



ISSN 0131-5765

- НА КОНФЕРЕНЦИИ В НИЖНЕМ НОВГОРОДЕ
- КАК СОКРАТИТЬ КОЛИЧЕСТВО ОГРАНИЧЕНИЙ
- УСТРОЙСТВО КСТП-01 ДЛЯ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ
- ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЛЬСОШЛИФОВАЛЬНЫХ ПОЕЗДОВ
- С ПОМОЩЬЮ ПОДШПАЛЬНЫХ ПРОКЛАДОК
- ДВЕ СИСТЕМЫ ДЕФЕКТОСКОПИИ НА МОБИЛЬНОМ СРЕДСТВЕ



# ТРАССИРОВАНИЕ НОВЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ В СИБИРИ И НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ



**ПЕРЕСЕЛЕНКОВ Г.С., академик  
РАТ и МАНЭБ, докт. техн. наук**

В Единой транспортной системе России сухопутные виды транспорта — железнодорожный и автомагистральный — занимают ведущую роль в развитии межрегиональных и международных экспортных связей.

При примерно равных ресурсных затратах на строительство километра железной дороги и автомагистрали предпочтение отдается железным дорогам, если протяженность грузопотока составляет 1000 км и более, при исчерпании возможностей сети в области совершенствования логистики в допустимом диапазоне влияния климатических условий, рельефа местности на трассе и стабильных объемах грузоперевозки.

К таким регионам относятся зоны освоения территорий Восточной Сибири, Забайкалья, Якутии и, прежде всего, Дальнего Востока — от Северного Ледовитого океана до китайской границы.

К маршрутам протяженностью 1000 км и более внутри страны могут относиться широтные направления с использованием Транссибирской магистрали, БАМа, Трансполярной магистрали, находящейся в стадии строительства. Такие протяженные магистрали в ходе развития территорий очень быстро оказываются загруженными до предельной мощности (провозной и пропуск-

ной способности), что приводит к необходимости поиска дополнительных путей транспортного обслуживания регионов. Возникает необходимость развития сети в пределах территории региона, что требует времени, финансовых и материальных ресурсов. Возможное решение — привлечение инвестиций.

Можно рассчитывать, что инвестиционную привлекательность поэтапного наращивания сети дорог в этих регионах будет оказывать переход к рублевым расчетам за экспортные поставки из них.

Натуральные продукты при этом пока можно оценивать по энергоемкости и сравнению энергозатрат при их добыче и использовании. В частности, это нефть и газ из месторождений в Охотском море, уголь из Нерюнгринского, Райчихинского и Эльгинского бассейнов, лес, рыба и морепродукты.

Научными исследованиями и рекогносцировочными изысканиями прежних лет выявлены перспективные трассы: Якутск—Хандыга—Магадан—Пенжинская ГЭС—Камчатка, Зея—Чумикан, Березовая—Чумикан—Охотск—Магадан, Кругликово—Сукпай—Самарга и др.

Проводившиеся в последние годы научные разработки в области технического прогресса в динамической части системы железной дороги — локомотиво- и вагоностроения, СЦБ и связи — показали возможность поиска значительных резервов и в статической части системы железной дороги, в первую очередь, в пересмотре основных параметров нормативной базы: увеличение руководящего уклона вплоть до 40‰; уменьшение допустимого минимального радиуса кривых до 250 м, допустимой разницы сопрягаемых уклонов и назначений радиусов вертикальных кривых.

Опытное экспериментальное трассирование показывает, что усовершенствование нормативной базы позволит существенно сократить сметную стоимость новых железных дорог при трассировании и уменьшить их ресурсоемкость.

На рисунках представлен экспериментальный обход на полигоне ЦНИИС ( $i = 100 ‰$ ,  $R = 32$  м).

Опираясь на опыт строительства железных дорог, можно принять такие льготные нормы трассирования как временные с корректировкой трасс при нарастании грузопотоков, по принципу «дорога сама себя строит».

Перечисленные выше трассы новых участков развития сети Дальневосточных, Северных и Сибирских регионов при определении этапности их создания тесно связаны и с этапностью развития портов на внутренних морях России — Охотском и Шантарском, а также на Сахалине и на Японском море.

## Список источников

1. Переселенков Г.С. Развитие транспортной сети на Севере Дальнего Востока // Путь и путевое хозяйство. 2022. № 3. С. 33—34.
2. Переселенков Г.С. Возможности совершенствования транспортной системы на Севере Дальнего Востока // Транспорт Российской Федерации. 2020. № 2 (87). С. 16—21.
3. Переселенков Г.С. Перспективы развития Единой транспортной системы в Полярной зоне России // Транспортное строительство. 2017. № 11. С. 4—7.
4. Переселенков Г.С. Перспективные направления развития транспортных коридоров Саха (Якутия) Северо-Востока и Дальнего Востока // Транспортное строительство. 2002. № 12. С. 16—18.





Учредитель — ОАО «Российские железные дороги»

Научно-популярный  
производственно-технический  
журнал

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

Главный редактор С.В. ЛЮБИМОВ

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А.Г. АКОПЯН, Е.С. АШПИЗ, д.т.н.,  
В.П. БЕЛТЮКОВ, д.т.н.,  
Л.С. БЛАЖКО, д.т.н.,  
В.М. БОГДАНОВ, к.т.н.,  
Ю.А. БЫКОВ, д.т.н.,  
В.Б. ВОРОБЬЁВ, к.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.,  
Т.В. ШЕПИТЬКО, д.т.н.,  
А.С. ЯНОВСКИЙ

#### РЕДАКЦИЯ

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

#### Телефоны:

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

#### Адрес редакции

107996, Москва, Рижская площадь, д. 3  
Телеграфный адрес: Москва, РЖ Путь  
e-mail: pph@inbox.ru  
Сайт: <http://pph-magazine.ru>  
Электронная версия журнала: <http://elibrary.ru>;  
<https://public.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 30.08.2022  
Формат 60x84 1/8. Офсетная печать.  
Усл. печ. л. 4,9. Уч.-изд. л. 8,43.  
Заказ № 22066 от 29.08.2022  
Отпечатано в типографии ЗАО «Алгоритм +»,  
420044, г. Казань, пр. Ямашева, д. 36

# В НОМЕРЕ

**Яновский А.С.** — На сетевой конференции в Нижнем Новгороде..... 2

**Содержание, ремонт и реконструкция**  
**Зензинов Б.Н., Мелихов С.Н.** — Как сократить количество ограничений скорости движения поездов .... 7

**Ермоченко А.И., Кирпичников К.А.,**  
**Непомнящих Е.В.** — Альтернативная система контроля состояния плетей бесстыкового пути..... 14  
**Новакович В.С., Залавский В.Н., Карпачевский В.В.** — О способе обнаружения неустойчивого места на бесстыковом пути..... 16

#### Путевая техника

**Ильиных А.С., Пикалов А.С., Юркова Е.О. и др.** — Оценка эффективности использования рельсошлифовальных поездов..... 19

#### Конструкции и сооружения

**Коссов В.С., Протопопов А.Л., Волохов Г.М. и др.** — Расчетная оценка остаточных напряжений в алюминотермитных стыках рельсов ..... 23

**Смирнов В.А., Гаральд Лой, Мартин Квирчмайр** — Увеличение срока службы изолирующих стыков с помощью подшпальных прокладок..... 28

**Шишкина И.В.** — Статистика и контроль качества стрелочной продукции ..... 32

#### Контроль и диагностика

**Тарабрин В.Ф., Кисляковский О.Н., Чистякова О.Е. и др.** — Единый диагностический комплекс — две системы дефектоскопии..... 34

#### Из истории транспорта

**Гарифьянов Ф.М.** — Защитные лесонасаждения на Южно—Уральской дороге ..... 38

**Кеткина А.Г.** — Фотоконкурс РЖД — 2022 ..... 40

### На обложке

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

# НА СЕТЕВОЙ КОНФЕРЕНЦИИ В НИЖНЕМ НОВГОРОДЕ

Автор: ЯНОВСКИЕ А.С.

Первое полугодие 2022 г. уже миновало, и в связи с этим руководство Управления пути и сооружений организовало сетевое совещание, чтобы оценить результаты деятельности путевого комплекса на данном этапе, поделиться опытом и решить ряд насущных проблем. Участники форума съехались в Нижний Новгород в конце июля, где были радушно встречены горьковскими коллегами. Начальник службы пути Горьковской дороги А.Н. Кузнецов и его команда активных помощниц окружили заботой каждого гостя. Едва нога прибывающего касалась платформы на выходе из вагона или асфальта аэропорта по прилете, как его уже ждали, чтобы самым комфортным образом доставить в гостиницу на берегу Оки, совсем недалеко от знаменитой Стрелки - места слияния Волги и Оки.

Путейцам всегда есть о чем поговорить в кругу коллег, поэтому контакты начались в день заезда задолго до официальной части и проходили в неформальной обстановке.

Рабочая часть конференции началась с утра следующего дня (рис. 1), и выступления докладчиков осветили современное положение путевого хозяйства. По традиции совещание открыли хозяева-нижегородцы - начальник Горьковской дороги **С.А. Дорофеевский** и начальник Горьковской дирекции инфраструктуры **А.Л. Власов**. Они напомнили о юбилее дороги, которой в этом году исполняется 160 лет - 1 августа 1862 г. в 15 ч из Нижнего Новгорода отправился первый пассажирский поезд, открыв движение по Московско-Нижегородской дороге.



Рис. 1. Президиум сетевого совещания. Слева направо: начальник Управления пути и сооружений ЦДИ Д.В. Залива, заместитель начальника ЦДИ С.В. Максимцев, начальник Горьковской дирекции инфраструктуры А.Л. Власов

В настоящее время развернутая длина путей Горьковской дороги насчитывает 11,5 тыс. км, которые протянулись по территориям восьми областей. Грузовые и пассажирские перевозки, осуществляемые дорогой, обслуживают нужды Среднего Поволжья и Предуралья, связывают центральные и северо-западные районы России с Уралом, открывают выход в Сибирь и на Дальний Восток. Из-за столь выгодного расположения дороги грузооборот постоянно возрастает - несмотря на трудности периода пандемии, удалось наладить работу с 50 новыми грузоотправителями.

Кроме грузов промышленного и сельского хозяйства, которое очень развито в прилегающих к дороге регионах, нарастает пассажирское движение, так как Нижний Новгород за последние годы превратился в полноценный исторический объект. Совсем недавно - в прошлом году - торжественно отмечалось 800-летие города, и к этой дате были приурочены масштабные работы по реставрации древнего центра, в том числе кремля, что и позволило запустить туристические потоки в Нижний из других регионов России. Буквально в начале июля текущего года реализовано движение скоростного поезда «Ласточка» по маршруту Нижний Новгород-Киров протяженностью 456 км, открыты пригородные перевозки на участке Мыза-Кстово, построен виадук на перегоне Черная речка-Пудлинговый, организовано кольцевое сообщение с Казанью, что значительно увеличило пассажиропоток на дороге.

Все это повышает ответственность путейцев за безопасность движения и соблюдение графика поездов. Текущее содержание пути определяет, насколько ритмично будут работать стальные артерии страны. От совершенствования методов ремонта и содержания пути зависит число и продолжительность «окон», сокращение участков с ограничением скорости - все эти факторы самым непосредственным образом влияют на благополучие железнодорожной отрасли. Путевой комплекс - ключевое звено ОАО «РЖД».

Заместитель начальника Центральной дирекции инфраструктуры **С.В. Максимцев** рассмотрел результаты работы подразделений путевого хозяйства за последние шесть месяцев. За этот период выполнены ключевые показатели деятельности, в частности верхнее строение оздоровлено всеми видами ремонта и реконструкции на 2022,6 км (108,1 % к плану).

Руководство ОАО «РЖД» уделяет особое внимание результатам рейтинга дорог по итогам выполнения ими основных показателей работы. По предварительным сведениям в пятерку лидеров вошли Калининградская, Куйбышевская, Южно-Уральская, Северная и Восточно-Сибирская дороги. В нижней части рейтинговой таблицы оказались отстающие - Приволжская, Свердловская (допущено крушение) и Западно-Сибирская (три схода при поездной работе) дирекции инфраструктуры. Динамика рейтинговой оценки показывает, что ряд дирекций кардинально улучшили свои результаты по сравнению с 2021 г. Так, Куйбышевская дорога повысила свою оценку аж на 11 позиций, перейдя из отстающих (13-е место) в передовые (второе место), Южно-Уральская - на шесть позиций (с девятого на третье место), Юго-Восточная и Восточно-Сибирская - на пять.

Особенно радует, что немного подтянулись дороги с традиционно низкой рейтинговой оценкой - Забайкальская перешла с 16-го на 13-е место, Дальневосточная - с 14-го на 12-е.

Наряду с этими достижениями некоторые дороги допустили крутое падение своей оценки - например, Приволжская с ведущего третьего места опустилась на 16-е (сход при поездной работе, случай производственного травматизма со смертельным исходом, значительное увеличение числа отказов технических средств).

В текущем году на сети запланировано оздоровить всеми видами ремонтов 4400 км пути (на 541 км меньше, чем в прошлом), в том числе на Восточном полигоне 1383,4 км (на 69,4 км больше, чем в 2021 г.). По состоянию на 1 июля годовой план выполнен на 46 %, а на Восточном полигоне - на 37,7 %, что объясняется передислокацией ПМС-249 из-за мерзлого грунта с участка Аям-Золотинка на Гилюй-Могот, а также изменением плана работ (приоритетное выполнение ремонтов на Транссибе).

Весной, в мае, применение инновационной технологии позволило установить рекордную производительность при капитальном ремонте пути на перегоне Ростов-Ярославский-Семибратово Северной дороги: в суточное «окно» уложено 10 км пути, за 21 ч заменено четыре стрелочных перевода. В результате сэкономлено более 10 ч «оконного» времени по сравнению со стандартной технологией.

В июне произошли задержки поездов по причине отступлений в содержании бесстыкового пути на Забайкальской, Красноярской и Северо-Кавказской дорогах. В период максимальных температур необходимо принять меры для минимизации рисков возможного выброса:

проверить участки бесстыкового пути, где производились работы с ослаблением устойчивости рельсошпальной решетки;

провести внеочередной осмотр участков, где выявлялись неисправности, указывающие на неудовлетворительное содержание бесстыкового пути;

ежесменно проводить анализ с принятием мер по проходам средств диагностики с видеофиксацией состояния пути, своевременно принимать решение о запрещении работ, связанных с нарушением устойчивости пути;

провести внеочередные технические занятия по эксплуатации бесстыкового пути с принятием зачетов.

По итогам первого полугодия заметно снижено число потерь поездо-часов из-за отказов технических средств и нарушений технологической дисциплины - на 30 % по отношению к прошлому году, в том числе на Восточном полигоне - на 40 %. Необходимо продолжить выполнение адресных мероприятий, направленных на сокращение нарушений при эксплуатации рельсовых цепей: установку приварных и пружинных рельсовых соединителей в токопроводящих стыках, увеличение числа изолирующих стыков с металлокомпозитными накладками вместо композитных.

Подробный анализ современного состояния путевого хозяйства дал в своем докладе начальник Управления пути и сооружений **Д.В. Залива**. Для начала он акцентировал внимание слушателей на положении, что XXI в. - это век технологий, и нельзя об этом забывать. На практике очень часто приходится убеждаться в эффективности или, напротив, неэффективности той или иной технологии. Так, при рабочих поездках и встречах с руководителями дистанций нередко можно наблюдать следующую картину: у одного все в порядке и с балловой оценкой, и с безопасностью движения, и с техучебой сотрудников, а у другого - все наоборот, полное неблагополучие по всем показателям. Хотя ресурсы одни и те же, условия схожи, т. е. возможности одинаковы, но на выходе совершенно разные результаты. А все потому, что один начальник придерживается верной технологии в организации работы коллектива дистанции, а другой - неверной или даже никакой. Это говорит о важности управленческой деятельности руководителя.

К сожалению, на сети продолжается прирост просроченных ремонтами километров пути. И это несмотря на изменение подхода к формированию плана ремонта путей 3 и 4 классов по фактическому состоянию (на них ремонт теперь назначается по дополнительным критериям - выходу рельсов, наличию дефектных шпал и узлов скреплений, среднему количеству неисправностей на 1 км), что позволило снизить протяженность главного пути с просроченным капитальным ремонтом до 22,1 тыс. км. Тем не менее ожидается, что к концу года сеть прирастет на 700 км «просрочки», а это повышает риски - 50 % сходов, допущенных в последнее время в организованных поездах, произошли на километрах с просроченным капитальным ремонтом. Поэтому имеющиеся в службе пути ресурсы надо, прежде всего, направить на эти участки.

Качественная оценка состояния пути по итогам 6 месяцев 2022 г. составила 4,26 балла при плановом задании 4,15. Три дирекции инфраструктуры содержат путь с оценкой «отлично»: Калининградская, Северная, Западно-Сибирская (рис. 2).



Рис. 2. Выполнение плана балловой оценки состояния пути по дорогам (из презентации Д.В. Заливы)

В текущем году при целевом задании 99 нарушений безопасности движения на хозяйство пути отнесено 88 (в прошлом году 106).

При разборе нарушений выясняется, что основной причиной выступает нарушение технологии работ - до 40 % случаев. Если анализировать причины

сходов, то кроме нарушения технологии велика доля отклонений в геометрии рельсовой колеи и потери устойчивости бесстыкового пути. Что касается причин сходов при маневрах, то тут первое место принадлежит нарушениям геометрии колеи и кустовой гнилости шпал.

Установлено, что при сходах реализуются пять основных рисков содержания пути:

неустойчивое состояние бесстыковой конструкции;

опасность излома композитных накладок в изолирующих стыках;

неудовлетворительное состояние кривых «на дереве» на путях приема-отправки;

превышение норм износа элементов стрелочных переводов;

деформации земляного полотна.

За мониторингом перечисленных рисков и мероприятиями по их блокированию закреплены ответственные руководители ЦП.

Управление пути и сооружений совместно с ЕВРАЗом ведет постоянную работу по улучшению качества рельсовой продукции, так как число изломов рельсов на сети растет - за 6 месяцев текущего года 83 случая, в основном на Свердловской, Забайкальской и Дальневосточной дорогах. Основные причины известны - дефекты сварных швов (31 излом), коррозионно-усталостные трещины в подошве (22), дефекты усталостного характера в головке (10).

Дефектность рельсов вызывает увеличение мест временного восстановления рельсовых плетей - на 22.07.2022 таковых насчитывается 301761. С начала года удалось ликвидировать 17755 мест, из которых 15309 при смене плетей и 2446 сваркой. Планируемые объемы сварки на 2022 г. не дают возможности сократить рост количества мест временного восстановления (алюминотермитная - 5078 стыка, электроконтактная - 11000).

Переломить ситуацию возможно за счет наращивания темпов сварки стыков и применения технологии алюминотермитной наплавки TNR. Технология TNR очень выгодна, так как позволяет не вырезать дефектный кусок рельса из плети, а обходиться лишь удалением поврежденного фрагмента из головки и ее наплавкой. Поэтому целостность плети не нарушается, температура ее закрепления не теряется. Можно сказать, что эта перспективная технология направлена на уход от поверхностных дефектов головки без особых затрат. Пока на сети действует всего лишь 13 бригад, реализующих технологию TNR, чего явно недостаточно, но уже выделен бюджет на закупку 1273 комплектов оборудования TNR. Параллельно необходимо обучать персонал.

Что касается алюминотермитной сварки стыков, то конкурсные процедуры признаны несостоявшимися, поскольку на конкурс не поступило ни одной заявки. Значит, Управлению пути и сооружений остается выходить из создавшегося положения своими силами. На данный момент ЦП располагает 30 бригадами, ведущими сварку АЛТС, и это число будет увеличено в разы в



ближайшие годы. Принято решение к 2024 г. обучить профессии «сварщик стыков АЛТС» 435 работников дистанций пути, уже заключен договор на поставку 112 комплектов оборудования. Это позволит создать до 10 бригад на каждой дороге со сваркой до 30 тыс. стыков в год в масштабах всей сети. Такими мерами будет остановлен рост количества мест временного восстановления плетей бесстыкового пути.

Для минимизации рисков эксплуатации бесстыкового пути необходимо знать температуру закрепления плетей. Недавно разработанный ООО «Информационные технологии» прибор УОТЗ (устройство для определения фактической температуры закрепления плетей) может оказаться очень полезным для путейцев линейных подразделений. Для подконтрольной эксплуатации уже закуплено 50 УОТЗ, но пока нельзя сказать, что устройство себя положительно зарекомендовало - испытания на СевероКавказской дороге не доказали его эффективности.

На сегодняшний день наиболее результативный контроль за состоянием бесстыкового пути осуществляет информационноаналитическая система комплексной диагностики и мониторинга железнодорожной инфраструктуры (СДМИ, разработчик ООО «Фирма ТВЕМА»), входящая в состав ЕК АСУИ.

Ситуация с земляным полотном постоянно ухудшается - число деформаций из года в год возрастает. При разборе причин деформативности полотна на конкретном участке очень часто выясняется, что требовалось лишь своевременно чистить водоотводные каналы. Для этого нужна специальная техника, в частности экскаваторы на комбинированном ходу. Потребность сети в таких экскаваторах - 300 единиц, а по факту имеется только 170. В ближайшие три-пять лет необходимо доукомплектовать парк экскаваторов, поставив (с учетом обновления) около 150 единиц.

В ближайшие годы будет увеличено число участков по содержанию земляного полотна - к 2030 г. каждая дистанция должна иметь такой участок.

Состояние искусственных сооружений тоже вызывает озабоченность. Например, на участке Туапсе-Адлер 26 % ИССО имеет неудовлетворительную оценку. При содержании ИССО всегда надо сопоставлять тяжесть риска его отказа и вероятность риска, понимая, что обрушение большого моста ведет к катастрофическим последствиям - его восстановление может длиться до полугода.

В этом году ЦП закупает партию квадрокоптеров - это будут «глаза» Управления пути и сооружений для мониторинга содержания объектов, а также лазерные сканеры, которые помогут поднять контроль за состоянием искусственных сооружений на новый уровень.

Анализ организации и планирования работы техники на комбинированном ходу показал, что начальники служб пути дорог недооценивают значение экскаваторов КГТ, которые используются недостаточно. Например, на Северо-Кавказской дороге экскаваторы (9 единиц) задействованы лишь на 25 %, на Юго-Восточной (12) и Приволжской (16) - на 28 %. Восточно-Сибирская бьет

все отрицательные рекорды - там KGT (14) используется на 18 %. А ведь при правильном применении экскаватор KGT с соответствующей насадкой способен заменить до 100 шпал в день, участвовать в замене рельсовых плетей и выполнять ряд иных работ текущего содержания пути, в том числе в полосе отвода. Управление пути и сооружений будет добиваться увеличения числа экскаваторов на комбинированном ходу на сети, чтобы каждая дистанция была оснащена этой техникой.

Много споров приходится слышать по поводу машины РОИН Р700 - мол, она, якобы, неэффективна. Это ошибочное мнение, РОИН Р700 при разумной организации работ способна выполнять обширный перечень действий от уборки рельсов и шпал с полотна до нарезки и прочистки кюветов ковшом-планировщиком. Она также может укладывать водоотводные лотки с высокой производительностью.

В качестве механизации трудоемких операций при текущем содержании пути предлагается использовать следующие средние и малые путевые машины: PST16SW Plasser & Theurer (шпалоподбивочная), MRT 2/4 SR Geismar (для замены шпал), ВПМ (для устранения локальных выплесков). Обладая высокой производительностью, эти агрегаты в три-четыре раза дешевле тяжелых путевых машин и могут перебрасываться с точки на точку на КАМАЗе, им не надо предоставлять путь для передислокации.

Что касается малой механизации, то тут должно быть устранено несоответствие между фактическим положением и бюрократической отчетностью: по результатам инвентаризации все путевые подразделения оснащены механизированным инструментом на 120 %, а на деле мастера и бригадиры жалуются на его нехватку. Нужна объективная информация. Дело в том, что отремонтированный инструмент залеживается на базах ДПМ, плохо действуют логистические цепочки. Вообще не должно быть такой ситуации, когда ради замены резиновой прокладки домкрат отправляют за тысячу километров. Простой ремонт должен выполняться на местах.

Предстоит большая работа по оборудованию неохранных переездов шлагбаумами. За границей это норма, и Управление пути и сооружений приняло решение последовать мировому опыту. Конечно, это связано с финансированием. Но уже к концу этого года 15 неохранных переездов обретут шлагбаумы, которые без участия человека будут регулировать движение, и увеличение их количества продолжится в следующем году. К 2030 г. планируется оборудовать шлагбаумами около 450 неохранных переездов.

В заключение Д.В. Залива остановился на необходимости повышать компетенцию руководителей низшего и среднего звена - бригадиров пути и дорожных мастеров. Следует полностью пересмотреть систему техучебы, которая имеет значительные перекосы. Например, по современным нормам дорожный мастер должен проходить занятия по повышению квалификации раз в пять лет. Этого явно недостаточно. Дорожный мастер каждый год должен повышать свой уровень в учебном центре на курсах продолжительностью 72 ч с отрывом от производства. По окончании учебной программы он должен быть

протестирован на предмет усвоения знаний и только после этого получить допуск к исполнению обязанностей.

Начальник службы пути Октябрьской дирекции инфраструктуры **Д.В. Пуртов** высказал свои предложения по изменению системы организации текущего содержания пути.

В частности, он полагает, что системы видеофиксации, которыми ныне оснащены мобильные средства диагностики, достаточно информативно передают состояние рельсовой колеи, позволяя обнаружить все те неисправности, которые ранее отмечались при визуальном осмотре: дефектные скрепления, выплески и иные нарушения в стыковой зоне, подвижки плетей по маячным шпалам, загрязненность щебня и т. д. А это означает, что на маршрутах следования диагностических вагонов становятся излишними контролеры состояния пути, их следует перевести в разряд бригадиров или монтеров пути, пополнив бригады. Если действие систем видеофиксации распространить и на станции, например, установив необходимые устройства на маневровый тепловоз или путейскую дрезину, то это позволит высвободить еще больше контролеров, которые заняты промерами и осмотрами стрелочных переводов и станционных путей. На Октябрьской дороге сейчас числится 262 контролера состояния пути и перевод значительной их части в бригаиры и монтеры увеличит долю полезного времени на путевые работы и повысит производительность труда.

Следующее предложение Д.В. Пуртова по улучшению организации текущего содержания пути касалось создания на дороге мобильной комплексной бригады, которая будет работать в створовых «окнах», предоставляемых ДРП для капитального ремонта пути. Это позволит без опасности передержки «окна» выполнять большой объем работ текущего содержания от замены крестовин и иных элементов стрелочных переводов на станциях до разрядки и ввода плетей в оптимальный температурный режим на перегонах.

Еще одна мысль, направленная на рационализацию системы текущего содержания, - передать функцию сигналистов на аутсорсинг. На Октябрьской дороге списочная численность сигналистов составляет 617 чел. Все ли они заняты ограждением работ текущего содержания пути? Анализ деятельности сигналистов на дороге показал, что 30 % их занятости уходит на сопровождение дефектоскопных и путеизмерительных тележек, 14 % - на отвлечение по ограждению фронтов капитального ремонта пути, 7 % - на ограждение участков работы машин тяжелого типа. Итого собственно на ограждение бригад дистанций пути остается менее половины общего рабочего времени - 49 %. Это подтверждает нерациональность отвлечения монтеров пути, обученных на сигналистов, на обеспечение безопасных условий труда - этим может заниматься сторонняя организация.

Необходимость периодического ремонта проезжей части железнодорожных переездов остается «головной болью» руководителей дистанций пути. Подобный ремонт, зачастую выполненный некачественно, вызывает справедливые нарекания надзорных органов (штрафы), автовладельцев и

профессиональных шоферов. Выйти из неблагоприятной ситуации позволит создание комплексной специализированной бригады по ремонту переездов, оснащенной необходимой техникой: асфальтоукладчиком, виброкатком, дорожной фрезой, нарезчиком швов и т. д. На Октябрьской дороге в прошедшем году создана такая бригада, что позволило в первое полугодие 2022 г. качественно заасфальтировать 76 переездов. Этот опыт следует перенять и другим дорогам.

Начальник службы пути Западно-Сибирской дирекции инфраструктуры **Д.А. Холодилов** посвятил свой доклад проблемам содержания бесстыкового пути. Путьцам в Сибири приходится работать в непростых условиях, что ведет к высокой текучести кадров - сменяемость дорожных мастеров на Западно-Сибирской дороге в 2021 г. достигла 30 %, бригадиров пути - 23,3 %. А если взять более продолжительный временной отрезок - три года, то за этот срок сменяемость руководителей путейских подразделения составила 52,1 %.

Содержание бесстыковой конструкции пути требует высокой компетенции работников, а если она недостаточна, неизбежны ошибки и просчеты. Анализ численности руководителей среднего звена, прошедших обучение по эксплуатации бесстыкового пути, показал невысокие результаты: из 386 дорожных мастеров обучены 169, из 80 начальников участков - 31, т. е. всего 42 % руководителей. Необходимо повышение профессиональных знаний сотрудников, занятых содержанием бесстыкового пути.

Бесстыковой путь очень чувствителен к изменению температурных напряжений в рельсовых плетях. Нарушение установленной температуры закрепления плетей может произойти по целому ряду причин - это и возникновение, а потом ликвидация сваркой мест временного восстановления плетей, и работа путевых машин, и недостаточный объем щебня в призме, и дефектность скреплений, и т. д. Если прибавить к этому перечню некомпетентность работников, которые разрядку напряжений в плетях выполняют с нарушениями технологии, то проблем становится еще больше.

Рост участков, просроченных капитальным ремонтом (28,8 % от общей протяженности дороги), прослеживается как в увеличении выхода острорельсовых и дефектных рельсов, так и в количестве временно восстановленных мест и, как следствие, приводит к повышению трудозатрат при снижении штатной численности персонала. Необходимо рассмотреть возможность актуализации расчета контингента монтеров пути с вводом добавочного коэффициента на содержание мест временного восстановления.

На Западно-Сибирской дороге очень велика доля бесстыкового пути на скреплении КБ, которое, в отличие от упругих типов скреплений, содержит клеммные и закладные болты - на каждой шпале восемь резьбовых соединений, требующих периодического подкрепления. При нарушении графика протяжки плетей может потерять установленную температуру закрепления. Однако ввиду нехватки трудовых ресурсов подтяжка скреплений (рис. 3) практически не выполняется - операция раскрепления и закрепления болтов реализуется только при замене или перезакреплении плетей для ввода их в оптимальный

температурный режим. Работу эту приходится выполнять ключами КШГ, что гораздо менее эффективно, чем крепить болты машинизированным способом с помощью машины ПМГ. Но на дороге таких машин всего 10 при нормативной потребности 34. Выработка на одну машину ПМГ в текущем году составила 90 км при среднесетевой 67,5 км. По данному показателю ЗападноСибирский полигон занимает третье место на сети. Однако высокая машинная выработка не способна переломить общую негативную ситуацию, и основной объем работ со скреплением КБ приходится выполнять ключами КШГ. Например, в 2021 г. с помощью ключей КШГ закреплено 2332 км бесстыкового пути, а с помощью машин ПМГ - 1886 км. Чтобы повысить уровень машинизации при закреплении плетей, необходимо снабдить путейцев соответствующей техникой, а выпуск машин ПМГ не осуществляется уже 10 лет. В связи с этим между ОАО «РЖД» и Калужским заводом «Ремпутьмаш» заключен договор на изготовление и поставку новых машин для обслуживания рельсовых скреплений.

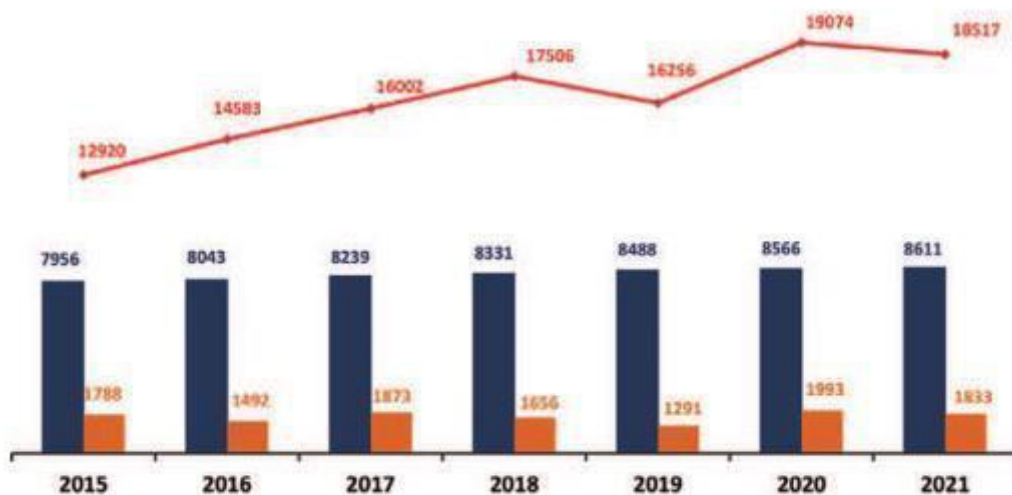


Рис. 3. Кривая роста числа мест временного восстановления (красная линия), протяженность бесстыкового пути (синие столбики), км, и потребность в его подкреплении (оранжевые столбики), км, на Западно-Сибирской дороге по годам (из презентации Д.А. Холодилова)

(Окончание в следующем номере)

# КАК СОКРАТИТЬ КОЛИЧЕСТВО ОГРАНИЧЕНИЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Автор: ЗЕНЗИНОВ Б.Н., МЕЛИХОВ С.Н.

**Аннотация.** Проанализированы последствия введения в действие Инструкции 436/р для оценок состояния пути. Отмечен существенный рост количества выявляемых неисправностей и ограничений скорости движения поездов. Предложено изменение ряда нормативов оценки отступлений от норм содержания пути в целях сокращения количества ограничений скорости. Приведены результаты математического моделирования взаимодействия системы «путь-подвижной состав», подтверждающие целесообразность предлагаемых изменений нормативов: увеличения допускаемых скоростей движения пассажирских поездов, оценки уширения колеи в кривых, уточнения оценок непогашенного ускорения.

**Ключевые слова:** безопасность движения поездов, путеизмерительные средства, математическое моделирование, взаимодействие пути и подвижного состава, оценка уширения колеи в кривых, критерии оценки состояния пути.

УДК 625.17: 629.464.47



**ЗЕНЗИНОВ Б.Н., АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» («ВНИИЖТ»), руководитель группы, МЕЛИХОВ С.Н., ОАО «Российские железные дороги», Центральная дирекция инфраструктуры, заместитель начальника Управления пути и сооружений**

С января 2021 г. на сети ОАО «РЖД» введена в действие Инструкция по оценке состояния рельсовой колеи путеизмерительными средствами и мерам по обеспечению безопасности движения поездов [1], утвержденная Распоряжением ОАО «РЖД» от 28.04.2021 № 436/р, которая заменила Инструкцию ЦП515, действовавшую с 1997 г.

Увеличение количества контролируемых и оцениваемых средствами диагностики характеристик пути в Инструкции 436/р повлекло за собой рост выявляемых отступлений от норм содержания пути, которые раньше не проверялись на регулярной основе. При этом «механический» перевод дополнительно выявляемых отступлений в категорию неисправностей привел к троекратному росту километров с ограничениями скоростей движения поездов, что может повлечь за собой существенные потери перевозочного процесса вследствие не всегда обоснованных ограничений скорости и увеличить затраты на текущее содержание пути.

Назрела необходимость оптимизации критериев оценки, исключения выдаваемых средствами диагностики ограничений скорости, не всегда обоснованных с точки зрения обеспечения безопасности движения. Следует уточнить критерии оценки состояния пути, чтобы снизить потери перевозочного процесса и затраты на выправку пути, уменьшить количество предупреждений по ограничению скорости.

Необходимо обосновать увеличение скорости при выдаче ограничений из-за ряда неисправностей с учетом изменившихся условий эксплуатации и совершенствования конструкции пути и подвижного состава, в том числе:

разделить ограничения скорости движения для пассажирских и грузовых поездов. Очевидно, что динамическое силовое взаимодействие пути, имеющего отступления от норм содержания, с грузовыми и пассажирскими вагонами существенно отличается, однако это не было учтено в нормативах, установленных более 50 лет назад;

изменить «сетку» диапазонов ограничения скорости по уширениям колеи для малых скоростей, влияющих на потери пропускной способности пути, увеличить интервалы ограничения скорости (например, с 25 до 40 км/ч, с 60 до 80 км/ч);

уточнить порядок выдачи ограничений скорости движения по параметрам устройства кривых участков пути.

Для определения количества и причин ограничений скорости движения проведен анализ на участках от Москвы до Владивостока. Полученные результаты на выборке более 13 тыс. км показали, что для главных путей ОАО «РЖД» основной процент ограничений скорости дают перекосы (33 %), уширения колеи (31 %), рихтовка (17 %) и просадки (13 %). Подавляющее количество ограничений скорости приходится на 60 км/ч (более 67 %) и 25 км/ч (около 15 %).

Из всех эксплуатационных характеристик на состояние пути наибольшее влияние оказывает пропущенная поездная нагрузка. При существующей конструкции пути и системе организации работ путейцы практически не могут обеспечить содержание пути в хорошем состоянии на участках Транссиба после пропуска поездной нагрузки более 1 млрд т.

На рис. 1 показаны ограничения скорости движения поездов по видам неисправностей: с ограничением до 15 км/ч первое место занимают перекосы, с

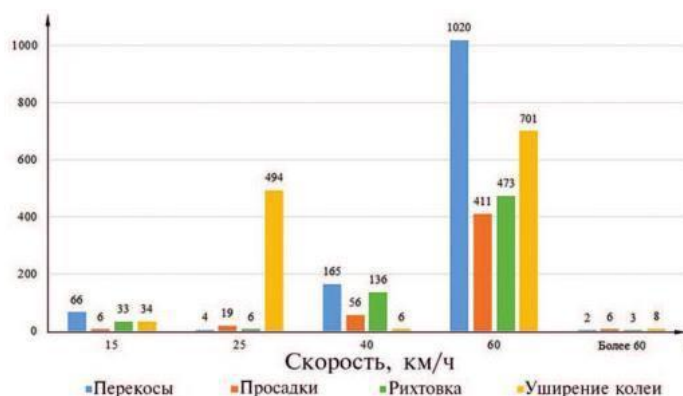


Рис. 1. Распределение ограничений скорости движения поездов по видам неисправностей

ограничением до 25 км/ч - уширения колеи (более 95 %), с ограничением до 60 км/ч - перекосы и уширения колеи.

Для оценки влияния грузонапряженности (более 150 и менее 70 млн т-км груза брутто/км в год) на состояние пути на Забайкальской дороге выбрали участки, пропустившие примерно одинаковый тоннаж. В противном случае на различия в

состоянии больше бы влиял пропущенный тоннаж, чем грузонапряженность. При большой грузонапряженности растет количество отступлений II степени по просадкам, уширениям колеи и перекосам; при этом количество отступлений III

степени и неисправностей, требующих ограничения скорости движения, примерно одинаковое. Это означает, что при грузонапряженности более 100 млн т-км груза брутто/км в год дистанции пути не успевают своевременно устранять отступления геометрии колеи малой величины.

На всех рассматриваемых участках конструкция пути однородная - бесстыковой путь с рельсами Р65 и железобетонными шпалами (около 95 % протяженности); скрепления: ЖБР и ЖБР-65 - 59,1 %, КБ - 30,8 %, АРС - 8,7 %, «Фосло» - 1,4 %. Заметных отличий в состоянии пути на участках с разными типами скреплений не выявлено.

Есть ряд вопросов, не нашедших отражения в существующих нормативных документах, которые могут быть решены методами математического моделирования взаимодействия пути и подвижного состава. Например, можно уточнить нормативы ограничения скорости движения для диапазона 25-80 км/ч отдельно для пассажирских и грузовых поездов (в настоящее время они одинаковые для диапазона 61-90 км/ч, хотя пассажирские вагоны существенно легче грузовых и имеют лучшую динамику).

Для того чтобы обосновать возможность увеличения допустимой скорости пассажирских поездов (например, для перекосов и просадок, на которых грузовым поездам разрешена скорость 60 км/ч, допустить пассажирским поездам скорость 80 км/ч), не обязательно проводить испытания, достаточно провести математическое моделирование. Разделение нормативов для пассажирских и грузовых поездов даст значительное уменьшение количества предупреждений об ограничении скорости движения (по предварительной оценке, до 10 % на сети), поскольку большинство ограничений приходится на пассажирские поезда, так как у них больше скорости.

Общая методика описания движения экипажа для прямых и кривых с применением подвижной системы координат впервые разработана во ВНИИЖТе [4, 5]. Методы математического моделирования, разработанные во ВНИИЖТе, использовались при теоретическом определении скоростей движения новых типов подвижного состава, в частности скоростного электропоезда ЭР200, тепловоза ТЭП80 и экспресса «Сапсан». В 1990 г. методика применения подвижной системы координат при математическом моделировании динамических процессов в движущихся экипажах была использована в Брянском государственном техническом университете при создании комплекса программ «Универсальный механизм» [6].

Моделирование с определением динамических показателей вагонов выполнено в соответствии с алгоритмом детерминированного метода расчета движения вагонов, разработанным во ВНИИЖТе, который неоднократно применялся для выполнения динамических расчетов и определения показателей перемещений и силовых факторов при движении вагонов и прошел проверку при опытной эксплуатации программного обеспечения. Программа «Экипаж» позволяет в широком диапазоне менять характеристики геометрии пути, в том числе вводить фактические характеристики по данным путеизмерителей (кривизну в плане, поперечный уровень пути, ширину колеи и неровности обеих рельсовых



нитей в профиле и плане) и характеристики вагонов с различными отклонениями от установленных норм содержания.

Оценка безопасности и динамических качеств вагонов при движении по пути дается в соответствии с действующими нормативными документами для грузовых вагонов - ГОСТ 33211-2014, для пассажирских - ГОСТ 34093-2017, на основе оценки устойчивости против схода колесной пары с рельсов.

Применяемая математическая модель содержит следующие составляющие:

уравнения колебания кузова, в том числе вертикальные перемещения его центра тяжести по вертикальной оси (подпрыгивание), угловые перемещения кузова вагона относительно поперечной оси (галопирование), угловые перемещения кузова относительно продольной оси (боковая качка), поперечные перемещения центра тяжести кузова вдоль поперечной оси (относ кузова), угловые перемещения кузова относительно вертикальной оси (виляние);

уравнения колебаний элементов тележек, которые включают в себя линейные и угловые перемещения надрессорных балок и боковых рам;

уравнения колебаний колесных пар, в том числе уравнения вертикального перемещения центра тяжести колесных пар, крена, поперечного перемещения (относа), продольного смещения в раме тележки.

Применяемый теоретический метод исследования колебаний вагонов позволяет учитывать наиболее характерные конструктивные особенности ходовых частей с учетом их массово-инерционных характеристик. Поскольку экипаж движется по пути, который является аргументом для всех возмущающих воздействий, все процессы рассматриваются в функции пути. Полученные результаты численного интегрирования позволяют анализировать показатели движения вагона с учетом колебаний экипажа. При расчетах учитывается упругость пути; в грузовых вагонах помимо перевалки кузова на подпятниках учитывается заваливание на скользуны.

Динамические показатели подвижного состава оцениваются с учетом коэффициентов динамики и запаса устойчивости от схода, динамических сил (рамных, боковых и др.).

В качестве входных возмущающих воздействий используется файл путеизмерительных данных, содержащий сведения о координатах пути, натуральных неровностях по профилю и в плане по правому и левому рельсам, ширине колеи, поперечном уровне и кривизне в плане. В качестве выходных данных получают боковые и рамные силы, коэффициент вертикальной динамики и коэффициент запаса устойчивости от схода с рельсов.

Для моделирующих расчетов, позволяющих сравнить динамику взаимодействия грузовых и пассажирских вагонов на расстроенном пути, использовано несколько тестовых участков.

На **участке № 1**, сформированном для ввода в модель, все неровности (и соответственно просадки, рихтовки и перекосы) были умножены на увеличивающий коэффициент. Числовые массивы конвертированы в формат путеизмерительных данных, читаемых программой обработки и оценки

параметров рельсовой колеи. Числовые данные переведены в наглядный и понятный путейцам вид - ведомости оценки участка пути и графические диаграммы геометрии колеи с оценкой по Инструкции 436/р (рис. 2). Неровности превысили пороги неисправностей, требующие ограничения установленной скорости; оценка участка стала неудовлетворительной с восемью ограничениями скорости по Инструкции 436/р и 12 неисправностями IV степени; балловая оценка участка - 404 (табл. 1, 2).

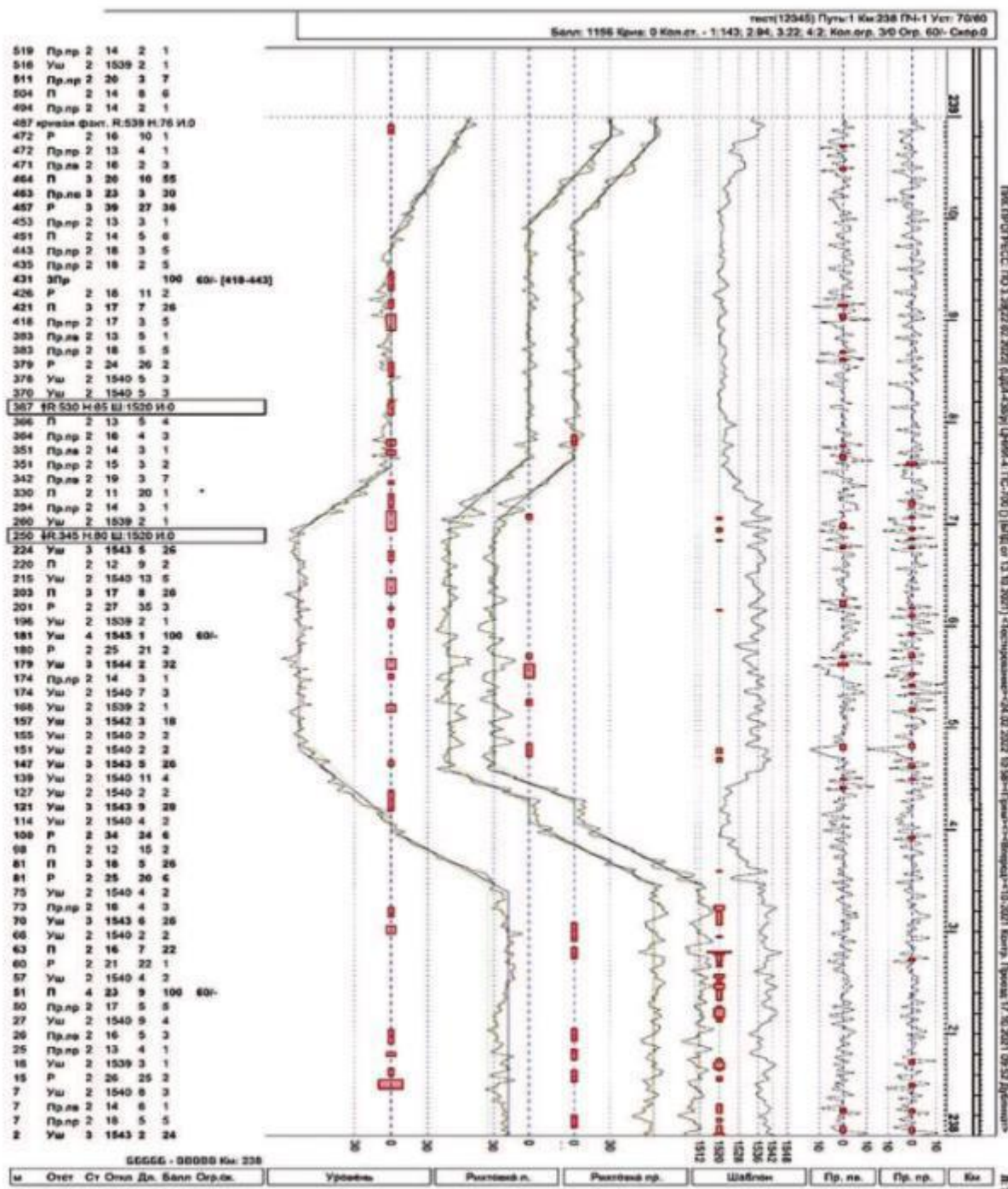


Рис. 2. Пример графической диаграммы на участке № 1

Таблица 1

**Количество километров с оценкой и качественная оценка участка № 1**

Номер направления-пути	Всего км	Количество километров с оценкой				Километры с ограничением скорости	Отступления (шт.)			Средний балл по участку	Начисл.	Качественная оценка
		Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно		IV степени	Сочет. кривые	Дополнительные			
12345-1	14,83	1,00	1,00	2,00	10,83	8	14	2	—	404,5	0,00	Неудовлетворительно

Таблица 2

**Количество отступлений по видам**

Степень	Отступления									Итого
	Суж	Уш	У	П	Пр	Р	Сочетания	Кривые	Другие	
I	4	725	10	39	140	104	—	—	—	1022
II	—	84	29	153	207	79	—	—	—	552
III	—	36	2	20	21	14	—	—	—	93
IV	—	2	—	8	—	4	—	—	—	14
Итого	4	847	41	220	368	201	2	—	—	1683

Примечание: Суж — сужение колеи; Уш — уширение колеи; У — отступления по уровню; П — перекося; Пр — просадка; Р — рихтовка.

Выполнено несколько вариантов расчета движения грузового и пассажирского вагонов со скоростями 60 и 80 км/ч. В качестве оценочных характеристик при сравнении показателей взаимодействия с неровностями пути на каждом километре тестового участка выбраны максимальные и средние значения боковых и рамных сил, максимальные значения коэффициента вертикальной динамики и

минимальные значения коэффициента запаса устойчивости (рис. 3).

В результате расчетов динамики движения по участку № 1 сделаны следующие выводы:

максимальные значения боковых и рамных сил и их средние квадратичные отклонения для грузового вагона в 1,5-2 раза больше, чем для пассажирского;

максимальные значения коэффициента вертикальной динамики и их средние квадратичные отклонения для грузового вагона в 2-2,2 раза больше, чем для пассажирского;

показатель запаса устойчивости для пассажирского вагона на 16-20 % выше, чем для грузового.

Итак, значения параметров силового взаимодействия грузового состава при скорости 60 км/ч с путем неудовлетворительного состояния на 15-20 % превышают значения параметров силового взаимодействия пассажирского состава при скорости 80 км/ч.

**Участок № 2** подготовлен для моделирующих расчетов динамики взаимодействия пути в кривых и грузовых вагонов при различной ширине колеи. Он состоит из кривых разного радиуса с неровностями рельсовых нитей и возвышением,

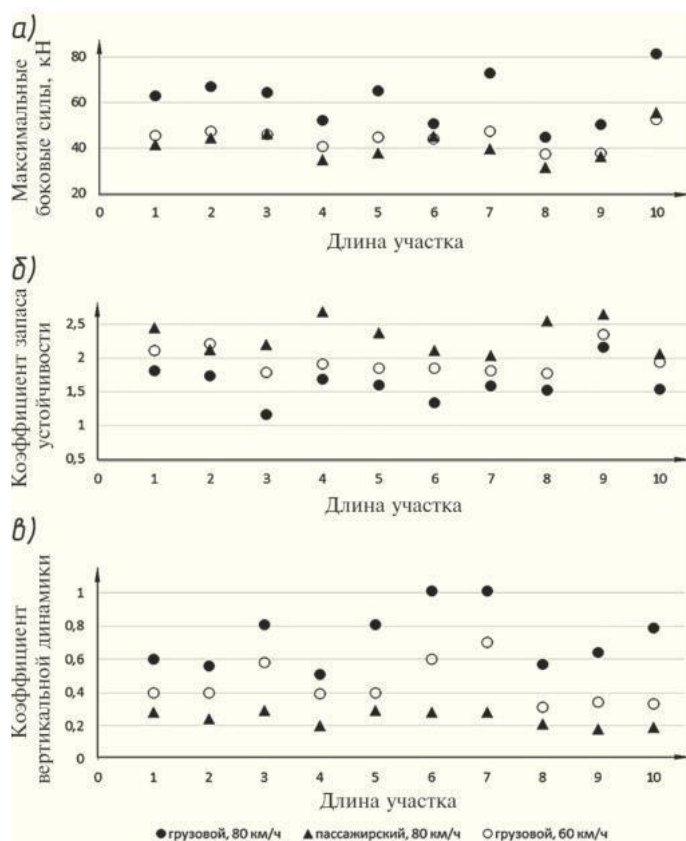


Рис. 3. Результаты расчетов динамических показателей взаимодействия по длине участка № 1: а — максимальные боковые силы; б — коэффициент запаса устойчивости; в — коэффициент вертикальной динамики

соответствующим исходным параметрам тестового участка № 1; изменялась только ширина колеи (ШК) в кривых (от 1530 до 1550 мм). В каждой кривой вводились три варианта уширения, отличающиеся на 3-5 мм (табл. 3).

Таблица 3  
Характеристики тестового участка № 2

Радиус кривой, м	Возвышение, мм	ШК1, мм		ШК2, мм		ШК3, мм	
		средняя	максимальная	средняя	максимальная	средняя	максимальная
340	91	1536,8	1539,5	1540,6	1544,0	1544,7	1548,8
500	75	1533,9	1536,7	1537,0	1540,3	1540,5	1544,4
525	90	1519,9	1522,5	1519,5	1522,7	1519,4	1523,3
290	90	1539,1	1541,8	1543,4	1546,4	1547,2	1550,9

Таблица 4  
Среднеквадратичные величины боковой силы набегающей колесной пары

Радиус кривой, м	Скорость, км/ч								
	40			25			15		
	ШК1	ШК2	ШК3	ШК1	ШК2	ШК3	ШК1	ШК2	ШК3
	Боковые силы, кН								
450	3,64	3,89	3,96	2,44	2,50	2,73	2,12	2,28	2,45
340	4,10	4,14	4,14	2,65	2,75	2,93	2,27	2,25	2,32
500	5,49	5,30	5,12	3,81	3,66	3,64	3,06	2,90	2,96
525	3,91	3,89	3,85	2,71	2,77	2,77	2,44	2,45	2,48
290	3,05	2,93	3,01	1,95	2,08	2,06	1,77	1,69	1,67

Результаты моделирования влияния уширения колеи на параметры взаимодействия, определения различий в динамических показателях при ширине колеи в кривых в диапазоне 1540-1550 мм приведены в табл. 4.

В диапазоне скоростей до 60 км/ч обеспечивалась безопасность движения (коэффициенты запаса устойчивости и вертикальной динамики с запасом укладывались в нормативы). Установлена малая зависимость динамических процессов (боковых и вертикальных сил, действующих на грузовой вагон) от уширения колеи в кривых. Проведенное моделирование подтвердило, что в кривых уширение колеи до 1552 мм при скоростях до 40-60 км/ч практически не влияет на показатели взаимодействия в системе «экипаж-путь». Это же подтверждается многочисленными испытаниями, проведенными специалистами ВНИИЖТа. Если обеспечена устойчивость колесной пары от вкатывания на рельс или от провала внутрь колеи, то уширение колеи в кривых не критично.

**Участок № 3** использован для моделирования влияния непогашенного ускорения в кривых на динамику взаимодействия «путь-пассажирский вагон». Он состоит из кривых радиусом от 1200 до 350 м с разным возвышением. Возвышения подобраны таким образом, чтобы при скоростях 140, 120, 100 и 80 км/ч непогашенное ускорение составляло 0,7 м/с(2) либо меньше или больше до 5-7 %; при этом неровности рельсовых нитей и ширина колеи не изменялись. Движение грузового вагона не рассматривается, поскольку цель моделирования - обосновать возможность уточнения нормативов оценки для пассажирских поездов, скорость которых на подавляющей части главных путей ОАО «РЖД» больше скорости грузовых поездов; к тому же почти все ограничения скорости по непогашенному ускорению приходятся на пассажирские поезда.

Характеристиками силового взаимодействия системы «экипаж-путь» в кривых при различных значениях непогашенного ускорения являются боковые силы набегающих колесных пар и коэффициенты вертикальной динамики.

Значения боковых сил и коэффициентов вертикальной динамики при непогашенных ускорениях 0,65; 0,7; 0,75 м/с(2) практически одинаковые (рис. 4).

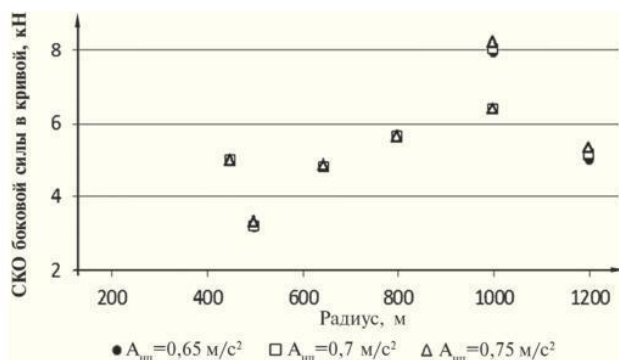


Рис. 4. Боковые силы в кривых при различных значениях непогашенного ускорения

В результате проведенного моделирования подтвердилось, что непогашенное ускорение в пределах 0,65-0,75 м/с(2) при скоростях до 140 км/ч практически не влияет на силовые динамические показатели пассажирского вагона. Предлагаем случаи превышения порога 0,7 м/с(2) продолжать рассматривать как неисправности, назначать штрафные баллы, но

скорость движения пассажирских поездов ограничивать только в случаях, если непогашенное ускорение превысит 0,75 м/с(2).

Таблица 5  
Степени отступлений по уровню, перекосам и просадкам

Установленная скорость пассажирских/ грузовых поездов, км/ч	Степень	Отклонение уровня, мм	Перекос, мм	Просадка, мм
121—140	I	8—10	7—9	10—11
	II	До 16	До 12	До 15
	III	До 20	До 16	До 20
	IV	20	16	20
81—120/61—90	I	9—12	9—10	10—12
	II	До 20	До 16	До 20
	III	До 25	До 20*	До 25
	IV	25	Более 20	25
41—80/41—60	I	11—14	11—14	11—14
	II	До 25	До 20	До 25
	III	До 30	До 25	До 30
	IV	30	Более 25	30
16—40	I	13—16	13—16	13—16
	II	До 30	До 25	До 30
	III	До 35	До 30	До 35
	IV	35	Более 30	35
15	III	35—50	35—50	35—45
Движение закрывается	IV	50	Более 50	45

Таблица 6  
Степени отступлений положения пути в плане

Установленная скорость пассажирских/ грузовых поездов, км/ч	Степень	Разность смежных стрел изгиба, измеренных от середины хорды длиной 20 м при длине неровности пути, мм	
		до 20 м включительно	более 20 до 40 м включительно
121—140	I	10—12	16—20
	II	До 15	До 25
	III	До 25	До 35
	IV	25	Более 35
81—120/61—90	I	10—15	16—20
	II	До 25	До 35
	III	До 35	До 40
	IV	35	Более 40
41—80/41—60	I	18—20	25—30
	II	До 35	До 40
	III	До 40	До 50
	IV	40	Более 50
16—40	I	18—20	25—30
	II	До 40	До 50
	III	До 50	До 65
	IV	50	Более 65
15	III	50—65	65—90
Движение закрывается	IV	65	Более 90

Результаты проведенных расчетов позволяют рекомендовать следующие изменения в Инструкции 436/р при оценке состояния пути.

**Во-первых**, разделить нормативы оценки геометрии колеи для пассажирских и грузовых поездов при скоростях до 80 км/ч, увеличив допустимые скорости для пассажирских поездов. В табл. 5 представлены степени отступлений по уровню, перекосам и просадкам (откорректированная табл. 6.3 из Инструкции 436/р).

В табл. 6 представлены степени отступлений положения пути в плане (откорректированная табл. 6.4 из Инструкции 436/р).

**Во-вторых**, следует уточнить нормативы оценки уширения колеи в крутых кривых. Предельные значения ширины колеи при эксплуатации пути установлены более 100 лет назад для совершенно других условий эксплуатации и конструкций пути. Минимальная ширина колеи, при которой колесная пара может провалиться внутрь, составляет 1574 мм. При норме ширины колеи 1524

мм 1 дюйм (25 мм) взяли в качестве эксплуатационного допуска и еще 1 дюйм - «про запас» (с учетом возможных деформаций колеи из-за дефектов элементов конструкции).

О пересмотре нормативов, записанных в Правилах технической эксплуатации (ПТЭ), речь не идет, но почему в крутых кривых с большим износом рельсов при ширине колеи 1545 мм нужно ограничивать скорость до 60 км/ч, а при ширине 1547 мм - до 25 км/ч, не понятно. С точки зрения обеспечения безопасности движения и динамики взаимодействия пути и подвижного состава объективных обоснований нет.

Структура и числовые показатели степеней отступлений по ширине колеи практически не менялись в течение 50 лет. Тогда преобладали звеньевой пути и колея с номинальной шириной 1524 мм. Допускалась в прямых участках пути и в кривых радиусом более 650 м номинальная ширина колеи 1524 мм; радиусом 650-450 м - 1530 мм; 449-350 м - 1535 мм; 349 м и менее - 1540 мм.

Все кривые были разбиты на четыре диапазона; соответственно было четыре номинальных значения ширины колеи. Переход на колею 1520 мм и особенности бесстыкового пути привели к тому, что остались только диапазоны радиусов: более 350, 349-300 и менее 299 м.

Фактическая ширина колеи в кривых больше зависит не от «номинала», а от радиусов; в кривых с нормой 1520 мм после пропуска 1 млн т происходит уширение колеи за счет выборки люфтов, а затем уширение растет за счет износа рельсов и узлов креплений. Целесообразно нормативы оценки «завязать» не на отклонения от «номинала», а на сами значения ширины колеи с учетом радиуса кривой.

Проведенное моделирование подтвердило, что нет объективных причин ограничивать в кривых скорость до 60 км/ч при ширине колеи 1545 мм и до 25 км/ч при ширине 1547 мм.

Предлагаемый вариант нормативов оценки отступлений по ширине колеи представлен в табл. 7.

Такие изменения оценки ширины колеи не должны ухудшить безопасность

Таблица 7

Степени отступлений по ширине колеи				
Диапазон скоростей, км/ч (пассажирские/грузовые)	Степень	Уширение колеи, мм		
		Прямые и кривые радиусом до 650 м	Кривые радиусом 649–350 м	Кривые радиусом 349 м и менее
101–140	I	1529–1534	1529–1536	—
	II	1535–1538*	1537–1542**	—
	III	1539–1542*	1543–1546**	—
	IV	Более 1542*	Более 1546**	—
26–100/26–90	I	1529–1536	1538–1540	—
	II	1537–1542*	1541–1543**	1544–1546
	III	1543–1546*	1544–1548	1547–1548
	IV	Более 1546*	Более 1548	Более 1548
25 и менее	I	1529–1538	1538–1540	—
	II	1539–1544	1541–1545**	1544–1546
	III	1545–1548	1546–1548	1547–1548
	IV	Более 1548	Более 1548	Более 1548
Сужение колеи, мм				
101–140	I	—	1524–1521	—
	II	1515–1514	1520–1516	—
	III	1513–1512	1515–1512	—
	IV	Менее 1512	Менее 1512	—
26–100/26–90	I	—	1524–1521	1530–1525
	II	1515–1514	1520–1516	1524–1520
	III	1513–1512	1515–1512	1519–1512
	IV	Менее 1512	Менее 1512	Менее 1512
25 и менее	I	1514	1520–1518	1524–1522
	II	1513	1517–1514	1521–1520
	III	1512	1513–1512	1519–1512
	IV	Менее 1512	Менее 1512	Менее 1512

\* При наличии в кривых радиусом менее 1200 м бокового износа головки наружного рельса более 6 мм отклонение по уширению может быть увеличено на 2 мм.  
 \*\* При наличии в кривых радиусом менее 650 м бокового износа головки наружного рельса более 10 мм отклонение по уширению может быть увеличено на 2 мм.

движения, при этом количество ограничений скорости по уширениям колеи на участках Транссиба должно сократиться до 1,5-2 раз.

**В-третьих,** уточнить нормативы оценки непогашенного ускорения. Нормативы проектирования и эксплуатации пути допускают непогашенное ускорения 0,7 м/с(2). Однако осадка наружной рельсовой нити всего на 1-2 мм, дающая приращение непогашенного ускорения 0,001 м/с(2), формально приведет к ограничению скорости, так как в

действующих нормативах вообще не предусмотрены допуски.

Предлагается случаи превышения непогашенным ускорением порога 0,7 м/с(2) рассматривать как неисправности, назначать штрафные баллы, но скорость движения пассажирских поездов ограничивать только в том случае, если непогашенное ускорения превысит 0,75 м/с(2).

Следует уточнить критерии при назначении ограничений скорости движения поездов, разделить штрафные санкции за выявленные средствами диагностики нарушения установленных ОАО «РЖД» требований и выдачу предупреждений по ограничению скоростей движения поездов при нарушении условий безопасности.

Яркий пример - возвышение наружного рельса в кривых более 150 мм. В ПТЭ указано, что возвышение не должно превышать 150 мм. Следовательно, нарушение этого требования должно быть классифицировано как неисправность. Но закрывать из-за этого движение поездов, как записали в Инструкции 436/р, ничем не оправдано и наносит вред Компании. Все выявленные нарушения установленных ОАО «РЖД» требований должны фиксироваться в соответствующих ведомостях; дистанции пути, обслуживающие эти участки, должны получать штрафные баллы и предписания об устранении неисправностей, но совсем не обязательно при этом выдавать ограничения скорости.

В то же время есть отступления от норм содержания пути и его элементов, по которым выдаются предупреждения об ограничении скорости, но дистанции пути, обслуживающие эти участки, не должны получать штрафные баллы, так как устранение этих неисправностей находится не в их компетенции. Например, сверхнормативный боковой износ рельсов может быть устранен заменой рельсов, но получение новых рельсов не может быть обеспечено мастером участка или начальником дистанции пути.

ОАО «РЖД» должен быть разработан и утвержден перечень таких параметров и показателей. При оценке отдельных отступлений от норм содержания пути и назначении величин ограничения скорости движения в большей степени следует учитывать особенности конструкции пути и условий эксплуатации, причем может быть как ужесточение, так и послабление оценок. Например, Инструкция 436/р предусматривает ужесточение оценок на мостах, в изолирующих стыках, на стрелочных переводах.

Следует более строго оценивать уширения колеи на участках с большим количеством дефектных шпал или скреплений. Однако в крутых кривых с большим износом рельсов и малыми отжатиями рельсов можно при ширине колеи 1549-1551 мм вместо закрытия движения давать ограничение скорости до 15 км/ч.

При оценке выявленных неисправностей и определении величин ограничения скорости движения надо в большей степени учитывать сочетания и последовательности отдельных отступлений. Например, отдельная просадка 20 мм наверняка не опасна для скоростного поезда «Сапсан», а вот последовательности просадок и перекосов или сочетания с рихтовками даже меньшей величины приводит к повышенным колебаниям поезда и дискомфорту пассажиров, хотя и не угрожают безопасности.

Для пассажирских и скоростных линий целесообразно оценку состояния пути производить не только по критериям безопасности (они за редкими исключениями выполняются), но и по показателям плавности хода поезда и комфорта пассажиров.



## ПАМЯТИ ТАЛАНТЛИВОГО УЧЕНОГО-ИЗОБРЕТАТЕЛЯ

Автор: ПЕВЗНЕР В.О.

В октябре этого года исполняется 110 лет со дня рождения талантливого ученого, награжденного знаком заслуженного изобретателя РСФСР, Ильи Яковлевича Туровского.

После окончания в 1940 г. строительного факультета Московского института инженеров транспорта Наркомата просвещения РСФСР (сейчас Российский университет транспорта), Илья Яковлевич работал в ПМС40 Куйбышевской дороги, а во время Великой Отечественной войны - в Военно-эксплуатационном отделении-36 (ВЭО-36) на 1-м Белорусском фронте. В 1944 г. по приказу заместителя наркома НКПС Туровского с фронта командировали в МИИТ для разработки и внедрения изобретенного им прибора для расчета выправки кривых.

В мастерских МИИТа было выпущено более 2000 таких приспособлений: сначала в виде настольных агрегатов, а затем в виде планшетов. Они имелись во всех дистанциях пути для подготовки данных перед рихтовкой железнодорожных кривых, которую тогда выполняли вручную. Достоинства прибора заключались в скорости и наглядности расчетов, а также возможности «почувствовать» их различные варианты. Этим вопросам было посвящено несколько книг Туровского с описанием технологических расчетов.

В 1947 г. И.Я. Туровский был награжден знаком «Почетный железнодорожник».

В 1959 г. начались испытания навесного устройства на электробалластере для механической рихтовки пути, в которых автору довелось принимать участие. Всего было выпущено 17 комплектов навесных устройств, устанавливаемых на балластерах и машинах ВПО-3000.

С 1957 г. Илья Яковлевич работал доцентом на кафедре «Путь и путевое хозяйство» МИИТа, отдавая много сил воспитанию инженеров-строителей путей сообщения.

Его яркая творческая жизнь служила и служит примером для многих поколений выпускников строительного факультета.

ПЕВЗНЕР В.О., докт. техн. наук



# АЛЬТЕРНАТИВНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПЛЕТЕЙ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ

Автор: ЕРМОЧЕНКО А.И., КИРПИЧНИКОВ К.А., НЕПОМНЯЩИХ Е.В.

**Аннотация.** Цифровые технологии содержания, диагностики и мониторинга железнодорожного пути и объектов инфраструктуры являются основными направлениями развития информационных систем в ОАО «РЖД». Автоматизация процесса диагностики является ключевым фактором



обеспечения безопасности, так как позволяет получать наиболее полную информацию о реальном состоянии каждого объекта и снижает влияние «человеческого фактора». Особое внимание при автоматизации процессов

контроля объектов инфраструктуры уделяется оценке условий устойчивости бесстыкового пути против выброса.

**ЕРМОЧЕНКО А.И.,** Забайкальский институт железнодорожного транспорта - филиал Иркутского государственного университета путей сообщения (ИрГУПС), студент, **КИРПИЧНИКОВ К.А.,** Забайкальский институт железнодорожного транспорта - филиал ИрГУПС, канд. техн. наук, **НЕПОМНЯЩИХ Е.В.,** Забайкальский институт железнодорожного транспорта - филиал ИрГУПС, старший преподаватель

В Забайкальском институте железнодорожного транспорта ведутся исследования по созданию и внедрению нового устройства контроля подвижек бесстыкового пути. Первые результаты применения предложенной системы показали, что получение и передача данных этим способом значительно ускоряют процесс исправления отступлений, а следовательно, в большей степени обеспечиваются безопасность и бесперебойность перевозочного процесса.

**Ключевые слова:** бесстыковой путь, угон пути, контроль, цифровая железная дорога.

УДК 625.143.482

Программой долгосрочного развития ОАО «РЖД» до 2025 г., утвержденной Распоряжением Правительства РФ от 19.03.2019 № 466р, предусмотрен переход на «цифровую железную дорогу». Цель проекта - повышение качества предоставляемых транспортных и логистических услуг за счет применения цифровых технологий.

Одним из ключевых направлений развития информационных систем в ОАО «РЖД» является формирование сквозных цифровых технологий содержания, диагностики и мониторинга пути и сооружений для повышения безопасности и эффективности транспортной инфраструктуры. Сюда входит не только создание новых высокоточных автоматизированных средств диагностики, но и разработка программ и систем для хранения, обработки и анализа получаемой информации, т.е. внедрение неких систем, способных комплексно и оперативно



Рис. 1. Оснащение бесстыкового пути контролирующим устройством КСТП-01

подходить к решению вопросов оценки и мониторинга всех объектов железнодорожной инфраструктуры. Автоматизация процесса диагностики - ключевой фактор обеспечения безопасности, так как позволяет получать наиболее полную информацию о реальном состоянии каждого объекта и снижает влияние «человеческого фактора» [1].

Особое внимание при автоматизации процессов контроля объектов

инфраструктуры уделяется оценке условий устойчивости бесстыкового пути против выброса, вызванного внутренними напряжениями в рельсовых плетях [2-5].

Главная опасность при эксплуатации бесстыкового пути заключается в том, что в рельсовых плетях возникают значительные продольные усилия, вызываемые изменениями температуры. При повышении температуры (по отношению к температуре закрепления) происходит удлинение концевых участков плетей, а в той части, где плеть остается неподвижной, возникают продольные силы, способные привести к выбросу пути. При понижении температуры появляются силы, способные вызвать растяжение и излом плети или разрыв рельсового стыка из-за среза стыковых болтов; при этом может образоваться большой зазор, что представляет опасность для движения поездов. Угон пути вызывает нарушение установленного температурнонапряженного режима работы плети и может привести к увеличению опасных концентраций в ней сжимающих или растягивающих напряжений.

В настоящее время для своевременного обнаружения продольного смещения рельсовых плетей осуществляются пеший обход участков пути и их визуальный контроль по специально оборудованным «маячным» шпалам. Для автоматизации этого процесса ОАО «РЖД» дополнительно применяет контроль подвижек плетей по данным видеофиксации, получаемым с вагонов-путьеизмерителей [6].

В Забайкальском институте железнодорожного транспорта при поддержке Забайкальской дороги ведутся исследования по созданию и внедрению устройства контроля бесстыкового пути КСТП-01 по подвижкам рельсовых плетей относительно «маячных» шпал с автоматической передачей данных на рабочее место диспетчера дистанции пути. Автоматическое и своевременное оповещение всех причастных работников дистанции о состоянии бесстыкового пути позволяет своевременно принимать меры по устранению отступлений в его содержании без последствий для безопасного и бесперебойного движения поездов.

Устройство КСТП01 устанавливается через каждые 100 м пути на «маячной» шпале (рис. 1).

Опытные образцы корпуса устройства выполнены из удароустойчивого АВС-пластика, напечатанного на 3D-принтере. Уже подготовлены чертежи и 3D-модели для дальнейшего изготовления корпуса из металла. К шпале устройство крепится с помощью путевого шурупа скрепления ЖБР. Так как клемма на «маячных» шпалах отсутствует, то и устройство КСТП-01 не будет оказывать



Рис. 2. Устройство контроля сдвигов рельсовых плетей КСТП-01:  
 1 – «маячная» шпала; 2 – кабель СЦБ 220 В для передачи информации; 3 – шуруп рельсового скрепления ЖБР-65Ш; 4 – корпус для установки силиконового ролика с энкодером для определения подвижек; 5 – место установки платы «ARDUINO»; 6 – USB-выход

негативного влияния на устойчивость пути и не нарушит его целостность, габарит подвижного состава и устройств СЦБ (рис. 2).

Сбор данных происходит автоматически при помощи силиконового ролика с энкодером - датчиком угла поворота (рис. 3), плотное прилегание которого к подошве рельса обеспечивают две пружины высокой упругости. Кодирование данных происходит при помощи платы «ARDUINO», установленной в защищенном корпусе.

Электропитание устройства осуществляется от встроенного аккумулятора или от сети, передача данных - при помощи приемопередатчика «loga», прикрепленного к плате «ARDUINO». При дальнейшем тиражировании устройства по всей сети предлагается использовать беспроводную передачу данных при помощи системы СТРИЖ.

Устройство КСТП-01 снабжено USB-входом для ручного подключения и считывания информации на месте.

Информация по сдвигам рельсовых плетей поступает на рабочее место диспетчера дистанции пути. Для вывода, анализа и хранения информации разработано соответствующее программное обеспечение.



Рис. 3. Силиконовый ролик, совмещенный с энкодером

При критическом сдвиге плети к диспетчеру дистанции пути приходит оповещение о случившемся и рекомендации к действию.

Опытные образцы устройства КСТП-01 и сопутствующего программного обеспечения прошли лабораторные испытания в Забайкальском институте железнодорожного транспорта и уже опробуются на участках Забайкальской дороги на Читинской дистанции пути.

Первые результаты применения предложенной системы показали, что получение информации о подвижках плети этим способом значительно ускоряет процесс обнаружения отступлений по сравнению с традиционными способами проверки (визуально или с помощью видеофиксации по «маячным» шпалам), а следовательно, в большей степени обеспечивает безопасность и бесперебойность перевозочного процесса.

# О СПОСОБЕ ОБНАРУЖЕНИЯ НЕУСТОЙЧИВОГО МЕСТА НА БЕССТЫКОВОМ ПУТИ

Автор: НОВАКОВИЧ В.С., ЗАЛАВСКИЙ В.Н., КАРПАЧЕВСКИЙ В.В.

**Аннотация.** Предложен новый способ обнаружения опасных по устойчивости мест на бесстыковом пути. Технический результат достигается сопоставлением неровностей рельсовых нитей в плане, фиксируемых путеизмерительным средством при каждом очередном проходе. По величине скорости роста крутизны неровностей в плане выявляют неустойчивые участки бесстыкового пути.

**Ключевые слова:** бесстыковой путь, опасные по устойчивости места, напряженная неровность в плане, скорость роста крутизны неровности, методика обнаружения опасных мест, путеизмерительное средство.

УДК 625.14.001.24 + 06

**НОВАКОВИЧ В.С.,** ОАО «Российские железные дороги», Ростовский центр диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры, инженер, **ЗАЛАВСКИЙ В.Н.,** ОАО «РЖД», заместитель начальника службы охраны труда и промышленной безопасности Северо-Кавказской дирекции инфраструктуры, **КАРПАЧЕВСКИЙ В.В.,** Ростовский государственный университет путей сообщения, канд. техн. наук

Согласно Методике контроля и оценки состояния бесстыкового пути по данным, получаемых по результатам проходов путеизмерительных вагонов, утвержденной Распоряжением ОАО «РЖД» от 17.10.2017 № 2115р, степень устойчивости бесстыкового пути определяется на основании внешних показателей, в том числе с помощью видеосъемки. Температура закрепления рельсовых плетей при этом принимается по Журналу учета температурного режима их работы и оценивается по указанной методике соответствующими коэффициентами. Значения этих коэффициентов не могут достаточно точно отражать фактические условия устойчивости бесстыкового пути, так как определены методом экспертной оценки, т. е. имеют субъективный характер. А факторы, влияющие на устойчивость бесстыковой конструкции решающим образом, - продольная сила и погонные сопротивления сдвигу шпал в балласте поперек оси пути - остаются за пределами контроля, поэтому методика 2017 г., по нашему мнению, требует доработки и усовершенствования.

Во время проследования поездов погонные сопротивления понижаются, и в этот момент происходит перемещение рельсошпальной решетки поперек оси пути. Измерения, проведенные на действующих участках бесстыкового пути [1], показали, что такие перемещения происходят под каждым поездом на относительно малую величину (не более одного миллиметра). Они увеличиваются монотонно во время прохода поездов и, накапливаясь, могут достигнуть значений, требующих ограничения скорости или закрытия движения во избежание выброса.

Ранее была разработана Методика определения предвыбросного состояния бесстыкового пути по измерению стрел изгиба рельсошпальной решетки по данным проходов вагона-путеизмерителя, утвержденная Распоряжением ОАО

«РЖД» от 18.05.2010 № 1063. Она основана на определении скорости роста стрел изгиба рельсов в плане по результатам нескольких проходов путеизмерительных вагонов. В течение четырех лет ее опытного применения на Северо-Кавказской дороге было обнаружено и ликвидировано более 500 опасных мест. Но по методике 2010 г. невозможно использовать путеизмерительные вагоны одновременно на всей протяженности главных путей дороги в период высоких дневных температур рельсов летом. Таким образом удавалось обнаружить не все опасные по устойчивости пути места. Для полноценной реализации рассматриваемой методики в помощь путеизмерителям требуются мобильные стрелометры, которыми при самых высоких полуденных температурах можно было бы измерять стрелы изгиба рельсов в плане сразу на всех участках главного пути.

Известен способ обнаружения избыточных сжимающих продольных сил в бесстыковом пути по трем параметрам, влияющим на устойчивость рельсошпальной решетки, - стреле изгиба рельсов в плане  $f$ , длине изогнутой оси рельсов  $l$  и продольной силе  $F$  [2]. Этот способ основан на статической теории расчета бесстыкового пути (не учитывающей фактора времени), по которой получают две зависимости -  $l(f)$  и  $F(f)$ , которые соответствуют напряженной неровности, вызывающей мгновенную потерю устойчивости рельсошпальной решетки. Для получения однозначного решения задаются нормируемым значением стрелы изгиба рельсов в плане, а изменение продольной силы определяют по разнице температуры рельсов относительно температуры их закрепления, учитывая при этом смещения створов рельсовой плети на «маячных» шпалах. Однако «маячные» шпалы расположены напротив пикетных столбиков, т. е. через 100 м, а это слишком большое расстояние, чтобы точность расчета была достаточной. Необходимо иметь створы через 50 м, а еще лучше устраивать их относительно опор контактной подвески. Используя же стометровое расстояние между «маячными» шпалами, невозможно определить, какая неровность будет напряженной [3] из-за влияния случайных факторов (погонных сопротивлений балласта поперечным сдвигам шпал, конфигурации изогнутой оси рельсов в плане, изгибной жесткости рельсошпальной решетки), имеющих большую дисперсию. Кроме того, нельзя определить с достаточной точностью величину продольной сжимающей силы в плетях бесстыкового пути из-за изменчивости их температуры закрепления и положения «маячных» шпал. В связи с указанными недостатками данный способ не имеет практического применения.

Мы предлагаем способ, исключаящий возможность ошибки в определении опасных мест бесстыкового пути по условиям нарушения его устойчивости. С помощью этого способа методику 2010 г. следует усовершенствовать, что позволит заблаговременно выявлять опасные места с избыточной продольной сжимающей силой в рельсовых плетях, способной вызвать потерю устойчивости рельсошпальной решетки.

Поскольку погонные сопротивления  $q$  зависят от скорости деформаций  $u$ , можно записать, что

$$q = \xi \dot{y}, \quad (1)$$

где  $\xi$  — коэффициент вязкости, Нс/м<sup>2</sup>, или, другими словами,  $\xi$  — это сила, распределенная на единице длины пути (Н/м), вызывающая единицу перемещения поперек оси пути за единицу времени (м/с).

Формула (1) выражает зависимость роста стрелы во времени, когда неровность рельсов в плане напряженная. Вероятность этого события относительно мала, но именно она нас интересует.

Ученые ВНИИЖТа отмечали, что потеря устойчивости не всегда происходила в точке максимальной начальной стрелы изгиба рельсов в плане. Значит, эта стрела находилась не на напряженной неровности. Неровность рельсовых нитей становится напряженной в том случае, когда плети имеют низкую температуру закрепления и при этом достаточно сильно нагреты солнечными лучами в жаркий период. Под проходящим поездом погонные сопротивления понижаются, и тогда в ослабленном месте происходит смещение рельсошпальной решетки поперек оси пути.

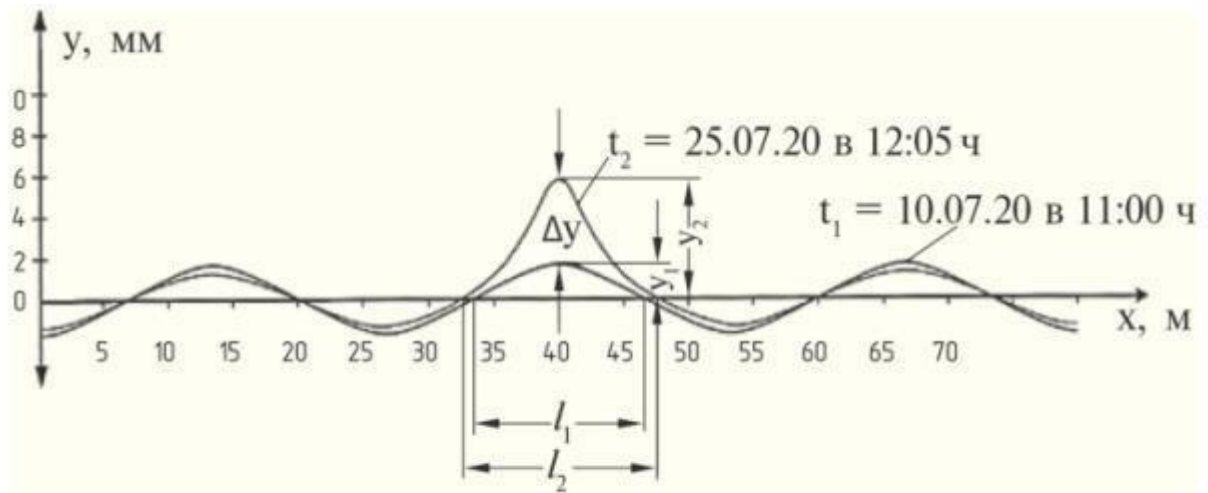
Скорость роста стрел изгиба рельсов в плане может быть найдена по формуле [1]

$$\dot{f} = \frac{f_0 F^2}{16EI\xi} \cdot \exp\left(\frac{F^2 \tau}{16EI\xi}\right), \quad (2)$$

где  $F$  — продольная сила в рельсах;  $f_0$  и  $f$  — начальная и текущая стрелы;  $EI$  — изгибная жесткость рельсошпальной решетки в плане;  $\tau$  — время.

Однако практика показала, что для определения опасного по устойчивости места бесстыкового пути важна не только скорость роста стрелы, но и крутизна неровности рельсов в плане. Наш способ учитывает эту особенность, поскольку именно крутизна образовавшейся неровности самым прямым образом влияет на возможность вкатывания колеса на головку рельса с последующим сходом подвижного состава. Получается, что этот фактор в большей степени отражает уровень безопасности движения поездов по напряженной неровности, чем скорость роста стрелы.

Как выявить напряженную неровность опасной крутизны? Для этого заблаговременно с начала лета с помощью путеизмерительных диаграмм фиксируют величины отводов еще не опасных для движения поездов неровностей  $i = 2y(i)/l(i)$  (см. рисунок) рельсов бесстыкового пути в плане [4]. Диаграммы сохраняют до получения новых при очередных проходах путеизмерителя, а затем накладывают на предыдущие, совмещая их по линейной координате (абсциссе  $x$ ). Таким образом определяют разницу крутизны неровностей на месте максимальной стрелы  $[\Delta]i = 2(y(i)/l(i) - y(i+1)/l(i+1))$ , делят ее на прошедшее время и находят скорость изменения крутизны напряженной неровности  $V = [\Delta]i(t(i+1) - t(i))$ . По величине скорости изменения крутизны неровности обнаруживают опасное по устойчивости место бесстыкового пути.



Фрагмент сопоставления (наложения) двух путеизмерительных лент с записью неровности рельсов в плане, выполненных с двухнедельным промежутком

Для полной ясности рассмотрим следующий пример. На исходной диаграмме (см. рисунок), полученной с помощью путеизмерительного средства, обнаружена неровность рельсов в плане длиной  $l(1) = 12$  м со стрелой  $y(1) = 2$  мм при крутизне  $i(1) = 167 \cdot 10^{-6}$  (время фиксации  $t(1) = 10.07.2020$  в 11:00 ч). Согласно диаграмме следующего прохода путеизмерителя ( $t(2) = 25.07.2020$  в 12:05 ч) стрела на том же месте увеличилась до  $y(2) = 6$  мм при возросшей длине неровности  $l(2) = 14$  м и крутизне  $i(2) = 429 \cdot 10^{-6}$ . Таким образом, скорость роста крутизны оказалась равной  $V = 0,68 \cdot 10^{-6}$  1/ч.

Такую скорость увеличения крутизны неровности следует считать опасной, так как за последующие 400 ч (с некоторым запасом это примерно две недели) она может увеличиться до критических размеров. В этом случае для обеспечения безопасности движения до очередного прохода путеизмерителя потребуются ограничить скорость поездов, чтобы не произошел отказ по состоянию пути. Нормативы допускаемых скоростей роста крутизны неровностей предстоит уточнить по результатам опытного внедрения предложенного способа обнаружения опасных по устойчивости мест бесстыкового пути.

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЛЬСОШЛИФОВАЛЬНЫХ ПОЕЗДОВ

**Аннотация.** В статье приведены результаты оценки эффективности применения рельсошлифовальных поездов на участках Юго-Восточной и Приволжской дорог. При использовании картирования были выявлены проблемы в организации и технологии шлифования рельсов, что позволило сформировать мероприятия для их решения и определить потенциал эксплуатируемого парка рельсошлифовальных поездов.

**Ключевые слова:** картирование, шлифование рельсов, рельсошлифовальный поезд, организация работ.

УДК 621.923

**ИЛЬИНЫХ А.С.,** Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС), докт. техн. наук, **ПИКАЛОВ А.С.,** АО «Синара-Транспортные Машины», заместитель директора Дивизиона «Путевая техника», канд. техн. наук, **ЮРКОВА Е.О.,** СГУПС, канд. техн. наук, **МИЛОРАДОВИЧ В.К.,** АО «Калужский завод «Ремпутьмаш», руководитель проекта

Шлифование рельсов в пути, как способ продления их срока службы, широко используется на сети железных дорог России [1, 2]. По данным АО «Синара-Транспортные Машины (СТМ)» в 2020 г. было выполнено 33634 км проходов. При этом АО «СТМ» получило выручку от оказания услуг в размере 1005279 тыс. руб. при себестоимости 805941 тыс. руб. Несмотря на достаточно большие годовые объемы выполняемых работ существует необходимость детального анализа организации и технологии работы рельсошлифовальных поездов (РШП) для выявления потенциальных возможностей повышения эффективности их использования [3-5].

В июле 2020 г. ООО «РСПМ» вошло в состав холдинга «Синара-Транспортные Машины». ООО «РСПМ» специализируется на предоставлении услуг ОАО «РЖД» по шлифованию и стационарной сварке рельсов. По данным за 2020 г., у ООО «РСПМ» было в наличии 22 рельсошлифовальных поезда, из них 17 находилось в эксплуатации. В среднем один поезд в месяц совершает до 442 км проходов, соответственно в год - до 4395 км. Выручка от эксплуатации одного поезда составила до 13702 тыс. руб. в месяц и до 136245 тыс. руб. в год. Общие годовые затраты предприятия на аренду поездов равны 343203 тыс. руб., на ремонт - 75403 тыс. руб. [3-5].

Для повышения эффективности использования парка рельсошлифовальных поездов ООО «РСПМ» на перегонах Тарханы-Елховка и Канальная-Тингута Приволжской дороги и Касторная новая-Горшечное Юго-Восточной дороги проведен экспертный анализ методом картирования.

Картирование является инструментом, позволяющим визуализировать каждый этап движения материальных и информационных потоков, выявить потери и их источники, принять правильные управленческие решения для оптимизации анализируемого процесса [6, 7].

При структурировании любого процесса можно выделить следующие операции:



не добавляющие ценности конечному продукту или услуге, их условно называют потери;

не добавляющие ценности продукту, но при текущем состоянии процесса они необходимы - незначительная работа;

которые необходимо выполнить для добавления ценности, т. е. удовлетворения требований заказчика - значимая работа.

Картирование помогает определить долю имеющихся потерь в процессе, долю незначительной и значимой работ. Для этого строят карты потока создания ценностей (ПСС) для трех состояний процесса. Карта текущего ПСС отражает фактические показатели на рассматриваемую дату. Карта целевого ПСС учитывает мероприятия по устранению проблем, выявленных в текущем ПСС. В качестве эталона, к которому необходимо стремиться, строится карта идеального ПСС - потока, исключаящего все виды потерь [6, 7].

Цели картирования процесса шлифования рельсов в пути следующие:

выявление проблем в организации и технологии шлифования рельсов в пути и

конструкции рельсошлифовальных поездов;

формирование мероприятий по решению выявленных проблем;

определение потенциала эксплуатируемого парка рельсошлифовальных поездов.

Схематично порядок картирования процесса шлифования рельсов в пути показан на рис. 1.

Для картирования участка Тарханы-Елховка была сформирована рабочая группа, в которую вошли руководитель проекта по развитию технологии ремонта и содержания



Рис. 1. Схема картирования процесса шлифования рельсов в пути

железнодорожной инфраструктуры, заместитель генерального директора ООО «РПСМ», руководитель проекта дирекции по управлению эффективностью, главный специалист по развитию технологий ремонта и содержания железнодорожной инфраструктуры, специалист проектного офиса и главный конструктор ООО «НИЦ СТМ» [3-5].

Рабочая группа изучила характеристики, конструктивные особенности рельсошлифовальных поездов, их эксплуатацию, содержание и техническое обслуживание. На основе полученных результатов сформирован реестр обнаруженных проблем и проведена оценка потерь при эксплуатации. Затем проанализированы численность бригады, объем выполняемой ею работы и уровень загрузки каждого сотрудника.

На всех исследуемых участках работали рельсошлифовальные поезда РШП-48, предназначенные для восстановления формы головки рельса, удаления

волнообразных неровностей и дефектного слоя металла на рабочей поверхности головки рельсов [3-5].

При создании карты ПСЦ текущего состояния шлифования рельсов на участке Канальная-Тингута Приволжской дороги было определено тринадцать операций (рис. 2), из которых с 1-й по 5-ю являются подготовительными, 11-я и 13-я - заключительными, они не добавляют ценности конечной услуге по шлифованию рельсов, поэтому их можно отнести к потерям. С измерением и контролем полученного результата связаны 6-я и 12-я операции, ценности конечной услуге они не добавляют, но технологически необходимы, их можно классифицировать как незначительная работа. И только с 7-й по 10-ю операции являются значимой работой, т. е. вносят вклад в конечный результат.



Рис. 2. Карта ПСЦ шлифования рельсов на участке Канальная—Тингута Приволжской дороги

Шлифование осуществлялось со скоростью 6 км/ч. Было выполнено четыре прохода поезда, продолжительность «окна» составила 4 ч. Фактический состав бригады - семь человек, при штатном - шесть (мастер, два машиниста, помощник машиниста, наладчик-электрик, наладчик-гидравлик). В среднем на один поезд предоставляется от 25 «окон» в месяц. Время выполнения каждой операции отражено на рис. 3.

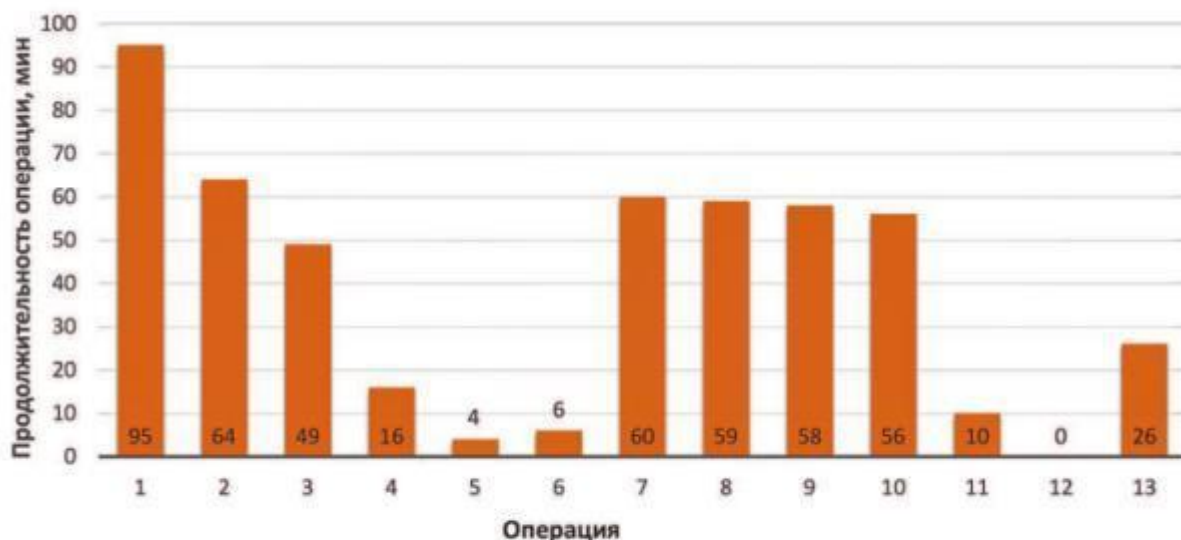


Рис. 3. Хронометраж выполнения операций шлифования рельсов на участке Канальная—Тингута

На диаграмме (рис. 4) видно, что на долю операций, не связанных с получением конечного результата, приходится 53 %. Выявление причин неэффективного использования времени и их устранение позволит увеличить объем значимой работы каждого рельсошлифовального поезда.

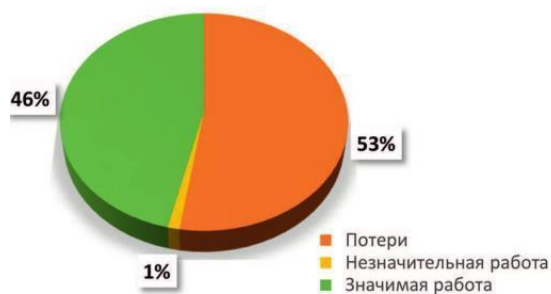


Рис. 4. Распределение времени между операциями шлифования рельсов на участке Канальная—Тингута

Хронометраж рабочего времени позволил определить интенсивность и рациональность выполнения своих обязанностей каждым членом бригады

поезда. В среднем занятость персонала составила от 32 до 42 % доступного времени.

Анализ текущего состояния процесса шлифования рельсов на участке Канальная-Тингута выявил следующие проблемы:

- низкая загруженность рельсошлифовального поезда, фактическое время работы (приносящее ценность) - 240 мин;
- неравномерное распределение обязанностей среди персонала;
- согласно штатному расписанию, имеется вакансия;
- низкая скорость шлифования;
- измерительное оборудование требует участия человека;
- планирование (актуализация) ремонтов один раз в год;
- вынужденная отмена «окна», из-за ошибки в планировании работ сотрудниками дистанции пути.

При картировании шлифования рельсов РШП-48 № 2 на перегоне Касторная-Новая-Горшечное Юго-Восточной дороги были добавлены операции, связанные с тушением возгорания сухой травы вдоль пути.

Хронометраж работы персонала поезда РШП-48 № 2 выявил низкую загруженность сотрудников, например, на инструктаж и ознакомление с документами тратится 15 % рабочего времени, обслуживание поезда перед отправлением и после его прибытия к месту работ - 31 %.

Анализ процесса шлифования рельсов на участке Касторная-Новая-Горшечное выявил следующие недостатки:

шлифование рельсов в «окно» (работа добавляющая ценность услуге) составило 164 мин - 23 % от доступного времени использования РШП;

участок работ был не подготовлен сотрудниками дистанции пути (не очищен от сухой травы), что привело к возгоранию от искр при шлифовании;

тушение огня заняло 36 мин с остановкой поезда, что не позволило выполнить 6-й проход шлифования;

до и после шлифования измерение пути тележкой ТИВИР и профилографом не проводилось.

Перечисленные проблемы для рассмотренных участков носят в основном организационный характер. Более детальный анализ характеристик, конструктивных особенностей, порядка эксплуатации и технического обслуживания поезда позволил составить реестр проблем, состоящий из 41 позиции. Все проблемы были разделены на три категории.

**Технологические.** Например, работа машины невозможна при температуре ниже 20 °С. В связи с этим затраты, связанные с простоем рельсошлифовального поезда из-за низкой температуры окружающей среды, составляют около 5,6 млн руб. в год.

**Конструктивные.** Например, отсутствие возможности подключения на станциях к электросети машины с обеих сторон приводит к дополнительному расходу топлива в объеме 117 тыс. л в год на сумму 2,9 млн руб.

**Оборудование.** Например, ресивер для слива конденсата не имеет обогрева, что требует привлечения работников и затрат времени до 300 ч в год или 0,2 млн руб.

По оценке выявленных проблем, убыток компании составит более 6,5 млн руб. на один поезд, т. е. более 45 млн руб. на весь парк. При устранении потерь существующим парком машин возможно выполнение работ в объеме 10 тыс. км проходов в год с выручкой более 310 млн руб. на один поезд.

На основе проведенного анализа составляют карты ПСЦ целевого и идеального состояний процессов.

В картах ПСЦ целевого состояния (рис. 5) были учтены следующие организационные изменения и параметры шлифования:

используется модернизированный рельсошлифовальный поезд с требуемым дооснащением и устраненными конструктивными недостатками;

шлифование проводится со скоростью не менее 15 км/ч;

шлифование осуществляется за три прохода поезда;

доступное время работы поезда 8 ч;

количество «окон» в месяц не менее 26;

состав бригады поезда до шести человек (мастер, два машиниста, помощник машиниста, наладчик-электрик, наладчик-гидравлик).



Рис. 5. Карта ПСЦ шлифования рельсов при целевом состоянии процесса

При достижении целевого состояния процесса шлифования рельсов возможно увеличение длины проходов пути на один рельсошлифовальный поезд до 3120 км в месяц или более 36000 км в год.

При составлении карты ПСЦ идеального состояния (рис. 6) были учтены следующие организационные изменения и параметры шлифования:

используется новая конструкция рельсошлифовального поезда;

шлифование проводится с установленной на перегоне скоростью 60 км/ч;

шлифование осуществляется за один проход поезда;

доступное время работы поезда 20 ч в сутки;

количество «окон» в месяц не менее 26;

уменьшен состав бригады поезда до четырех человек.



Рис. 6. Карта ПСЦ шлифования рельсов при идеальном состоянии процесса

Все предложенные мероприятия по устранению проблем разделены по важности их выполнения: требующие срочной реализации, среднесрочные и долгосрочные.

К **срочным** мероприятиям можно отнести следующие:

расположение блоков КЛУБ в более доступном месте для улучшения удобства снятия их на контрольные проверки;

доработка огнезащитных щитков;

установка подогрева ресиверов для слива конденсата;

доработка прокладки кабельных трас под машиной.

**Среднесрочные** мероприятия - это те, которые можно реализовать за счет модернизации или дооснащения существующей конструкции рельсошлифовальных поездов. Например, установка «суфле» межвагонных соединений для минимизации попадания пыли в вагон. Данное мероприятие позволит снизить вероятность отказа оборудования и тем самым сократить время простоя состава на ремонте и техническом обслуживании.

**Долгосрочные** мероприятия требуют значительные изменения в конструкции поезда и дооснащение дорогостоящим и сложным оборудованием. Например, установка «сопла» оросительной системы в головных частях машины позволит снизить риск нарушения безопасности движения поездов и сократить количество остановок поезда для локализации возгорания.

По предварительной оценке, реализация среднесрочных мероприятий позволит минимизировать риски и получить прибыль на сумму 4 млн руб. в год, а долгосрочных мероприятий - на 79 млн руб. в год.

**Выводы.** Картирование процесса шлифования рельсов рельсошлифовальными поездами РШП-48 на участках Юго-Восточной и Приволжской дорог позволило оценить эффективность использования данной техники. Можно выделить наиболее значимые проблемы, связанные с организацией и технологией проведения работ.

Планирование и актуализация рабочей программы на шлифовальные работы один раз в год не позволяет оперативно реагировать на изменения дефектности рельсов в процессе эксплуатации и корректировать фронт работ.

Нерационально много времени тратится на выполнение подготовительных и заключительных операций. На них приходится в некоторых случаях более половины общего времени работы рельсошлифовального поезда.

Хронометраж позволил выявить низкую интенсивность деятельности каждого члена бригады и неравномерность загрузки персонала.

Небольшая рабочая скорость РШП и дополнительные вынужденные потери времени, значительно сокращают производительность при шлифовании рельсов.

Отсутствие автоматизированного измерения геометрических характеристик рельсов приводит к потерям времени, снижает качество и количество результатов. Иногда вынужденная экономия времени заставляет отказаться от измерений до и (или) после шлифования, что отражается на качестве формирования необходимого профиля рельса и устранения дефектов [3-5].

В результате детального анализа выявленных проблем предложены мероприятия, позволяющие значительно сократить потери при организации шлифования рельсов.

## РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В АЛЮМИНОТЕРМИТНЫХ СТЫКАХ РЕЛЬСОВ

**Аннотация.** Разработана термомеханическая конечно-элементная модель процесса термитной сварки. В зоне сварки виртуально моделировались выполняемые операции, изменения температурного режима рельсов и сварного шва. Численным методом решены связанная термодинамическая и структурная задачи, позволившие определить остаточные напряжения в зоне влияния сварного шва. Установлено, что в поперечном сечении на поверхности головки и в подошве возникают благоприятные сжимающие напряжения, достигающие 340 и 250 МПа соответственно. Большие растягивающие остаточные напряжения появляются в средней центральной зоне шейки на расстоянии около 50 мм от оси сварного шва: продольные достигают 314 МПа, вертикальные - 325 МПа. Они увеличивают восприимчивость этой области к возникновению и распространению трещин под действием напряжений от колесных нагрузок.

**Ключевые слова:** конечно-элементная модель, алюминотермитный сварной стык, зона термического влияния, остаточные напряжения.

УДК 621.791:625.143(045)

**КОССОВ В.С.,** АО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» («ВНИКТИ»), докт. техн. наук, **ПРОТОПОПОВ А.Л.,** АО «ВНИКТИ», канд. техн. наук, **ВОЛОХОВ Г.М.,** АО «ВНИКТИ», докт. техн. наук, **КРАСНОВ О.Г.,** АО «ВНИКТИ», канд. техн. наук, **ОГУЕНКО В.Н.,** АО «ВНИКТИ», канд. техн. наук

Одной из составляющих текущего содержания пути является устранение мест временного восстановления рельсовых плетей либо электроконтактной сваркой с использованием рельсосварочных самоходных путевых машин, либо алюминотермитной сваркой, которая благодаря своим преимуществам (более дешевое оборудование; меньшее количество задействованных рабочих; меньшая продолжительность технологических «окон») получает в последние годы все большее распространение [1, 2].

Однако термитная сварка имеет и недостатки, которые объясняются особенностями процесса литья металла и зависимостью выполнения ряда операций от исполнителя: изменчивость качества сварного шва; наличие литейных дефектов; неравномерность микроструктуры; нестабильность механических свойств.

Эксплуатационные наблюдения показали, что сварные швы, выполненные методом термитной сварки на месте, являются источниками усталостных разрушений и отказов [3, 4].

По данным Управления пути и сооружений [5], за период 2014-2018 гг. отмечено 137 случаев изломов рельсов в сварных стыках (при общем их количестве 450 шт.), из них 107 стыков (78 %) были выполнены электроконтактным способом и 30 (22 %) - термитным.

Изломы в электроконтактных стыках допущены в 0,001 % от эксплуатируемых на сети 8788 тыс. шт., а в алюминотермитных - в 0,007 % от эксплуатируемых

на сети 409 тыс. шт. Таким образом, алюминотермитные стыки выходят из строя в семь раз чаще, чем электроконтактные.

В 2019 г. количество изломов рельсов на сети увеличилось до 182 шт. (в 2018 г. - 128 шт.). Специалисты АО «ВНИИЖТ» объясняют это увеличением количества алюминотермитных стыков, свариваемых во время летних путевых работ [6] (в 2018 г. - 65170 шт., в 2019 г. - 100050 шт.), для которых характерны изломы на начальной стадии эксплуатации с пропущенным тоннажем не более 20 млн т груза брутто.

Специалисты ООО «ГТ-Алюмотермитная сварка» («ГТАТС») объясняют разрушение алюминотермитных стыков развитием «горячих трещин» из-за подвижки рельсов во время сварки в вечернее и ночное время [7]. Согласно их версии трещины должны образовываться в средней части сварного шва в зоне подошвы или зоне перехода от подошвы к шейке во время кристаллизации металла сварного шва. Однако анализ мест изломов показал, что трещины не всегда возникают непосредственно в сварном стыке. Часть изломов возникает от поперечных трещин, образующихся у края облива или на расстоянии 30-50 мм от оси сварного шва.



Рис. 1. Поперечный излом рельса по алюминотермитному сварному стыку на перегоне Каменоломни—Персиановка Северо-Кавказской дирекции инфраструктуры

На рис. 1 представлен типовой поперечный излом рельса на расстоянии 20 мм от оси симметрии сварного стыка. В месте излома выявлена поперечная контактно-усталостная трещина в виде светлого пятна в пере подошвы со стороны рабочей грани 34 мм шириной и 19 мм высотой.

Наиболее распространенными разрушениями являются поперечные и горизонтальные трещины в шейке рельса. Поперечные трещины возникают в местах концентрации напряжений по краю облива сварного шва и в зонах под головкой рельса, у подошвы рельса и в нижней части шейки и распространяются в вертикальном направлении.

Горизонтальные трещины приводят к развитию горизонтальной усталостной трещины, возникающей из-за поверхностного или подповерхностного дефекта в обливке сварного шва, как правило, в средней или верхней части шейки рельса. Одной из причин образования усталостных трещин является неблагоприятное сочетание напряжений от внешней колесной нагрузки и внутренних остаточных напряжений, возникающих из-за высоких температурных градиентов и локальной пластической текучести в период кристаллизации металла сварного шва.

Качество швов, выполненных методом промежуточного литья, зависит от внешних тепловых условий во время сварки. Однако численный термический анализ алюминотермитных стыков выполнялся лишь в немногих исследованиях



[8-11], посвященных изменению температуры непосредственно в рельсах после термообработки по окончании сварки.

Поскольку образование дефектов сварного шва и его напряженно-деформированное состояние тесно связаны с кристаллизацией и охлаждением во время сварки, следует изучить процесс теплопередачи и влияние исходной температуры рельсов.

Таблица 1

Моделирование алюминотермитной сварки рельсового стыка		
Этап	Процесс	Характеристики
1	Предварительный нагрев концов рельсов кислородно-пропановой горелкой	Линейное увеличение температуры металла от 5 до 1200 °С за 180 с
2	Виртуальное формирование реакционного тигля над зоной сварного шва	Охлаждение рельса в течение 120 с до температуры металла концов рельса 900 °С
3	Заливка термитной смеси (сплав железа, оксида железа и гранул алюминия)	Линейное увеличение температуры металла шва от 5 до 2300 °С за 7 с
4	Затвердевание и охлаждение	Виртуальная термомоизоляция зоны сварного стыка при разборке реакционного тигля в течение 120 с, остывание шва до температуры окружающей среды через конвективный теплообмен за 3120 с

Для моделирования процесса термитной сварки и изучения изменения температуры во всех ее циклах использовался метод конечных элементов (последовательный термомеханический конечно-элементный анализ), охватывающий все этапы термитной сварки согласно

ГОСТ Р 57181-2016 [12], что позволило получить предварительные расчетные оценки значений поля остаточных напряжений в сварном шве.

В табл. 1 представлены основные операции моделирования процесса термитной сварки рельсового стыка.

**Термомеханическая конечно-элементная модель.** Процесс сварки моделируется как последовательно связанный термомеханический анализ (рис. 2), т. е. настраиваются два разных анализа: термический и механический. Поле температуры, вычисленное при термическом анализе, импортируется в механический анализ как нагрузка.



Рис. 2. Структурная схема моделирования процесса алюминотермитной сварки

Для проведения моделирования необходимо создать геометрическую модель, определить граничные условия, задать свойства материала рельсов и термитного материала в зависимости от температуры.

**Геометрическая модель и граничные условия.** На рис. 3 представлены конечно-элементная модель рельса с расположенным посередине сварным стыком шириной 25 мм и условия его закрепления.

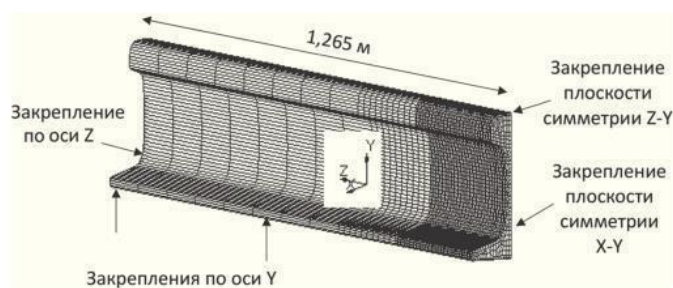


Рис. 3. Конечно-элементная модель 1/4 рельса со сварным швом

В модели принято допущение двух плоскостей симметрии: по длине рельса геометрия разделена пополам продольной плоскостью симметрии Z-Y; поперечная плоскость симметрии X-Y проходит поперек зазора сварки. Эти плоскости симметрии приняты как изолированные поверхности. В

механической конечно-элементной модели нет смещения через плоскости симметрии. Модель содержит 30720 20-узловых элементов и 145473 узлов.

В плоскости симметрии фиксируются перемещения в поперечном направлении, по подошве рельса - в вертикальном в зоне шпал и продольном на конце рельса. При этом также принято, что на расстоянии двух шпал в обе стороны от сварного стыка рельс в вертикальном направлении не закреплен.

В плоскости сечения и по длине рельса на основании серии расчетов был подобран необходимый размер конечного элемента, обеспечивающий достоверность полученных результатов. При термическом анализе, согласно [13], заливную форму рассматривали как изолятор и как налагаемое условие, ограничивающее перемещение расплавленного сварочного металла в определенном направлении (в каналах в пределах зазора между рельсами).

Установлено [13], что массы рельса, формы, формующих плит и реакционного тигля с термитной смесью не требуется включать в анализ. Жесткость и механическая прочность песка очень низкие и не способствуют возникновению напряжений в сварочном металле и рельсе. Таким образом, конечно-элементная 3D-модель учитывает только рельсы и каналы в форме, куда заливают сварочный металл (термит).

**Термические свойства рельсов и сварочного материала.** Конечно-элементная модель включает в себя два материала: рельсовую сталь марки ЭС76Ф и сварочный металл [14], химический состав которых представлен в табл. 2. Предполагается, что и сталь, и термит имеют одинаковые термические и механические свойства. Термические свойства рельсовой стали марки ЭС76Ф приняты близкими к европейской R260 [9].

Таблица 2

**Химический состав рельсовой стали марки ЭС76Ф и термитного шва (массовая доля, %)**

Объект	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	Cu	Al
Рельс	0,8	0,8	0,020	0,020	0,16	0,01	0,05	0,01	0,02	0,006
Шов	0,7	0,8	0,024	0,006	0,23	0,02	0,04	0,01	0,04	0,300

На рис. 4 показано изменение теплопроводности, плотности и теплоемкости рельса и сварочного металла в зависимости от температуры [9]. Конвекция в бассейне с жидкостью аппроксимирована искусственным увеличением

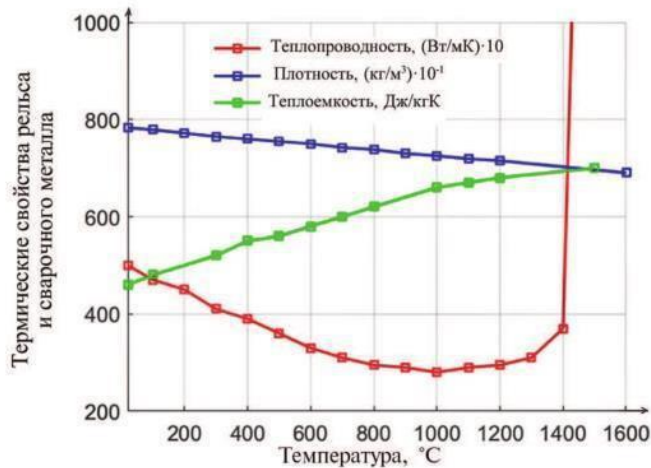


Рис. 4. Изменение теплопроводности, плотности и теплоемкости рельса и сварочного металла в зависимости от температуры

поверхностям рельса внутри сварного зазора на 180 с (рис. 5).

Энергия, подводимая горелкой, моделируется в виде двух распределенных тепловых потоков, действующих на поверхность соприкосновения рельса и поверхность катания. Предполагается, что эти потоки изменяются в зависимости от времени, высоты и ширины рельса. Во время периода выпуска, который длится около 55 с, тепловой поток прекращается, и рельс охлаждается, пока плавильный тигель прикрепляют к

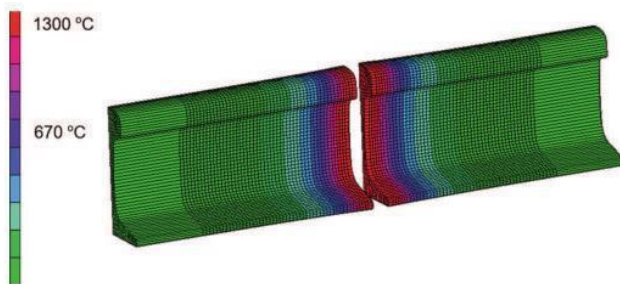


Рис. 5. Расчетная температура концов свариваемых рельсов, достигнутая предварительным нагревом кислородно-пропановой горелкой

верхней части формы.

Во время фаз предварительного нагрева и выпуска свариваемые концы рельсов включают в расчет для согласования анализа с последующим моделированием и задания граничных условий поперечной симметрии. Металл сварного шва является бесшумным материалом. Ему придают очень низкие жесткость и предел текучести, чтобы исключить влияние на характеристики рельса, пока металл не будет активирован на этапе заливки.

Заливка жидкости моделируется увеличением температуры металла сварного шва до температуры расплавленного состояния - около 2300 °C - в тигле над формой, которая охлаждается, оставаясь жидкостью, когда стекает вниз в каналы формы, а затем вверх в зазор сварного шва.

Предполагается, что заливка происходит за очень короткое время. При этом заполняющие конечные элементы сварного шва выполнены из материалов с пониженными механическими свойствами. По умолчанию коэффициент масштабирования составляет  $10^{-5}$ . Коэффициент теплового расширения устанавливают равным нулю, а остальные показатели материала (за

проводимости выше температуры плавления ( $T$  [больше либо равно]  $T(\text{liq}) = 1465 \text{ }^\circ\text{C}$ ) в пять раз.

**Результаты моделирования.** На первом этапе, во время начальной фазы сварки, кислородно-пропановая горелка находится над головкой рельса для сушки и очистки поверхности соприкосновения формы и рельса, что снижает риск образования газовых пор внутри сварного шва и замедляет скорость охлаждения. Это моделируется заданием теплового потока к свободным

исключением предела текучести, удельной теплоемкости и плотности тепловой массы) понижают, используя коэффициент масштабирования.

Когда заполняющие элементы физически созданы, тепловые свойства полностью восстанавливаются, в то время как заполняющие элементы все еще остаются механически неактивными. В течение периода формирования сварного шва, равного 7 с, все напряжения и деформации в элементах сбрасываются до нуля. Это предотвращает накопление механических деформаций и напряжений в сварном шве при повышении температуры. На этом этапе параметры материала шва меняют на параметры металла рельса. Чтобы предотвратить значительное расширение объема при непрерывном повышении температуры металла сварного шва, тепловое расширение металла шва принимают равным нулю.

После завершения этапа заливки рельсы и металл сварного шва остывают. Термическая деформация металла шва сбрасывается, он охлаждается. На рис. 6

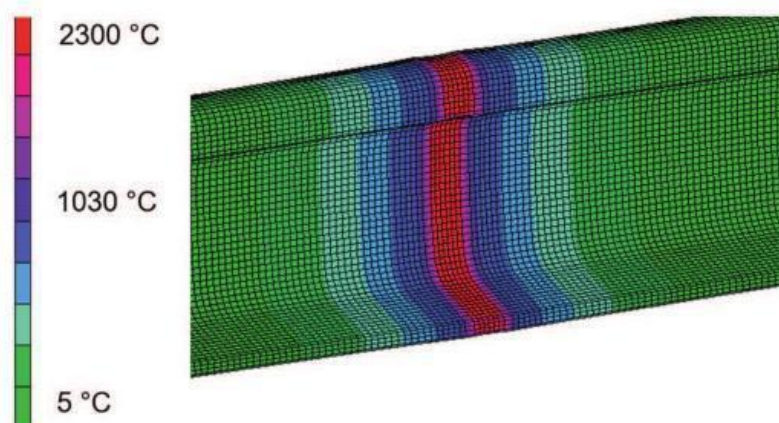


Рис. 6. Расчетное распределение температуры в зоне сварного шва после его формирования

Это также относится к частям концов рельсов, которые плавятся во время этапа заливки. При этом ширина оплавления основного металла концов рельсов (превышение температуры 1500 °C) составляет 3 мм от сварного шва в обе стороны. Через некоторое время излишки материала удаляют.

Моделируют процесс удалением элементов металла сварного шва и повторным определением свободных поверхностей для конвективных граничных условий и продолжением процесса охлаждения.

Для верификации расчетного изменения температуры сравнили результаты моделирования процесса охлаждения и экспериментальные данные изменения температуры на поверхности катания на расстоянии 10 мм от сварного шва, полученные в [13] (рис. 7). Сравнительный анализ показал удовлетворительное совпадение прогнозируемой температуры околошовной зоны сварного стыка, полученной расчетным путем, и экспериментальных значений температуры сварных швов.

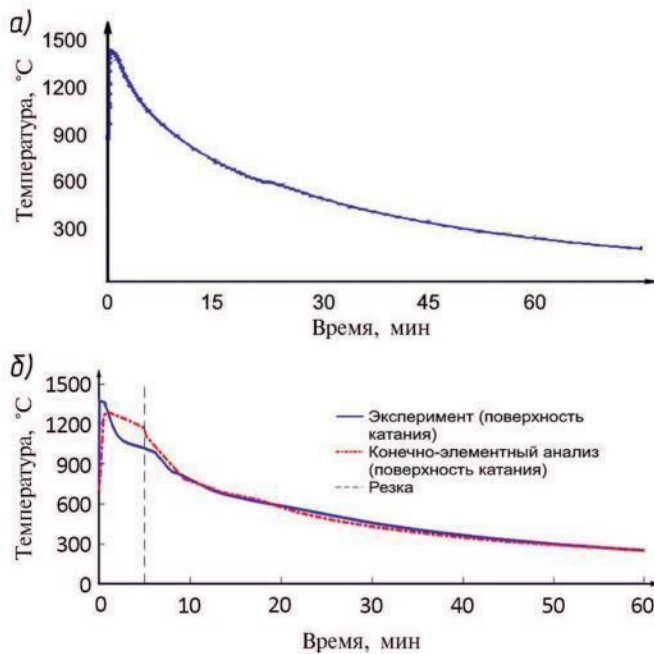


Рис. 7. Результаты моделирования изменения температуры на поверхности головки рельса на расстоянии 10 мм от сварного шва: а — исследование АО «ВНИКТИ»; б — исследование [13]

Из представленных графиков видно, что на поверхности катания рельса и его подошве в зоне сварного стыка возникают благоприятные сжимающие напряжения (-340 и -250 МПа соответственно), которые играют профилактическую роль в зарождении усталостных трещин. При этом по всей высоте шейки, в зоне перехода от головки к шейке и в верхней части подошвы возникают неблагоприятные растягивающие напряжения, которые при суммарном воздействии вертикальных и температурных сил могут приводить к повреждениям.

На рис. 9 показаны поля остаточных напряжений в зоне термического влияния сварного шва после охлаждения до температуры окружающей среды. Анализ показал, что высокие уровни остаточных напряжений возникают не только в плоскости сварного шва, но и на расстоянии около 50 мм от его оси. При этом большие растягивающие вертикальные и продольные остаточные напряжения возникают в средней центральной зоне шейки: продольные напряжения  $[\sigma]_{zz}$  достигают 314 МПа (170 МПа в зоне сварного стыка), а вертикальные растягивающие напряжения  $[\sigma]_{yy}$  - 325 МПа (116 МПа в зоне стыка).

Несмотря на ряд упрощений модель может с достаточной точностью использоваться для анализа тепловых условий при термитной сварке.

На рис. 8 показано изменение компонентов остаточных напряжений по высоте рельса в средней плоскости поперечного сечения сварного шва по центральной линии. Для продольного напряжения  $[\sigma]_{zz}$  растягивающие остаточные напряжения в шейке уравниваются сжимающими напряжениями на поверхности катания и у подошвы рельса.

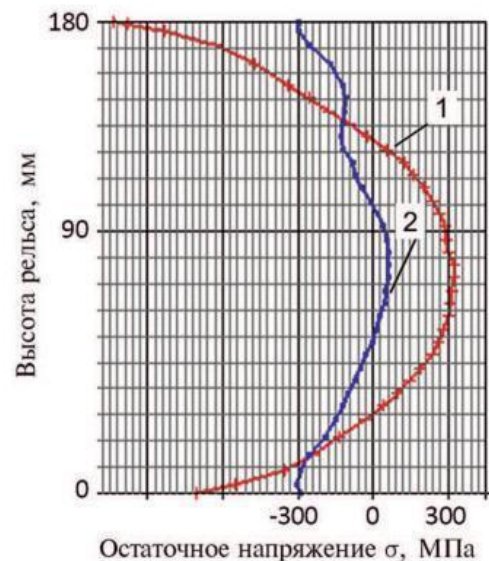


Рис. 8. Распределение остаточных напряжений: 1 — продольных  $\sigma_{zz}$ ; 2 — вертикальных  $\sigma_{yy}$

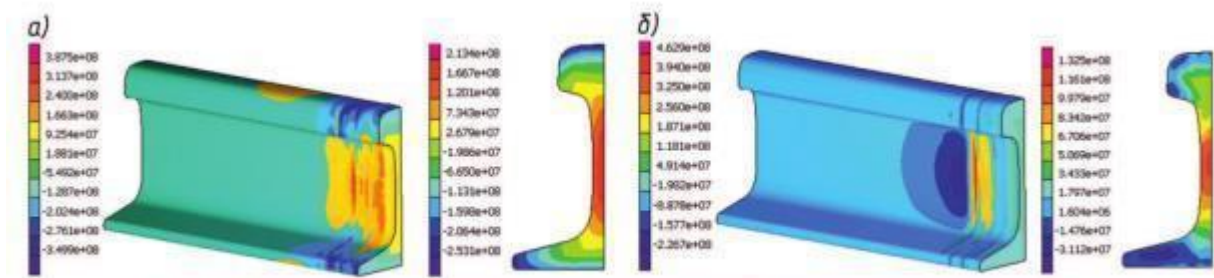


Рис. 9. Расчетное распределение остаточных напряжений в зоне алюмотермитного сварного шва: а – продольных  $\sigma_{xx}$ ; б – вертикальных  $\sigma_{yy}$ .

Установлено, что в зоне термического влияния твердость на поверхности катания сварного шва неравномерна и имеет два минимума, расположенных симметрично относительно сварного шва на расстоянии 30-50 мм от его оси. Неравномерность твердости приводит к смятию рельсов в зоне сварных стыков. Геометрия стыковой неровности имеет форму w-образной вмятины с наплывом металла на принимающем рельсе и с понижением на отдающем. Ширина верхней части вмятины изменяется в пределах 160-200 мм вдоль оси рельса. Зона смятия сварного стыка является источником повышенного динамического воздействия от колес подвижного состава на элементы верхнего строения пути.

Таким образом, в рассматриваемой зоне от комплексного воздействия квазистатических, ударных, тепловых сил и растягивающих остаточных напряжений может возникать сложное многоосное напряженное состояние. Продольные остаточные напряжения увеличивают параметр усталостного повреждения Данг Ванга по всему краю облива сварного шва [9]. Параметр повреждения в рассматриваемых зонах может превышать критическое значение повреждения при наличии высоких суммарных напряжений, образуемых как внешними нагрузками, так и продольными остаточными напряжениями.

## Заключение

1. Разработана термомеханическая конечно-элементная модель процесса термитной сварки, которая позволяет оценить параметры предварительного нагрева рельсов, определить зону термического влияния и величину оплавления концов рельсов, оценить скорость охлаждения с учетом температуры окружающей среды, установить уровни остаточных напряжений в зоне термического влияния сварного шва.

2. Компьютерное моделирование показало, что на верхней поверхности головки и нижней части подошвы рельса формируется поле сжимающих продольных остаточных напряжений с максимальными значениями (-340 и -250 МПа соответственно), что будет выгодно препятствовать возникновению и распространению усталостных трещин в указанных зонах. В области шейки как осевые продольные, так и вертикальные компоненты поля остаточных напряжений являются растягивающими. Высокие уровни остаточных напряжений возникают не только в плоскости сварного шва, но и на расстоянии около 50 мм от его оси. Большие растягивающие вертикальные и продольные остаточные напряжения возникают в средней центральной зоне шейки: продольные напряжения достигают 314 МПа (в зоне сварного шва - 170 МПа), вертикальные растягивающие напряжения - 325 МПа, в то время как в зоне стыка не превышают 116 МПа. Это увеличивает восприимчивость этой области

к возникновению и распространению трещин из-за совместного действия напряжений от колесных нагрузок, температурных сил, остаточных напряжений и внутренних дефектов материала.

3. Задачи дальнейших исследований: разработка методики определения ресурса алюминотермитных стыков с учетом комплексного воздействия от поездной нагрузки, температурных сил и остаточных напряжений; оптимизация формы края облива для снижения коэффициента интенсификации напряжений и повышения усталостных характеристик сварного шва.

# УВЕЛИЧЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ИЗОЛИРУЮЩИХ СТЫКОВ С ПОМОЩЬЮ ПОДШПАЛЬНЫХ ПРОКЛАДОК

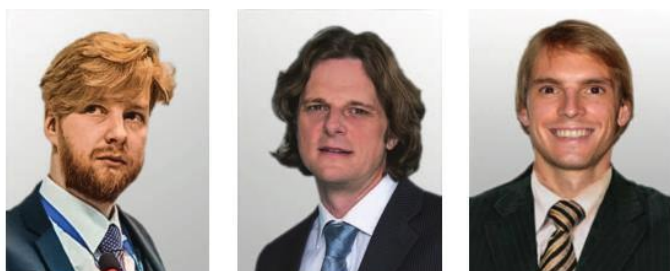
Автор: СМИРНОВ В.А., ГАРАЛЬД ЛОЙ, МАРТИН КВИРЧМАЙР

**Аннотация.** В настоящее время для обеспечения работы систем СЦБ и АТДП используют рельсовые цепи в качестве проводников электрического тока. Определение положения поездов на различных участках пути осуществляется за счет изоляции рельсовых плетей в пределах участков. Рельсовые цепи обеспечивают контроль исправного состояния элементов обратной тяговой сети, предназначенной для пропуска обратного тягового тока. Поэтому при анализе отказов технических средств всегда фиксируются отказы рельсовых цепей. Изолирующие стыки рельсов (ИСП) по-прежнему остаются основным способом решения этой задачи, однако их эксплуатация влечет за собой значительные затраты.

В работе рассматривается вопрос применения на участках с ИСП специальных шпал с подшпальными прокладками определенной жесткости, что является перспективным с точки зрения сокращения объемов техобслуживания и увеличения срока службы пути и оборудования, а также снижения числа отказов и эксплуатационных расходов в целом.

**Ключевые слова:** изолирующие стыки, подшпальные прокладки, полиуретан, упругость, верхнее строение пути.

УДК 625.032.44



**СМИРНОВ В.А.**, руководитель ПКБ компании ООО «Динамические системы», канд. техн. наук, **ГАРАЛЬД ЛОЙ**, Университет Инсбрука (Австрия), начальник научно-исследовательского отдела железнодорожного транспорта, докт. техн. наук, **МАРТИН КВИРЧМАЙР**, Университет Инсбрука (Австрия), технический инженер-разработчик железнодорожного подразделения

Стыки железнодорожного пути, нарушая его целостность и равнопрочность, являются источником усиленного динамического воздействия колес подвижного состава, приводят к ухудшению плавности хода и комфорта пассажиров, увеличению основного удельного сопротивления движению, затрат на тягу поездов, ремонт и содержание пути и подвижного состава.

Для безопасного и бесперебойного движения поездов наряду с надежной конструкцией пути необходимо обеспечить четкую работу рельсовых цепей. В последние годы усиленно внедряется более надежная микропроцессорная автоблокировка с тональными рельсовыми цепями АЛСН (\*), которые не требуют устройства изолирующих стыков и блок участков. Однако до сих пор



на значительной части сети эксплуатируются системы автоблокировки с большим количеством изолирующих стыков, которые являются самыми сложными в конструктивном отношении и слабыми элементами.

Изолирующие стыки рельсов (ИСР) должны обеспечивать постоянную и надежную электрическую изоляцию в годовом и суточном цикле температурных перепадов, поэтому в них в 4,4 раза быстрее расходуется установленный допуск изменения зазора, чем в обычных стыках [1].

Причиной 45 % отказов в рельсовых цепях, или около 20 % всех отказов устройств сигнализации, централизации и блокировки, являются нарушения в работе изолирующих стыков [2]. Электрическое замыкание стыков с композитными накладками происходит вследствие образования между рельсами в стыке шунтирующих мостиков из частиц металла - продуктов износа.

Основными причинами отказов изолирующих стыков с композитными накладками являются снижение жесткости в шесть раз, по сравнению с металлическими накладками, а также повышенная напряженность магнитного поля.

**Деформативные характеристики верхнего строения пути (ВСП).** В идеальном случае статические и динамические характеристики верхнего строения пути должны быть равномерными по всей его длине. Изменение жесткости подрельсового основания приводит к возникновению дополнительных нестационарных нагрузок в зоне стыка, накоплению дефектов и, как следствие, к ускорению износа.

В настоящее время широко применяются сборные ИСР с композитными и более надежными металлокомпозитными накладками [1]. Электроизоляция в таких



Рис. 1. Изолирующий рельсовый стык с рельсовыми накладками и клеящими веществами

узлах обеспечивается за счет применения непроводящих материалов, например эпоксидной смолы и кевларовой ткани (рис. 1).

Под воздействием динамических нагрузок от колес подвижного состава, составляющих 250-300 кН, возникают значительные прогибы и вертикальные перемещения рельсовых нитей, которые впоследствии продолжают

нарастать с увеличением просадок концов рельсов, скорости движения поездов и повышением осевых нагрузок.

Данный процесс является самоподдерживающимся. Механическое воздействие колес приводит к повышенной деформации металла на концевых участках рельсов (которая может приводить к короткому замыканию), износу изолирующей прослойки стыкового элемента и деградации балласта. Более того, повышенный прогиб ИСР в результате неравномерного распределения балласта приводит к увеличению нагрузки на компоненты ИСР [3].

На примере Троицкой дистанции пути Южно-Уральской дирекции инфраструктуры в [4] проведен анализ численности стыковых просадок. Общее количество просадок в 2019 г. составило 323, повторившихся дважды - 58, трижды - 22. Общее количество просадок за 8 мес 2020 г. составило 205, повторившихся дважды - 51, трижды - 11.

На грузовых путях, подверженных высокоинтенсивной нагрузке, ИСР подлежат замене не реже одного раза в 12-18 мес, что значительно [1] ухудшает доступность путей и увеличивает эксплуатационные расходы в целом. Затраты на выправку повторяющихся стыковых просадок можно снизить, повысив уровень текущего содержания стыков [4]. Один из способов сокращения временных и финансовых затрат - разработка специализированных решений, способствующих долгосрочному сохранению высокого качества железнодорожного полотна и увеличению срока службы всех элементов ИСР.

**Увеличение долговечности ИСР за счет применения усовершенствованной схемы полотна.** Шпалы с подшпальными прокладками (ПШП) позволяют оптимизировать статические и динамические характеристики участков, требующих постоянного внимания, например стрелочных переводов или переходных участков [13].

Подшпальные прокладки выпускаются с разными упругими, пластичными и диссипативными характеристиками, что делает их практичным решением, способствуя меньшему проседанию рельсошпальной решетки и предотвращая неравномерное нагружение и износ балласта. Подшпальные прокладки могут быть интегрированы в тело железобетонных шпал при их производстве, а также наклеены на готовые шпалы.

Использование ПШП позволяет существенно повысить срок службы и увеличить пропущенный тоннаж [5], поэтому возникло предположение, что применение ПШП в зонах изолирующих стыков позволит существенно увеличить их срок службы и снизить интенсивность накопления просадок.

**Конечно-элементный расчет.** В 2016 г. было принято решение о проведении дополнительных исследований по продлению сроков службы ИСР [6] и запланирована установка двух звеньев на железобетонном основании с ИСР и подшпальными прокладками. Для выбора оптимального типа ПШП, подходящего для использования в конкретной ситуации, использовали модель на основе специально разработанного метода конечных элементов (МКЭ).

Подходящим способом являются методы численного решения дифференциальных уравнений, а также метод конечных элементов, применяемый при расчете элементов ВСП [7, 8], который предусматривает разбиение модели на конечное число элементов для числового решения соответствующих дифференциальных уравнений.

В итоге достаточно сложные отрезки пути, в том числе с резким изменением жесткости подрельсового основания или с существенными зазорами (как в ИСР), можно анализировать, применяя указанный системный подход для комплексного решения проектных задач.

**Принципы применения модернизированных ИСР.** Основным требованием, предъявляемым к ИСР, является надежное закрепление рельсовых плетей, в

связи с чем должна быть обеспечена необходимая прочность стыковых накладок [1]. Различия в жесткости (в пределах участка с ИСР и вне его) и относительной массе (за счет наличия накладок) со временем приводят к существенному износу всех элементов ВСП.

Поначалу на работу ИСР наибольшее влияние оказывают свойства самого узла соединения (податливость в вертикальном направлении, усилие затяжки болтов накладок), однако со временем на первое место выходят постоянно усугубляющиеся недостатки и отказы, в том числе повисающие в воздухе шпалы и неравномерно распределяющийся балласт. Чтобы этого избежать, надо решить две задачи: во-первых, снизить неоднородность участков, уменьшив контактное давление на балласт и сократив динамические нагрузки в целях ограничения износа всех участков пути; во-вторых, стабилизировать балласт для ограничения его перемещения и улучшения работы.

Применение шпал с ПШП на основе эластомеров способно решить обе задачи. Для этого в программном комплексе Ansys проведено конечно-элементное моделирование участка пути с ИСР при действии осевой нагрузки 245 кН. Выполнено сравнительное моделирование двух участков пути при применении ИСР с ПШП и без них.

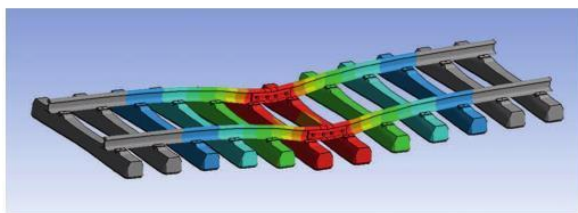


Рис. 2. Схема деформации участка пути с ИСР и ПШП при центральной нагрузке

преимущество достигается в месте контакта балласта с основанием шпалы: шпалы без ПШП взаимодействуют с балластом всего на 3-5 % площади поверхности, однако это значение в зависимости от применяемой модели ШПП

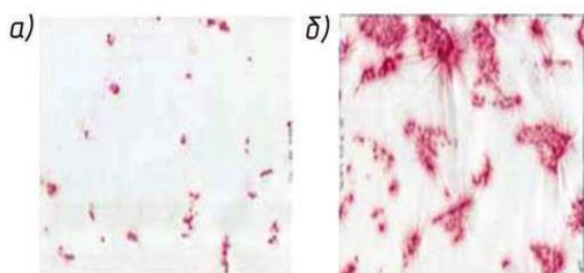


Рис. 3. Пятна контакта шпалы с балластом: а – без ПШП; б – с мягкой ПШП

может быть увеличено до 35 % и более [9]. На рис. 3 изображены пятна контакта балласта со шпалой с применением ПШП и без нее [10]. Расчет на основе МКЭ, проведенный с учетом разнообразных характеристик новых узлов ИСР и ПШП, подтверждает, что контактное давление на балласт может быть снижено на 70-90 %. Более того, за счет более сильного сцепления балласта с ПШП происходит стабилизация верхнего слоя балласта, что позволяет исключить его смещение в шпальных ящиках в районе стыка.

**Полевые испытания.** Для подтверждения выдвинутого предположения и испытания ИСР с ПШП в реальных условиях были проведены полевые испытания в Северной Америке на участке с обращением поездов с осевой

Результаты статического расчета представлены на рис. 2.

Расчет на основе конечно-элементного анализа подтверждает возможность снижения статической нагрузки на только что установленные ИСР с ПШП и прилегающие к ним участки не менее чем на 25 %. При этом основное преимущество достигается в месте контакта балласта с основанием шпалы: шпалы без ПШП взаимодействуют с балластом всего на 3-5 % площади поверхности, однако это значение в зависимости от применяемой модели ШПП может быть увеличено до 35 % и более [9].

На рис. 3 изображены пятна контакта балласта со шпалой с применением ПШП и без нее [10].

Расчет на основе МКЭ, проведенный с учетом разнообразных характеристик новых узлов ИСР и ПШП, подтверждает, что контактное давление на балласт может быть

нагрузкой 33 тс и скоростью движения около 100 км/ч. Оценка эффективности их применения ИСР с ПШП производилась после года эксплуатации.

В качестве контрольного выбран типовой ИСР, не оснащенный подрельсовой прокладкой. На контрольном отрезке пути обращались поезда с аналогичной осевой нагрузкой, скоростью и частотой движения. Фиксировался прогиб рельса в нескольких точках - в четырех шпальных ящиках с центром на ИСР.

Данные о прогибе рельсов в ходе эксплуатации поездов являются основным критерием оценки работы ИСР. На основе полученной информации можно скорректировать применяемую модель для проведения дальнейших расчетов и улучшения качества принятого решения.

**Оценка результатов испытаний.** Для оценки использовались данные по локомотивам со схожими осевыми нагрузками. Прогиб рельса оценивали в четырех разных точках вблизи ИСР. В непосредственной близости от ИСР с упругими прокладками характерен более равномерный прогиб рельса, чем для ИСР без них, что гарантирует более продолжительный срок службы узла [11].

Для получения статистически значимых результатов по каждому из датчиков использовали среднее значение максимальных прогибов по первым трем осям каждого поезда. Как показывают результаты испытаний (рис. 4), прогибы рельса в месте установки ИСР с ПШП составляют не более 5 мм, а без ПШП - не более 6,3 мм.

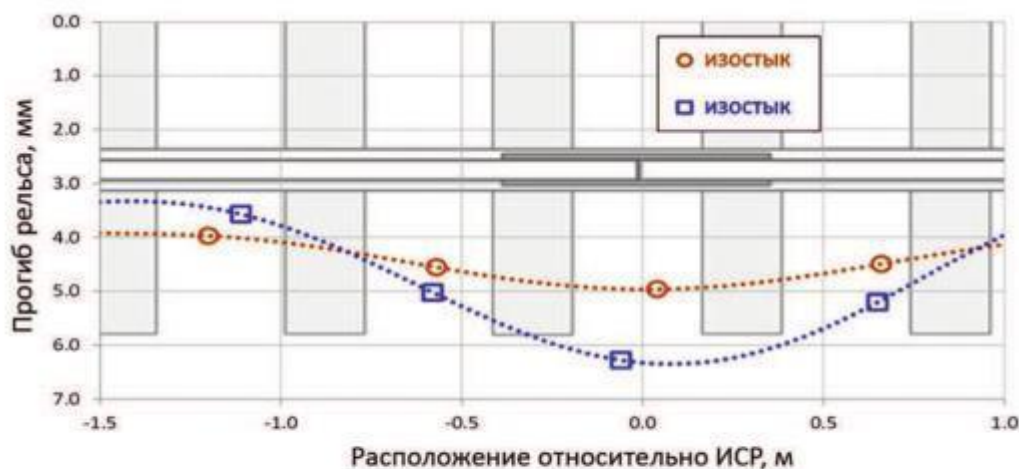


Рис. 4. Результаты испытаний — кривые прогибов рельса на участке с ИСР с ПШП (оранжевая кривая) и без (синяя кривая)

Изолирующие стыки рельсов работают иначе, чем смежные участки пути, однако в случае с ИСР, оснащенных ПШП, прогиб оказался меньше, чем на контрольном участке. Чтобы объяснить этот феномен, пришлось обратиться к данным о рихтовке и подъеме пути в долгосрочной перспективе. Подшпальные прокладки уменьшают перераспределение балласта, тем самым положительно влияя на стабилизацию полотна, а также помогают бороться с развитием его дефектов. В итоге прогиб рельсов в месте размещения ИСР с течением времени не меняется.

**Заключение.** Звенья, в которых ИСР были оснащены подшпальными прокладками на основе полиуретановых эластомеров, продемонстрировали более равномерный прогиб рельсов (разница в прогибе головки рельса в месте стыка не более 1 мм), чем типовая рельсошпальная решетка с ИСР (разница в прогибе головки рельса в месте стыка не более 3 мм). Кроме того, подтверждено уменьшение нагрузки на ИСР и балласт (не менее чем на 35 % за счет большей площади пятна контакта подошвы шпалы и балласта), приводящее, в свою очередь, к сокращению объемов и затрат на обслуживание.

\*\*\*

(\*) Автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного действия.

# СТАТИСТИКА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СТРЕЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

Автор: ШИШКИНА И.В.

**Аннотация.** В статье рассмотрена взаимосвязь между теорией вероятностей, статистикой и контролем качества стрелочной продукции. При этом не предпринимается попытка дать точные определения различных терминов или сформулировать обобщающие выводы. Проанализировано назначение контроля качества и смысл терминов «контроль» и «качество». Рассмотрен контроль производственного процесса на примере контроля стрелочной продукции.

**Ключевые слова:** стрелочная продукция, контроль качества, теория вероятностей, статистика, дефект.

УДК 625.151.034

**ШИШКИНА И.В.,** Российский университет транспорта (МИИТ), канд. техн. наук

Многие характеристики, определяющие качество изделия, можно измерить. К таким характеристикам относятся, например, геометрические формы и размеры элементов, химический состав стали, наработка на отказ и т.д. Обычно такие количественные признаки являются непрерывными случайными величинами, они могут иметь любое лежащее в некоторых пределах значение. Частотное распределение вероятностей каждой из этих случайных величин, когда производственный процесс контролируется, часто является примерно нормальным.



Иногда количественные признаки бывают дискретными случайными величинами. Примером может служить количество дефектов на поверхности элементов стрелочной продукции. Совершенно очевидно, что поверхность может не иметь ни одного дефекта, иметь один дефект или, наконец, несколько дефектов. В любом случае количество повреждений будет определяться некоторым целым числом. Если производственный процесс контролируется, то распределение элементов по количеству дефектов, имеющих на их поверхности, подчиняется, как правило, закону Пуассона.

Обычно изделие должно классифицироваться либо как годное, либо как негодное (дефектное). Хотя качественная характеристика элементов стрелочной продукции и является величиной, поддающейся измерению, может быть принято решение считать это качество, исходя из вопросов экономики, атрибутом изделия. Так, вместо отказа элемента стрелочного перевода он может считаться дефектным, если наработка на отказ очень велика или, наоборот, слишком мала. Хотя каждый отдельный элемент стрелочной продукции в таком случае относится к одной из двух групп (годных или дефектных изделий), случайные выборки определенного объема могут классифицироваться в соответствии с количеством дефектных элементов, попадающих на выборку. Обычно такие распределения приближенно подчиняются биномиальному закону распределения, если число изделий в партии велико по сравнению с объемом выборки.

Однако, если объем выборки сравним с числом изделий в партии, то получающееся при этом распределение известно как гипергеометрическое.

Характерным инструментом статистического метода контроля производства стрелочных переводов является контрольная карта, на которой изображаются результаты последовательных выборок. Контрольная карта, представленная на рисунке, довольно типична.

Выборки, отмеченные на рисунке, брались с временными интервалами, равными примерно одному часу. Заметим, что средние значения колеблются относительно средней линии и в большинстве случаев лежат между двумя пунктирными линиями, называемыми контрольными пределами. Когда точка на графике выходит за эти контрольные пределы (в рассмотренном случае выборки 30-35 и 48), следует считать, что производственный процесс отклонился от нормы. В таких случаях мастер немедленно сообщает, что необходимо искать причину нарушения производственного процесса. Как только эта причина будет найдена, она, конечно, будет устранена и процесс войдет в норму.

Контрольные пределы определяются статистическими методами с таким расчетом, чтобы сразу обнаружить серьезные нарушения, а не тратить время на поиски кажущихся нарушений [1].



Контрольная карта средних значений разрывающих усилий одного из элементов стрелочного перевода (на основании 50 выборок по четыре изделия в каждой)

Контрольная карта - весьма значимый документ, так как позволяет, во-первых, заблаговременно обнаружить нарушение установленного производственного процесса и, во-вторых, является весьма гибкой формой. На графике, приведенном на рисунке, видно, что тридцатая выборка является первой, вышедшей

за контрольные пределы. Однако даже до осуществления этой выборки мастер, контролирующий ход производства, по падающему характеру точек расположения средних значений выборок может сделать вывод о возможном начале нарушения нормального режима работы. Предупреждением другого типа может служить слишком длительный выброс точек выше (или ниже) средней линии.

Контрольные графики, подобные изображенному на рисунке, применяются не только для количественных признаков (средние значения, размах, число дефектов и т. д.), но и для качественных (количество или процент дефектных элементов).

Цель контроля стрелочной продукции состоит в том, чтобы на основе данных, получаемых от одной или нескольких выборок, взятых из проверяемой партии по случайному закону, определить качество этой партии изделий и вынести решение о том, следует ли ее принять или забраковать [2]. Иногда при этом сначала прибегают к небольшой выборке, а затем ее объем постепенно увеличивают до тех пор, пока со всей очевидностью не будет ясно, следует ли

принять или забраковать партию изделий. Такой метод называется последовательным анализом.

Планы приемочного контроля качества продукции составляются с таким расчетом, чтобы выполнялись по крайней мере два из нижеследующих требований:

вероятность того, что хорошая партия стрелочных переводов будет забракована должна иметь некоторое определенное значение (эта величина называется риском изготовителя);

вероятность принятия плохой партии стрелочной продукции тоже должна иметь некоторое определенное значение (эта величина называется риском заказчика);

среднее качество отгружаемой стрелочной продукции не должно быть ниже некоторой определенной нормы;

количество проверяемых стрелочных элементов (соответствующее принятым условиям) должно быть минимальным.

Хотя задачи, возлагаемые на контроль производственного процесса и контроль качества стрелочной продукции, и имеют существенное различие, но лежащие в их основе методы статистического исследования одинаковы. Однако в том случае, когда контролируется производственный процесс, выборка, выполняемая с целью принятия решения о качестве продукции, является с экономической точки зрения более выгодной. Если производственный процесс контролируется, всегда можно осуществить правильную оценку качества производимой продукции [3]. Знание качества производства может, в свою очередь, позволить выбрать наиболее экономичный план проверки качества партии продукции.



## ЕДИНЫЙ ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС - ДВЕ СИСТЕМЫ ДЕФЕКТОСКОПИИ

**Аннотация.** Приведена динамика развития дефектоскопного оборудования, устанавливаемого на различные мобильные средства неразрушающего контроля рельсов. Обоснована необходимость использования на диагностических комплексах инфраструктуры двух дефектоскопных систем. Показаны преимущества и технический результат.

**Ключевые слова:** дефектоскопная система, мобильные средства сплошного неразрушающего контроля рельсов, диагностический комплекс инфраструктуры.

УДК 620.111.3

**ТАРАБРИН В.Ф., АО «Фирма ТВЕМА», генеральный директор, канд. техн. наук, КИСЛЯКОВСКИЙ О.Н., АО «Фирма ТВЕМА», начальник лаборатории неразрушающего контроля и технической диагностики, ЧИСТЯКОВА О.Е., АО «Фирма ТВЕМА», начальник отдела разработки средств неразрушающего контроля, КОНОНОВ Д.А., АО «Фирма ТВЕМА», руководитель проектов**

По мере совершенствования различных компонентов дефектоскопного оборудования максимальная рабочая скорость сплошного ультразвукового неразрушающего контроля рельсов возрастала. Наилучшие показатели были зафиксированы вагоном-дефектоскопом типа ВД-УМТ2 производства АО «Фирма ТВЕМА». При испытаниях максимальная рабочая скорость составила 80 км/ч. Данный тип вагона получил широкое распространение на сети дорог ОАО «РЖД», а также в некоторых зарубежных странах (Туркменистан, Монголия и Белоруссия).

Конструкция вагона-дефектоскопа включает специализированную дефектоскопную тележку (рис. 1). На ней располагаются центрирующие, искательные ультразвуковые и магнито-индукционные системы, а также активные намагничивающие системы, представляющие собой П-образные электромагниты. Такие намагничивающего устройства в отличие от намагничивающих устройств, размещенных на осях колесных пар, помимо высокого уровня ремонтпригодности и намагниченности за счет исключения рассеивания магнитного потока на элементах тележки способствует дополнительной ее стабилизации при движении на высокой скорости (рис. 2).

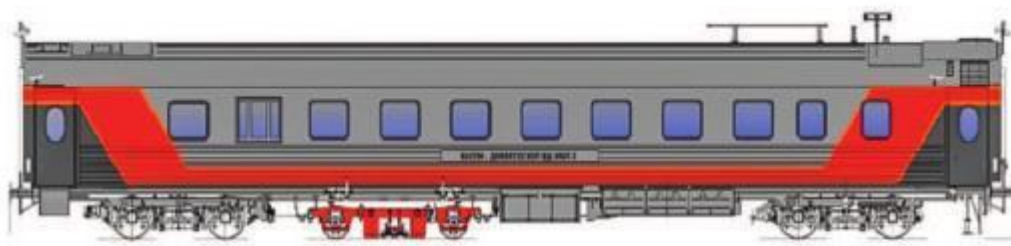


Рис. 1. Вагон-дефектоскоп со специализированной дефектоскопной тележкой



Рис. 2. Намагничивающая система на специализированной дефектоскопной тележке

Однако достигнутый уровень рабочей скорости ультразвукового контроля не отвечал потребностям железнодорожников. И в 2015 г. на сети дорог появился высокоскоростной диагностический вагон «СПРИНТЕР», в технических требованиях на поставку которого рабочая скорость была увеличена до 120 км/ч. Его применение предусматривало не только эксплуатацию с отдельным локомотивом, но и в составе почтово-багажных и пассажирских поездов. Это стало новым скоростным рекордом в мировой практике ультразвуковой рельсовой дефектоскопии. Столь высокая скорость исключала применение специализированной дефектоскопной тележки из-за опасности ее выброса. По этой причине первый раз в практике дефектоскопное оборудование было размещено на ходовой тележке вагона. На этом же мобильном средстве дефектоскопии были внедрены многоканальные дефектоскопы нового поколения ЭХО-КОМПЛЕКС-3, которые полностью исключают участие персонала в такой важной операции ультразвукового контроля как настройка чувствительности. Также впервые в мировой практике количество ультразвуковых каналов достигло 36. Было выпущено два высокоскоростных вагона такого типа (рис. 3).

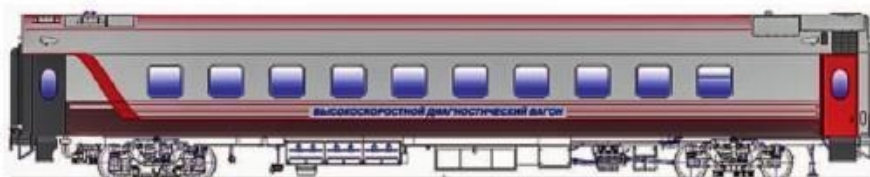


Рис. 3. Высокоскоростной диагностический вагон «СПРИНТЕР» с дефектоскопным оборудованием на ходовой тележке

Следует отметить, что значительный опыт сотрудников конструкторского бюро АО «Фирма ТВЕМА» позволил разместить дефектоскопное оборудование также на ходовой тележке автомотрис. Это относится и к автомотрисам типа АДЭ, МТКП, и к некоторым зарубежным проектам, например, автомотрисе GEISMAR, эксплуатирующейся на железных дорогах Израиля, двухсекционной автомотрисе «СЕВЕР 1435» по заказу Zeleznice Slovenskej Republiky (Словацкие железные дороги), двум двухсекционным автомотрисам «ПИОНЕР» для железной дороги Азербайджана. К оснащению подобной системой готовится

автоматическая, в настоящее время обеспечивающая контроль геометрии рельсовой колеи в Сербии.

Новые диагностические комплексы инфраструктуры «СПРИНТЕР-ИНТЕГРАЛ», поставленные в ОАО «РЖД», имеют вариант компоновки оборудования для неразрушающего контроля рельсов, аналогичный варианту компоновки высокоскоростного диагностического вагона «СПРИНТЕР» - центрирующая и искательная системы размещаются на ходовой тележке, применяются два многоканальных дефектоскопа ЭХО-КОМПЛЕКС-3 с 36 ультразвуковыми каналами.

Рабочая скорость - 120 км/ч, 36 каналов..... Казалось, что это предел технических возможностей. Однако первый высокоскоростной диагностический вагон «СПРИНТЕР» был подвергнут модернизации - удвоению своего ультразвукового потенциала.

Целями модернизации было достижение следующего технического результата:

повышение достоверности результатов контроля с целью обнаружения дефектов рельсов по [1];

обеспечение выявления дефектов, имеющих неблагоприятную ориентацию;

повышение вероятности бесперебойной работы оборудования в целом в случае повреждения какого-либо компонента искательной или центрирующей системы;

минимизация зависимости результатов контроля от нарушения геометрии поверхности ввода ультразвука (поверхности катания рельса), требований к содержанию болтового стыка (ступеньки), смятия головки рельса, в том числе, в области сварного стыка, вертикального и бокового износа головки рельса);

как следствие, снижение объема непроконтролируемых участков пути, в том числе в условиях работы в составе почтовоблажного или пассажирского поезда.

Экономический эффект складывается из двух составляющих - снижение затрат на повторную проверку рельсов и исключение эксплуатационных расходов, на сплошной неразрушающий контроль рельсов с применением отдельного локомотива.

Многое из задуманного и реализованного специалистами АО «Фирма ТВЕМА» можно охарактеризовать словосочетанием «впервые в мировой практике». Так вот, впервые в мировой практике рельсовой дефектоскопии для достижения указанных выше целей центрирующие и искательные системы установили на обеих ходовых тележках вагона. Таким образом, на вагоне располагаются четыре искательных системы (по две на каждую тележку, по две на каждую нить пути). Стало применяться не два, а четыре многоканальных дефектоскопа ЭХО-КОМПЛЕКС-3. Общее количество ультразвуковых каналов достигло 72. Установлены дополнительные емкости для контактной жидкости.

Таким образом, на мобильном средстве впервые размещаются две независимые системы дефектоскопии. Это позволило сравнивать результаты сплошного неразрушающего контроля, полученные этими системами, т. е. оценивать их сходимость и воспроизводимость.

При этом схема прозвучивания на второй тележке частично дублирует схему прозвучивания на первой. Сделано это главным образом применительно к тем ультразвуковым каналам, по данным которых осуществляется оценка непроконтролированных болтовых стыков. В обеих схемах прозвучивания используются преобразователи с углами ввода  $0$  и  $40^\circ$ , по информации от которых в первую очередь судят о количестве и протяженности непроконтролированных участков пути. Использование и во второй схеме прозвучивания данных преобразователей приводит к существенному снижению непроконтролированных участков и уменьшению их протяженности.

Каналы контроля головки имеют существенные различия. Например, известно, что каналы с углом ввода  $58^\circ$  и разворотом  $34^\circ$  имеют недостаток в части выявления трещин, имеющих вертикальный или близкий к вертикальному характер. Особенно это сказывается в случае зеркальных отражающих свойств таких трещин. В подавляющем большинстве случаев вертикальные поперечные дефекты в головке из-за особенностей эксплуатации развиваются в рельсах на однопутных участках. Кроме того, к негативным моментам использования выше описанных преобразователей в схеме прозвучивания можно отнести наличие диффузных отражений от галтельных переходов головки рельса, имеющих существенную амплитуду и совпадающих по времени прихода с полезными сигналами, что снижает вероятность обнаружения дефекта.

Чтобы повысить вероятность обнаружения дефектов в схеме прозвучивания второй искательной системы используются несколько пьезоэлектрических преобразователей с углами ввода  $65-70^\circ$  и разворота относительно продольной оси рельса  $14-20^\circ$  в сторону рабочей и нерабочей граней головки при контроле прямым и однократно-отраженным от подголовочной грани лучом, излучающих как в направлении движения, так и в противоположном направлении. При таких параметрах обеспечивается падение ультразвуковых волн на плоскость дефекта под углом, близким к нормальному, что обуславливает максимально благоприятные условия для выявления дефекта эхо-импульсным методом. Кроме того, увеличение углов ввода и разворота существенно снижает уровень диффузных отражений от галтельных переходов головки, что улучшает отношение сигнал/шум и повышает вероятность обнаружения дефекта. Выявлению указанными преобразователями подлежат поперечные дефекты, расположенные со стороны рабочей и нерабочей граней головки.

Таким образом, для выявления поперечных дефектов в головке рельса в дополнение к стандартным пьезоэлектрическим преобразователям, установленным в искательную систему на первой тележке и удовлетворяющим требованиям [2], добавляются пьезоэлектрические преобразователи нового типа искательной системы на второй тележке. Следствием этого является существенное повышение вероятности выявления указанных дефектов на ранней стадии их развития.

В искательной системе, установленной на первой тележке, присутствуют пьезоэлектрические преобразователи с углами ввода  $65-70^\circ$  без разворота относительно продольной оси рельса. Данный вид преобразователей наиболее

эффективно выявляет поперечные трещины, расположенные в головке по оси рельса (в проекции шейки).

В результате использования двух схем прозвучивания сводится к минимуму вероятность выхода из строя одновременно двух искательных систем, минимизируется количество и протяженность участков, которые не были подвержены сплошному ультразвуковому контролю тем или иным типом преобразователей. С использованием двух схем существенно повышается достоверность результатов контроля, повышается в целом надежность мобильного диагностического средства.

Об эффекте применения двух дефектоскопных систем можно судить по результатам анализа данных сверточного проезда, проведенного членами экипажа диагностического комплекса инфраструктуры «СПРИНТЕР-ИНТЕГРАЛ» № 300 приписки Московского РЦДМ совместно со специалистами АО «Фирма ТВЕМА» 14-15 апреля 2022 г. на Юго-Восточной дороге.

Результаты анализа показывают, что применение дополнительной системы дефектоскопии, установленной на второй ходовой тележке, снижает в целом количество непроконтролированных болтовых стыков примерно на 30 %. Количество непроконтролированных участков вне зоны болтовых стыков снижается примерно на 25 %. Также возрастает вероятность обнаружения дефектов, а следовательно, достоверность контроля в целом. Даже для случая нестабильного акустического контакта, когда коэффициент прохождения ультразвуковых волн по энергии  $D$  меняется в значительных пределах, в том числе за счет применения технологии адаптивного порога [3], [4] и [5], защищенного [6], [7] и [8], вероятность обнаружения может достигать 95 %.

Обнаружение имитатора дефекта в подошве рельса обоими системами дефектоскопии, размещенными на обеих ходовых тележках, свидетельствует о повышении достоверности контроля шейки и подошвы рельса до 100 % и сходимости результатов контроля за счет выявления обоими комплектами оборудования с вероятностью 100 %.

Использование в схеме прозвучивания дополнительной дефектоскопной системы ПЭП с номинальными углами ввода  $70^\circ$  и различными углами разворота повышает достоверность контроля головки до 100 % с учетом индивидуальности индикатрисы рассеяния дефектов и позволяет делать более достоверные выводы о расположении дефектов и их ориентации, что само по себе является элементом мониторинга с последующим прогнозированием состояния объекта контроля.

С точки зрения трудоемкости обслуживания искательных систем следует отметить, что увеличение их количества вдвое не требует существенного увеличения времени, затрачиваемого на обслуживание подвагонного оборудования, поскольку существенно уменьшено время замены каждого акустического блока, а это является гораздо более актуальным, чем замена искательной системы.

Объем результатов неразрушающего контроля в новой системе возрастает также вдвое, поэтому для упрощения процедуры расшифровки каждое рабочее место в

салоне взаимозаменяемо (с него есть доступ к любой диагностической системе) и оснащается парой расположенных друг над другом мониторов со значительной диагональю (рис. 4).

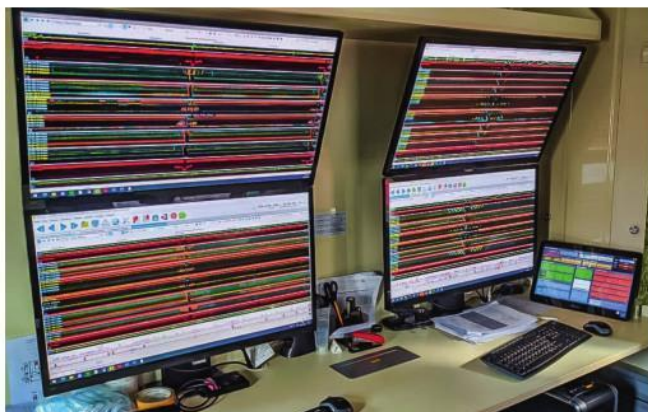


Рис. 4. Рабочие места для управления и анализа данных диагностического комплекса инфраструктуры «СПРИНТЕР-ИНТЕГРАЛ» № 300

Использование двух мониторов с большой диагональю и новых функций программного обеспечения, позволяющих синхронизировать просмотр дефектограмм с обеих систем дефектоскопии, не приводит к существенному увеличению времени, необходимому для расшифровки.

Настройка ультразвуковых каналов не требуется, так как персонал комплекса в установке

чувствительности контроля никакого участия не принимает. Это процедура полностью автоматическая, поскольку выполняется посредством адаптивного порога.

Хорошо продуманная эргономика рабочих мест, новые функции программного обеспечения, изменения в конструкции искательных систем позволили снизить трудоемкость подготовки к контролю и расшифровки его результатов при фактически двукратном увеличении элементов дефектоскопного оборудования и объема данных сплошного ультразвукового контроля.

Безусловно, данное высокотехнологичное исполнение дефектоскопного оборудования диагностического комплекса инфраструктуры «СПРИНТЕР-ИНТЕГРАЛ» № 300 воплотило все наилучшие достижения в области высокоскоростной диагностики рельсов. Московский центр диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры как структурное подразделение Дирекции диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры Центральной дирекции инфраструктуры теперь имеет «на своем вооружении» новейший диагностический комплекс, обеспечивающий безопасность движения поездов и бесперебойность железнодорожных перевозок одного из крупнейших в мире Московского транспортного узла. Тем самым АО «Фирма ТВЕМА» в очередной раз продемонстрировала свой высокий научно-технический и производственный потенциал.

# ЗАЩИТНЫЕ ЛЕСОНАСАЖДЕНИЯ НА ЮЖНО-УРАЛЬСКОЙ ДОРОГЕ

Автор: ГАРИФЬЯНОВ Ф. М.

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

Площадь защитных лесных насаждений на Южно-Уральской железной дороге сейчас составляет более 27 тыс. га. Первые посадки появились в 1914 г. и занимали 5,6 га. Устройство защитной полосы особенно массово велось с 1935 по 1964 г., когда засаживалось более 300 га ежегодно. Эти работы не прерывались и в годы Великой Отечественной войны. С 1941 по 1945 г. создали 670 га защитных насаждений. К 80-м годам прошлого века все снегозаносимые участки на дороге были ограждены соответствующим образом. В дальнейшем дистанции защитных лесонасаждений занимались их текущим содержанием. Последние крупные посадки на дороге выполнялись с 1986 по 2000 г. на линии Пугачёвск-Красногвардеец, что было вызвано объективными причинами.

Линия Пугачёвск-Красногвардеец была построена по проекту ОАО «Уралгипротранс» и введена в строй в 1981 г. Протяженность ее составила 286 км, в том числе по Южно-Уральской дороге 203 км от станции Перелюб (95 км) до станции Красногвардеец (298 км). Принятие этой линии в эксплуатацию позволило снизить нагрузку на Самарский транспортный узел за счет отклонения грузопотоков, следующих из Южного Урала в Нижнее Поволжье и южные районы европейской части России.

Линия проходит в долине реки Большой Иргиз и зимой ее сильно заносит снежными бурями, особенно выемки. Отсутствие здесь снегозащитных устройств сказалось в первые же годы эксплуатации и привело к тяжелым снежным заносам, повлекшим длительные перерывы в движении поездов. На рис. 1 и 2 представлены архивные снимки снежных заносов до создания полосы защитных лесных насаждений.



Рис. 1. Расчистка снежного заноса на 201 км. 1983 г.



Рис. 2. Снежный занос на 224 км. 1983 г.

Проект создания защитных лесонасаждений был разработан в 1983 г. институтом «Челябжелдорпроект». С 1986 г. на линии регулярно высаживали растения, и к 2000 г. на участке Перелюб-Красногвардеец было сдано в эксплуатацию 248,7 га защитных лесных насаждений протяженностью 68,23 км (рис. 3, 4).



Рис. 3. Фрагмент современного космического снимка участка пути, км 201 ПК 2 — км 201 ПК 7



Рис. 4. Фрагмент современного космического снимка участка пути, км 224 ПК 0 — км 225 ПК 0

Объем снегоприноса, рассчитанный согласно «Методике определения годового и расчетного количества приносимого к пути снега» Указаний по изысканию и проектированию защитных лесонасаждений вдоль линий железных дорог СССР (приложение 2), приведен в табл. 1. Для расчета использовали данные ближайшей метеостанции, расположенной в Оренбурге.

Таблица 1

**Объем снегоприноса по метеостанции Оренбург**

Румбы	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Всего
Объем снегоприноса, м <sup>3</sup> /м	29	11	84	53	43	97	72	34	423

Расчетная роза снегоприноса по метеостанции представлена на рис. 5.

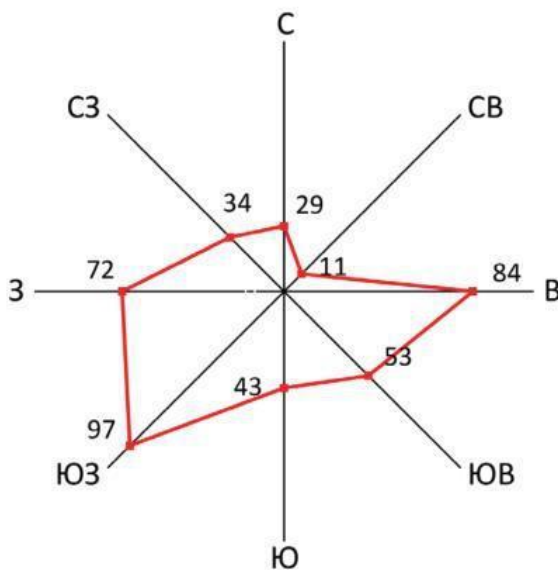


Рис. 5. Расчетная роза снегоприноса

Трасса рассматриваемой линии проходит по территории Бузулукского и Курманаевского районов Оренбургской области, где преобладающим зональным типом почв являются черноземы южные. Расчетная высота отложения снега внутри насаждения для участка выполнения работ на этих почвах равна 3 м. Дирекционный угол направления линии железной дороги меняется от 30 до 60°. В табл. 2 показана ширина насаждений по обеим сторонам пути.



Таблица 2

**Ширина защитных насаждений по данным метеостанции Оренбург**

Дирекционный угол направления железнодорожной линии	Объем снегоприноса, м <sup>3</sup> , по стороне пути		Ширина снегозащитных лесонасаждений, м, по стороне пути	
	левой	правой	левой	правой
30°	135	149	45,0	49,7
60°	97	155	32,3	51,7

Созданные защитные насаждения на участке Перелюб-Красногвардеец на снегозаносимых участках пути являются одно и двухполосными по конструкции и состоят из древесных и кустарниковых пород, долговечных в условиях зоны южных черноземов Оренбургской степи, которые обеспечивают необходимую защиту пути.

При подборе пород для разработки схем размещения и технологии выращивания используются «Указания по изысканию и проектированию защитных лесонасаждений вдоль линий железных дорог СССР». Конкретно высаживались саженцы ясеня зеленого (*Fraxinus pennsylvanica*), вяза обыкновенного (*Ulmus laevis*), клена татарского (*Acer tataricum*), смородины золотистой (*Ribes aureum*). Ширина междурядий 5 м, расстояние между деревьями и кустарниками в ряду 1 м. Все работы выполняла Оренбургская дистанция защитных лесонасаждений.

В последующие годы после посадки (7 лет) до смыкания кроны деревьев производили рыхление почвы в междурядьях. До настоящего времени все посадки находятся в хорошем состоянии и при условии их сохранности и выполнении противопожарной опашки они будут выполнять свои защитные функции еще достаточно долго (30 лет).

Существующие сейчас защитные лесонасаждения имеют для трассы огромное значение. Они обеспечивают:

- безопасность и бесперебойность перевозочного процесса в целом;
- защиту железнодорожных путей от снежных, пылевых заносов;
- защиту земляного полотна от разрушающего действия водных потоков;
- оздоровление мест производства работ на объектах инфраструктуры ОАО «РЖД»;
- лучшие условия для проживания людей в прилегающих к железной дороге муниципальных объектах;
- более здоровую экологическую обстановку за счет снижения уровня загрязнения прилегающей территории и обеспечения саморегулирующейся системы «почва-растение-микrokлимат»;
- привлекательный эстетический вид полосы отвода;
- оптимизацию эксплуатационных расходов.

# ФОТОКОНКУРС РЖД - 2022

Автор: КЕТКИНА А.Г.

В ОАО «Российские железные дороги» организован фотоконкурс «Ракурс». Он проходит с 25 июля по 25 октября текущего года. Целью конкурса является повышение приоритета профессии железнодорожника, формирование у работников любви и гордости к выбранному делу, а также изучение и сохранение природного и культурного наследия России, развитие творческих способностей сотрудников, членов их семей и неработающих пенсионеров отрасли.

Заместителям начальников дорог по кадрам и социальным вопросам, руководителям первичных профсоюзных организаций РОСПРОФЖЕЛ для проведения отборочного этапа Конкурса поручено образовать дорожные комиссии, которые должны обеспечить его проведение в соответствии со специально разработанным Положением.

Фотоконкурс проходит на сайте [www.pochet.ru](http://www.pochet.ru).

## **ПОЛОЖЕНИЕ о Фотоконкурсе «Ракурс»**

### **I. Общие положения**

1. Настоящее положение определяет условия и порядок проведения Фотоконкурса «Ракурс» (далее - Фотоконкурс).
2. Положение разработано в соответствии со ст. 44 Конституции Российской Федерации, п. 3.2.12 Коллективного договора ОАО «РЖД» на 2020-2022 гг. и нормативными документами ОАО «РЖД».
3. Фотоконкурс проводится в рамках исполнения пункта 2.4 Плана мероприятий по реализации целевой программы «Ветераны ОАО «РЖД» (2021-2025 гг.)» на 2022 г.
4. Финансирование Фотоконкурса осуществляется в рамках программы «Ветераны ОАО «РЖД» (2021-2025 гг.)» на 2022 г.
5. Логотип Фотоконкурса используется в соответствии с законодательством Российской Федерации и нормативными документами ОАО «РЖД».
6. Учредителями Фотоконкурса являются:  
Департамент социального развития;  
РОСПРОФЖЕЛ;  
Унитарная некоммерческая организация Благотворительный фонд «Почет» (далее - БФ «Почет»);  
Центральный Совет Ветеранов войны и труда железнодорожного транспорта России.
7. Организатором Фотоконкурса является БФ «Почет».
8. Для проведения отборочного этапа Фотоконкурса формируются Дорожные комиссии, в состав которых входят представители дирекции социальной сферы, дворцов и домов культуры железнодорожников, службы корпоративных

коммуникаций, дорожных центров научно-технической информации и библиотек, ДОРПРОФЖЕЛ (по согласованию).

### **III. Цели и задачи Фотоконкурса**

9. Фотоконкурс проводится в целях формирования чувства гордости и любви к железнодорожной отрасли, а также изучению и сохранению природного и культурного наследия России.

10. Задачи Фотоконкурса:

развитие интереса и уважения к истории и культуре своего и других народов;

поддержание патриотических ценностей, уважительного отношения, чувства гордости и любви к железнодорожной отрасли, ее историческому прошлому и настоящему;

содействие духовно-нравственному воспитанию молодого поколения, реализация принципов наставничества;

содействие развитию и сохранению связи поколений;

развитие корпоративной культуры и формирование корпоративного единства;

вовлечение пенсионеров-железнодорожников, работников железных дорог и их детей в активную общественную жизнь Компании и повышение их творческой активности;

создание условий для реализации творческого потенциала пенсионеров-железнодорожников, работников и детей работников ОАО «РЖД».

### **IV. Участие и порядок проведения Фотоконкурса**

11. Участники Фотоконкурса должны выполнять условия настоящего Положения.

12. Фотоконкурс состоит из трех этапов: заявочный, отборочный и финальный.

13. Фотоконкурс проводится в дистанционном онлайн формате.

14. Тема Фотоконкурса: «Великое железнодорожное путешествие по России: география, культура, этнос».

15. Номинации Фотоконкурса:

**«Я - будущий железнодорожник!»**. Принимаются фотоработы о юных железнодорожниках, для кого железная дорога стала настоящим увлечением, способным повлиять на выбор будущей профессии, а также фотографии с детских железных дорог ОАО «РЖД»;

**«Династия. Общий путь»**. Принимаются фотоработы, где запечатлены династии семей работников железнодорожного транспорта, люди, которые из поколения в поколение остаются верны железной дороге, затронута тема наставничества, преемственности традиций и сопричастности к общему делу;

**«Железная дорога в лицах»**. Принимаются фотоработы, отображающие рабочие будни железнодорожников, фотографии Почетных железнодорожников и заслуженных работников железнодорожного транспорта. Фотопортреты тех, кто каждый день вносит вклад в развитие железных дорог России;

**«Мир из окна вагона»**. Принимаются фотоработы, демонстрирующие величие, многообразие и красоту природы нашей страны, уникальные региональные

особенности. Культурные и духовные традиции многонационального народа нашей родины. Фотографии пейзажей, поездов, вокзалов, перронов и железных дорог.

16. Участники Фотоконкурса:

работники ОАО «РЖД»;

дети работников ОАО «РЖД» в возрасте от 7 до 16 лет;

неработающие пенсионеры ОАО «РЖД».

17. В период проведения Фотоконкурса формируется электронная база творческих работ работников, их детей, и неработающих пенсионеров ОАО «РЖД».

18. Организатор вправе отстранить участников Фотоконкурса, нарушающих условия и порядок его проведения, установленные настоящим Положением.

19. Для участия в Фотоконкурсе принимаются работы, соответствующие теме Фотоконкурса.

20. В период заявочного этапа Фотоконкурса Учредители Фотоконкурса оказывают содействие в привлечении участников Фотоконкурса.

21. Заявочный этап: с 11 июля по 10 октября 2022 г.

Для участия в Фотоконкурсе участники должны:

зарегистрироваться на сайте Фотоконкурса: <https://www.pochet.ru/rakurs/> (далее - сайт Фотоконкурса);

заполнить согласие на обработку персональных данных, размещенное на сайте Фотоконкурса.

22. Отборочный этап: с 12 сентября по 10 октября 2022 г.

Для участия в отборочном этапе участники Фотоконкурса должны разместить на сайте Фотоконкурса работы, отвечающие следующим требованиям:

соответствовать теме и номинации Фотоконкурса;

в наименовании файла должна быть указана следующая информация: железная дорога, в границах которой расположено подразделение ОАО «РЖД», фамилия, имя и отчество участника. Например, «МОСК\_Иванов\_ИИ»;

фотографии должны иметь формат файла JPG; размер от 1200 пикселей по длинной стороне и от 720 пикселей по короткой стороне; разрешение от 150 dpi; размер каждого файла должен быть не менее 1 Мб и не более 5 Мб;

23. К участию в Фотоконкурсе не принимаются работы, содержащие ненормативную лексику, сцены насилия, призывы к войне, национальной, религиозной или иной нетерпимости, носящие оскорбительный характер и унижающие человеческое достоинство, а также тексты с содержанием, запрещенным законодательством Российской Федерации.

24. Участник Фотоконкурса может направить не более одной работы в каждой номинации.

25. К Фотоконкурсу не допускаются работы, представленные для участия в других фотоконкурсах, проводимых ранее БФ «Почет».

26. Ответственность за предоставление фоторабот, соответствующих требованиям, указанным в пунктах 24-27, участник Фотоконкурса несет самостоятельно.

27. Критерии оценки работ отборочного этапа Фотоконкурса разрабатываются и утверждаются Дорожными комиссиями.

28. В течение этапов Фотоконкурса среди всех номинаций на сайте Фотоконкурса проводится онлайн голосование, таким образом определяется призер дополнительной номинации «Зрительская симпатия».

29. В период отборочного этапа Дорожная комиссия выбирает не более трех работ по каждому направлению в каждой категории участников Фотоконкурса (работники, дети, неработающие пенсионеры). Выбранные работы проходят в финальный этап Фотоконкурса.

30. Итоги проведения отборочного этапа Фотоконкурса оформляются протоколом Дорожной комиссии.

31. Финальный этап: с 10 октября по 23 октября 2022 г.

32. Критерии оценки работ, вышедших в финал Фотоконкурса, разрабатываются и утверждаются организатором Фотоконкурса - БФ «Почет».

33. Организационный комитет осуществляет оценку работ финального этапа и определяет три первых места по каждой категории участников Фотоконкурса (работники, дети, неработающие пенсионеры).

34. Решение Организационного комитета является окончательным и обжалованию не подлежит.

35. Награждение финалистов Фотоконкурса состоится в онлайн формате.

#### **V. Награждение победителей Фотоконкурса**

36. Участники Фотоконкурса, занявшие призовые места, награждаются ценными подарками.

37. По решению Организатора, а также учредителей Фотоконкурса возможно вручение дополнительных (индивидуальных) призов.

#### **VI. Координация Фотоконкурса**

38. По вопросам проведения отборочного этапа Фотоконкурса следует обращаться в Дорожные комиссии.

39. Получить дополнительную информацию об организации финального этапа Фотоконкурса возможно по телефону +7(499)2620262 (доб. 135), по электронной почте: [konkurs@rochet.ru](mailto:konkurs@rochet.ru), а также по адресу: 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 24, корпус 1.

Материал подготовила КЕТКИНА А.Г.