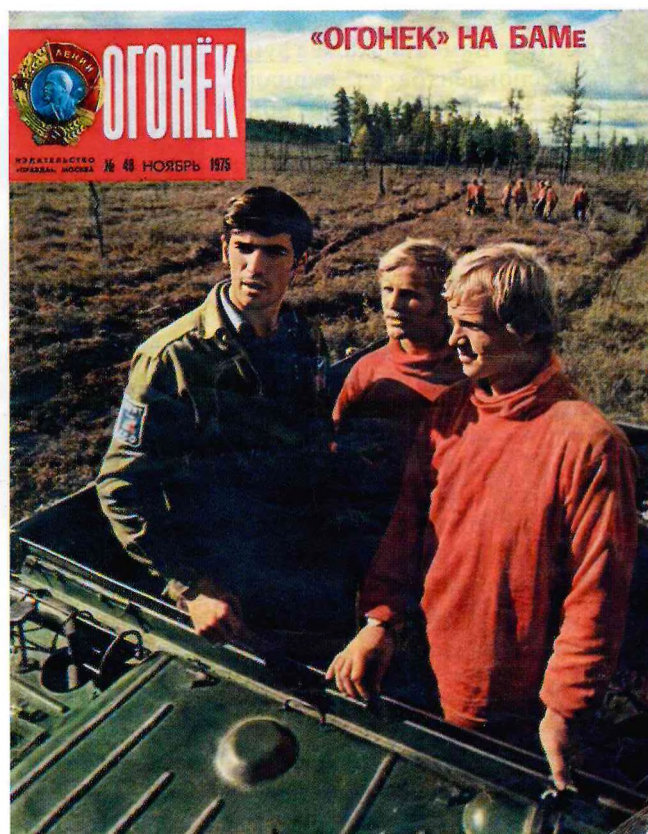


Рис. 6. Обложка журнала «Огонёк». Ноябрь, 1975 г.  
(Фото из личного архива Ю.М. Боровкова)

пытке одновременно играть на всех электрогита-рах ЖЭСка начинала чихать, хрипеть, а инструменты — издавать страшные звуки. Поэтому зачастую так нужные нам танцы проходили в идеальной тишине или под песни и акустическую гитару.



Рис. 7. Притрассовая дорога участка Тында—Чара. Технологический мост, построенный ССО МИИТа в июле 1975 г., который в августе снес мощный поток разлившейся реки  
(Фото из личного архива Ю.М. Боровкова)



\*\*\*

Как-то к нам приехала группа корреспондентов из журнала «Огонёк». На полдня был объявлен выходной. Они нас снимали на фотокамеру, а мы старательно позировали. И вот в ноябре 1975 г. вышел в свет номер журнала с подробным рассказом о нашей жизни на БАМе. На первую страницу обложки попала фотография трех бойцов стройотряда, среди которых оказался и ваш покорный слуга (рис. 6). Спустя много лет на очередной встрече выпускников МИИТа кто-то рассказал, как после этой статьи в деканате пачками уничтожались письма адресованные нам от девушек со всего СССР, желавших с нами познакомиться.

\*\*\*

Конец августа 1975 г. Участок тайги на будущей трассе дороги Тынды—Чара, а если быть точнее Кувукта—Хорогочи. Шли заключительные часы нашего палаточного городка на БАМе.

За нами должен был вернуться вездеход ГТТ (гусеничный транспортер тяжелый), который накануне вечером увез основной состав бригады. Остались только четверо «счастливчиков», кому не хватило места в кузове машины. Но что-то пошло не так, и мы, не дожидаясь обещанного транспорта, приняли решение двигаться самостоятельно, иначе могли бы погибнуть: полным ходом шел разлив горных рек.

Шли друг за другом след в след, по-другому нельзя: кругом болото, по местному — марь. Шли по той самой тропинке, по которой ходили много раз на работу и обратно. С той лишь разницей, что сейчас ноги обжигала ледяная вода, накапливающаяся от разливающихся рек и беспощадно повышающая свой уровень на поверхности почвы. Мы двигались по пути спасения, как нам казалось, в нужном направлении, благодаря только внутреннему чутью.

Вдалеке наконец-то показался долгожданный вездеход. Похоже, мы спасены! Но каково было наше разочарование, когда, подойдя ближе, мы увидели, что построенного нами через речушку деревянного моста (рис. 7) попросту нет — его снесло потоком воды. И теперь перед нами бурлила весьма серьезная река, разделявшая нас и спасительный транспорт.

Нам ничего не оставалось, как снять одежду и обувь, пристроить узел с вещами на голову и вплавь перебраться на другой берег.

\*\*\*

Из-за сильного разлива горных рек мы благополучно опоздали на свой самолет. Теперь нам предстояло недельное путешествие на пассажирском поезде до Москвы. Нам выдали аванс по 20 руб. на



Рис. 8. Бамовское содружество. Встреча бамовцев в День рождения комсомола. Поселок Успенское Московской обл. 29 октября 2022 г. (фото из личного архива Ю.М. Боровкова)

пропитание и предложили «ни в чем себе не отказывать». Поезд шел строго по графику, подолгу задерживаясь на каждом полустанке. На одной такой остановке мы даже успели искупаться в озере Байкал!

Исхудавшие, обросшие, одичавшие, но физически окрепшие и бесконечно счастливые, подъезжая к Ярославскому вокзалу, мы просто-таки орали из окон поезда: «Здравствуй, Москва!»

\*\*\*

Судьба развела БАМовцев по разным дорогам, городам и даже по разным теперь странам. Но они все равно общаются, хотя и встречаются редко (рис. 8). Сложившееся в те годы студенческое братство продолжает жить. И доказательством этому служит Общероссийская общественная организация «Бамовское содружество» (ОРОО «БАМ»), председателем правления которого является Галина Александровна Голубева, участница строительства.

Организация возникла более двадцати лет назад, в конце 1997 г. Сегодня она объединяет свыше 45 тыс. чел. Это не только транспортные строители и железнодорожники, но и представители других профессий, работавших на БАМе. Региональные отделения ОРОО «БАМ» созданы в 50 краях, областях и республиках. Она поддерживает контакты со своими коллегами из Армении, Белоруссии, Грузии, Азербайджана, Казахстана, стран Балтии и др. Главная цель организации — защита прав и законных интересов всех тех, кто принимал участие в строительстве и эксплуатации Байкало-Амурской магистрали.

Недавно в состав «Бамовского содружества» вошла Общероссийская общественная организация «Союз ветеранов Железнодорожных войск Российской Федерации».



## ПОЗДРАВЛЯЕМ ПОБЕДИТЕЛЕЙ КОНКУРСА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ НА ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ ГРАНТОВ В 2024 г.!

Проект: «Разработка цифровых ассистентов для обеспечения безопасности движения поездов».

Авторы: Покровская О.Д., Шевердова М.В., Марченко М.А. — Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I.

Проект: «Разработка научных решений и технических подходов производства тормозных элементов нового поколения как потенциала развития сети высокоскоростного железнодорожного транспорта в Российской Федерации».

Авторы: Буяков А.С., Мировой Ю.А., Абдульменова Е.В., Шмаков В.В. — Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук.

Проект: «Разработка уникального стенда для проведения натурных испытаний устройств поглощения

энергии аварийных крэш-систем подвижного состава».

Авторы: Ступин С.Д., Федорова В.И. — АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта».

Проект: «Исследование криптостойкости протоколов квантового распределения ключа основанных на применении вихревых оптических полей».

Авторы: Вашукевич Е.А., Решетников Д.Д., Башмакова Е.Н., Зинатуллин Э.Р., Баева А.В. — Санкт-Петербургский государственный университет.

Проект: «Анализ особенностей функционирования канала индуктивной связи «путь-локомотив» в условиях действия мощных импульсных помех и подмагничивания сердечника приемных катушек».

Автор: Кузьмин В.С. — Российский университет транспорта.

## Конкурс молодых ученых на предоставление грантов в 2025 г.

В соответствии с Распоряжением ОАО «РЖД» от 26 декабря 2023 г. № 3326/р «О конкурсе на предоставление грантов ОАО «РЖД» для молодых ученых на проведение научных исследований, направленных на создание новой техники и технологий для применения на железнодорожном транспорте» **объявляется конкурс 2025 г.**

**Направления для проведения фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований:**

разработка технических решений и технологий для железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава высокоскоростных железнодорожных магистралей;

системы предиктивного анализа и предупреждения для минимизации воздействия климатических факторов на перевозки и объекты железнодорожной инфраструктуры;

разработка и апробирование новых материалов с уникальными физическими свойствами, включая наноматериалы, композитные, полимерные, супергидрофобные, сверхпроводниковые и прочие материалы;

создание новых методов и средств неразрушающего контроля и систем диагностирования технического состояния объектов железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава;

разработка новых технологий в области ресурсосбережения и рационального использования материально-технических ресурсов;

технологии адаптивного и энергоэффективного управления тяговым приводом локомотивов, включая технологии энергоэффективного и безопасного вождения поездов повышенной массы и длины;

развитие технологий мониторинга инфраструктурных объектов железнодорожного транспорта и прилегающих территорий (в том числе для предупреждения чрезвычайных ситуаций и мониторинг хода строительного процесса);

повышение производительности труда, механизация, автоматизация и роботизация технологических процессов;

разработка технологий обезвреживания промышленных отходов и ликвидации объектов накопленного экологического ущерба;

технологии обеспечения безопасности движения поездов, в том числе безопасности переездов;

проведение исследований и разработок для обеспечения технологического суверенитета на железнодорожном транспорте.

**Срок приема заявок — до 21 марта 2025 г.**

Для участия в конкурсе претендентам необходимо направить в Центр научно-технической информации и библиотек (далее — ЦНТИБ) заявку в электронном виде, а также презентации своих проектов.



Объем презентации не должен превышать 15 слайдов, при этом в обязательном порядке в состав презентации должны быть включены отдельные слайды, содержащие следующие сведения:

информацию об участниках объемом не более 1 слайда на каждого участника (фотография, возраст, образование, основные достижения и т.д.);

суть решаемой проблемы с описанием ситуации на настоящий момент;

описание предлагаемого решения проблемы;

перечень результатов интеллектуальной деятельности;

предварительную смету расходов на проведение научной работы;

описание планируемых эффектов (экономический, социальный, самостоятельный научный, управленческий) для ОАО «РЖД».

Дополнительно в презентацию могут быть включены слайды, отражающие суть предложения заявителя в виде трехмерной модели, подготовленной в системах автоматизированного проектирования.

Форма заявки для заполнения размещена на сайте «РЖД / Карьерный портал» (<https://team.rzd.ru/students/grants>). Обращаем внимание, что в 2025 г. к рассмотрению принимаются заявки, заполненные по обновленной форме.

**Заявки направлять в электронном виде в ЦНТИБ на один из адресов электронной почты:** [trifonovaei@center.rzd.ru](mailto:trifonovaei@center.rzd.ru) или [kostikovik@center.rzd.ru](mailto:kostikovik@center.rzd.ru)

По вопросам участия в конкурсе обращаться в ЦНТИБ по телефону: 8 (499) 262-97-12 (Трифоновна Елена Ивановна, Смирнова Виктория Эдуардовна, Костилов Игорь Константинович).

#### **Условия участия в конкурсе**

1. Соискатели грантов, принимая участие в конкурсе, соглашаются с условиями и порядком его проведения, изложенными в Положении о конкурсе.

2. В конкурсе могут принимать участие молодые ученые (коллективы молодых ученых), осуществляющие научные исследования, направленные на создание новой техники и технологий для применения на железнодорожном транспорте, а также фундаментальные исследования в области естественных наук (механика, компьютерные науки и информатика, физические науки, инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение, науки об атмосфере и климате).

3. Коллектив молодых ученых, выдвигаемый на соискание гранта, может состоять не более чем из 5 чел. При этом все члены коллектива должны соответствовать критериям молодого ученого (работник организации высшего образования или научной организации, в год проведения конкурса имеющий (на момент подачи заявки) ученую степень кандидата наук в возрасте до 35 лет включительно, или

ученую степень доктора наук в возрасте до 40 лет включительно, или являющийся аспирантом, исследователем, преподавателем образовательной организации высшего образования без ученой степени в возрасте до 30 лет включительно).

Не допускается включение в число соискателей гранта лиц, осуществляющих в процессе реализации проектов только административные или организационные функции.

4. Научный руководитель может входить в коллектив соискателей при соответствии условиям пункта 3.

5. Соискатели грантов могут подавать заявки на конкурс по одной или нескольким темам.

6. Планируемый срок завершения научной работы должен быть не позднее 1 декабря года, следующего за годом проведения конкурса.

7. Для участия в конкурсе необходимо направить в ЦНТИБ заявку в соответствии с требованиями Положения о конкурсе.

8. Заявки, поступившие с нарушением установленного срока подачи, неправильно оформленные, содержащие неполную или недостоверную информацию, а также не соответствующие условиям конкурса, к участию в нем не допускаются.

9. Заявки не должны содержать сведений, составляющих государственную и иную охраняемую законом тайну, а также в отношении которых у соискателя есть обязательства по их неразглашению.

10. Не допускается подача заявки на конкурс по темам, выдвинутым на соискание других грантов в период проведения конкурса или ранее получивших финансирование, в том числе за счет средств ОАО «РЖД».

11. Не допускается подача заявки на конкурс по теме, название и содержание которой совпадает с названием и содержанием какой-либо темы, выполняемой или запланированной к выполнению по иным внутренним или внешним источникам финансирования организацией, в трудовых отношениях с которой находятся соискатели настоящего гранта.

12. Соискатель представляет на конкурс подписанную заявку, в которой дает согласие на обработку персональных данных, указывает, что он согласен с условиями участия в конкурсе и что материалы, представленные им в заявке, могут быть доступны третьим лицам. Кроме того, он сообщает, что заявленная тема научной работы ранее не получала финансирования за счет средств ОАО «РЖД» или иных источников, и в публикациях результатов научных исследований он будет ссылаться на финансовую поддержку в виде гранта ОАО «РЖД».

Ежегодно финансируются не более пяти работ. Размер гранта составляет не более 2 млн руб. на каждую из победивших работ.



# 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





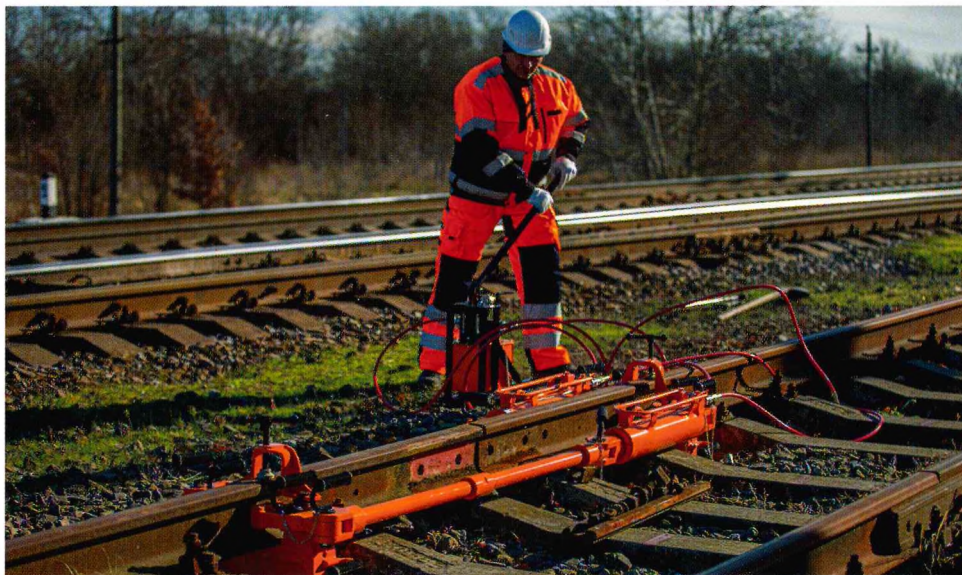


**Кубаньжелдормаш**

Завод основан в 1933 году

## НАТЯЖИТЕЛИ РЕЛЬСОВЫЕ

### **Р700** с РУЧНОЙ ГИДРОСТАНЦИЕЙ



### **Д700** с ГИДРОСТАНЦИЕЙ ОТ ДВС

**СДЕЛАНО  
В РОССИИ**



На правах рекламы

- Конструкция натяжителя рельсового даёт возможность свободного пропуска подвижного состава
- Натяжитель рельсовый легко устанавливается под рельс благодаря сборной конструкции с вилками, пальцами и двух приспособлений для монтажа
- Натяжитель рельсовый выпускается в двух комплектациях: с ручной гидростанцией и гидростанцией от ДВС
- Гидростанция от ДВС может быть применена для использования совместно с гидродомкратами, работающими при давлении до 70 Мпа
- Быстроразъёмные соединения гидроцилиндров исключают потери рабочей жидкости при отключении от насосной станции
- Сделано в России
- Гарантийное и постгарантийное обслуживание заводом-изготовителем "Кубаньжелдормаш"