



РЖД

- К 50-ЛЕТИЮ БАМА
- ИННОВАЦИИ В СВАРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ
- ОСОБЕННОСТИ СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ РЕЛЬСОВ
- НЕИСПРАВНОСТИ БЕЗБАЛЛАСТНОГО ПУТИ ВСМ
- ПРОБЛЕМА РОСТА КОЛИЧЕСТВА МВВП
- ОБУЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛА – ЗАЛОГ УСПЕХА ПРЕДПРИЯТИЯ

# путь

и путевое хозяйство

8 · 2024

НАУЧНО-  
ПОПУЛЯРНЫЙ,  
ПРОИЗВОДСТВЕННО-  
ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ



# Легендарному БАМу – 50

Юбилейные мероприятия, посвященные 50-летию начала строительства Байкало-Амурской магистрали (БАМ), прошли по всей стране. В Центральном музее железнодорожного транспорта Российской Федерации (г. Санкт-Петербург) 17 июля 2024 г. начала свою работу выставка «БАМ в судьбах людей», приуроченная к этой знаменательной дате. Экспозиция создана на основе коллекции ЦМЖТ РФ совместно с АО «Ленгипротранс», АО «Мосгипротранс», ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» и ветеранами БАМа, представителями Общероссийской организации «Бамовское содружество» отделения Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

На церемонии открытия присутствовали руководители предприятий и проектных институтов транспортной отрасли, музеев и, конечно же, много ветеранов БАМа, непосредственных участников того масштабного строительства XX в. С приветственным словом к



Агитационный стенд стройки



Экспозиция на выставке



На открытии выставки «БАМ в судьбах людей»

участникам мероприятия обратился директор ЦМЖТ **В.И. Митленко**. «Спустя годы можно сказать, что в основе магистрали лежат не только насыпи, рельсы и шпалы, но и истории людей, которые посвятили свою молодость строительству БАМа. Именно на судьбах первостроителей и было решено сделать основной акцент выставки», — подчеркнул Владимир Иванович и поблагодарил строителей магистрали за их труд. Генеральный директор АО «Мосгипротранс», организации, которая 50 лет назад, на старте проекта БАМа, являлась главным проектировщиком комсомольской стройки, **И.В. Мицук** рассказал о нелегкой работе изыскателей и проектировщиков БАМа, как велись исследования наиболее сложного, первого участка трассы. Обо всех тонкостях работы изыскателей «стройки века» рассказал **А.П. Конюхов** — инженер, почти 50 лет проработавший в «Ленгипротрансе», который с 1967 г. являлся генеральным проектировщиком участка БАМа от Чары в Забайкальском крае до Тынды в Амурской области протяженностью 630 км. Как отметил Алексей Петрович, «в мире еще не было подобных примеров строительства железной дороги в столь суровых природных условиях».

Представители «Бамовского содружества» Санкт-Петербурга и Ленинградской области на мероприятии были не только почетными гостями, но и полноправными соорганизаторами проекта. Именно эти люди полвека назад с энтузиазмом отправлялись в регионы с таким суровым климатом и самоотверженно проектировали легендарную железную дорогу. Председатель Содружества **А.А. Песков** и **И.М. Никольская** вручили ветеранам-строителям БАМа юбилейные медали «50 лет начала строительства Байкало-Амурской магистрали». Сегодня они по-прежнему жизнерадостны, энергичны и прияли активное участие в создании экспозиции, предоставив музею более 500 подлинных предметов, переносящих современного посетителя выставки во времена комсомольской ударной стройки. В ходе осмотра музеиной экспозиции ветераны поделились с присутствующими воспоминаниями и передали на сохранение в фонды музея раритеты и новые издания, подготовленные к 50-летию БАМа.

Многие экспонаты выставлены впервые. В их числе уникальные архивные материалы, документы проектных организаций, фотографии, предметы быта и декоративно-прикладного искусства, значки, книги, отражающие историю строительства БАМа, условия труда и жизни людей, чьими стараниями возводились железнодорожное полотно, мосты, тоннели, жилые поселки.

Одна из задач проекта — погрузить посетителей в особую атмосферу того времени: брезентовая палатка, горячий чай после тяжелого трудового дня, песни под гитару и нескончаемые разговоры у костра до самого рассвета.

В рамках юбилейных мероприятий в ЦМЖТ проводятся публичные лекции, фестивали, концертные программы. Еще весной совместно с «Бамовским содружеством» на сайте музея открыта рубрика, где ведется рассказ о судьбах первопроходцев БАМа. И еще много интересных событий ждут впереди.

Выставка будет работать до конца года.

АСТАШОВА Е.Н.,  
заместитель директора ЦМЖТ РФ



Учредитель — ОАО «Российские железные дороги»

Научно-популярный производственно-технический журнал

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

Главный редактор С.В. ЛЮБИМОВ

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

А.Г. АКОПЯН, Е.С. АШПИЗ, д.т.н.,  
В.П. БЕЛЬЮКОВ, 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: rph@inbox.ru  
Сайт: <http://rph-magazine.ru>  
Электронная версия журнала: <http://elibrary.ru>;  
<https://rucon.ru>; <http://www.i-vis.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 30.07.2024  
Формат 60x841/8. Офсетная печать.  
Заказ № 24119 от 25.07.2024  
Отпечатано в типографии ЗАО «Алгоритм +»,  
420044, г. Казань, пр. Ямашева, д. 36

# В НОМЕРЕ

**Акопян А.Г.** — Поиск инновационных решений в области сварочного производства ..... 2

**Конструкции и сооружения**

**Заграничек К.Л., Рейхарт В.А., Перков И.Е.** —

Сопротивление усталости закаленных рельсов с различной наработкой тоннажа ..... 4

**Коссов В.С., Тимаков М.В., Протопопов А.Л. и др.** —

К вопросу использования цифровых двойников при исследовании процессов термообработки, правки и сварки рельсов ..... 8

**Содержание, ремонт и реконструкция**

**Савин А.В., Соломатин Е.В.** — Неисправности

безбалластного пути для высокоскоростного движения ..... 10

**Ленкин В.Д., Симонюк И.А.** — Ликвидация дефектов рельсовых плетей алюминотермитной наплавкой ..... 13

**Прокопьева О.А.** — Геоинформационное моделирование при проектировании новых линий ..... 17

**Маявин Д.А., Клементьев К.В.** — Проблема роста количества мест временного восстановления рельсовых плетей ..... 18

**Андреева Л.А., Желудкевич А.М., Ялышев Р.Ф.** — Повышение безопасности на переездах ..... 21

**Подготовка кадров**

**Холодилов Д.А.** — Обучение персонала как залог стабильности, развития и успеха организации ..... 25

**Проблемы и решения**

**Збрыський М.Т., Самко А.В., Зайцев А.А.** —

Разработка методики по оценке влияния нового строительства на эксплуатационные характеристики рельсовой колеи ..... 28

**Космин В.В., Космина А.А.** — Новая российская железная дорога необщего пользования ..... 30

**Боровков Ю.М., Кеткина А.Г.** — БАМ. Полувековой юбилей ..... 31

## На обложке

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

# ПОИСК ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА



АКОПЯН А.Г., ОАО «Российские железные дороги», заместитель начальника Департамента технической политики

Наплавка рельсов и элементов стрелочных переводов способствует увеличению срока службы элементов верхнего строения пути. В настоящее время на объектах инфраструктуры ОАО «РЖД» применяется только электродуговая наплавка, строго регламентированная техническими условиями. Ее используют для восстановления рельсов, крестовин и остряков в паре с рамными рельсами. Выполняют электродуговую наплавку двумя способами: автоматическим и полуавтоматическим.

Преимущества *автоматического способа*:

минимизируется влияние «человеческого фактора»;

повышается точность выполнения работ.

Преимущества *полуавтоматического способа* заключаются в мобильности.

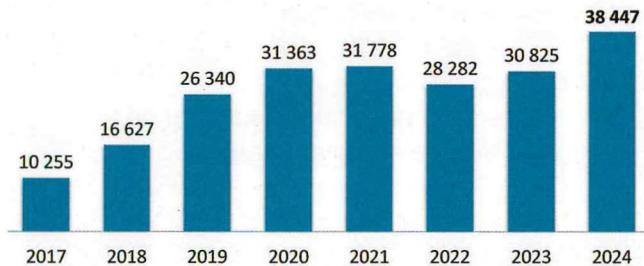


Рис. 1. Прирост рельсов, шт., с дефектом 46.3 (на 1 января)

Оба способа исключают необходимость прерывать движение поездов, что существенно увеличивает общую эффективность и сокращает время простоя пути.

Недостатки обоих способов:

высокий уровень шлакообразования, что может отрицательно сказаться на качестве поверхности рельса;

зона термического влияния превышает 5 мм, что может привести к изменению механических свойств металла в зоне наплавки.

В 2023 г. из эксплуатации изъято более 10 тыс. крестовин при общем числе эксплуатируемых элементов 160,5 тыс. Более того, количество рельсов с дефектом 46.3 (смятие головки рельса в зоне сварного стыка) значительно увеличилось — за 2023 г. на 24 % (рис. 1).

Для решения этих проблем в целях повышения надежности и безопасности железнодорожной инфраструктуры необходимо внедрять передовые сварочные технологии.

С 2021 г. Департамент технической политики активно занимается поиском инновационных решений восстановления элементов верхнего строения пути. Была утверждена дорожная карта по разработке и испытаниям методов и оборудования для восстановления рельсов и крестовин стрелочных переводов с применением лазерных технологий.



Рис. 2. Стадии испытаний для допуска на инфраструктуру технологии ремонта дефектных рельсов и крестовин стрелочных переводов лазерной наплавкой



Рис. 3. Этапы работы (I–VI) в рамках плана научно-технического развития ОАО «РЖД»

Испытания для допуска на инфраструктуру ОАО «РЖД» технологии ремонта дефектных рельсов и крестовин стрелочных переводов лазерной наплавкой (рис. 2) выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 33477–2015.

Преимущества применения технологии лазерной наплавки:

эффективное восстановление дефектов глубиной более 25 мм после вышлифовки, что позволяет продлить срок службы элементов стрелочных переводов, получить значительную экономическую и эксплуатационную эффективность;

восстановление крестовин без предварительного изгиба вследствие незначительного термического воздействия;

роботизация процесса;

низкое шлакообразование, что повышает безопасность движения поездов;

обеспечение безопасных условий труда.

Реализация работы в рамках плана научно-технического развития ОАО «РЖД» по испытаниям технологии ремонта дефектов рельсов и крестовин стрелочных переводов с применением лазерных технологий выполняется в шесть этапов (рис. 3).

В настоящее время уже утверждены технические требования к наплавке рельсов, крестовин и остряков в паре с рамными рельсами, а также программа и методика испытаний. Проведена лазерная наплавка и завершены лабораторные испытания в АО «ВНИИЖТ». Выполняется лазерная наплавка 60 элементов верхнего строения пути для эксплуатационных испытаний на полигоне Горьковской железной дороги (не менее 6 мес на участках с грузо-напряженностью не менее 50 млн т брутто).

В рамках выполнения работы необходимо решить следующие вопросы:

выбор помещения для проведения лазерной наплавки;

контроль качества материалов, передаваемых для восстановления наплавкой.

Высокий процент забракованных крестовин (27 %) свидетельствует о проблемах на этапе подготовки и отбора дефектных элементов. Необходимо пересмотреть критерии отбора и внедрить регламентированные методы контроля их качества. Кроме того, нуждается в актуализации нормативная база, регламентирующая процессы восстановления и эксплуатации стрелочных переводов.

Необходимо регламентировать количество наплавок одного элемента стрелочного перевода и допустимую глубину выкрашивания крестовины для ее повторного восстановления методом наплавки. Также отсутствует порядок эксплуатации восстановленных наплавкой элементов стрелочных переводов. Следует определить частоту и критерии проведения профилактических шлифовок, проводимых в целях удаления образовавшегося наката.

Завершение испытаний запланировано на 01.07.2025. Итоги работы будут следующие:

утверждение технических условий и технологических инструкций на ремонт лазерной наплавкой рельсов и элементов стрелочных переводов;

технико-экономическое обоснование;

предложения по внесению изменений в нормативные документы компании;

утверждение технических требований к помещению для лазерной наплавки.

Результаты проводимой научно-технической работы будут использованы для формирования предложений по внесению изменений в нормативные документы, регламентирующие эксплуатацию и обслуживание восстановленных наплавкой элементов верхнего строения пути.

Внедрение и развитие передовых сварочных технологий в ОАО «РЖД» станут залогом повышения надежности и долговечности железнодорожной инфраструктуры, что крайне важно для беспроблемного и безопасного железнодорожного сообщения.

# СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ЗАКАЛЕННЫХ РЕЛЬСОВ С РАЗЛИЧНОЙ НАРАБОТКОЙ ТОННАЖА



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

**Аннотация.** Испытанию на сопротивление усталости были подвергнуты репрофилированные рельсы категории ОТ350, а также рельсы категории ДТ350 после пропуска различного тоннажа. Показана возможность получения рельсов более высокого уровня после ремонта. Отмечено повышение параметров сопротивления усталости, а также снижение разброса значений циклической трещиностойкости рельсов ДТ350. Рекомендовано в качестве ремонтного профиля использовать вариант с наименьшей толщиной снимаемого слоя металла по оси симметрии рельса, но с более полным удалением на боковых выкружках головки.

**Ключевые слова:** рельсы, ремонтный профиль, репрофилирование, остаточные напряжения, релаксация, сопротивление усталости, циклическая трещиностойкость.

Надежность рельсов, работающих в сложном напряженном состоянии, можно оценить через параметры конструкционной прочности полнопрофильных образцов при циклическом и динамическом нагружениях. Основной критерий — сопротивление усталости с определением предела выносливости рельсов  $\sigma_{0,1}$ , тесноты связи между нагрузкой и количеством циклов нагружения образцов до излома (коэффициент корреляции  $\rho$ ), а также циклической трещиностойкости полнопрофильных образцов  $K_{fc}$ .

На первом этапе испытаниям были подвергнуты репрофилированные методом фрезерования объемно-закаленные рельсы категории ОТ350 различных групп годности с асимметричным и симметричным профилями головки. Пропущенный тоннаж  $T_h$  для 1-й группы годности (рельсы 1 и 2) составил 600 млн т груза брутто, 2-й группы (рельсы 3 и 4) — 780 млн т

груза брутто, 3-й группы (рельсы 5 и 6) — 820 млн т груза брутто. Испытания проводили при расстоянии между опорами 1 м и положении проб «головкой вниз». На базе  $2 \cdot 10^6$  циклов были рассчитаны параметры  $\sigma_{0,1}$  и  $\rho$ . Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, наилучшие показатели зафиксированы у рельсов 2 и 4 с симметричным фрезерованием головки, что позволило избежать грубых концентраторов напряжений на обеих выкружках головок. Рельсы 1 и 3 с асимметричным профилем головки при достаточно высоких значениях  $\sigma_{0,1}$  имеют существенный разброс результатов испытаний. Не удаленные поверхностные дефекты глубиной до 1,5 мм на бывшей рабочей грани головки рельса 5 (асимметричное фрезерование) привели в диапазоне использованных нагрузок  $P_{max}$  к зарождению усталостных трещин и изломам образцов по ним до  $1 \cdot 10^5$  циклов нагружения при базе  $2 \cdot 10^6$  циклов, что не дало возможность рассчитать параметры  $\sigma_{0,1}$  и  $\rho$ . В случае некачественного симметричного фрезерования рельса 6 получены противоречивые результаты, например, при  $P_{max} = 480$  кН количество циклов  $N$  составляло  $20 \cdot 10^3$  или  $140 \cdot 10^3$ , при  $P_{max} = 445$  кН —  $70 \cdot 10^3$  или  $610 \cdot 10^3$  циклов, что предопределило большой разброс результатов ( $\rho = -0,51$ ).

Для сравнительного анализа проведены аналогичные испытания новых объемнозакаленных рельсов производства АО «ЕВРАЗ НТМК» ( $\sigma_{0,1} = 402$  МПа,  $\rho = -0,84$ ). По параметру  $\sigma_{0,1}$  эти рельсы существенно (на 25–30 %) превосходят репрофилированные рельсы, для которых в результате некачественного фрезерования характерно наличие не удаленных поверхностных дефектов. В то же время удачные решения по репрофилированию старогодных рельсов (рельсы 2 и 4) позволили получить минимальный разброс результатов циклических испытаний ( $|\rho| \geq 0,92$ ), в том

Таблица 1  
Результаты циклических испытаний репрофилированных рельсов ОТ350

Рельс	Фрезерование	Параметры рельсов			
		$\sigma_{0,1}$ , МПа	$\rho$	$P_{max}$ , кН	$N$ , цикл $\times 10^3$
1	Асимметричное	264	-0,68	436 363–480	400 260–610
2	Симметричное	321	-0,93	485 466–514	624 340–1000
3	Асимметричное	319	-0,44	483 445–514	533 360–690
4	Симметричное	308	-0,92	480 445–514	819 625–990
6	Симметричное	306	-0,51	457 425–493	295 20–850
Новый	—	402	-0,84	659 608–725	555 270–1395

П р и м е ч а н и е. В числителе приведены средние значения, в знаменателе — минимальные и максимальные значения изломавшихся рельсов.

Таблица 2

Результаты циклических испытаний рельсов с различной наработкой тоннажа

Год прокатки	$T_h$ , млн т груза брутто	$\sigma_{0,1}$ , МПа	$\rho$	$N$ , цикл $\times 10^3$	$l_c$ , мм	$K_{fc}$ , МПа $\sqrt{\text{м}}$
2021	68	279	-0,76	395	9,7	43
2019	320	213	-0,78	562	12,4	35
2016	606	291	-0,78	593	14,2	44
2016	756	234	-0,91	764	19,1	43
2016	758	367	-0,91	302	9,5	49
2014	959	286	-0,99	785	11,6	39

числе по количеству циклов нагружения до излома образцов новых рельсов.

Таким образом, испытания закаленных рельсов на сопротивление усталости подтвердили ценность их фрезерования: после такого ремонта рельсы обретают показатели близкие к новым. Однако для получения более высокого уровня ремонта должно быть обеспечено качественное симметричное фрезерование головки после эксплуатации.

На втором этапе исследований были оценены сопротивления усталости рельсов категории ДТ350 производства АО «ЕВРАЗ ЗСМК». Для этого рельсы изъяли с участков различных дистанций пути Западно-Сибирской дирекции инфраструктуры. Пропущенный тоннаж  $T_h$  составил от 68 до 959 млн т груза брутто, боковой износ — до 1,1 мм, вертикальный износ — от 1,6 до 2,8 мм. Как и на первом этапе, для каждой партии рельсов были построены кривые выносливости, рассчитаны  $\sigma_{0,1}$ ,  $\rho$  и  $K_{fc}$ , измерены  $N$  — количество циклов нагружения до разрушения и  $l_c$  — критическая длина усталостных трещин. Параметры  $\sigma_{0,1}$ ,  $\rho$ ,  $K_{fc}$ ,  $N$  и  $l_c$  характеризуют комплекс свойств, определяющий надежность (безотказность) рельсов в эксплуатации, в данном случае — после различного пропущенного тоннажа. Количество изломавшихся проб составило 43 шт. Результаты испытаний приведены в табл. 2 (для  $N$ ,  $l_c$  и  $K_{fc}$  — средние значения).

Анализ данных табл. 2 показывает, что испытанные партии рельсов с различным  $T_h$  условно можно разделить на две группы:

1) с пониженным  $\rho$  (от -0,76 до -0,78) при  $T_h$  от 68 до 606 млн т груза брутто;

2) с высоким  $\rho$  (от -0,91 до -0,99) при  $T_h$  от 756 до 959 млн т груза брутто.

Это явление, т.е. зависимость разброса результатов испытаний от состояния поверхности образца, в данном случае связано с формированием структуры поверхностного слоя металла головки рельсов в процессе эксплуатации. С ростом  $T_h$  увеличивается протяженность (от 520 до 4460 мкм) и глубина распространения (от 360 до 1210 мкм) трещин контактной усталости, а также толщина слоя волокнисто-деформированной структуры (до 1730 мкм). Появляются следы проскальзывания колес подвижного состава, а, следовательно, участки с аустенитно-мартенситной структурой, возникают новые концентраторы напряжений, что может привести к зарождению двух и более усталостных трещин в сечении излома образца, искажая тем самым результаты испытаний.

При металлографических исследованиях глубины развития и размеров поверхностных повреждений головки были подвергнуты анализу параметры следующих дефектов: трещин контактной усталости, подповерхностных продольных горизонтальных трещин, выкрашиваний металла, вертикальных трещин, а также волокнисто-деформированной структуры. Образцы для изучения были вырезаны из рабочей выкружки и центральной зоны головки рельсов.

Одни из основных дефектов поверхности головки — трещины контактной усталости. После пропуска тоннажа  $T_h \geq 500$  млн т груза брутто стабилизируются максимальная протяженность (в среднем — 1450 мкм)

и глубина распространения (в среднем — 1200 мкм) таких трещин, а также толщина слоя волокнисто-деформированной структуры (в среднем — 1500 мкм) как результат поверхностной пластической деформации. Вид и параметры трещин контактной усталости для рельсов с различной наработкой тоннажа  $T_h$  приведены на рис. 1. В дальнейшем исчерпание пластичности поверхностного слоя приводит к шелушению и неглубокому выкрашиванию (до 2 мм) металла. Однако остаточные сжимающие напряжения, возникшие в результате поверхностной пластической деформации, не позволяют незначительным поверхностным повреждениям развиваться в поперечном направлении. После пропуска  $T_h \geq 900$  млн т груза брутто на рабочей выкружке головки рельса выявлены участки аустенитно-мартенситной структуры толщиной до 66 мкм как

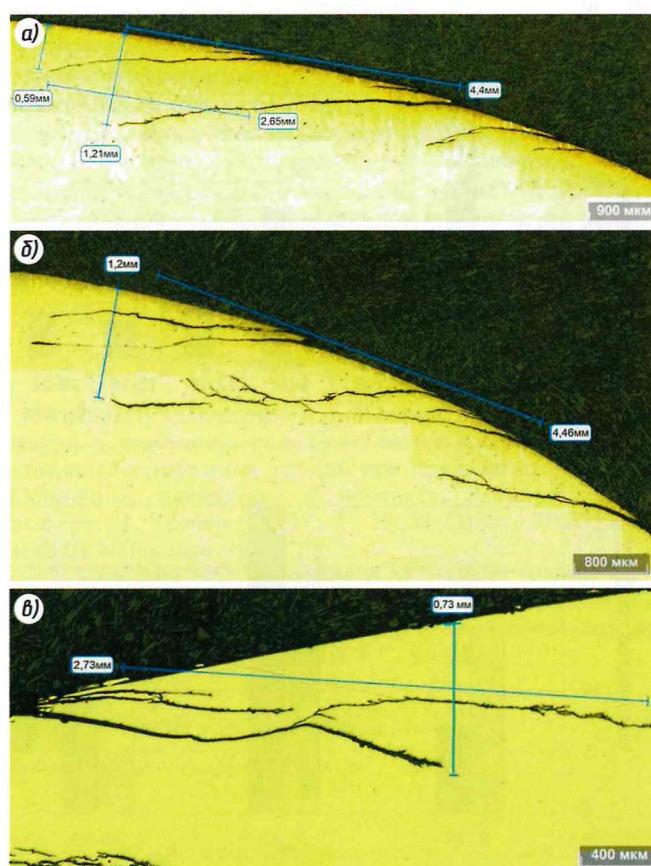


Рис. 1. Трещины контактной усталости в зоне рабочей выкружки головки (изображение увеличено в 50 раз) при наработке  $T_h$ , млн т груза брутто:  
а —  $T_h = 501 \div 700$ ; б —  $T_h = 701 \div 900$ ; в —  $T_h > 900$

результат небольшого проскальзывания колес подвижного состава. Сопоставимая степень деградации приповерхностного слоя металла головки рельсов после значительного тоннажа ( $T_n \geq 700$  млн т груза брутто) несколько стабилизирует результаты усталостных испытаний (см. табл. 2). Следует отметить, что из-за наличия в поверхностном деформированном слое микро- и макротрещин, шелушения и выкрашиваний металла может быть уменьшена чувствительность дефектоскопных средств.

Существенное влияние на уровень и стабильность результатов испытаний оказывают растягивающие остаточные напряжения в головке рельсов [1]. Их появление вполне ожидаемо: после закалки сложный профиль рельса определяет неравномерное охлаждение различных элементов сечения и, как следствие, — коробление с выпуклостью на головку. Для придания необходимой прямолинейности рельсы подвергают холодной правке в роликоправильной машине (РПМ), в процессе которой металл испытывает значительные пластические деформации при воздействии механических нагрузок до 2000 кН. В результате получаем сложное напряженно-деформированное состояние изделия. Неоднородность пластической деформации при правке в вертикальной плоскости приводит к неоднородности распределения по длине рельса растягивающих остаточных напряже-

ний на поверхности катания. Как правило, распределение носит синусоидальный характер с длиной волны, равной раскатанной длине валка РПМ. В процессе испытаний (эксплуатации) эти напряжения суммируются с напряжениями, возникающими от приложения внешней нагрузки, управляя тем самым скоростью развития усталостных трещин, критическим их размером, живучестью и т. п.

Для термически упрочненных рельсов характерно самопроизвольное восстановление первоначальной, имеющей место до правки, формы. Это явление, классифицируемое как эффект памяти формы, основано на обратимости неупругих деформаций. Проявление эффекта памяти формы закаленных рельсов заключается в постепенном увеличении при их вылеживании (до укладки в путь) или в эксплуатации (по мере наработки тоннажа) общей и местной искривленности [2]. При этом происходит релаксация остаточных напряжений: снижаются растягивающие напряжения в головке и увеличиваются в подошве рельсов, но главное — сглаживаются пиковье (локальные) растягивающие напряжения. В то же время возникновение нового остаточного напряженно-деформированного состояния приводит к увеличению равномерной искривленности закаленных рельсов. В этом «конфликте интересов» заключена основная проблема качественных рельсов: для получения рельсов с высокой прямолинейностью, тем более твердых (HB400) или с высоким содержанием углерода (износостойких), необходима их холодная правка по «жесткому» режиму. А если в приоритете рельсы с повышенным сопротивлением усталости (живучесть, трещиностойкость), то необходимо снижать растягивающие остаточные напряжения в головке, чего не добиться в случае холодной правки по «жесткому» режиму. Для того чтобы исключить попадание в путь закаленных рельсов со столь противоречивыми показателями, следует зафиксировать в соответствующих документах по сертификации временной интервал проведения испытаний. Предложена следующая формулировка: «Приемосдаточные испытания, включая оценку прямолинейности рельсов в вертикальной плоскости, и стендовые испытания полнопрофильных рельсов, включая оценку сопротивления усталости (предел выносливости, трещиностойкость), проводить в течение не более 35 календарных дней с даты приемки рельсов инспектором ОАО «РЖД».

Итог релаксации напряжений, т. е. новое напряженное состояние рельсов, существенно влияет на параметры конструкционной прочности рельсов  $l_c$  и  $K_{fc}$ . Количественное выражение релаксации напряжений получили при сравнении этих параметров для новых рельсов категории ДТ350 (42 шт.) и рельсов после пропуска различного тоннажа (43 шт.). Как видно из диаграммы на рис. 2, а критическая длина усталостных трещин  $l_c$  рельсов с наработкой от 500 до 1000 млн т груза брутто в среднем в 2,8 раза больше, чем у не служивших рельсов категории ДТ350 производства 2018–2022 гг. (соответственно 12,8 и 4,6 мм). Количество проб более чем вдвое уменьшилось при  $K_{fc} \leq 35 \text{ МПа} \sqrt{\text{м}}$  (новые — 15 шт. и после эксплуатации — 7 шт.) и увеличилось при  $K_{fc} \geq 45 \text{ МПа} \sqrt{\text{м}}$  (новые рельсы

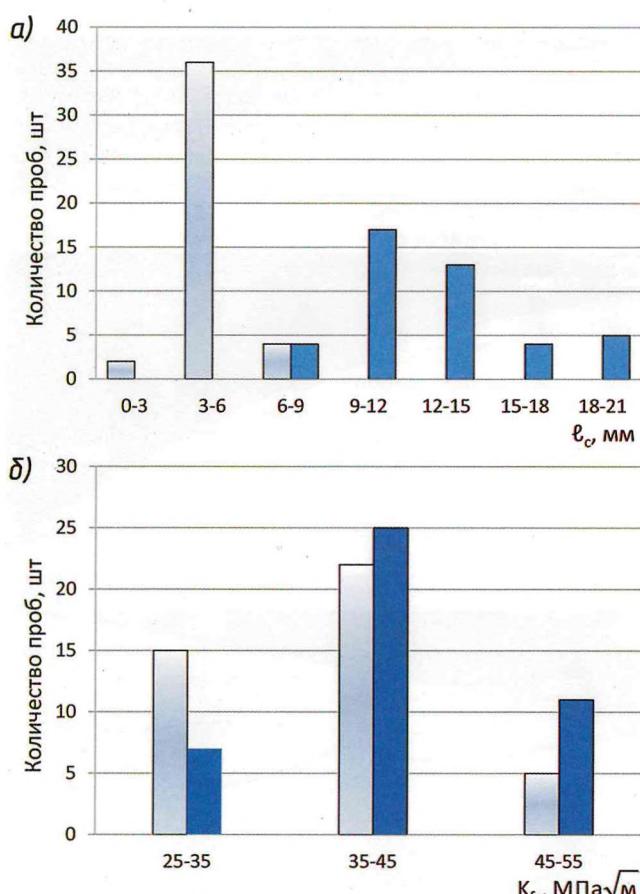


Рис. 2. Диаграммы распределения  $l_c$  (а) и  $K_{fc}$  (б) новых рельсов ДТ350 (светлые столбики) и рельсов после эксплуатации (синие столбики)

— 5 шт. и после эксплуатации — 11 шт.). Средние значения составили для новых рельсов  $K_{fc} = 37 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$ , после эксплуатации —  $K_{fc} = 41,5 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$ , что на 12 % больше.

Неоднородность распределения растягивающих остаточных напряжений на поверхности катания головок по длине рельсов формирует величину параметра  $K_{fc}$  (вязкость разрушения). Для оценки качества рельсов большое значение имеет показатель  $\Delta K_{fc} = K_{fc(\max)} - K_{fc(\min)}$ , т. е. разница между максимальным и минимальным значениями  $K_{fc}$ . На рис. 3 представлена зависимость  $\Delta K_{fc}$  от пропущенного по исследуемым рельсам тоннажа от 68 до 959 млн т груза брутто (в скобках — средние значения  $K_{fc}$  каждого объема рельсов,  $\text{МПа}\sqrt{\text{м}}$ ). Как видно из графика, для начального периода эксплуатации (до 350 млн т груза брутто) рельсов характерен значительный разброс значений  $K_{fc} - \Delta K_{fc} = 13 \div 18 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$ . К концу испытаний (более 750 млн т груза брутто) в условиях нового напряженно-деформированного состояния рельсов  $\Delta K_{fc} = 3 \div 4 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$ . Для новых рельсов категории DT350  $\Delta K_{fc}$  изменяется от 13 до 2—4  $\text{МПа}\sqrt{\text{м}}$ , что вполне сопоставимо с полученными результатами трещиностойкости рельсов после эксплуатации. Однако значения  $\Delta K_{fc}$  рельсов после эксплуатации иллюстрируют процесс релаксации остаточных напряжений по мере наработки тоннажа, в то время как  $\Delta K_{fc}$  новых рельсов характеризует их различное качество на момент проведения циклических испытаний полнопрофильных образцов.

**Заключение.** Результаты циклических испытаний рельсов категории OT350 после репрофилирования показали, что для достижения ими необходимого уровня сопротивления усталостным процессам должно быть обеспечено качественное симметричное фрезерование головки после эксплуатации.

Результаты испытаний рельсов категории DT350 после значительного пропущенного тоннажа (до 959 млн т груза брутто) показали, во-первых, высокий уровень параметров сопротивления усталости, во-вторых, однородное распределение значений циклической трещиностойкости по длине рельсов. Получены количественные показатели для рельсов с наработкой до 1000 млн т груза брутто: увеличение критической длины усталостных трещин — в 2,8 раза, циклической трещиностойкости — в среднем на 12 %, снижение разброса значений  $K_{fc}$  — до 3  $\text{МПа}\sqrt{\text{м}}$ . Если к этому добавить то, что характерно для рельсов с большой наработкой, а именно: наличие сжимающих остаточных напряжений и высокую твердость (HB400 и более) на поверхности катания, то нетрудно оценить такие рельсы как перспективные для ремонта и

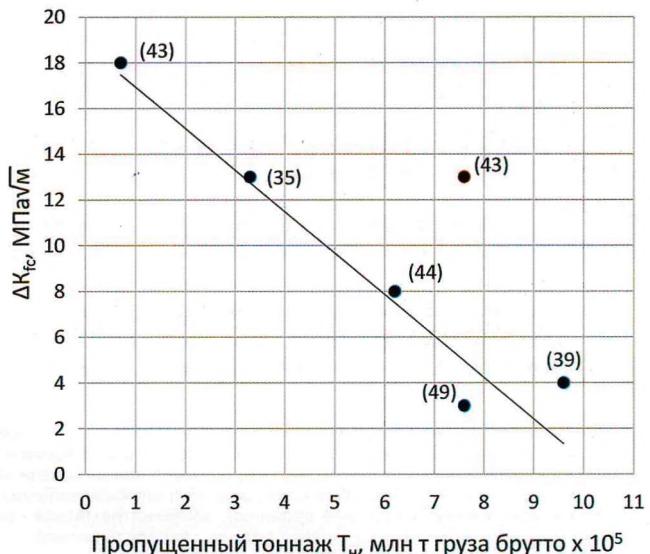


Рис. 3. Зависимость  $\Delta K_{fc}$  рельсов DT350 от пропущенного тоннажа (в скобках — средние значения  $K_{fc}$  каждого объема рельсов)

последующей эксплуатации. В качестве ремонтного профиля можно рассмотреть вариант с наименьшей толщиной снимаемого слоя металла по оси симметрии, равной 0,5 мм, с более полным удалением поврежденного слоя на боковых выкружках головки.

Для того чтобы исключить попадание в путь закаленных рельсов с пониженными характеристиками сопротивления усталости и прямолинейности, рекомендовано включить в соответствующие документы по сертификации следующую формулировку: «Приемосдаточные испытания, включая оценку прямолинейности рельсов в вертикальной плоскости, и стендовые испытания полнопрофильных рельсов, включая оценку сопротивления усталости (предел выносливости, трещиностойкость), проводить в течение не более 35 календарных дней».

#### Список источников

- Шур Е.А., Конюхов А.Д. Влияние остаточных напряжений в закаленных рельсах на возникновение и распространение усталостных трещин при циклическом изгибе // Остаточные напряжения и прочность железнодорожных рельсов. М.: Транспорт, 1973. С. 29—37. (Труды ВНИИЖТ / ЦНИИ МПС; Вып. 491).
- Скворцов О.С., Крутиков А.М. Эффект памяти формы термоупрочненных рельсов // Повышение эффективности и надежности работы рельсов: сборник научных трудов / ВНИИЖТ. М.: Транспорт, 1990. С. 99—108.

#### FATIGUE RESISTANCE OF HARDENED RAILS WITH DIFFERENT TONNAGE WORKED.

**Zagranichek Konstantin** — head of the laboratory, JSC «VNIIZhT». Москва, Россия. [zagranichek-jr@mail.ru](mailto:zagranichek-jr@mail.ru)  
**Reikhart Vladimir** — Ph.D, expert, JSC «VNIIZhT». Москва, Россия.  
**Perkov Ivan** — technical expert, JSC «VNIIZhT». Москва, Россия.

**Abstract.** Reprofiled rails of OT350 category, as well as rails of DT350 category after different running tonnage have been subjected to fatigue resistance test. The possibility of obtaining rails after repair at the level of new rails was shown.

The increase in the level of fatigue resistance parameters as well as the decrease in the variation of cyclic crack resistance values of DT350 rails has been noted. It is recommended to use as a repair profile the variant with the smallest thickness of the removed metal layer along the symmetry axis, but with more complete removal on the side cambers of the rail head.

**Keywords:** rails, repair profile, reprofiling, residual stresses, relaxation, fatigue resistance, cyclic crack resistance.

# К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ТЕРМООБРАБОТКИ, ПРАВКИ И СВАРКИ РЕЛЬСОВ

КОССОВ В.С., Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава (АО «ВНИКТИ»), докт. техн. наук, ТИМАКОВ М.В., АО «ВНИКТИ», заведующий лабораторией, ПРОТОПОПОВ А.Л., АО «ВНИКТИ», канд. техн. наук, ЛИТВИНОВ М.А., АО «ВНИКТИ», инженер 1-й категории

**Аннотация.** Приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований АО «ВНИКТИ» в области обслуживания и эксплуатации пути. Рассмотрено влияние разных технологий сварки и термообработки сварного стыка рельсов на их потребительские свойства. При помощи компьютерного моделирования решены задачи сварки, теплобмена (закалки), получены значения остаточных напряжений и твердости после термообработки, смоделированы изменения остаточных напряжений после холодной правки рельсов.

**Ключевые слова:** цифровые двойники, алюминотермитная сварка, электродуговая сварка, термообработка рельсов, зона термического влияния сварного стыка, правка рельса, твердость рельса.

В соответствии с [1] для железнодорожных линий I и II категорий на рельсах категорий ДТ, скреплениях с упругими клеммами период между капитальными ремонтами на новых материалах составляет 900 млн т брутто пропущенного тоннажа.

При проведении среднего (РС) или подъемочного (РП) ремонта нормативная периодичность выполнения капитального ремонта 1-го уровня увеличивает-

ся для верхнего строения пути до 1,4 млрд т брутто.

Учитывая различные условия эксплуатации (структура поездопотока, нагрузка на ось, установленные скорости движения, грузонапряженность и т. д.), необходимо прогнозировать развитие дефектов контактно-усталостного характера в рельсах. Они определяются как напряжениями от подвижного состава, так и внутренними остаточными напряжениями, формируемыми при производстве рельсов в процессе термической обработки, правки и сварки их в пласти.

К свойствам рельса, показатели которых можно измерить при нормоконтроле, относятся твердость (НВ), предел текучести  $\sigma_{0,2}$ , предел прочности  $\sigma_b$  и ударная вязкость  $K_{cu}$ . С помощью цифровых двойников можно оценить остаточные напряжения, размер зоны термического влияния, распределение фаз стали по объему. Параметры рельса, рассчитываемые при помощи цифровых двойников, являются критериями надежности сварного стыка рельса, часто являющегося зоной, в которой зарождаются и накапливаются дефекты, приводящие к отказу рельса.

Цифровые двойники позволяют:

наглядно представить процессы алюминотермитной и электроконтактной сварок, термообработки зоны термического влияния, процесса холодной правки рельсов;

визуализировать распределение по объему фаз стали;

расчитать распределение и уровень остаточных напряжений в рельсе, а также распределение твердостей по сечениям рельсов;

разработать модель для оценки скорости роста дефектов контактно-усталостного характера.

Моделирование процесса алюминотермитной сварки начинается с предварительного прогрева торцов рельсов до конечного охлаждения сварного стыка [2].

Затем зазор между двумя рельсами заполняют снизу вверх расплавленным железом, температура

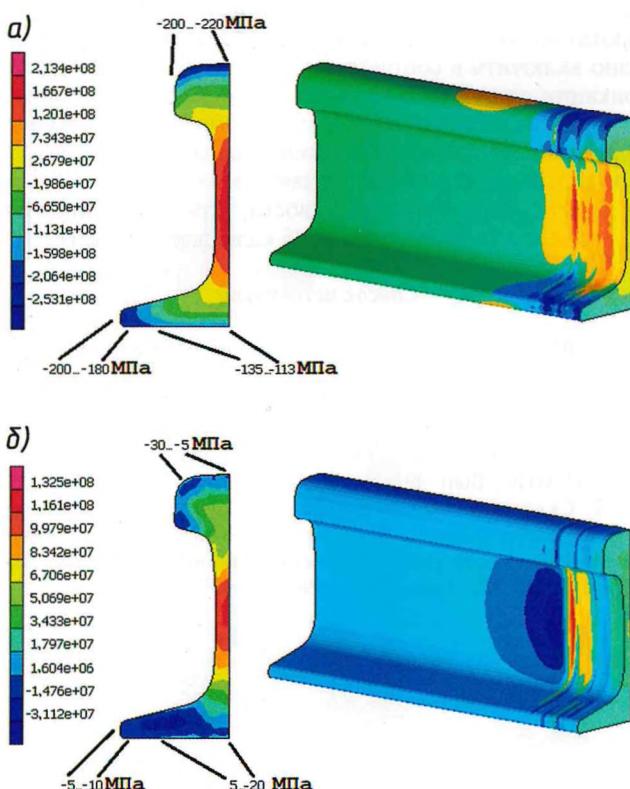


Рис. 1. Распределение остаточного продольного (а) и вертикального (б) напряжений после завершения алюминотермитной сварки

которого составляет более 1500 °С. В завершение моделируют охлаждение на воздухе. Результаты расчетов представлены на рис. 1, 2.

При моделировании имеется возможность определить скорость охлаждения по сечениям рельсов в интересующих точках. Зная взаимосвязь между скоростью охлаждения рельсовой стали и получаемой твердостью, можно спрогнозировать распределение твердости вдоль головки рельса.

При электроконтактной сварке [3] через торцы прижимаемых друг к другу рельсов протекает электрический ток большой силы (более 2000 А), вследствие чего сопрягаемые поверхности быстро нагреваются выше температуры плавления, изменяется внутренняя структура металла, выделяется шлак, от усилий сжатия жидкую фазу выдавливается наружу, а оставшийся горячий металл двух рельсов объединяется, создавая сварной шов, подача тока прекращается. Лишний выдавленный слой (жидкая фаза) срезают, сваренный рельс начинает неравномерно остывать, создавая зону термического влияния, в которой снижается твердость поверхности рельса и присутствуют остаточные напряжения, возникающие из-за различных структурных фаз стали, появившихся в процессе распада аустенита при охлаждении. Чем быстрее и локальнее происходит сварка стыка, тем меньше будет зона термического влияния сварного шва.

Затем подвергают термообработке сварной стык [3], которая начинается с индукционного нагрева зоны термического влияния, оставшейся после свар-

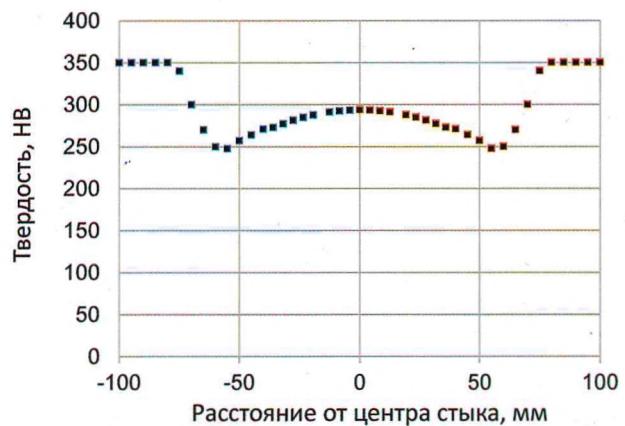


Рис. 2. Распределение твердости (по Бринеллю) вдоль головки рельса после завершения алюминотермитной сварки

ки. Регулируя частоту и силу тока в индукторе, можно изменять скорость нагрева и глубину протекания индуцируемого тока в нагреваемой области, чтобы рационализировать затраты на электричество и подобрать наиболее благоприятный режим дальнейшего охлаждения.

Следует учитывать, что во время нагрева стали до температуры выше точки Кюри происходит превращение  $\alpha\text{-Fe} \rightarrow \beta\text{-Fe}$ , в ходе которого магнитная проницаемость стали резко понижается, и нагреваемая область перемещается вслед за индуцируемыми токами в глубь рельса. Постепенно прогревая рельс, токи проникают все глубже, пока все поперечное сечение рельса не прогревается до требуемой температуры (930–950 °С).

После нагрева на поверхность рельса через специальные сопла (кожух или щели) подают воздух под давлением, тем самым охлаждая его. При этом учитывается, что во время обтекания воздухом профиля рельса возникают различные завихрения. Для их моделирования подбирают соответствующую модель турбулентности исходя из предполагаемых скоростей потока воздуха и размера конечных элементов сетки.

После моделирования в целях определения скоростей охлаждения и твердости различных точек поверхности катания (головки рельса) при помощи программ получают графики зависимости температуры поверхности рельса от времени (рис. 3).

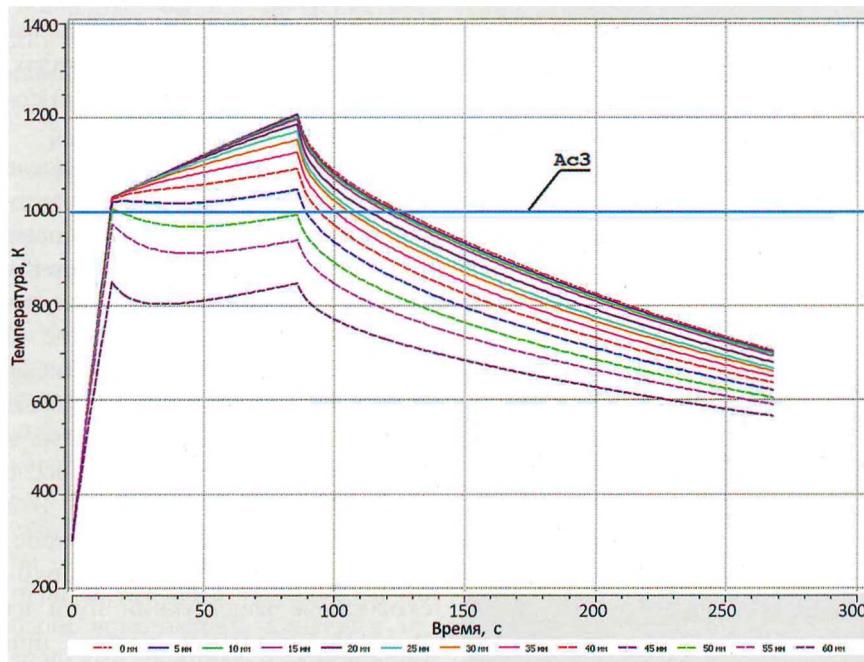


Рис. 3. Графики нагрева и последующего охлаждения на поверхности головки рельса

(Окончание в следующем номере)

# НЕИСПРАВНОСТИ БЕЗБАЛЛАСТНОГО ПУТИ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ



САВИН А.В., АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта», докт. техн. наук,  
СОЛОМАТИН Е.В., ООО «Технология 69», генеральный директор

**Аннотация.** В статье приводится анализ зарубежного опыта эксплуатации безбалластного пути для высокоскоростных линий в сравнении с результатами испытаний в России. При обследовании высокоскоростных линий в Китае специалисты обнаружили, что многие дефекты безбалластного пути существенно влияют на долговечность конструкции и безопасность движения. Примечательно, что характерные неисправности, зафиксированные после 10 лет эксплуатации безбалластного полотна в Китае, аналогичны тем, которые можно наблюдать на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» уже после двух лет эксплуатации.

**Ключевые слова:** безбалластный путь, высокоскоростное движение, дефекты, рельсовые скрепления, диагностика.

Безбалластный путь, безусловно, имеет ряд преимуществ перед традиционной конструкцией железнодорожного полотна на балласте. Одно из главных достоинств — минимальные затраты на текущее содержание (или даже их отсутствие). Из этого положения исходят все технико-экономические обоснования и сравнительные расчеты стоимости жизненного цикла конструкции. Однако опыт эксплуатации высокоскоростных магистралей (ВСМ) в различных странах мира говорит о том, что хотя вероятность появления неисправности на безбалластном полотне значительно меньше в сравнении с традиционной конструкцией на балласте, стоимость ее устранения гораздо выше и в ряде случаев сопоставима со строительством нового участка.

При проектировании и строительстве в России ВСМ Москва—С.-Петербург следует учесть опыт зарубежных стран по прогнозированию, выявле-

нию и устраниению неисправностей безбалластного пути.

Китайские железнодорожники имеют опыт сооружения, эксплуатации и ремонта практически всех известных конструкций безбалластного верхнего строения пути (БВСП). Это и полотно из плит заводского изготовления, и из плит, созданных на месте строительства, и из двухблочных шпал, замоноличенных в бетон. В Китае эксплуатируется более 40 тыс. км ВСМ, 78 % которых исполнены в безбалластном варианте. В основном БВСП расположено на эстакадах, но имеются участки и на земляном полотне, примерно 30 % от общей протяженности.

Китайские специалисты обнаружили, что после длительной эксплуатации БВСП все-таки подвергается деградации с возникновением дефектов, которые существенно влияют на безопасность и долговечность ВСМ. Примечательно, что типовые неисправности, зафиксированные на БВСП после 10 лет эксплуатации в Китае, аналогичны тем, которые можно было наблюдать на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» уже после двух лет эксплуатации [1]. Это позволяет ответить на вопрос, зачем испытываются высокоскоростные конструкции пути на Экспериментальном кольце при скорости 80 км/ч и осевой нагрузке до 25 тс. Испытательный полигон в Щербинке с грузонапряженностью



Рис. 1. Отслоение и разрушение регулировочного слоя:  
а — на ВСМ Китая; б — на Экспериментальном кольце ВНИИЖТа

до 300 млн т·км брутто/км в год является своего рода «машиной времени», ускоряющей деградационные процессы изучаемой конструкции.

### Виды дефектов

**Для конструкции БВСП из плит заводского изготавления** характерно нарушение связи путевых плит с плитой основания из-за отслоения или разрушения регулировочного (подливочного) слоя, который необходим при укладке путевых плит для выполнения выравнивающих, поддерживающих и демпфирующих функций (рис. 1).

Исследования Юго-Западного университета Цзяотун [2] выявили критический размер внутренних пятен отслоения путевой плиты от цементного раствора регулировочного слоя. Так, при поперечном расположении пятна его критическая ширина составляет 0,4 м, длина — 0,2 м, при продольном расположении те же значения составляют соответственно 0,2 и 0,6 м. Критический зазор (раскрытие трещины) равняется 2 мм. Эти величины, полученные в результате многовариантных расчетов, были проверены натурными исследованиями, в том числе на участках, где уже осуществлялись ремонтные работы по герметизации таких пятен отслоения нагнетанием в полости kleящего состава под высоким давлением.

Когда фактические размеры повреждения превысят критические значения, растягивающее напряжение путевой плиты или сжимающее напряжение плиты основания значительно возрастет, и усталостные разрушения начнут развиваться значительно быстрее. Этому будут сопутствовать явное ухудшение динамических характеристик и резкое увеличение скорости деградации конструкции в целом. В связи с этим на основании расчетов и их экспериментального подтверждения были установлены критерии назначения ремонта подливочного слоя.

Еще одна часто встречающаяся неисправность — нарушение связи

путевых плит между собой из-за вертикальных перемещений их концов под воздействием поездной нагрузки (рис. 2).

**Для конструкций БВСП с монолитной плитой**, залитой на месте строительства, наиболее характерны неисправности, порожденные нарушением технологии укладки бетона. Это усадочные трещины в путевой плите, недостаточная связь с плитой основания, эрозия поверхности плиты, недостаточная связь «старого» и «нового» бетона. Трещины обычно устраняют затиркой при раскрытии до 0,3 мм или долблением канавки с последующей заливкой раствором при раскрытии более 0,3 мм [3].



Рис. 2. Нарушение связи между путевыми плитами с их дальнейшим перекосом:  
а — на ВСМ Китая; б — на Экспериментальном кольце ВНИИЖТа

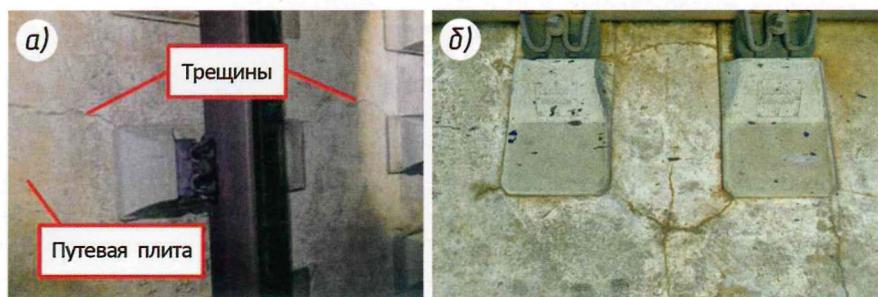


Рис. 3. Усадочные трещины путевой плиты при БВСП с замоноличенными полушпальами:  
а — на ВСМ Китая; б — на Экспериментальном кольце ВНИИЖТа



Рис. 4. Просачивание воды на стыке путевых плит и плит основания:  
а — на ВСМ Китая; б — на Экспериментальном кольце ВНИИЖТа

Для БВСП с замоноличенными двухблочными шпала-ми (БВСП типа Rheda 2000) [4] характерно появление впоследствии хаотичных трещин путевой плиты усадочного характера, диагональных трещин от углов шпал, а также трещин и полного отслоения на границе между шпалами и бетоном (рис. 3). Наличие трещин не обязательно приводит к ухудшению конструктивных характеристик. В ряде случаев трещины в процессе эксплуатации не растут и не требуют герметизации. Различные производители указывают критическую величину раскрытия таких усадочных трещин в пределах от 0,3 до 0,5 мм. Требуется особое внимание при контроле их роста с целью своевременного заполнения жидким эпоксидным составом при критическом раскрытии.

Результаты обследования высокоскоростных безбалластных участков пути [5] показывают, что перепады температуры выступают основной причиной возникновения повреждений на стыке путевых плит с плитами основания, которые затем увеличиваются под динамическими нагрузками от поездов. Впоследствии дождевая и талая вода неизбежно будет задерживаться в зазорах и пустотах на стыке верхних и нижних плит, создавая динамическое давление под нагрузкой поезда, что ускорит разрушения (рис. 4). При этом динамическое давление воды по-разному распределяется вдоль зазора между путевыми плитами и плитами основания. Давление воды плавно растет при увеличе-

нии протяженности межслойного зазора от 0,3 до 0,8 м и быстро, скачкообразно возрастает, когда длина расслоения превысит 0,8 м.

Вода в зазоре оказывает не только раскалывающее, но и размывающее воздействие на сопряжение плит, что приводит к уширению зазора и в итоге к постепенной потере несущей способности БВСП.

Изменение состояния сопряженного слоя нарушает механизм передачи динамических нагрузок в конструкции БВСП. Площадь сопряжения будет постепенно уменьшаться из-за прогрессирующих повреждений промежуточного слоя, поездные нагрузки сконцентрируются в середине конструкции ближе к осевой линии, в результате чего земляное полотно станет воспринимать неблагоприятное сосредоточенное давление.

Повреждения на границе сопряжения плит ослабляют жесткость, прочность и устойчивость БВСП, что приводит к повышенному динамическому прогибу рельсов при проследовании поездов. При натурном обследовании высокоскоростной магистрали [5] установлено, что максимальная величина зазора между плитами в сопряженном слое может достигать 10 мм и более.

В исследовании [5] отмечено, что максимальное значение нормальных напряжений на стыке путевых плит с плитами основания появляется после прохода поезда из-за колебаний динамического давления воды в зазоре, что может привести к ударному разрушению БВСП.

Для большинства конструкций БВСП характерны неисправности компенсационных температурных швов, проявляющиеся в виде вытекания битумного компаунда летом или его растрескивания зимой (рис. 5). Для недопущения подобных нежелательных явлений необходимо подбирать состав, обеспечивающий оптимальную пластичность во всем диапазоне годовых температур.

Достаточно редкой, но самой сложной и опасной неисправностью, которой подвержены БВСП всех типов на земляном полотне, является выплеск из-под плиты основания. Причина его появления кроется в неравномерности модуля упругости основной площадки земляного полотна и морозозащитного слоя по длине пути (рис. 6).



Рис. 5. Разрушение температурного шва:  
а — на ВСМ Китая; б — на Экспериментальном кольце ВНИИЖТа



Рис. 6. Выплеск из-под плиты основания:  
а — на ВСМ Китая; б — на Экспериментальном кольце ВНИИЖТа

(Окончание в следующем номере)

# ЛИКВИДАЦИЯ ДЕФЕКТОВ РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ АЛЮМИНОТЕРМИТНОЙ НАПЛАВКОЙ



ЛЕНКИН В.Д., ООО «Алюминотермитная сварка» (ООО «АТС»),  
генеральный директор,  
СИМОНЮК И.А., ООО «АТС», коммерческий директор,  
канд. техн. наук

Верхнее строение пути (ВСП) — многоэлементная восстанавливаемая система. От способов ее восстановления зависит надежность и остаточный ресурс пути до следующего капитального ремонта, а также расходы на его поддержание в работоспособном состоянии в межремонтный период. Научно-исследовательской группой Петербургского государственного университета путей сообщения (ПГУПС) на кафедре «Железнодорожный путь» во главе с докт. техн. наук В.П. Бельтюковым были проведены исследования, которые позволили выявить достоверную функцию, описывающую деградацию состояния ВСП по мере наработки тоннажа [1]. При этом постепенное ухудшение технического состояния пути выражается в увеличении его неисправностей (отказов) на километр (рис. 1).

Согласно исследованиям требуется уделять особое внимание периоду III ухудшения состояния пути после его нормальной эксплуатации, т. е. применять на этом этапе современные и экономически обоснованные способы восстановления ВСП, что позволит сгладить кривую роста остаточных деформаций и предотвратить увеличение отказов пути.

Рельсы — самый дорогостоящий элемент ВСП. Современная конструкция бесстыкового пути предполагает укладку не просто рельсов, а много-метровых рельсовых плетей, содержание которых сильно зависит от температурного режима их закрепления. Нормальная работа бесстыковой конструкции резко нарушается в случае возникновения дефекта в плети. Если при звеневом пути неисправный рельс было относительно легко заменить рельсом из покилометрового запаса, то при бесстыковом варианте все гораздо сложнее: требуется вырезать дефектный участок плети и вставить рельсовую рубку. Возникает место временного восстановления плети, которое в последующем требуется ликвидировать сваркой стыков (окончательное восстановление плети). Поскольку дефектность рельсовых плетей на сети ОАО «РЖД» из года в год растет, а сварочных мощностей недостаточно, та-

кая временная рельсовая вставка порой сохраняется в пути годами, нарушая температурный режим плетей и множа неисправности — сборные стыки служат источниками расстройства колеи.

В последние годы особенное развитие получили повреждения головки рельсов усталостного характера — трещины и выкрашивания на поверхности катания, а также седловины в сварных стыках. Они составляют наибольшую долю дефектов и, соответственно, рост числа мест временного восстановления плетей на сети спровоцирован именно ими.

Сохранить целостность плети бесстыкового пути при устраниении дефекта в головке рельса позволяют две технологии алюминотермитной наплавки — THR и АТН-2. Они успешно прошли испытания, имеют положительные заключения АО «ВНИИЖТ» и допущены к применению на сети ОАО «РЖД».

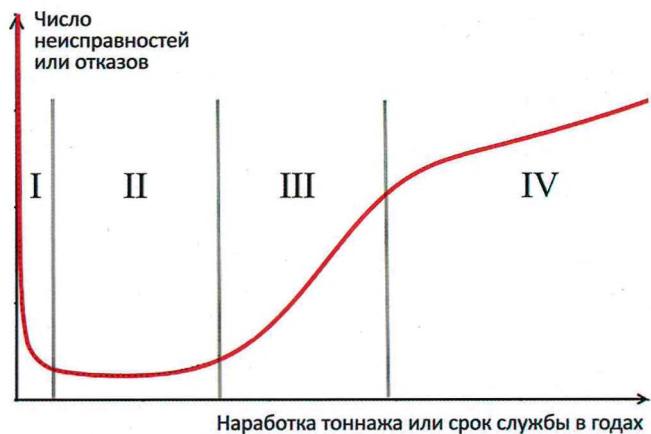


Рис. 1. Общий вид кривой изменения показателей технического состояния пути в зависимости от наработки тоннажа:

I — период приработки (стабилизации) ВСП после ремонта; II — период нормальной эксплуатации с минимальным числом отказов; III — период ухудшения состояния пути или период активной деградации элементов ВСП; IV — период относительной стабилизации состояния пути (характерен для участков с небольшими размерами движения при достаточном уровне текущего содержания)

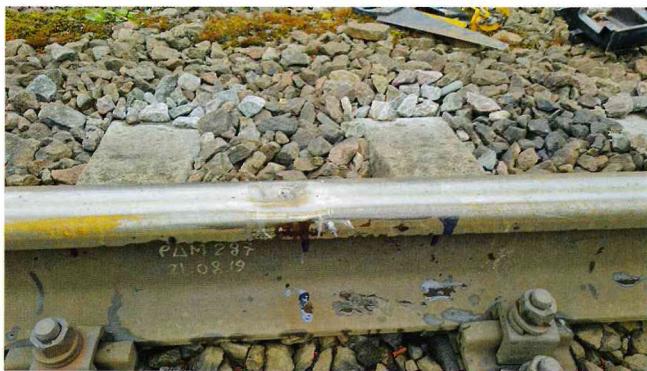


Рис. 2. Типичный дефект на поверхности катания головки рельса

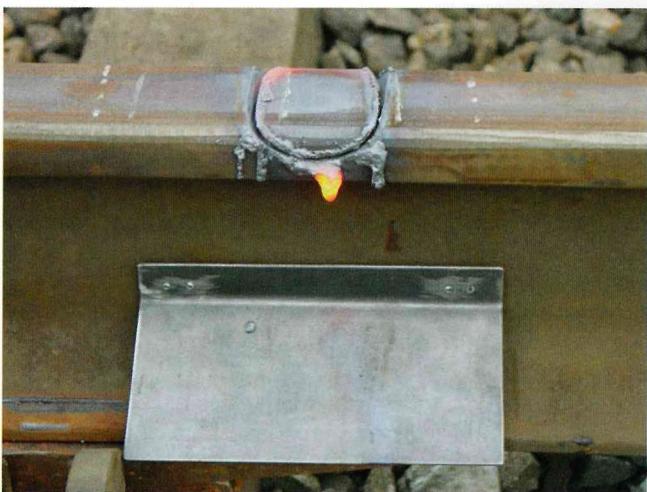


Рис. 3. Место выреза дефекта газовым резаком



Рис. 4. Заливка термитным металлом выемки, образовавшейся в головке после вырезки дефекта

**Технология ТНР** предназначена для ликвидации любых дефектов в головке рельсов длиной до 90 мм по поверхности катания и глубиной до 25 мм. Согласно Техническим условиям 0921-335-01124323-2016 [2] ТНР следует применять при устранении смятий и выкрашиваний на поверхности катания (рис. 2), пробоксовок, поперечных и продольных трещин — дефекты 10.2, 11.2, 12.2, 14.2, 30.2.

Среднее время проведения работ по устранению и наплавке одного дефектного места составляет примерно 45–50 мин, т. е. не требует продолжительного закрытия пути.

Процесс ремонта головки рельса по технологии ТНР состоит из следующих этапов:

вырезка дефекта пропан-кислородным газовым резаком. Для облегчения этой операции резак помещают в специальный шарнирный калибр (кондуктор), позволяющий получить фрагмент головки правильной радиальной формы (рис. 3);

зачистка поверхности выемки, образовавшейся в результате удаления фрагмента с дефектом. Выполняется углошлифовальной машинкой с абразивным диском до чистого металла;

установка и уплотнение сварочных форм над зачищенной выемкой, подготовка тигля и термитных порций. Специальные огнеупорные формы уплотняют песком по всему периметру сопряжения с рельсом. В одноразовый тигель засыпают термитную порцию, соответствующую качеству стали наплавляемого рельса;

предварительный подогрев обрабатываемого места. С помощью пропан-кислородной горелки выполняют краткий (в течение 2 мин) подогрев рельса и огнеупорных форм;

термитная реакция и выдержка стали в форме. С помощью термитной спички воспламеняют термитную смесь в тигле, которая по завершении реакции заливается в форму в виде жидкого металла (рис. 4);

удаление грата (прибыльной части). После разборки и снятия огнеупорных форм производят срезку излишков наплавленного металла гидравлическим гратоснимателем;

черновая шлифовка места наплавки. Выполняют шлифовальной машинкой «на горячую» (при еще не остывшем металле);

чистовая шлифовка. После остывания места наплавки до 100–150 °С производят окончательную чистовую шлифовку наплавленного места.

Поверхность катания и боковые грани головки должны полностью отвечать профилю рельса (рис. 5).

Характеризуя качество наплавки, необходимо отметить следующее:

тврдость термитного металла (регулируется за счет состава термитных сварочных порций) соответствует средней тврдости рельса  $\pm 20$  НВ;

ширина зон термического влияния с пониженной тврдостью металла достаточно мала и составляет 8–12 мм;

по износостойкости термитный металл в зоне наплавки не отличается от металла рельсов;

при эксплуатации не возникает смятия в наплавленном слое.

Первые опытные наплавки были выполнены по договору подряда на полигоне Октябрьской дирекции инфраструктуры в апреле 2021 г., а на конец 2023 г. общее количество ликвидированных дефектов составило 5428 шт. Это позволило избежать образования 5428 мест временного восстановления и исключить необходимость применения рельсовых рубок с эксплуатацией болтовых стыков и последующих сварок для окончательного восстановления плетей бесстыкового пути.

При текущих ценах на работы по замене дефектного рельса с последующей сваркой двух алюминиотермитных стыков экономический эффект от THR на одно место составляет 75 тыс. руб. Если учесть общий объем выполненной работы на полигоне Октябрьской дороги, то суммарный экономический эффект составил 407,1 млн руб.

**Технология АТН-2** предназначена для ликвидации протяженных повреждений головки (до 220 мм) при неглубоком залегании (не более 8 мм) и, по сути, представляет собой двойную наплавку THR. Технология АТН-2 разработана и запатентована в России [3]. Технологический процесс АТН-2 построен таким образом, что сначала выполняется одна наплавка THR, а затем вторая с перекрытием первой. Согласно Техническим условиям 24.10.75-379-01124323-2021 [4] АТН-2 может быть применима при устранении дефектов 16.3 и 46.3 (выкрашивание, повышенный износ, смятие головки) в зоне сварных стыков, выполненных электроконтактным способом. На рис. 6 представлены фотографии до и после ликвидации дефекта 16.3 на головке рельса.

В рамках комплексных испытаний технологии АТН-2 на Октябрьской дороге было отремонтировано 40 поверхностных повреждений головки, которые при ликвидации традиционным способом требовали устройства 40 мест временного восстановления.

Важной отличительной особенностью АТН-2 является применение электронной линейки (рис. 7), позволяющей оперативно, до начала работ, оценить величину смятия и плавного провисания сварного стыка на длине от 1 до 5 м. Таким образом, данную электронную линейку можно использовать не только для измерения смятия головки, но и для определения глубины стыковой просадки, что позволяет принять своевременное решение о подбивке шпал для устранения отклонения по уровню в стыковой зоне. При этом подбивка шпал может быть совмещена с устранением поверхностного дефекта по технологии АТН-2. Следовательно, одновременно с ликвидацией дефекта можно улучшить балльность на участке пути.

На рис. 8 представлены графики обследования



Рис. 5. Результат ремонта рельса по технологии THR (место удаления дефекта и наплавки выделено белой краской — прямоугольник)



Рис. 6. Головка рельса с дефектом 16.3 (а) и это же место после ликвидации дефекта и наплавки по технологии АТН-2 (б)



Рис. 7. Электронная линейка на головке рельса

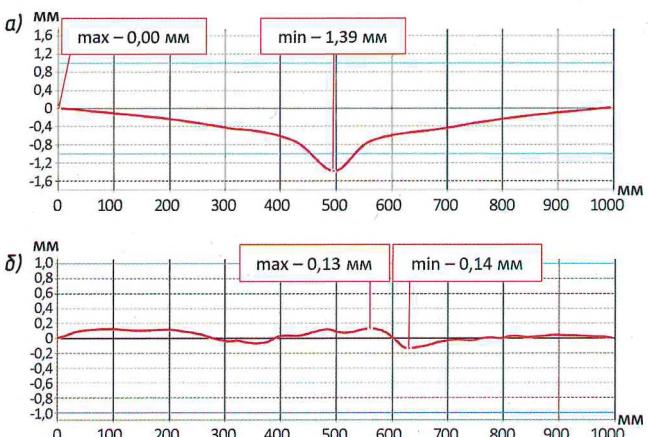


Рис. 8. Результаты измерений поверхности рельса в зоне сварного стыка до (а) и после (б) ремонта головки по технологии АТН-2

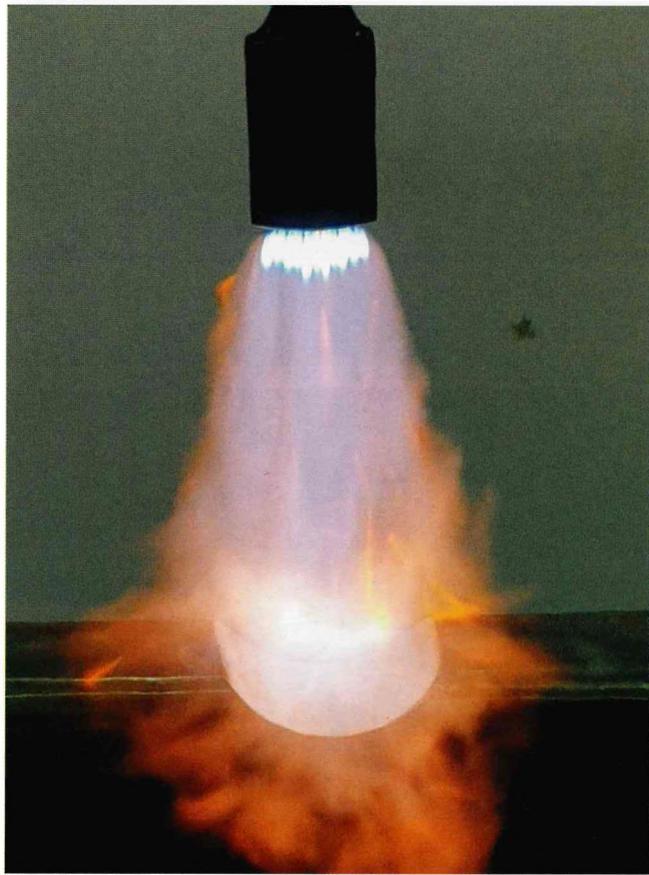


Рис. 9. Инжекционная газовая горелка в действии

стыковой зоны электронной линейкой до и после ремонта по технологии АТН-2.

Результирующая кривая на графике рис. 8, б свидетельствует о выравнивании геометрии поверхности катания в зоне пятна контакта «колесо-рельс» после ремонта.

Технология АТН-2 на сегодняшний день наиболее перспективна с точки зрения ее массового применения, а в текущих ценах 2024 г. экономический эффект от одного места наплавки может достигать 50 тыс. руб.

Следует учитывать, что все процессы термитной сварки рельсов и наплавки на 100 % выполняются вручную, а значит во многом зависят от «человеческого фактора». Поэтому любая автоматизация или исключение действий сварщика-наплавщика в той или иной части технологического процесса позволяют избежать ошибок и, как следствие, повысить качество конечного продукта. Для этих целей была изобретена и запатентована инжекционная газовая горелка (рис. 9) для предварительного подогрева места наплавки [5].

Горелка позволяет исключить действия сварщиков во время предварительного нагрева в последние 30–60 с, а именно операцию продольного перемещения горелки вдоль рельса вперед и назад. Конструкция сопла горелки устроена таким

образом, что пламя распространяется по месту выреза под наплавку более равномерно и объемно, захватывая все участки будущего проплавления рельса термитным металлом. Таким образом, после установки горелки для предварительного подогрева по месту сварщику-наплавщику остается только дождаться окончания подогрева, не совершая дополнительных манипуляций.

В 2023 г. ликвидация дефектов по технологии ТНР на Октябрьской дороге выполнялась на условиях договора аутсорсинга, а на остальных дорогах хозяйственным способом. Центральной дирекцией инфраструктуры была проведена работа по оснащению путейских бригад необходимым оборудованием, расходным материалом и обучению 85 чел. в специализированном учебном центре АНО ДПО «УЦСННКР». В итоге в дистанциях пути по всей сети было сформировано 28 бригад, которые устранили около 3000 дефектов в рельсах.

Если принять во внимание суммарный объем выполненных работ по договорам аутсорсинга и хозяйственного способа, то экономический эффект от технологии ТНР на сети дорог ОАО «РЖД» составил 632,1 млн руб.

В заключение следует отметить, что с каждым годом практическая значимость устранения дефектов рельсов с помощью термитных технологий растет, что дает возможность совершенствовать все процессы, автоматизировать ряд операций, улучшать материальную базу, повышать качество и оперативность работ. Широкое внедрение технологий ТНР и АТН-2 в повседневную практику поможет переломить негативную тенденцию ежегодного прироста мест временного восстановления плетей бесстыкового пути на сети.

#### Список источников

1. Бельтиков В.П. Оптимизация системы содержания верхнего строения железнодорожного пути: дис. доктора техн. наук: 05.22.06 / Место защиты: ПГУПС. СПб., 2018. 318 с.
2. ТУ 0921-335-01124323-2016. Рельсы железнодорожные типа Р65, отремонтированные алюминотермитной наплавкой по технологии ТНР фирмы ELEKTRO-THERMIT GMBH. Технические условия: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 16.06.2017 № 1138р.
3. Патент РФ № 2681068 РФ, В22D 19/10. Способ ремонта рельсов в пути и приспособление для его реализации/ Клинов В.Г., Ленкин В.Д.; патентообладатель ООО «ГТ-Алюминотермитная сварка». № 2016124183; заявл. 17.06.2016; опубл. 01.03.2019; Бюл. 7.
4. ТУ 24.10.75-379-01124323-2021. Рельсы железнодорожные, отремонтированные в пути наплавкой термитным способом по технологии АТН-2 в местах дефектов с кодами 16.3, 46.3: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 17.02.2022 № 385р.
5. Патент РФ № 217136, РФ, F23D 14/00. Инжекционная газовая горелка / Клинов В.Г., Ленкин В.Д.; патентообладатель ООО «Алюминотермитная сварка». № 2023102378; заявл. 03.02.2023; опубл. 20.03.2023; Бюл. 8.

# ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВЫХ ЛИНИЙ

ПРОКОПЬЕВА О.А., Уральский государственный университет путей сообщения, канд. техн. наук

Геоинформационное моделирование представляет собой инновационную технологию [1], интегрирующую разные виды информации [2], что удобно при обработке материалов комплексной воздушной съемки. Геоинформационное моделирование железных дорог включает в себя интерактивное моделирование с помощью ГИС и аналитическое компьютерное моделирование. Пространственная модель объекта в геоинформационной системе организована двойственном [3]: в виде табличной и графической (визуальной) частей. Это делает геоинформационные модели основой для проектирования железных дорог [1].

Возрастающая сложность строительства, тяжелые природные условия работ и сокращение их сроков способствуют ужесточению требований к точности изысканий и скорости их проведения. Успехи в области геодезического приборостроения, в совокупности с совершенствованием технологий цифрового сбора пространственных данных и фотограмметрических технологий привели к появлению лазерных сканеров. Новый вид геодезических приборов зачастую применяется там, где проведение изысканий традиционными методами затруднительно или неэффективно.

К таким районам можно отнести участки под будущее строительство от существующих станций в Запорожской области до границы Донецкой Народной Республики (см. рисунок). На схеме с востока идет примыкание новой трассы: линия однопутная не электрифицированная с шириной колеи 1520 мм, максимальная скорость движения пассажирских, контейнерных, рефрижераторных поездов 80 км/ч, грузовых — 60 км/ч с нагрузкой не более 25 тс/ось [4].

Данные объекты транспортной инфраструктуры расположены в зоне опасных природных процессов и явлений, а также вероятного техногенного воздействия (сейсмический район). На территории выполнены рекогносцировочное обследование и поиск пунктов государственной геодезической сети (ГГС). Картограмма топо-

графо-геодезической изученности приведена на рисунке.

При топографической съемке удалось обеспечить плотность пунктов съемочной геодезической сети из расчета один пункт на 3–4 км трассы (радиус съемки от базовой станции не превышал 2 км). Для развития геодезической сети использовался современный двухчастотный спутниковый геодезический прибор Javad Triumph-1M [5], который имеет 864 универсальных канала. Каждый из них может отслеживать сигнал любой спутниковой системы. Один и тот же сигнал приемник захватывает тремя разными способами. Координаты вычисляются тремя независящими друг от друга методами. Геодезический GNSS приемник способен работать в любом режиме, включая RTK, для чего на борту присутствуют GSM и радиомодемы. GSM модем поддерживает сети 4G/LTE/3G для более быстрого интернет-соединения.

Полученные при геоинформационном моделировании данные полностью соответствуют существующим нормам, далее их массив обрабатывается на стадии проектирования. При проектировании криволинейных участков данных объектов рекомендуется рассмотреть возможность применения биклоидных кривых. Исследования [6, 7] и опытные испытания биклоидных кривых на участке Монзино—Анатольская Свердловской дороги показали заявленные снижения боковых сил в кривой, что позволило увеличить скорость прохождения грузовых поездов. Камеральные работы выполнены с применением программных продуктов Trimble Business Center, Topomatic Robur — Изыскания, Topomatic Robur — Железные дороги, Autodesk Civil3D.

## Список источников

1. Ознамец В.В. Геоинформационное моделирование при комплексной воздушной съемке железнодорожного пути // Наука и технологии и железных дорог. 2020. Т.4, № 2 (14). С. 45–56. EDN: EJWDJL.
  2. Цветков В.Я. Информатизация, инновационные процессы и геоинформационные технологии // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2006. № 4. С. 112–118. EDN: VDPKJL.
  3. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. М.: Финансы и статистика, 1998. 288 с.
  4. СП 47.13330.2016. СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Введ. 01.07.2017. Изм. 30.12.2020. М.: Стандартинформ, 2017.
  5. GNSS приемник JAVAD TRIUMPH-1M (L1+L2, GPS/GЛО, RTK, GSM) // Стройэнерготехника: сайт. URL: <https://www.geo-spektr.ru/gps-prigomniki/javad/Triumph-1M.html>.
  6. Аккерман Г.Л., Аккерман С.Г., Кравченко О.А. Биклотовидное проектирование криволинейных участков железной дороги // Путь и путевое хозяйство. 2010. № 10. С. 28–30.
  7. Кравченко О.А. Биклотовидное проектирование криволинейных участков железных дорог: дис. канд. техн. наук: 05.22.06 / МГУПС (МИИТ). М., 2013. 147 с.



Картограмма топографо-геодезической изученности: красная линия — участок в Запорожской области; зеленая — в Донецкой Народной Республике

# ПРОБЛЕМА РОСТА КОЛИЧЕСТВА МЕСТ ВРЕМЕННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ



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

**Аннотация.** В статье приведены и проанализированы статистические данные о количестве мест временного восстановления рельсовых плетей на сети. Указано, что в последние 15 лет происходит постоянный рост количества мест временного восстановления плетей, что снижает эффективность и безопасность эксплуатации бесстыкового пути. Причем с повышением грузонапряженности растет как среднее количество мест временного восстановления, так и экономический ущерб от их наличия. Приведены результаты расчета экономического ущерба и перечислены возможные способы решения проблемы.

**Ключевые слова:** бесстыковой путь, рельсовая плеть, места временного восстановления плетей, сварка, грузонапряженность, стоимость.

Из года в год на сети ОАО «РЖД» растет число мест временного восстановления рельсовых плетей бесстыкового пути. Это нежелательное явление наблюдается с 1992 г., а отсутствие жесткого срока ликвидации мест временного восстановления способствовало их интенсивному накоплению. В результате за период с 01.01.1992 по 01.01.2000 накопи-

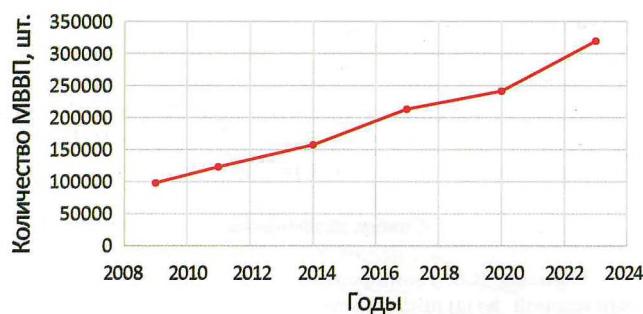


Рис. 1. Изменение по годам числа мест временного восстановления плетей на сети железных дорог России

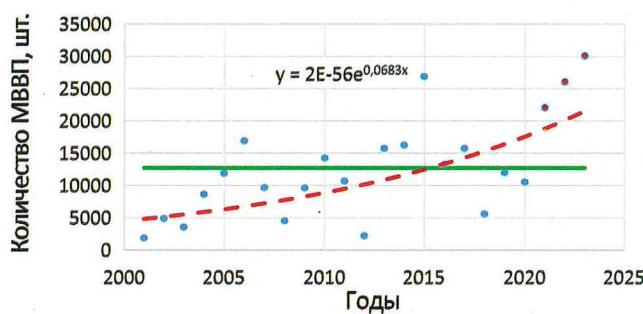


Рис. 2. Темпы роста количества МВВП за последние годы: зеленая линия — среднее значение МВВП; красная штриховая — аппроксимирующая кривая роста МВВП; красная пунктирная — количество МВВП за последние три года

лось 26252 места временного восстановления плетей (далее — МВВП), требующих ликвидации их сваркой. Динамика дальнейшего накопления МВВП на бесстыковом пути России в период с 2009 г. по настоящее время приведена в виде графика на рис. 1, из которого следует, что проблема приобрела еще более острую форму — число МВВП возросло до 313339, т. е. увеличилось в 11,9 раз. При этом на Восточном полигоне (Красноярская, Восточно-Сибирская, Забайкальская, Дальневосточная ДИ) по состоянию на 16.11.2023 находится 69392 или 22 % МВВП всей сети.

За 23 года среднее количество ежегодно появлявшихся новых МВВП составило 12745 штук. При этом в последние три года интенсивность возникновения МВВП существенно превышает среднее значение (рис. 2).

На рис. 3 и 4 представлены соответственно изменения средней длины плетей и среднего числа МВВП на одной плети за последние 22 года. За этот срок средняя номинальная длина плетей увеличилась в два раза, но также в два раза выросло среднее количество МВВП на одной плети, поэтому реальная дли-

Таблица 1  
Количество МВВП на 1 км пути в зависимости от грузонапряженности

Грузонапряженность, млн т·км брутто/км в год	Количество МВВП на 1 км	
	шт.	%
9,97	6,1	409,4
11,4	2,33	156,4
25,5	4,65	312,1
56,9	0,83	55,7
61,2	1,9	127,5
91,5	1,49	100
131,22	3,18	213,4
147,6	4,36	292,6
153,2	4,1	275,2

на физических плетей фактически не изменилась.

Оборудование каждого МВВП требует не только физических затрат на вырезку фрагмента рельса с опасным дефектом из плети, замену его временной вставкой и соединения последней с концами примыкающих плетей стыковыми шестицырными накладками, стягиваемыми полным комплектом болтов, но и материальных, включающих стоимость рельсовой вставки длиной 8–11 м, накладок, болтов, шайб и пр. Отдельно еще надо учесть и расходы, связанные с выделением «окон» для этих работ.

При этом исследования показали, что количество МВВП на 1 км зависит от грузонапряженности линии (табл. 1).

Приняв за 100 % количество МВВП на 1 км пути при грузонапряженности около 90 млн т·км брутто/км в год, можно видеть, что их число растет как при уменьшении, так и при увеличении грузонапряженности относительно данного значения. Это объясняется, с одной стороны, массовым использованием старогодных материалов на малодеятельных линиях и, с другой, не предоставлением необходимого количества «окон» на грузонапряженных направлениях, а также общей нехваткой ресурсов для ликвидации МВВП.

Исключив из рассмотрения малодеятельные линии как нетипичные, получим картину роста числа МВВП с ростом грузонапряженности (рис. 5).

Аппроксимируя данные, отображенные на графике рис. 5, при помощи линейной формулы, можно спрогнозировать увеличение количества МВВП на 1 км пути при достижении грузонапряженности 200 млн т·км брутто/км в год на 275 % по сравнению с их числом при грузонапряженности 90 млн т·км брутто/км в год. Таким образом, прогнозируемый рост МВВП на 1 км пути составляет 25 % на каждые дополнительные 10 млн т·км брутто грузонапряженности.

При эксплуатации МВВП в зонах его стыков возникают просадки, снижается уровень затяжки болтов в накладках, а также болтов (шурупов) рельсовых скреплений, наблюдается интенсивное расстройство пути и выход его элементов — прежде всего, подрельсовых прокладок, а в дальнейшем узлов промежуточных скреплений и самих рельсов. Кроме этого, наличие МВВП в плети нарушает ее температурный режим, создавая дополнительные «дышащие» концы по обе стороны

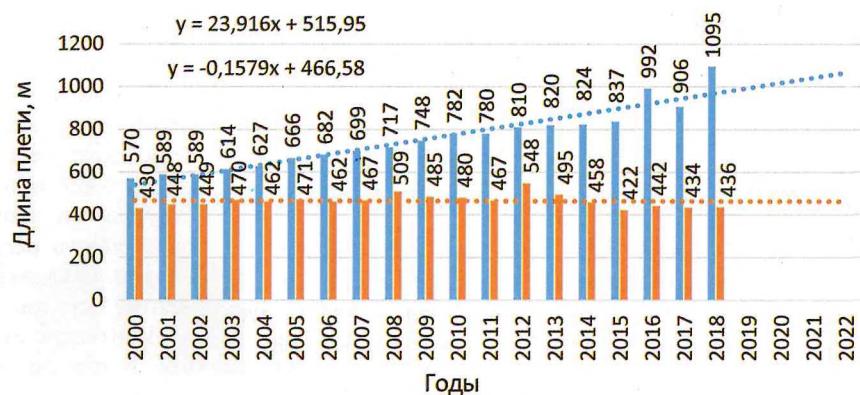


Рис. 3. Изменение средней длины бесстыковых плетей без учета (синие столбцы) и с учетом наличия МВВП (оранжевые столбцы):  
синий пунктир — увеличение длины средней плети на сети по годам; оранжевый пунктир — средняя длина плетей по годам с учетом МВВП

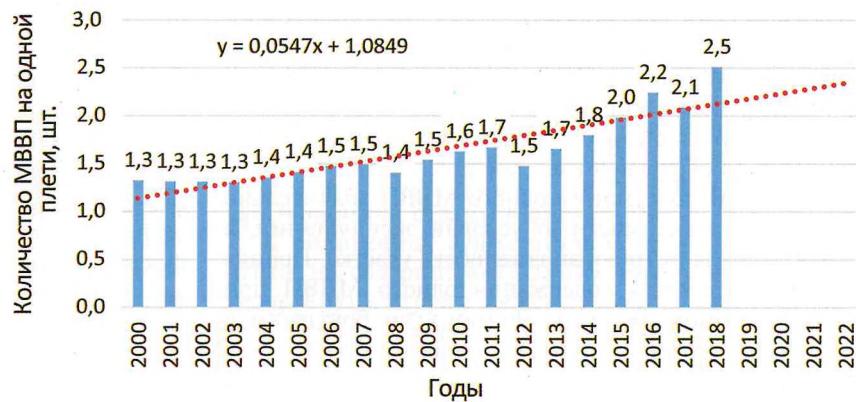


Рис. 4. Изменение среднего количества МВВП на одной плети

временной рубки, что влияет на поперечную устойчивость бесстыковой конструкции. Указанные осложнения требуют постоянного контроля за состоянием МВВП, что и приходится осуществлять линейным работникам службы пути, особенно при весенних и осенних осмотрах.

Следует учитывать, что интенсивность расстройства пути в зоне МВВП определяется не только эксплуатационными, но и климатическими условиями конкретного участка. На полигонах с высокими годо-

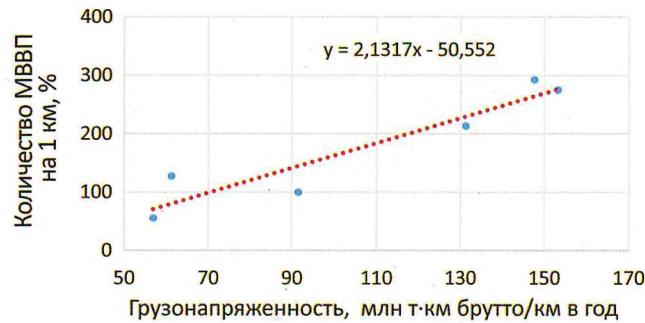


Рис. 5. Зависимость количества МВВП от роста грузонапряженности

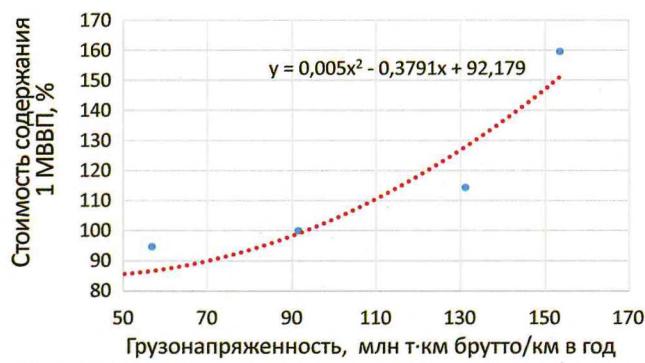


Рис. 6. Зависимость стоимости содержания одного МВВП от грузонапряженности

выми амплитудами температуры рельсов ( $T_A$ ), как правило при  $T_A > 100$  °C осложняется работа стыковых соединений временных рельсов и концов плетей, что обусловлено резкими колебаниями их температуры. Это способствует интенсивному изменению стыковых зазоров вплоть до крайних значений, что при резких понижениях температуры может привести к разрыву стыка с самыми непредсказуемыми последствиями для обращающихся поездов.

Стоимость содержания одного МВВП значительно варьирует в зависимости от условий эксплуатации, в первую очередь от грузонапряженности участка. Приняв за 100 % стоимость содержания одного МВВП при грузонапряженности около 90 млн т·км брутто/км в год, можно убедиться, что она ожидаемо растет при увеличении грузонапряженности и падает при ее уменьшении (рис. 6).

Аппроксимировав данные, отображенные на рис. 6, при помощи полиномиальной и линейной формул, можно спрогнозировать увеличение стоимости содержания одного МВВП при достижении грузонапряженности 200 млн т·км брутто/км в год — она будет на 63–116 % больше, чем при 90 млн т·км брутто. Таким образом, прогнозируемый рост стоимости

содержания одного МВВП составляет 8,2 % на каждые дополнительные 10 млн т·км брутто грузонапряженности.

Кроме того, при наличии 319400 мест МВВП (данные на конец 2023 г.) с рубками по 8–11 м на сети фактически появляется эквивалент звеневого пути общей протяженностью 1597 км со всеми сопутствующими этой конструкции недостатками. Кроме расстройств рельсовой нити в стыковых зонах, звеневой путь оказывает большее сопротивление движению поездов, чем бесстыковой, на 15 %.

Учитывая ежегодный рост количества МВВП на 5 % и планируемое увеличение грузонапряженности до 4 % суммарные потери от наличия МВВП могут превысить 8 млрд руб. в 2024 г. При этом структура расходов распределится следующим образом (табл. 2).

Следует отметить, что путь с каждым годом работает все напряженнее, поездные нагрузки возрастают, грузопотоки увеличиваются. В этих сложных условиях добиться уменьшения выхода рельсов по дефектам весьма непросто. Поскольку более 60 % дефектов возникает в сварных стыках, одним из вариантов уменьшения выхода рельсов (и, соответственно, сокращения числа МВВП) является увеличение объемов электроконтактной сварки стыков с помощью ПРСМ (взамен алюминотермитной) как более надежной. Кроме того, эффективной мерой сокращения поверхностных дефектов головки выступает профилактическое шлифование, которое следует повсеместно развивать.

Альтернативный способ сокращения числа МВВП заключается в увеличении темпов сварки стыков, т. е. ликвидации МВВП вваркой в плеть нового фрагмента рельса. Для этого на сети должны действовать бригады сварщиков в достаточном количестве, чего пока не удается организовать. Подрядных организаций, специализирующихся на сварке стыков, недостаточно, что позволяет им выступать в роли монополистов и диктовать высокие цены за свои услуги. Из-за подобной несогласованности темпы работ по сварке стыков в пути крайне замедлились в последние два года. Поэтому курс на развитие сварочных мощностей внутри линейных предприятий службы пути следует считать самым рациональным в сложившейся ситуации.

Весьма перспективна технология THR, заключающаяся в точечной вырезке дефектного фрагмента из головки рельса с последующим его заполнением термитной наплавкой. Это позволяет удалить поверхностный дефект без образования МВВП, и в этом заключается главная ценность указанной технологии. Получается, что дефект устраняется с сохранением целостности рельсовой плети без устройства временной вставки. Еще одна важнейшая опция технологии THR — при точечной вырезке дефекта с его заплавлением не нарушается температурный режим плети и, соответственно, сохраняется устойчивость рельсошпальной решетки в поперечном направлении (не появляется дополнительной угрозы выброса бесстыкового пути). При достаточном насы-

Таблица 2  
Структура потерь от наличия МВВП

Тип расходов	Сумма расходов, млрд руб. в год	Доля расходов в общей сумме, %
Содержание МВВП, оставшихся несваренными с прошлых лет	3,975	49,06
Содержание МВВП, вновь появившихся в текущем году, но не сваренных	0,540	6,66
Затраты на сварку МВВП	2,769	34,17
Затраты на дополнительную электроэнергию при движении поездов по имеющимся МВВП	0,691	8,53
Затраты на дополнительную электроэнергию при движении по МВВП, вновь появившихся в текущем году, но не сваренных	0,128	1,58
Итого	8,103	100

# ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПЕРЕЕЗДАХ



АНДРЕЕВА Л.А., докт. техн. наук,  
ЖЕЛУДКЕВИЧ А.М., генеральный директор  
ЗАО «КПМ-Сервис»,  
ЯЛЫШЕВ Р.Ф., генеральный директор  
ООО «ПроТрансКомплект»

Железнодорожные переезды — неотъемлемая часть железнодорожной инфраструктуры, от их состояния в значительной степени зависит безопасность людей и транспортных коммуникаций. Однако, несмотря на все преимущества, предоставляемые движению, и усовершенствования, они по-прежнему остаются местами потенциальных аварий и происшествий.

По железным дорогам, так же как и по автотрас-сам, перевозят грузы повышенной опасности: аммиак, серную кислоту, хлор, ртуть, взрывчатые вещества и др., и безопасность движения промышленного транспорта с особо опасным грузом особенно важна, ведь столкновения могут привести к серьезным негативным последствиям, в том числе для экологии близлежащих районов. А требования к обеспечению безопасности на железнодорожных переездах должны быть более жесткие!

Решением этой проблемы может стать строительство двухуровневых переездов, что к тому же увеличило бы их пропускную способность. Но это очень дорогостоящий вариант. А учитывая огромное количество уже существующих одноуровневых устройств, их реконструкция в полном требуемом объеме займет несколько десятилетий. Поэтому повышение пропускной способности и безопасности движения на существующих одноуровневых переездах — важнейшая государственная задача. Ее практическое воплощение существенно менее затратно по стоимостным и времененным критериям и имеет огромное значение для экономики страны в целом.

К сожалению, существующие нормативные документы не содержат актуальных требований к проектированию и строительству дорожных конструкций в зоне переезда. Проектируемые сейчас конструкции не

щении путейских подразделений бригадами, способными выполнять ликвидацию дефектов в бесстыковых плетях по технологии THR, кривая МВВП на сети пойдет на снижение.

## Выводы

1. В последние годы количество МВВП на сети дорог растет особенно интенсивно с темпами в два-три раза превышающими средние темпы за период с 2000 по 2020 гг.

2. В общей сумме потерь от МВВП основную долю занимает текущее содержание МВВП, оставшихся не сваренными с прошлых лет (49,06 %), и затраты на сварку МВВП (34,17 %).

3. Сокращение числа МВВП возможно за счет повышения качества сварки и увеличения ее темпов при ликвидации МВВП.

4. Проблему роста МВВП можно решить, широко внедряя технологию THR, позволяющую удалять дефекты при сохранении целостности пластины.

## Список источников

1. Бесстыковой путь / В.Г. Альбрехт, Н.П. Виногоров, Н.Б. Зверев, А.Я. Коган. М.: Транспорт, 2000. 408 с.
2. Сварочные и наплавочные технологии на железнодорожном транспорте: сборник научных трудов. М.: Интекст, 2008. 182 с. (Труды ВНИИЖТа.)
3. Бесстыковой путь / Под ред. Е.М. Бромберга. М.: Трансжелдориздат, 1962. 215 с. (Труды ВНИИЖТ; вып. 244.)
4. Управление надежностью бесстыкового пути / В.С. Лысюк, Л.В. Башкатова, В.М. Ермаков, Н.Б. Зверев. М.: Транспорт, 1999. 375 с.
5. Инструкция по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути: утверждена Распоряжением ОАО «РЖД» от 14.12.2016 № 2544р (ред. от 13.12.2023 N 3167/р). Доступ через СПС «КонсультантПлюс».

## THE PROBLEM OF GROWTH IN THE NUMBER OF PLACES FOR TEMPORARY REHABILITATION OF RAIL TRACKS

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

**Abstract.** The article presents and analyses statistical data on the number of temporary track rehabilitation sites. It is shown that in the last 15 years there has been a constant increase in the number of temporary reinstatement points, which reduce the efficiency and safety of the operation of the trackless track. Moreover, with the increase of freight tension both the average number of temporary restoration places and economic damage from their presence grows. Calculations of economic damage are shown and possible ways of solving the problem are listed.

**Keywords:** continuously-welded track, rail string, temporary repair location, welding, freight traffic density, cost.



Рис. 1. Деформация настила

учитывают интенсивность и специфику движения транспортных средств, климатические и грунтовые условия их места расположения; имеют незначительный межремонтный срок, недостаточную прочность и толщину плит. Действующие переезды технически не соответствуют современным масштабам движения поездов и автомобилей.

Определенным препятствием скорейшего внедрения инновационных технических решений повышения пропускной способности и обеспечения безопасности на одноуровневых переездах служит ведомственная разобщенность министерств и сопричастных государственных структур, в чьем ведении находятся вопросы, связанные с их проектированием, строительством и эксплуатацией. Устранить данную проблему невозможно без системного подхода, при котором должны быть разработаны новые методики по проектированию переездов, учитывающие современные реалии движения, и выработаны жесткие требования к применяемым материалам конструкций.

Существующие конструкции переездов основаны на применении резиновых и безбалластных материалов. Как показала практика, они имеют ряд недостатков, наиболее существенным из которых является их невысокая прочность. Усовершенствовать такую конструкцию можно, укрепив грунтовое основание с помощью инновационных материалов и геоматериалов.

Использование таких конструкций позволит: повысить безопасность движения в течение всего

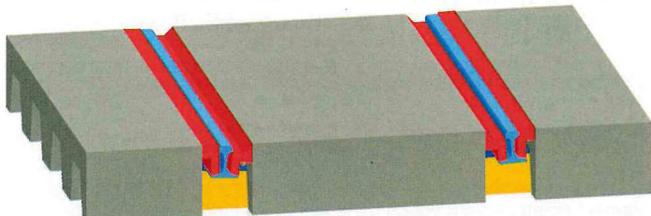


Рис.2. Конструкция ПЖДП

года в различных климатических условиях;

улучшить транспортно-эксплуатационные параметры проезжей части железнодорожных переездов;

обеспечить ровность проезжей автомобильной части в районе переезда в течение межремонтного срока;

увеличить межремонтные сроки службы;

снизить на 20–30 % капитальные затраты на строительство новых переездов за счет увеличения прочности грунтового основания, снижения толщины тощего бетона и подшпального основания из железобетона при сохранении ровности автодороги в течение всего межремонтного срока.

В современных условиях решить проблемы безопасности на переездах можно с помощью следующих мер:

увеличение количества полос движения автомобильного транспорта через переезд (уширение дороги на одну полосу в каждом направлении увеличит пропускную способность переезда в два раза);

использование инновационных материалов для дорожных настилов (покрытий) и технических средств, аттестованных и сертифицированных согласно российским нормативам и прошедших необходимые всесторонние стендовые и полигонные испытания.

Межрельсовый или железнодорожный настил является одним из наиболее важных элементов, от которого во многом зависит безопасность движения на переезде. При эксплуатации существующих настилов сталкиваются с рядом негативных явлений. Под воздействием нагрузки от транспортных средств происходит их разрушение (изнашивание), что приводит к возникновению различных дефектов, вынуждающих водителей снижать скорость движения на переезде до 5–10 км/ч и меньше. Поэтому их необходимо регулярно ремонтировать или даже заменять (полностью или частично).

Безопасность движения в зоне пересечений автомобильных дорог с железнодорожными путями во многом определяется достаточной ровностью проезжей части на переезде, отсутствием дефектов настила. Некачественный настил — причина частых перемен скорости движения автомобилей. Такой режим движения транспортного потока сопровождается вынужденными или неожиданными остановками машин, вызывает затор, что нередко приводит к конфликтным ситуациям и столкновениям.

В настоящее время конструкции переездов утверждаются на основании типового проекта или ТУ, не опирающихся на использование современных инновационных материалов, не принимающих во внимание климатические и грунтовые особенности местности, не учитывающих специфику движения автотранспортных средств на данном конкретном переезде, а также перспектив роста интенсивности движения поездов и автомобилей. Поэтому на большей части действующих переездов ровность проезжей части не соответствует нормативным значениям (иногда в несколько раз). Не берутся во внимание постоянное усовершенствование моделей автомобилей и увеличение общего количества машин, в связи

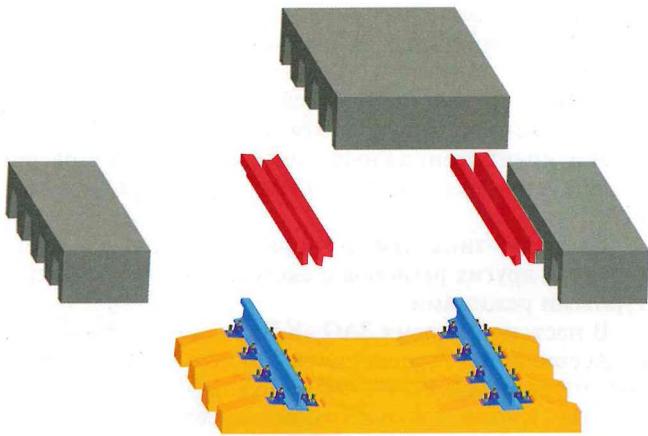


Рис. 3. Состав комплекта плиты ПЖДП

с чем необходимо повысить требования к нагрузочной способности железнодорожных настилов, особенно на металлургических предприятиях, горных карьерах и разрезах, в местах разгрузки крупнотоннажных контейнеров, где используется автотехника массой более 200 т.

Без принятия соответствующих мер неровность нарастает в геометрической прогрессии, вызывая увеличение динамического воздействия на рельсы, настил и на элементы автотранспортных средств, тем самым ускоряя выход из строя железнодорожного настила.

Национальный стандарт ГОСТ Р 50597–2017 взамен ГОСТ Р 50597–93 разрабатывался для внесения изменений, ужесточающих требования к эксплуатационному состоянию автомобильных дорог, в частности, по отклонению верха головки рельса железнодорожных путей, расположенных в пределах проезжей части, относительно поверхности покрытия с 3 до 1 см. Такие меры призваны обеспечить более высокие скорости движения автотранспорта на переездах и увеличить их пропускную способность.

Наши наблюдения показали, что использование резинокордовых покрытий эффективно лишь при низкой загруженности дорог. При движении большегрузного транспорта резинокордовое покрытие деформируется в течение очень короткого периода времени



Рис. 4. ПЖДП на железнодорожных переездах

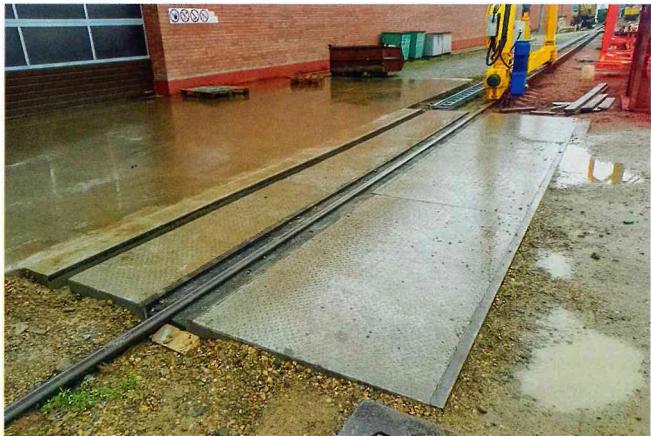


Рис. 5. ПЖДП для крановых путей

(рис. 1). В случае резинобетонных покрытий — резиновая составляющая отслаивается в течение нескольких лет. К тому же при использовании этих конструкций не учитывается вибротекучесть щебня. Поэтому эксплуатация таких настилов не способствует снижению затрат на содержание переездов.

Современные настилы на железнодорожных переездах должны отвечать строгим требованиям качества и безопасности, выдерживать большую нагрузку постоянного движения поездов и автомобилей, а также воздействие различных сезонных погодных условий, таких как дождь, снег, заморозки и высокие температуры.

Предприятием ЗАО «КПМ-СЕРВИС» была разработана линейка железнодорожных настилов из высокопрочного железобетона. Настил типа ПЖДП (плата железнодорожного переезда) — самый простой и надежный среди них (рис. 2). Конструкция этого переезда запатентована, а производство сертифицировано Регламентом Таможенного Союза.

Комплект плиты ПЖДП состоит из трех бетонных плит (две плиты боковые — ПЖДПб и одна плита средняя — ПЖДПс), защитных металорезиновых брусьев (отмечены красным на рисунках), соединительных элементов и крепежа (рис. 3). Вос-



Рис. 6. ПЖДП для организации площадок переработки крупнотоннажных контейнеров

принимаемая нагрузка данной плиты от колес автомобиля — 30–70 тс. Форма плиты позволяет распределить нагрузку от транспорта на межшпальное основание, а за счет увеличения толщины плиты повышается модуль упругости изделия.

Плиты ПЖДП не опираются на рельсошпальную решетку, и это решение является развитием известного железобетонного настила НПЖ.

Настил с внутренней и наружной сторон колеи устанавливается на одном уровне с верхней частью головки рельса.

Плиты укладываются на хорошо спланированное и уплотненное щебеночное основание, между шпалами. Крепление плит между собой происходит при помощи соединительных элементов. Швы между плитами заливают горячим битумом марки БН или аналогичным герметизирующим покрытием. Пустоты между шпалой и плитой заполняют щебнем фракции 5–20 мм. Опора на межшпальный балласт исключает воздействие плит ПЖДП на шпалы. Плита, щебень и шпала образуют конгломерат, который фиксирует шпалу и плиту в стабильном положении.

Данный настил разработан в различных вариантах, учитывающих разные конструкции верхнего строения пути. Подходит для рельсов Р75, Р65, Р50 на железобетонных и деревянных шпалах эпюорой 1840 и 1600 шт/км с любыми видами скреплений и радиусом кривой до 60 м.

Для защиты рельсов и рельсовых скреплений и свободного (без снятия железнодорожных плит) доступа к ним, необходимого для осмотра, смены рельсов и скреплений, а также других работ рекомендуется укладывать съемные металлорезиновые брусья. Они представляют собой компаундную смесь резиновой крошки и полиуретанового клея. Внутри металлорезинового бруса расположен металлический каркас для сохранения физических размеров бруса при любых видах нагрузки.

Область применения ПЖДП весьма обширна: на железнодорожных переездах (рис. 4); на крановых путях (рис. 5); для организации площадок переработки крупнотоннажных контейнеров (рис. 6);

для организации железнодорожных переездов в угольных разрезах.

Условия их эксплуатации могут быть любые — грязь, снег, лед, дождь, пыль, песок, жара.

Плиты ПЖДП очень прочны, просты и имеют низкую стоимость. Трехлетняя опытная эксплуатация этих настилов не потребовала дополнительных затрат на их содержание, обслуживание, ремонт примыканий. Переезды на основе плит ПЖДП высокоеэкономичные и надежные.

Проведенные исследования подтверждают возможность применения настилов ПЖДП в карьерах и разрезах в целях создания объединенного пространства для карьерной техники и железнодорожного транспорта. Например, можно использовать железнодорожный путь как автомобильную дорогу, а автомобильные тягачи — для транспортировочных и маневровых работ железнодорожного состава. Такое использование настилов позволит совместить кон-

тейнерную площадку и железнодорожную колею в единое пространство и перемещать грузы высокотоннажным погрузчиком типа ричтракер по рельсам. Поэтому для организации эффективной и беспрепятственной работы в местах обслуживания, разгрузки крупнотоннажных контейнеров и грузов рекомендуется укладывать плиты ПЖДП на подъездной путь.

Настилы типа ПЖДП пригодны для Крайнего Севера и других регионов с экстремальными температурными режимами.

В настоящее время ЗАО «КПМ-Сервис» совместно с Ассоциацией предприятий промышленности и транспорта «АСПРОМТРАНС» на базе трех крупнейших проектных и научно-исследовательских институтов (ЗАО «ПРОМТРАНСНИИПРОЕКТ», ООО «Лентранспроект» и ФГБУ «ЦНИИП Минстроя РФ») активно внедряют новые технологии укладки железнодорожных переездов во многих регионах России, включая северные и восточные. Уже накоплен достаточный положительный опыт, позволяющий успешно тиражировать их использование.

#### Список источников

1. ГОСТ Р 50597–2017. Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля. Введ. 01.06.2018. Изм. 01.06.2019. М.: Стандартинформ, 2017.
2. Типовые материалы для проектирования 501-01-6.89. Железнодорожные переезды. Путевая часть: в 5 ч.: утв. МПС СССР Н-2128у от 17.08.1989. М.: Гипропромтранстрой, 1989.
3. Разработка конструкций железнодорожных переездов с повышенным уровнем безопасности и пропускной способности: отчет о НИР; науч. рук. Л.А. Андреева / ЗАО «ПРОМТРАНСНИИПРОЕКТ». М., 2019. 120 с. Рег. № НИОКР 140/2019 от 29.05.2019.
4. ТУ 23.61.12-001-51148323-2018. Инструкция по укладке плиты для железнодорожных переездов. Технические условия. М.: ЗАО «КПМ-Сервис», 2018.
5. Патент № 2710581 РФ Е01С 9/06. Устройство плиты железнодорожного переезда / Желудкевич А.М., Заярный С.Л., Кучеренко С.А.; ЗАО "КПМ-СЕРВИС". № 2019113676; заявл. 30.04.2019; опубл. 27.12.2019; Бюл. № 36.
6. Патент № 2716068 РФ Е01С 9/06. Железнодорожный переезд / Желудкевич А.М., Заярный С.Л., Кучеренко С.А.; ЗАО "КПМ-СЕРВИС". № 2019101278; заявл. 15.01.2019; опубл. 05.03.2020; Бюл. № 7.
7. Патент № 2764759 РФ Е01С 9/04. Железнодорожный переезд / Желудкевич А.М., Заярный С.Л.; ЗАО "КПМ-СЕРВИС". № 2019134960; заявл. 23.10.2020; опубл. 21.01.2022; Бюл. № 3.
7. Условия эксплуатации железнодорожных переездов: приказ Минтранса России от 31 июля 2015 № 237 (в ред. 06.08.2019).
8. «Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах: утв. распоряжением Минтранса России от 24 июня 2002 N ОС-557-р.
9. Буртыль Ю.В., Леонович И.И. Вопросы взаимосвязи ровности и прочности дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием // Перспективные направления проектирования, строительства и эксплуатации дорог, мостов и подземных сооружений: материалы конференции / Белорусский национальный технический университет. Минск: БНТУ, 2010. Ч. 1: Автомобильные дороги, мосты и подземные сооружения. С. 31–36.

# ОБУЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛА КАК ЗАЛОГ СТАБИЛЬНОСТИ, РАЗВИТИЯ И УСПЕХА ОРГАНИЗАЦИИ



ХОЛОДИЛОВ Д.А., ОАО «Российские железные дороги»,  
Свердловская дирекция инфраструктуры, начальник службы пути

Обучение персонала в настоящее время приобретает особое значение, так как к уровню его квалификации предъявляются более высокие требования. Быстро меняются как внешние, так и внутренние факторы, что ставит кадровые службы перед необходимостью переподготовки персонала. На основе предварительного анализа задач очень важно правильно определить конкретные функции или элементы рабочего процесса, требующие улучшения или развития. Обучение не является личной самоцелью сотрудника, оно напрямую связано с организационным устройством предприятия в целом.

Основные цели развития работников следующие: обучение навыкам быстро принимать эффективные управленческие решения в сложных ситуациях; раскрытие творческого потенциала; расширение кругозора; повышение эмоционального уровня отношения к делу; подготовка руководителей к назначению на высшую должность; готовность к внедрению новых технологий, технических средств и механизмов; умение работать в новых экономических условиях; оперативное решение производственных задач; генерация и реализация новых идей.

**Подготовка персонала.** Перед трудоустройством работник получает образование, непосредственно связанное с профессией. Это базовое образование: среднее профессиональное либо высшее.

Далее проходит учеба по программам профессиональной подготовки или переподготовки в зависимости от занимаемой должности. Наибольшими шансами добиться успеха обладают те учащиеся, которые быстро овладевают новыми методами и идеями, способны перестраиваться в современных условиях.

Затем в рамках текущей должности и профессии сотрудник направляется на обучение в Корпоративный университет РЖД, учебный центр или иные образовательные учреждения. Для поддержания необходимого уровня знаний ему назначаются «Час

знаний», техническая учеба, развитие «западающих» компетенций. «Час знаний» — ежемесячная самоподготовка работников для развития профессиональных и корпоративных компетенций, повышения качества технической учебы посредством системного дистанционного обучения.

В системе дистанционного обучения (СДО) проходят ежемесячные теоретические занятия, еженедельные инструктажи, ежеквартальные контрольные мероприятия по изученным за квартал теоретическим темам.

Работа в другой должности подразумевает переподготовку с целью получения новой профессии и повышение общего уровня образования.

Для путевого хозяйства в СДО разработаны 40 обучающих курсов. Это различные программы профессиональной переподготовки, повышения квалификации, первого или второго высшего профессионального образования. Для работы в новой должности сотрудник проходит переподготовку в соответствии с планируемой должностью.

На сегодняшний день организация процесса технической учебы в путевом хозяйстве возложена на главного инженера дистанции пути и назначенного ответственного специалиста. Как правило, это инженер по подготовке кадров. Он формирует годовые планы технической учебы и обеспечивает их наличие у сотрудников, осуществляет информационное и методическое сопровождение руководителей и лиц, допущенных к проведению занятий, контролирует организацию и проведение технической учебы в целом.

На Свердловской дороге на сегодняшний день из 26 дистанций только в семи осталась должность инженера по подготовке кадров в штатном расписании. В десяти дистанциях данная ответственность возложена в качестве совмещения функционала на инженера производственно-технического отдела, в девяти — на других работников дистанции (сигналист, дежурный по переезду, монтер пути, диспетчер, мастер по земляному полотну).

Ситуация усугубляется еще и тем, что в 2023 г. среди ответственных за техническую учебу специалистов

поменялось 35 % работников по всем 26 дистанциям. По сравнению с 2022 г. в прошедшем году увеличилась текучесть персонала по путевому хозяйству в целом по дороге на 0,44 %.

Данное положение дел ухудшает результат и снижает эффективность технической учебы на дистанциях. Некачественное доведение материала до слушателей в связи с отсутствием специального персонала по организации профессионального обучения ведет к снижению уровня знаний и профессиональных компетенций, нарушениям производственных технологий и безопасности движения в целом.

Одна из самых главных задач обучения и развития руководителей — изменение взглядов на процесс производства, принятых установок, связанных с управленческой деятельностью. Руководители в наше время должны становиться все более компетентными в сфере своей деятельности. Однако высокий професионализм руководителей — это не только вопрос усвоения соответствующих знаний, это в равной степени и подготовка к роли руководителя, требующая преданного отношения к делу, верной системы приоритетов.

Для обучения руководителей дистанций нередко используются программы и курсы без отрыва от производства, которые довольно неэффективны для руководства и руководителей среднего звена, поскольку не дают высокой концентрации и полного погружение в учебный процесс.

Недочеты системы обучения (отсутствие должности инженера по подготовки кадров, обучение руководителей без отрыва от производства, частая сменяемость кадров) ведут к формализму в проведении технической учебы в дистанциях.

Предложения по улучшению организации технической учебы руководителей:

предусмотреть в штатном расписании структурных подразделений должность инженера по техническому обучению с возложением функционала по организации и проведению технической учебы;

назначать на данную должность сотрудников, имеющих стаж работы в путевом хозяйстве не менее пяти лет;

проводить обучение преподавателей (не реже одного раза в три года) на предмет развития педагогических навыков;

рассмотреть возможность мотивационных выплат за активное участие при прохождении технической учебы.

В хозяйстве пути, на наш взгляд, существует несколько вариантов развития профессиональных компетенций:

программы развития для руководителей среднего звена;

повышение квалификации в вузах железнодорожного транспорта;

обучение в Учебном центре профессиональных квалификаций;

«День знаний» (ежеквартальные лекции, проводимые руководителями службы пути для начальников дистанций и их заместителей);

«Час знаний» (проводится в Системе дистанционного обучения ОАО «РЖД»);

техническая учеба по утвержденным планам на предприятии;

лекции для студентов в университетах путей сообщений, в колледжах.

Всего у ОАО «РЖД» есть девять крупных отраслевых государственных университетов путей сообщения: Дальневосточный (ДВГУПС, г. Хабаровск); Иркутский (ИрГУПС); Российский (РУТ (МИИТ), Москва); Омский (ОмГУПС); Петербургский (ПГУПС); Ростовский (РГУПС); Самарский (СамГУПС); Сибирский (СГУПС, г. Новосибирск); Уральский (УрГУПС, г. Екатеринбург).

На сети дорог действует 16 подразделений учебных центров профессиональных квалификаций (УЦПК).

В настоящее время для проверки уровня знаний путейцы раз в 5 лет проходят тестирование по профессиональным компетенциям.

В 2023 г. с актуальной оценкой в разрезе дистанций пути Свердловской дороги профессиональных компетенций было отмечено 8,143 тыс. работников (96,02 % общей численности), соответствуют профилю оценки компетенций 7,678 тыс. чел. (94,30 % численности работников с актуальной оценкой).

Доля работников, соответствующих профилю по профессиональным компетенциям на 31.12.2023 г.:

руководители — 94,57 % (на 31.12.2022 г. — 92,17 %);

специалисты — 92,73 % (на 31.12.2022 г. — 90,33 %);

рабочие — 95,61 % (на 31.12.2022 г. — 93,13 %).

Как видим, в 2023 г. средний фактический балл имеет положительную динамику в сравнении с 2022 г.

К сожалению, среди профессиональных компетенций есть, так сказать, «западающие», т. е. те, по которым наиболее часто встречаются несоответствия квалификационным требованиям. К ним можно отнести следующее:

организация текущего содержания верхнего строения пути;

технология выполнения основных работ при текущем содержании пути;

ремонт и реконструкция пути;

текущее содержание земляного полотна и его обустройство;

ресурсосберегающие технологии текущего содержания и ремонта путевой инфраструктуры;

мониторинг искусственных сооружений.

Существующая на сегодняшний день модель повышения квалификации (периодичность — один раз в пять лет; одна тема для изучения на курсе) не справляется со своими задачами. Пришло время ее актуализировать.

**Предлагаемая модель повышения квалификации:** периодичность один раз в три года; 72-часовая программа с отрывом от производства; объединение нескольких тематик в один курс; входное тестирование перед началом обучения, теоретическая часть, выходное тестирование с допуском к исполнению обязанностей.

Важной составляющей подбора квалифицированных кадров является привлечение молодежи в сферу железнодорожного транспорта. Для этого на Свердловской дороге существует Детская железная дорога (ДЖД) (см. журнал «Путь и путевое хозяйство» № 2 за 2016 г.) и детский технопарк «Кванториум» (см. рисунок).

Детская железная дорога — это, в первую очередь, бесплатный учебный центр для детей 11–17 лет. Каждому ребенку предлагается индивидуальная программа, включающая в себя набор образовательных модулей для развития инженерных компетенций и личностных качеств, находясь в проектной команде. ДЖД позволяет познакомить ребят со спецификой железнодорожного транспорта, попробовать на себе основные рабочие специальности и принять решение об обучении в транспортных колледжах и высших учебных заведениях, с возможностью пройти практику в ОАО «РЖД» и дальнейшим трудоустройством в компанию.

«Кванториум» создан для развития изобретательского мышления, формирования навыков командной проектной деятельности. Учебные классы оснащены высокотехнологичным оборудованием и компьютерами с современным программным обеспечением.

Обучение проходит по трем основным направлениям: VR/AR (дополнительная/виртуальная реальность); промышленный дизайн; хай-тек цех.

На «Кванториум» возложены следующие основные функции:

- реализация дополнительного образования;
- профессиональная ориентация молодежи;
- разработка проектов, направленных на решение задач железнодорожного профиля;

привлечение в компанию одаренных детей.

В целях повышения результативности технической учебы и получения сотрудниками хозяйства путем практических навыков, связанных с изменением технологических процессов и внедрением новых технических средств, способствующих эффективному выполнению должностных обязанностей, в 2024 г. предусмотрен pilotный проект «Инструктор по обучению». По проекту подразумевается создание регионального центра по подготовке работников путевого хозяйства, а также вве-



«Кванториум» — залог профессионализма будущих работников

дение в штатное расписание Екатеринбургского отдела инфраструктуры отдельной должности, за которой будут закреплены в качестве основных обязанностей функции по организации и проведению занятий по технической учебе с отрывом от производства.

Основные задачи данного проекта следующие:  
создание материально-технической базы для проведения технических занятий (полигон и класс технической учебы);  
формирование годового плана технической учебы, в том числе с применением СДО;

назначение на должность опытного преподавателя-производственника;

формирование графика проведения технических занятий (10 % теории + 90 % практики по группам).

В рамках pilotного проекта в технической учебе задействованы шесть дистанций Екатеринбургского региона (ПЧ-5, ПЧ-6, ПЧ-7, ПЧ-8, ПЧ-10, ИЧ-2).

Специалисты, направляемые на техническую учебу по pilotному проекту: дорожные мастера (80 чел.); бригадиры пути (137 чел.); заместители начальников дистанций пути (7 чел.); начальники дистанций (6 чел.); начальники участков (23 чел.); главные инженеры дистанций (6 чел.).

Пilotный проект подразумевает и практические занятия. Для этого определен полигон на станции Екатеринбург-Пассажирский, построенный в 2023 г. для проведения финала Чемпионата профессионалов, где команда Свердловской дороги заняла первое место по компетенции «Обслуживание железнодорожного пути» (см. журнал «Путь и путевое хозяйство» № 9 за 2023 г.). Полигон оснащен стрелочным переводом марки 1/11, звеневым путем с рельсошпальной решеткой с различными видами скреплений (APC, Pandrol 350, КБ, Фоссло W-30), железобетонными и композитными шпалами, изолирующими стыками.

Практические занятия на полигоне можно проводить также совместно со смежными хозяйствами.

# РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПО ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ НОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ\*

ЗБРЫСЬКИЙ М.Т., Институт Гипростроймост, Московский государственный строительный университет, инженер, САМКО А.В., Институт Гипростроймост, руководитель группы геотехников, ЗАЙЦЕВ А.А., Российский университет транспорта (МИИТ), доцент

**Примеры расчетов.** Расчеты представлены на рисунках в плоской постановке. Основными результатами расчета являются: радиусы зон влияния, горизонтальные и вертикальные перемещения узлов рельсовых нитей. Описание деформирования рельсовой нити принимаем по косинусоидальной кривой, а стрелу изгиба для определения просадки и отклонения в плане вычисляем по следующей формуле (рис. 6):

$$f_{\text{норм}} = A \left[ 1 - \frac{\left( \cos\left(\pi \frac{d}{L_{3,8}}\right) + 1 \right)}{2} \right],$$

где  $d$  — длина хорды.

Поскольку косинусоида недостаточно полно отражает действительный деформированный вид рельсовой нити, для обеспечения надежности расчета вычисляем стрелы изгиба с учетом коэффициента  $\gamma_d = 1,5$  (табл. 1). Определяем просадки и положение пути в плане.

В первом примере (рис. 7, а)) рассмотрена насыпь с расположенным рядом развитым в плане котлованом для возведения опоры путепровода. На рис. 7, б) показано, как определяются длины деформирования рельсовой нити  $L_{3,8}$ .

Для вертикальных неровностей длина дуги составляет:  $L_{3,8}^{\text{верт}} = 72,73$  м; вертикальные перемещения для левого и правого рельса:  $S_{\text{left}}^{\text{верт}} = 22$  мм;  $S_{\text{right}}^{\text{верт}} = 18$  мм.

Для горизонтальных неровностей аналогично:  $L_{3,8}^{\text{гор}} = 70$  м;  $S_{\text{left}}^{\text{гор}} = 30$  мм;  $S_{\text{right}}^{\text{гор}} = 30$  мм.

В результате расчета получены достаточно большие перемещения. Осадки под левой рельсовой нитью составили около 22 мм, что влечет за собой необходимость установки страховочных пакетов, если следовать опыту других организаций. При этом очевидно, что длина деформирования составляет около 70 м вследствие протяженности котлована. Следовательно, целесообразность применения защитных мероприятий остается под вопросом.



Рис. 6. Пример определения неровностей

\*Окончание. Начало в № 7, 2024 г.

Во втором примере (рис. 8, а) расчет сделан для котлована малой длины. На рис. 8, б) показано, как определяются длины деформирования рельсовой нити  $L_{3,8}$ .

Для вертикальных неровностей длина дуги составляет:  $L_{3,8}^{\text{верт}} = 24,22$  м; вертикальные перемещения для левого и правого рельса:  $S_{\text{left}}^{\text{верт}} = 22$  мм;  $S_{\text{right}}^{\text{верт}} = 15$  мм.

Для горизонтальных неровностей аналогично:  $L_{3,8}^{\text{гор}} = 19,87$  м;  $S_{\text{left}}^{\text{гор}} = 36$  мм;  $S_{\text{right}}^{\text{гор}} = 36$  мм.

Как и в первом примере, осадки под левой нитью составили 22 мм, но при этом длины деформирования в плане и профиле намного меньше.

Из данных, приведенных в табл. 2 следует, что значение просадки для левой нити больше, чем в первом примере, приблизительно в 10 раз. В результате степень отступления изменяется с I на II, а степень отступления по рихтовке — на IV. Следовательно, для котлована малой длины при том же уровне осадок необходимо применять защитные мероприятия или менять конструкцию котлована.

При одинаковых вертикальных и горизонтальных перемещениях получаются кардинально разные значения отступлений. Для первого расчетного случая размер и плавность неровности таковы, что итоговая неровность оценивается как отступление I степени, не требующее дополнительных мероприятий. Следует отметить, что большинство расчетчиков, используя общепринятый метод анализа осадок, в данном случае предусмотрят в проекте страховочные пакеты, что повлечет за собой финансовые издержки.

Для второго примера требуется предусмотреть комплекс мероприятий по обеспечению безопасности движения либо закрытие движения на время строительства.

Таблица 1  
Значения отступлений пути с развитым в плане котлованом

Тип отступления	Отступление рельсовых нитей, мм				Степень отступления
	без учета коэффициента $\gamma_d = 1,5$		с учетом коэффициента $\gamma_d = 1,5$		
Левый рельс	Правый рельс	Левый рельс	Правый рельс		
Просадка	1,4	1,2	2,2	1,8	I
Положение пути в плане	5,6	5,6	8,5	8,5	I
Уровень	4,0	4,0	4,0	4,0	I

Таблица 2  
Значения отступлений пути с котлованом малой длины

Тип отступления	Отступление рельсовых нитей, мм				Степень отступления
	без учета коэффициента $\gamma_d = 1,5$		с учетом коэффициента $\gamma_d = 1,5$		
Левый рельс	Правый рельс	Левый рельс	Правый рельс		
Просадка	10,8	7,4	16,3	11,1	II
Положение пути в плане	36,0	36,0	54,0	54,0	IV
Уровень	7,0	7,0	7,0	7,0	I

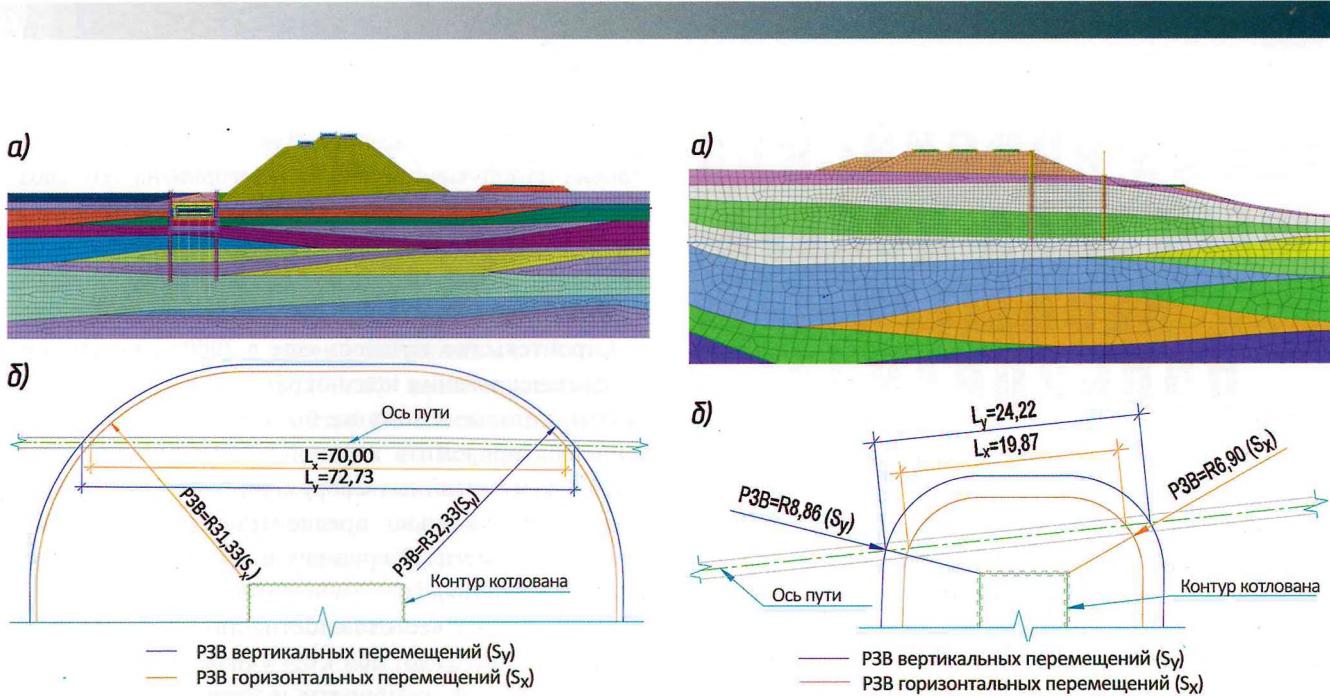


Рис. 7. Расчетная схема с развитым в плане котлованом (а) и план расчетных зон влияния (Р3В) (б):  
 $L_x, L_y$  — длина соответственно горизонтальных и вертикальных перемещений

**Учет исходного состояния рельсовой колеи.** Выше предполагалось, что исходное состояние пути идеальное (без отклонений). Однако на практике всегда имеются какие-либо отклонения. Согласно [2] не требуют немедленного закрытия движения отступления I–III степеней. Поэтому для формирования окончательных выводов о пригодности участка пути необходимо учитывать текущее состояние рельсов. В этом случае для приведенных выше примеров (см. табл. 2) суммарная степень отступления будет выше и потребуются дополнительные мероприятия по обеспечению безопасности.

## Выводы

1. Предлагаем при решении задачи по оценке влияния строительства на путь перейти от рассмотрения осадок в точках к анализу общей неровности рельсовых нитей, вызванной общими осадками вследствие влияния строительства. Анализ неровностей колеи в этом случае следует проводить по алгоритмам, установленным действующими инструкциями ОАО «РЖД».

2. Приведенные примеры расчетов свидетельствуют о необходимости оценки именно неровности пути, т. е. проведения комплексной оценки деформирования рельсовых нитей, а не величины деформаций в точке (на коротком участке деформирования осадка может привести к высо-

Рис. 8. План расчетных зон влияния (а) и расчетная схема с котлованом малой длины (б)

кой степени отступления; на продолжительном участке экстремальные осадки никакого влияния не оказывают).

3. Для анализа общих неровностей пути можно использовать геотехнические расчеты в плоской постановке с последующим переходом к пространственной неровности. Форму неровности можно аппроксимировать различными функциями (функцией косинуса, вводя дополнительный коэффициент запаса 1,5, функцией нормального распределения).

4. Предлагаем учитывать при расчетах текущее состояние и уже реализованную степень отступления рельсовой колеи.

## Список источников

1. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\* (с Изм. № 1–4). Введ. 01.07.2017. Изм. 07.12.2023. М.: Стандартинформ, 2017.
2. 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 (ред. от 09.11.2020).
3. Инструкция по расшифровке лент и оценке состояния рельсовой колеи по показаниям путеизмерительного вагона ЦНИИ-2 и мерам по обеспечению безопасности движения поездов, утвержденная МПС России № ЦП-515 от 14.10.1997.

## DEVELOPMENT OF THE METHOD FOR EVALUATING THE INFLUENCE OF THE NEW CONSTRUCTION ON PERFORMANCE PROPERTIES OF THE TRACK PARAMETERS

**Zbryskii Mikhail** — engineer, master's student JSC Institute Giprostroymost, Moscow State University of Civil Engineering. Moscow, Russia.  
 SPIN-code: 4869-4420. Zmt.Work@mail.ru  
**Samko Aleksandr** — head of geotechnical team, JSC Institute Giprostroymost. Moscow, Russia.  
**Zaytsev Andrey** — associate professor «Track and track facilities» Department, Russian University of Transport (MIIT). Moscow, Russia.

**Abstract.** The article investigates the development of a method for evaluating the influence of the new construction on performance properties of the track parameters. It focuses on the method for evaluating the influence of the construction on the railway line that includes unevenness of the track and considers the initial condition of the rail lines. The results of the calculations carried out according to this method are given in the article. The article also suggests some methods of approximation of unevenness types.

The conclusions of the article pay attention to the importance of taking into consideration the current condition of the rail track and the necessity of the complex evaluation of track line deformations, but not the absolute value of the track settlement.

**Keywords:** evaluation of influence, new construction, geotechnical calculations, performance properties, unevenness of the track, construction of transport facilities, initial condition, method.

# НОВАЯ РОССИЙСКАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Складывающаяся в последние годы новая геополитическая обстановка на Евразийском континенте предопределила изменение транспортно-экономических связей, переориентировав их на Восток. Одновременно возрастает внимание к развитию российской транспортной сети в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Обращает на себя внимание разворачивающееся здесь новое железнодорожное строительство, особенно в Республике Саха (Якутия). При этом уместно отметить, что ведется оно в значительной степени на средства негосударственных инвесторов. Соответствующий опыт представляет несомненный интерес в связи с перспективами развития государственно-частного партнерства в нашей стране.

История появления частных железных дорог в современной России короткая. Первую из таких линий — однопутную железнодорожную дорогу протяженностью 158 км — построила Сибирско-Уральская алюминиевая компания (СУАЛ) для соединения Средне-Тиманского бокситового рудника в Республике Коми с железнодорожными дорогами общей сети для вывоза бокситов (открыта в 2002 г.).

Серьезным стимулом для развития железнодорожного строительства в Якутии и на Дальнем Востоке стала проблема транспортного обеспечения вывоза уникальных коксующихся углей Эльгинского камен-

ноугольного месторождения. Для этих целей была построена однопутная дорога II категории на тепловозной тяге, соединяющая промышленную станцию Эльга в районе угольного разреза (рис. 1) с магистральной сетью. Протяженность линии составила 317 км.

Строительство началось еще в 2000 г., но проблемы финансирования неоднократно приостанавливали работы, которые к тому же были достаточно сложны: пришлось проложить автомобильную дорогу, возвести 414 искусственных сооружений, в том числе 194 моста (первоначально предполагалось устроить два тоннеля, возвести 30 крупных и 150 малых железнодорожных мостов).

Несмотря на все сложности, линия общей протяженностью около 360 км, учитывая подъезд к обогатительному комбинату и станционное развитие, была открыта для движения в 2012 г., модернизирована в 2022 г. Она имеет четыре станции (две конечные — Эльга и Новый Улак и две промежуточные) и на сегодняшний день обеспечивает перевозку более 20 млн т грузов с доведением в ближайшее время до 30 млн т.

Однако только таким образом задачу с транспортировкой эльгинских углей не решить. Недостаточная провозная способность БАМа, даже с учетом проводимых сейчас и намеченных мероприятий по его усилению, ограничивает возможности справиться с этой проблемой. Верхнезейск, принимающий продукцию с Эльги, уже сегодня опережает по грузовой работе такие крупные углепогрузочные станции ДВЖД как Беркакит (основной грузоотправитель — «Якутуголь») и Чегдомын («Ургалуголь»). В связи с этим принято решение создать самостоятельный выход с Эльгинского месторождения к Тихоокеанской железной дороге (рис. 2), которая станет самой длинной частной железной дорогой в России.



Рис. 1. Трасса железной дороги Улак—Эльга

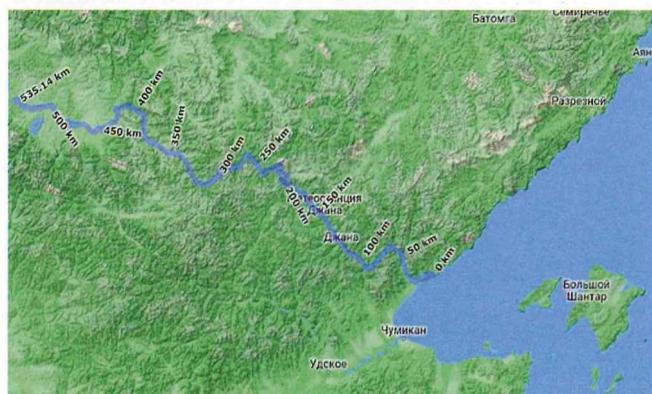


Рис. 2. Трасса Тихookeанской железной дороги

# БАМ. Полувековой юбилей

Нынешний год для железнодорожников и транспортных строителей, а также для всех жителей нашей страны, так или иначе связанных с Байкало-Амурской магистралью (БАМ), является особенным. Широко отмечается 50-летний юбилей со дня начала строительства БАМа — одной из важнейших транспортных артерий России. Грандиозный замысел сооружения новой магистрали стал реальностью благодаря самоотверженному труду обычных людей.

К этому замечательному событию инициаторы проведения торжеств готовились тщательно и с полной ответственностью. Центральным событием празднования юбилея можно считать мероприятия, состоявшиеся 23 апреля текущего года в Государственном Кремлевском Дворце. Президент Российской Федерации В.В. Путин поздравил ветеранов строительной и транспортной отраслей и вручил им государственные награды, а затем все собравшиеся с воодушевлением и огромным интересом посмотрели концерт с участием ведущих мастеров эстрады.

На рис. 3 показана, какой вид приобретает схема транспортного обслуживания Эльгинского месторождения в целом.

Новая линия будет иметь провозную способность 30 млн т грузов и соединит Эльгинское месторождение с новым угледорожным портом Эльга в районе мыса Манорский на побережье Охотского моря (у поселка Чумикан). Новый порт займет пятое место по объему перевалки угля в Российской Федерации. Терминал будет иметь пять причалов, часть из них сможет принимать суда дедвейтом до 55 тыс. т, а у некоторых причалов — до 85 тыс. т.

Протяженность Тихоокеанской железной дороги составит более 530 км, а с учетом разъездов и станций — 626 км. Несмотря на непростые природные условия (тайга и безлюдная местность), строительные работы, начатые в 2022 г., успешно продвигаются. На возведении дороги и порта занято 4000 вахтовых рабочих, на устройстве земляного полотна задействовано свыше 550 единиц специализированной техники. Строительство ведется круглосуточно. В августе 2023 г. уже было проложено более 200 км пути (140 км со стороны Эльги, 60 км — со стороны мыса Манорский в Хабаровском крае). В октябре 2023 г. объявили о завершении укладки первых

Сохранилась добрая традиция отправки специального поезда на БАМ и обратно. Вот и в этом году 1-го июля с Ярославского вокзала в Москве около 300 ветеранов БАМа, представителей СМИ и творческих коллективов отправились в город Тында. По пути их ждали митинги, выступления артистов, встречи. А 5 июля эстафетным поездом из Хабаровска в Тынду выехало более 300 человек. И 8 июля в 10 ч по московскому времени пассажиры двух поездов встретились в столице БАМа и отметили это знаменательное событие. Здесь также прошли торжественные мероприятия и концерты.

Сегодня с гордостью можно констатировать, что в строительстве магистрали приняли участие более 2 млн чел. Ее прокладывали люди 70 национальностей. Протяженность магистрали составляет 4287 км. БАМ — это 4242 моста и других искусственных сооружений. Дорога проходит через 63 города и поселка.

В рамках юбилейных мероприятий в честь 50-летия начала строительства Байкало-Амурской магист-



Рис. 3. Транспортное обеспечение вывоза эльгинских углей

250 км железной дороги. Возведены три самых сложных в инженерном отношении моста. Земляное полотно для второй половины дороги почти подготовлено. Предстоит строительство нескольких мостов, а также трех станций. После ввода Тихоокеанской железной дороги в эксплуатацию Эльгинское месторождение получит два выхода, а транспортная система России — самую протяженную негосударственную железную дорогу — более 1300 км и новый угледорожный порт.

КОСМИН В.В., КОСМИНА А.А.



Рис.1. Открытие площади строителей БАМа в Москве.  
Июнь 2024 г. (Фото В.В. Куликова)



Рис. 2. Ветераны БАМа собрались на открытии выставки в РУТ (МИИТ) (Фото А.Г. Кеткиной)



Рис.3. Экспонаты выставки, посвященной 50-летию БАМа в музее РУТ (МИИТ) (Фото Ю.М. Боровкова)

рали в Москве на Комсомольской площади состоялась встреча участников великой стройки века в связи с открытием площади строителей БАМа. Был организован небольшой митинг, на котором с приветственным словом выступил помощник Президента России И.Е. Левитин и президент Общероссийской общественной организации «Бамовское содружество» Е.В. Басин (рис. 1). Проходили мероприятия в Царской башне Казанского вокзала, где ветеранов стройки торжественно наградили юбилейными медалями «50 лет начала строительства Байкало-Амурской магистрали».

В мае текущего года в музее Российского университета транспорта (МИИТ) состоялось открытие выставки «Мы строим БАМ» (рис. 2), представленная в виде инсталляций, со всеми атрибутами палаточной жизни, личными вещами студентов и преподавателей, фотографиями, стенными газетами, выпускаемыми в те годы стройотрядами (рис. 3).

К юбилею БАМа творческий коллектив студии «Театр Почета» (г. Москва) выпустил спектакль «Дорога» (режиссеры Н.А. Малаев и Ю.Н. Перова-Краус), в основу которого легли воспоминания, дневники, стихи и рассказы бамовцев, в нем отражены факты из их жизни, грустные и смешные сюжеты. Многие из актеров — ветераны БАМа. Спектакль предлагается к показу, как правило, на сценических площадках домов культуры железнодорожников в Москве и других городах, в августе запланированы двухнедельные гастроли в регионы и на БАМ.

Праздничные мероприятия, посвященные 50-летию БАМа, прошли на полигонах всех российских железных дорог и во многих городах России.

### Из истории строительства

Об освоении Забайкалья и Приамурья наши соотечественники задумались еще в середине XIX в. Создание железнодорожной магистрали, соединяющей Восточную Сибирь и Дальний Восток, было лишь делом времени, так как здесь переплелось слишком много интересов.

В 1924 г. в СССР конкретно заговорили о необходимости строительства параллельной Транссибу железнодорожной магистрали. В 1930-е годы началась разработка проекта дороги с выходом к Тихому океану (рис. 4).

Здесь преследовались и стратегические цели, и учитывалась необходимость доступа к полезным ископаемым в регионах. В 1933 г. на станции БАМ (небольшой разъезд, построенный в 1932 г.) начали укладывать первые метры рельсов в северном направлении в сторону поселка Тындинский (в основном силами заключенных). Первого сентября 1937 г. был издан приказ НКВД СССР «Об организации стро-



Рис.4. Строительство участка БАМ–Тында. 30-е годы XX в.

ительства Байкало-Амурской железнодорожной магистрали». В связи с этим принято решение проложить дорогу от Тайшета до Советской Гавани. Приступили к укладке пути на меридиональных линиях, идущих от Транссиба. В 1937 г. началось движение поездов на участке БАМ–Тындинский, в 1938-м сдана в эксплуатацию ветка Волочаевка–Комсомольск-на-Амуре, в 1940 г. поезда пошли на участке Известковая–Ургал.

Во время Великой Отечественной войны пришлось разобрать уже уложенные пути, а рельсы направить на укладку магистрали вдоль Волги и рокадной железной дороги к Сталинграду. К 1942 г. сообщение на построенных участках прекратилось.

Вместе с тем в 1943 г. Государственный комитет обороны СССР нашел возможность начать ускоренную укладку железной дороги Комсомольск-на-Амуре–Советская Гавань протяженностью 440 км, и в июле 1945 г. участок линии вступил в строй.

Создание БАМа продолжалось и после войны. В 1947 г. была открыта линия Тайшет–Братск, а в 1951-м ее довели до станции Лена (г. Усть-Кут). Правда, окончательный ввод в эксплуатацию этого участка произошел только в 1958 г.

Послевоенное восстановление БАМа, конечно, было сопряжено с рядом сложностей: проблемы с привлечением рабочей силы, вечная мерзлота, сложный рельеф, резко-континентальный климат, трудно проходимая местность и многое другое. В конце 1950-х г. к уже известным проблемам добавилась сейсмическая активность: в зоне магистрали произошло сразу семь землетрясений силой от 7 до 10 баллов. Самое мощное из них — Муйское, силой 10–11 баллов, вызвавшее образование системы трещин и разломов протяженностью около 300 км, сдвиг русел рек, обрушение горных склонов. Институт земной коры сибирского отделения АН СССР начал сейсмологические исследования по трассе БАМа. Работы на Байкало-Амурской магистрали застопорились почти на десять лет. Лишь в 1967 г. вышло постановление о возобновлении проектной деятельности.



Рис. 5. Проводы стройотрядов на БАМ

Самый активный период в жизни магистрали начался в 1974 г., когда на XVII съезде ВЛКСМ БАМ был объявлен Всесоюзной ударной комсомольской стройкой, и будущие бамовцы (первый отряд был сформирован прямо на съезде) отправились из Кремлевского дворца сразу на Ярославский вокзал, чтобы отбыть к месту дислокации (рис. 5). Ребята и девчонки со всех концов страны отправились в неизведанные дали «за туманом и за запахом тайги». К работе на БАМе были привлечены лучшие представители всех союзных республик СССР. Перед каждой республиканской комсомольской организацией стояла конкретная целевая задача. К строительству восточной части БАМа подключились железнодорожные войска.

Особую роль на БАМе сыграли студенческие строительные отряды (ССО). Конкурс, чтобы попасть в отряд, доходил до 300 человек на место.

БАМ был сдан в эксплуатацию в 1988 г. А финальную точку поставлена в 2003 г. открытием Северомуйского тоннеля.

В 1997 г. Байкало-Амурская железная дорогу, самую молодую в стране, современную, мощную магистраль, расформировали. Сами руководители МПС говорили: «У нас таких дорог — раз-два и обчелся!». Но БАМ посчитали убыточным предприятием, даже называли «дорогой в никуда» и «самым длинным памятником застою». Она исчезла с карты железных дорог России и вошла в составы двух действующих магистралей — Восточно-Сибирской и Дальневосточной.

Однако жизнь доказала обратное: магистраль сегодня снова набирает обороты, уже сейчас «задыхается» от грузопотоков, и государство принимает экстренные меры, чтобы увеличить ее пропускную способность.

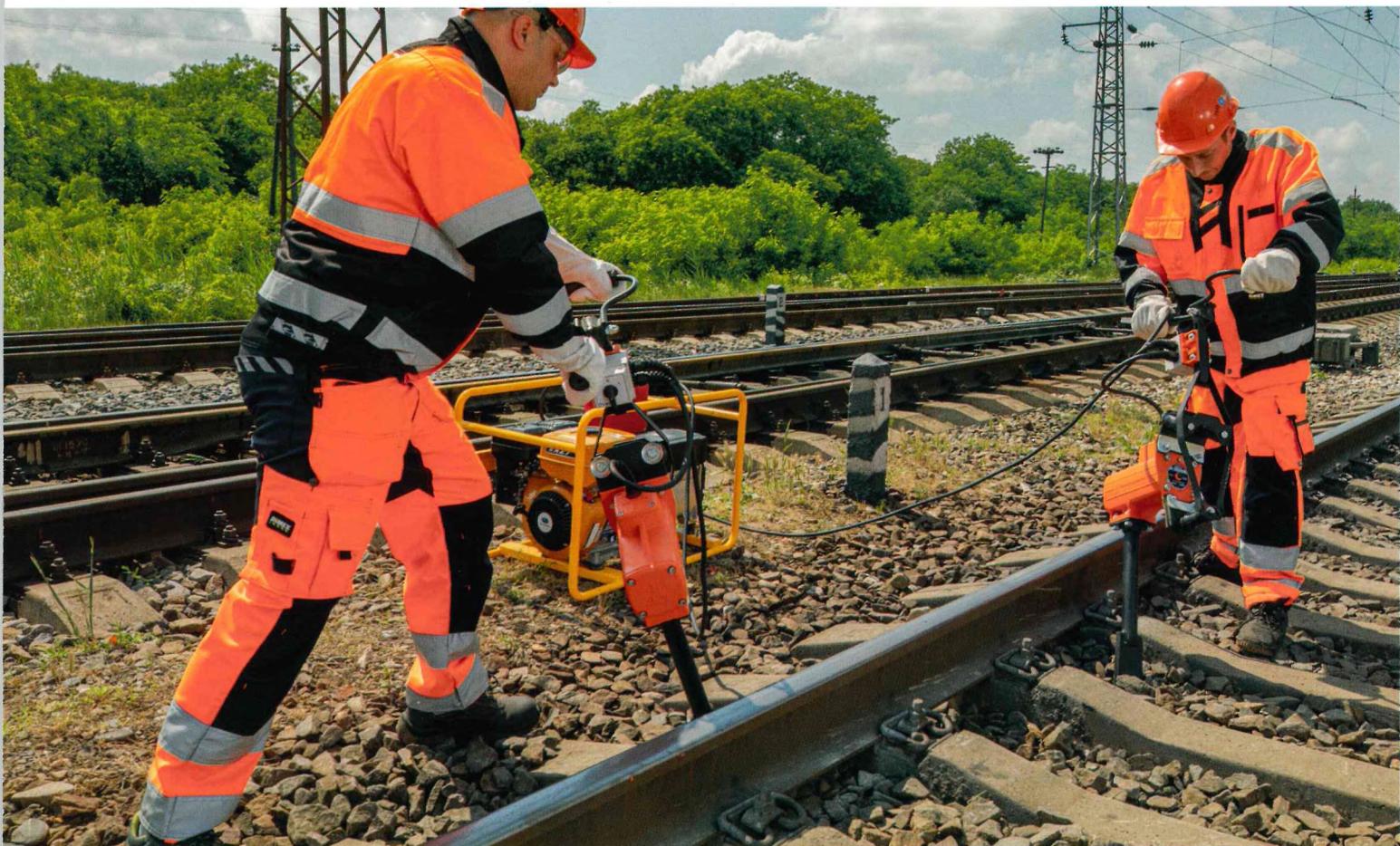
БОРОВКОВ Ю.М.,  
Почетный транспортный строитель, ветеран БАМа,  
КЕТКИНА А.Г.



Кубаньжелдормаш  
Завод основан в 1933 году

# ШПАЛОПОДБОЙКА ВИБРАЦИОННАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ШПВЭ-2М

ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ БАЛЛАСТА ПОД ШПАЛАМИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ, ВСЕХ ВИДАХ РЕМОНТА И ТЕКУЩЕМ СОДЕРЖАНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ И СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ ВНЕ ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ШПАЛ



**ВНИМАНИЕ!** мы проектируем и производим профессиональные электрические шпалоподбойки для путейцев, а не присоединяя к строительным вибраторам подбойники как «гаражные производители»!

На правах рекламы

- Эффективное и качественное уплотнение балласта
- Минимальная вибрация на рукоятках за счёт тройной системы амортизации
- Наличие выключателя обеспечивает удобство и безопасность при работе, а также позволяет отключить инструмент при переходе с одного шпального ящика на другой, при этом сокращается негативное воздействие вибрации на оператора
- Специализированные подбойники, изготовленные из износостойкой конструкционной стали с последующей цементацией (HRC 56-60 ед.), что увеличивает их долговечность в три раза по сравнению с аналогами
- Антивибрационные рукавицы в комплекте
- Сделано в России
- Гарантийное и постгарантийное обслуживание заводом-изготовителем «Кубаньжелдормаш»

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