



ISSN 0131-5765

- РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПУТИ
- ПОМОЖЕТ ИНДУКЦИОННАЯ СВАРКА
- ПОЧЕТНЫЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНИКИ
- О СОЦИАЛЬНОЙ ПОЛИТИКЕ КОМПАНИИ
- ТАКИЕ РАЗНЫЕ РЕЛЬСЫ
- ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ЭКРАНОВ



ОБ УЛУЧШЕНИИ ПЛАВНОСТИ ХОДА ПОЕЗДОВ И КОМФОРТА ПассаЖИРОВ

В начале апреля состоялось первое в этом году заседание рабочей группы по вопросу улучшения плавности хода поездов и комфорта пассажиров на участках скоростного, высокоскоростного и пассажирского движения за счет совершенствования системы «колесо-рельс».

По итогам деятельности рабочей группы в 2023 г. был разработан и актуализирован ряд документов, закрепляющий основные положения в этой сфере: места измерения показателей плавности хода и комфорта в подвижном составе; методику измерения параметров, влияющих на комфорт пассажиров; методы проведения мониторинга пути различных классов и специализации; периодичность проверок плавности хода; рациональные методы устранения причин срабатывания датчиков курсовой устойчивости хода; технические требования на автоматизированную систему управления производственными процессами, направленными на обеспечение плавности движения вагона и комфорта пассажиров. Также разработана Дорожная карта по реализации работ, направленных на обеспечение уровня комфортности пассажиров и плавности хода поездов на период с 2023 по 2025 г. на направлениях Москва—Санкт-Петербург, Москва—Красное, Москва—Нижний Новгород, Москва—Адлер, Москва—Казань, утвержденная Распоряжением ОАО «РЖД» от 21.09.2023 № 1727.

На 2024 г. запланировано рассмотрение следующих вопросов: назначение показателей плавности хода в зависимости от специализации линии, протяженности участка с нарушением плавности движения и (или) дискомфортом, типа подвижного состава и его скорости; автоматизация контроля и управления плавностью хода; дифференцированная выдача ограничений скорости движения в зависимости от величины отклонений плавности хода; влияние эквивалентной конусности на развитие поверхностных дефектов рельсов и включение этого параметра в качестве дополнительного критерия назначения шлифовки рельсов; выявление недостатков конструкции системы управления пневморессорой и гидрогасителей колебаний электропоездов «Ласточка» и «Сапсан», варианты их устранения; создание новых конструкций и технологий изготовления железобетонных шпал и брусев для участков скоростного и высокоскоростного движения.

Анализ существующих нормативных документов, регламентирующих вопросы обеспечения плавности хода поездов, выявил некоторые разногласия в градации отдельных показателей в зависимости от горизонтальных и вертикальных ускорений, периодичности проверок (определена только для участков скоростного и высокоскоростного движения), порядке действий при выявлении мест с нарушением плавности хода, планировании и контроле их устранения. В связи с этим необходимо в рамках плана

НТР ОАО «РЖД» актуализировать Методику проверки плавности хода и комфортности пассажиров с помощью портативного акселерометра, утвержденную Распоряжением Центральной дирекции инфраструктуры от 27.07.2020 № ЦДИ-603/р.

В ходе реализации Дорожной карты (п. 6.1) в рамках договора по плану НТР ОАО «РЖД» (НПК) до середины 2025 г. предстоит разработать СТО РЖД «Плавность хода скоростных, высокоскоростных и пассажирских поездов. Требования и методы контроля».

Срабатывание датчиков курсовой устойчивости хода при эксплуатации поездов «Сапсан» за три месяца 2024 г. зафиксировано 39 раз, из них 31 в марте. В 2023 г. произошло 112 случаев, большая часть которых зарегистрирована в марте и апреле. В целом необходимо отметить, что за последние годы количество срабатываний датчиков значительно снизилось с 405 в 2019 г. до 112 в 2023 г.

Участники совещания обсудили проблемы и их решения в части корректности формирования ведомости отступлений по плавности хода в программном комплексе Track ICAR для последующей ее передачи в подсистему учета отступлений плавности хода ЕК АСУИ ПХ.

Также были рассмотрены следующие темы: выявление факторов, влияющих на угон острияков и сердечников крестовин на скоростных и высокоскоростных стрелочных переводах и уравнильных стыках; разработка технологических процессов текущего содержания стрелочных переводов проектов 2956.00.000 и 2968.00.000; анализ показателей плавности хода поездов и комфорта пассажиров на эталонном участке в части ранжирования причин их возникновения; оценка параметров пути и подвижного состава, влияющих на комфорт пассажиров, на криволинейных участках различных радиусов.

Величина и протяженность длинных неровностей в сочетании со скоростью движения поездов имеет значительное влияние на показатели плавности хода и комфорт пассажиров, эта зависимость отражена в промежуточных итогах научно-исследовательской работы в рамках реализации мероприятий Дорожной карты.

Короткие неровности на поверхности катания рельсов способствуют негативному взаимодействию подвижного состава и пути, росту шума и вибрации, ухудшают плавность хода и комфорт пассажиров. Шлифовка рельсов существенно улучшает динамику подвижного состава, а также положительно влияет на такой показатель как эквивалентная конусность, в связи с чем были высказаны предложения по совершенствованию порядка проведения этой превентивной меры.

ГОРЬКАНОВА Т.Н.



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. БЕЛЬТЮКОВ, д.т.н.,
Л.С. БЛАЖКО, д.т.н.,
Ю.А. БЫКОВ, д.т.н.,
Т.Н. ГОРЬКАНОВА, С.А. КОБЗЕВ,
И.Ю. КОВАЛЁВ — зам. главного
редактора, А.И. ЛИСИЦЫН,
А.А. ЛОКТЕВ, д.ф.-м.н.,
А.А. МАРКОВ, д.т.н.,
В.И. НОВАКОВИЧ, д.т.н.,
О.А. ПАШЕНЦЕВА — ответственный
секретарь,
А.В. САВИН, д.т.н.,
О.Б. СИМАКОВ, к.т.н.,
В.Ф. ТАРАБРИН, к.т.н.,
М.Ю. ХВОСТИК, к.т.н.,
А.М. ХРАМЦОВ,
Т.В. ШЕПИТЬКО, д.т.н.,
А.С. ЯНОВСКИЙ

РЕДАКЦИЯ

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

Телефоны:

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

Адрес редакции

107996, Москва, Рижская площадь, д. 3
Телеграфный адрес: Москва, РЖ Путь
e-mail: rph@inbox.ru
Сайт: <http://pph-magazine.ru>
Электронная версия журнала: <http://elibrary.ru>;
<https://rucont.ru>; <http://www.ivis.ru/>
Аннотации статей: www.rzd-expo.ru

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-21830 от 07.09.2005

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

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

Подписано в печать 27.04.2024

Формат 60×84 1/8. Офсетная печать.

Заказ № 24062 от 26.04.2024

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

В НОМЕРЕ

Содержание, ремонт и реконструкция

Шаньгин Р.В., Рабчук И.В. — Оценка и перспективы
развития технологий обслуживания железнодорожного
пути 2

Шур Е.А., Федин В.М., Чернышев К.А. и др. —
Индукционная сварка решит проблемы сварных стыков.... 4

Камнев С.В. — Организация производства рельсовых
рубков в стационарных условиях на Улан-Удэнской
дистанции пути..... 7

Почетные железнодорожники..... 9

Алексеева Ю.О. — О социальной политике ОАО «РЖД» ... 11

Подготовка кадров

Манаков А.Л., Игнатьюгин В.Ю., Маслов Н.А. —
«Механики» СГУПС — чемпионы России по
специальности..... 13

Конструкции и сооружения

Коссов В.С., Краснов О.Г., Никонова Н.М. и др. —
Влияние эволюции профиля внутреннего рельса на
напряженное состояние его поверхности катания..... 14

**Добрянский А.В., Полевой Е.В., Дорофеев В.В. и
др.** — К вопросу об оптимизации профиля острякового
рельса..... 19

Локтев А.А., Шишкина И.В., Поддаева О.И. и др. —
Исследование ветрового воздействия на акустические
экраны для железнодорожного транспорта 22

**Басовский Д.А., Копытенкова О.И., Зайцев А.А.
и др.** — Технологии снижения шумовых и вибрационных
нагрузок от трамвая в городе 25

Проблемы и решения

Луговский А.Ю., Богданов О.К. — Способ измерения
силового воздействия колес на рельсы в кривых
участках пути..... 28

На обложке

Первая страница — На магистралях России

Фото Широкова К.А.

УДК 331.45

ОЦЕНКА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ



ШАНЬГИН Р.В., Проектно-конструкторское бюро по инфраструктуре — филиал ОАО «РЖД» (ПКБ И), директор,
РАБЧУК И.В., ПКБ И, ведущий технолог

Аннотация. В статье рассматриваются применение комплексов для текущего содержания железнодорожного пути, внедрение конструкций верхнего строения пути, разработка программного обеспечения для конструирования оптимальной геометрии элементов стрелочных переводов и формирования технологических процессов для выполнения работ по ремонту и текущему содержанию пути.

Ключевые слова: анализ, технологии, комплексы для текущего содержания пути, технологический процесс.

Оценка существующих технологий обслуживания железнодорожного пути и результаты проведенного анализа наиболее трудоемких операций по текущему содержанию пути показали, что средняя доля ручного труда составляет почти три четверти, а иногда и более, от общего объема работ. Анализ проведен по таким операциям, как выправка пути, работа с рельсовыми скреплениями, смена шпал и рельсов (рельсовых плетей), устранение выплесков. На примере среднегодового объема выявляемых выплесков, которые составляют более 3 тыс. км, что по протяженности сопоставимо с расстоянием от Москвы до Новосибирска, мы понимаем, что существует объективная необходимость в поиске рациональных решений. Мы сформировали два направления для выхода из сложившегося положения:

повышение эффективности существующей техники и технологий;

разработка новой техники, такой как путевые машины среднего класса и агрегаты.

Сегодняшние реалии железнодорожного транспорта, обусловленные возрастающими объемами перевозок, требуют от нас ограничений по времени, необходимого для производства работ. В связи с этим в ПКБ И разработали новые технические требования на комплексы для текущего содержания пути, которые учитывают все условия перевозочного процесса и нормы выработки в 2- и 4-часовые «окна», выполняя при этом полный цикл технологических операций.

Внедрение соответствующего количества таких комплексов, мы уверены, позволит повысить производительность труда на 14 % по основным трудоемким операциям. Для этого уже сейчас составлен график производства комплексов для текущего содержания пути. Первые образцы от производителей мы должны получить в самое ближайшее время. Они будут проходить апробацию и уже в текущем году планируется их внедрение на полигонах Октябрьской, Куйбышевской и Северо-Кавказской дорог.

Отметим, что комплексы для текущего содержания пути формируются на базе передислокации и доставки техники не только на железнодорожном ходу, но и на комбинированном, с возможностью приступать к производству работ в первые минуты после прохождения поезда.

В настоящее время ПКБ И занимается проработкой основного перспективного направления — созданием к 2025 г. роботизированного комплекса (рис. 1, 2), который позволит сократить численный состав бригады до трех человек, в том числе оператора и водителя, и исключить большинство технологических операций по текущему содержанию пути, требующих повышенных физических нагрузок при выполнении. Кроме того, мы занимаемся проектирова-

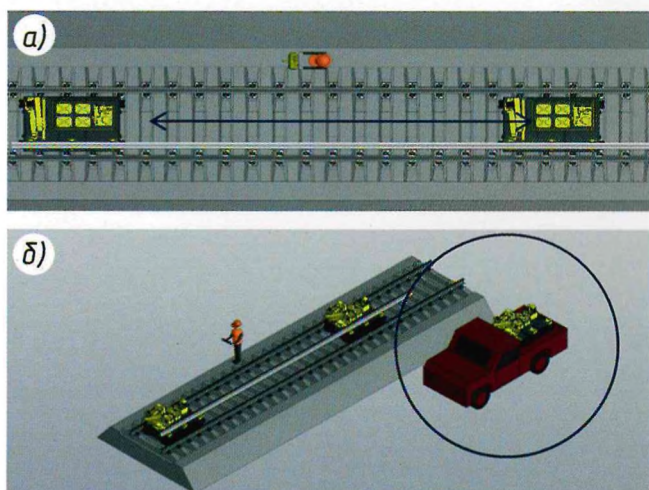


Рис. 1. Опытный образец 2025 г., эскизный проект: синхронизация машин и агрегатов в комплексе под руководством одного оператора (а); использование различных способов доставки компактных агрегатов, в том числе малыми грузовыми автомобилями с необходимой проходимостью (б)

нием универсального модульного агрегата для рельсовых скреплений, с помощью которого увеличится эффективность труда как на участках капитального ремонта, так и участках текущего содержания. Работы ведутся по замкнутому циклу: от подготовки конструкторской документации до изготовления опытных образцов и сопровождения их при внедрении. Данные вопросы — в приоритете деятельности нашего бюро.

В связи с тем, что на железные дороги России пришел новый подвижной состав, а характер износа основных элементов стрелочного перевода стал различен, мы понимаем всю необходимость разработки программного обеспечения оптимальной геометрии элементов стрелочных переводов, особенно массового производства. При дальнейшем внедрении в эксплуатацию это непременно положительно скажется на жизненном цикле стрелочного перевода.

Разработки бюро активно внедряются. Например, уравнильный стык (проект СП1060 типа Р65 для скоростей движения до 250 км/ч) уже уложен на полигоне Октябрьской дороги, и наблюдения за ним дают положительные результаты. Промежуточное рельсовое скрепление ЖБР-65ПШТ для участков тяжеловесного движения обеспечит наработку 2,5 млрд т пропущенного груза и будет уложено в период летней путевой кампании во 2–3 кварталах 2024 г.

При создании Методики определения оптимальных схем предоставления времени для ремонта и содержания инфраструктуры на основных направлениях с учетом заданного объема перевозок (утверждена Распоряжением ОАО «РЖД» от 15 декабря 2023 г. № 3189р) мы использовали существующую автоматизированную систему АСУ ПА ЦДРП. За достаточно короткое время сформировали дополнительно 284 технологических процессов для капитального ремонта пути. Данный инструмент позволит специалисту в течение одного трудового дня разработать несколько технологических операций с учетом требований перевозочного процесса.

В существующих условиях для более оперативного и гибкого реагирования данный опыт необходимо применять и для технологий текущего содержания пути с применением путевых машин (в том числе среднего класса). В связи с этим в ближайших планах

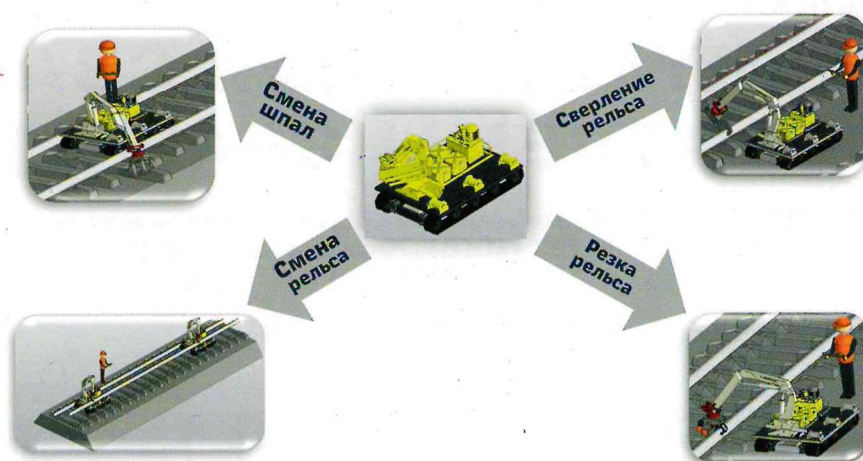


Рис. 2. Основные подходы к формированию технологии производства механизированных работ

бюро стоит задача создания программного обеспечения для разработки технологических процессов.

Комплексное решение поставленных задач и внедрение перспективных технологий позволит существенно повысить производительность труда и качество ремонтов пути, снизить долю ручного труда при выполнении операций по его техническому обслуживанию.

Список источников

1. Об утверждении Методики определения оптимальных схем предоставления времени для ремонта и содержания инфраструктуры на основных направлениях с учетом обеспечения заданного объема перевозок: Распоряжение ОАО «РЖД» от 15.12.2023 № 3189/р. Доступ через СПС «КонсультантПлюс».
2. Технические требования на комплексы для текущего содержания пути: утв. ЦДИ 14.07.2023 № ЦДИ-3329.
3. ГОСТ 32698–2014. Скрепление рельсовое промежуточное железнодорожного пути. Требования безопасности и методы контроля. Введ. 01.03.2015. Изм. 01.09.2019. М.: Стандартинформ, 2019.
4. ГОСТ 33186–2014. Клеммы пружинные прутковые для крепления рельсов. Технические условия. Введ. 01.07.2015. Изм. 14.03.2023. М.: Стандартинформ, 2023.
5. ГОСТ 33477–2015. Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Технические средства железнодорожной инфраструктуры. Порядок разработки, постановки на производство и допуска к применению. Введ. 01.07.2016. М.: Стандартинформ, 2016.
6. ГОСТ Р 15.011–96. Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения. Введ. 01.01.1996. Изм. 01.08.2010. М.: Стандартинформ, 2010.

ASSESSMENT AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF RAILWAY TRACK MAINTENANCE TECHNOLOGIES

Shangin Ruslan — Director of the Design Bureau for Infrastructure — branch of JSC «Russian Railways». shanginrv@center.rzd

Rabchuk Ivan — the leading technologist of the technological department for the repair and maintenance of the track of the Design Bureau for Infrastructure, a branch of JSC Russian Railways. rabchukiv@center.rzd

Abstract. The use of complexes for the routine maintenance of railway tracks, the implementation of superstructure structures of the track, the development of software for designing the optimal geometry of turnout elements and the formation of technological processes for carrying out work on repairs and routine maintenance of the railway track.

Keywords: analysis, technologies, complexes for railway track maintenance, technological process.

ИНДУКЦИОННАЯ СВАРКА РЕШИТ ПРОБЛЕМЫ СВАРНЫХ СТЫКОВ*

ШУР Е.А., АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта», докт. техн. наук,
ФЕДИН В.М., РУТ (МИИТ), докт. техн. наук, ЧЕРНЫШЕВ К.А., МИИТ, канд. техн. наук,
ФИМКИН А.И., МИИТ, канд. техн. наук

Оценка остаточных напряжений в рельсовых пробах с индукционной сваркой

Остаточные напряжения существенно влияют на усталостную прочность сварных стыков рельсов. По этой причине лаборатория сопротивления материалов МИИТа провела работу по их оценке в зоне основного металла, прилегающего к сварному стыку, и в зоне сварного стыка. Результаты исследований приведены на рис. 3.

Анализ результатов по замеру остаточных напряжений (см. рис. 3) дает основание предположить их благоприятное влияние на усталостную прочность как сварного стыка, так и зоны термического влияния.

Статические испытания

Испытания по оценке статической прочности полнoproфильных образцов сварных стыков проводили на статический трехточечный изгиб в соответствии с российской нормативной документацией. Для испытаний подготовили полнопрофильные рельсовые пробы длиной 1200 мм со сварным стыком посередине. База испытаний составляла 1000 мм. Вид сварки — индукционная с дополнительной термообработкой с тепла сварки. Технические характеристики прессы позволяли прикладывать нагрузку до 3000 кН. В ходе испытаний образцы доводили до разрушения, при этом записывали показания разрушающей нагрузки (прочности) и стрелы прогиба

Таблица 1

Результаты испытаний сварных стыков на статическую прочность

| Область растяжения | Показатель | |
|--|--------------------------|--------------------|
| | Разрушающая нагрузка, кН | Стрела прогиба, мм |
| Рельсы типа 60Е1, сваренные индукционным способом | | |
| 1. Подошва (№ 2) | 2490 | 58 |
| 2. Головка (№ 5) | 1820 | 29 |
| 3. Головка (№ 1) | 2056 | 35,5 |
| 4. Головка (№ 4) | 1955 | 28 |
| Нормативные требования для стыков рельсов типа Р65 (СТО РЖД 1.08.002–2009), сваренных электроконтактным способом | | |
| 1. Подошва | 2000 | 27 |
| 2. Головка | 1750 | 23 |

(пластичности). Испытания сварных стыков проводили по двум схемам нагружения — подошвой вниз и головкой вниз. Результаты сравнивали с наименьшими приемочными показателями прочности и пластичности сварных стыков термоупрочненных рельсов типа Р65 в соответствии с требованиями российской нормативной документации.

При проведении статических испытаний сварных рельсовых проб получен удовлетворительный результат как по прочности, так и по пластичности (табл. 1).

Несмотря на меньший момент сопротивления профиля рельса 60Е1, показатели статической

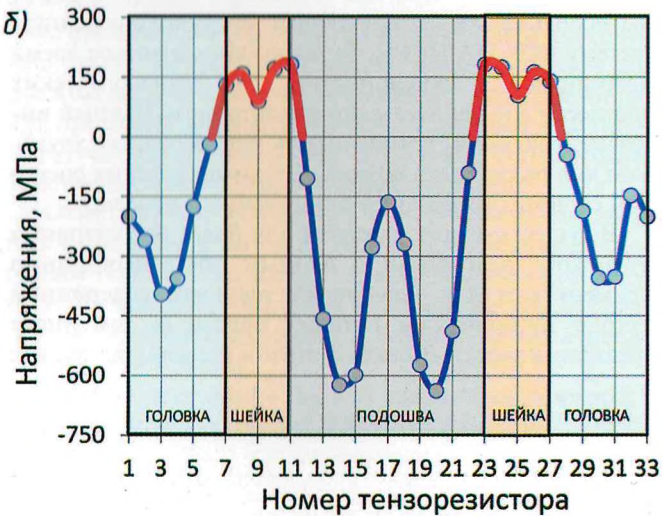
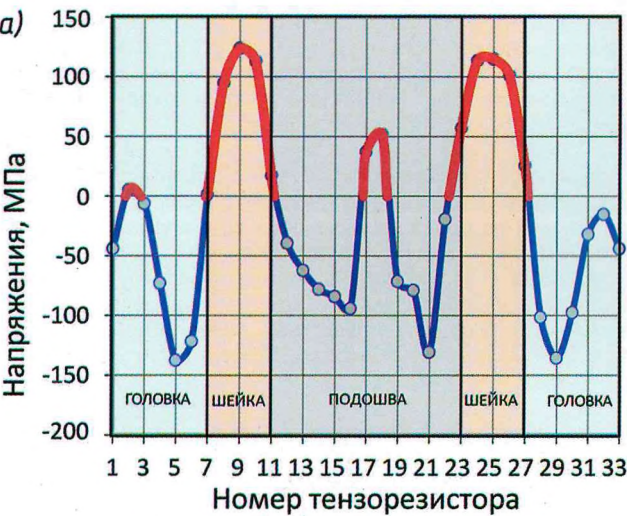


Рис. 3. Эпюра продольных остаточных напряжений в рельсовой пробе UIC60E1 со сварным стыком:
а — в зоне основного металла; б — в зоне сварного стыка

*Окончание. Начало в № 4, 2024 г.

прочности его стыков после индукционной сварки оказались выше, чем рельса Р65 после электроконтактной сварки при обеих схемах нагружения.

Усталостные испытания

Усталостная прочность является основным критерием оценки работоспособности металлических изделий, так как этот параметр наилучшим образом коррелируется с их сроком службы. Это положение целиком распространяется на рельсы, в том числе со сварным стыком. Испытания по оценке усталостной прочности сварных рельсовых проб длиной 1200 мм (индукционная сварка и закалочное охлаждение сжатым воздухом с тепла сварки) проводили по схеме трехточечного изгиба на базе 1000 мм на электрогидравлическом пульсаторе ЦДМ-ПУ-200. Частота нагружения составляла 5 Гц, коэффициент асимметрии ($R = 0,1$) обеспечивал наиболее жесткий режим нагружения.

Оценка усталостной прочности при испытаниях головкой вниз. Применение такой схемы позволяет провести качественную оценку сварного стыка и зоны термического влияния на предмет выявления различного рода дефектов. При наличии дефектов в сварном шве разрушение чаще всего происходит по шву, а при качественной сварке — по зоне термического влияния. Графическое изображение результатов усталостных испытаний в координатах «напряжение — количество циклов нагружения» представлено на рис. 4.

Анализ полученных результатов показывает, что разрушение происходит в зоне термического влияния, что свидетельствует о качественной сварке и отсутствии дефектов различного вида.

Оценка усталостной прочности при испытаниях головкой вверх. Усталостная прочность термоупрочненных рельсов российского производства со сварным стыком в последнее десятилетие в основном определяется по схеме нагружения головкой вверх, что предположительно способствует выявлению дефектов сварки в зоне подошвы и обеспечивает более удобную установку рельсовой пробы при испытаниях. При такой схеме нагружения разрушение, как правило, происходит по сварному шву (максимальные растягивающие напряжения в подошве). Однако анализ результатов показал, что разрушение происходило вне сварного стыка, а в зонах технологических отверстий в шейке, нанесенных по требованиям таможенных служб. Поэтому полученный предел выносливости лишь косвенно характеризует усталостную прочность рельсовых проб после индукционной сварки и термообработки с тепла сварки, так как из-за наличия технологических сверлений не удалось получить характерный вид разрушения в зоне сварки.

Графическое изображение результатов усталостных испытаний в координатах «напряжение — количество циклов нагружения» приведено на рис. 5.

Усталостные испытания стыков рельсов после индукционной сварки и термообработки с тепла сварки при двух видах нагружения (головкой вниз и вверх) показали более высокий уровень усталостной прочности по сравнению с электроконтактной сваркой и термообработкой с отдельного индукционного нагрева. Это сравнение выполнено по литературным данным, так как в нормативной документации ОАО «РЖД» отсутствуют фиксированные значения усталостной прочности (в СТО РЖД 1.08.002-2009 представлены лишь данные статической прочности).

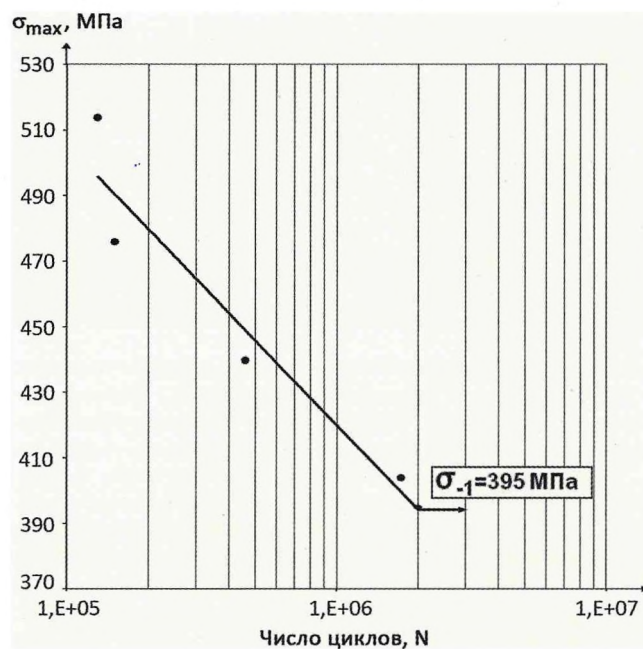


Рис. 4. Результаты усталостных испытаний сварных стыков рельсов 60Е1 по схеме нагружения головкой вниз (индукционная сварка и термообработка с тепла сварки)

Сравнительные результаты механических свойств рельсов, сваренных электроконтактным и индукционным способами, показывают существенные преимущества последнего. Так, при увеличении прочности при изгибе на 20 % при индукционной сварке (по сравнению с электроконтактной) не происходит потери пластичности, что подтверждается увеличением стрелы прогиба на 70 % (табл. 2). Особенно важным

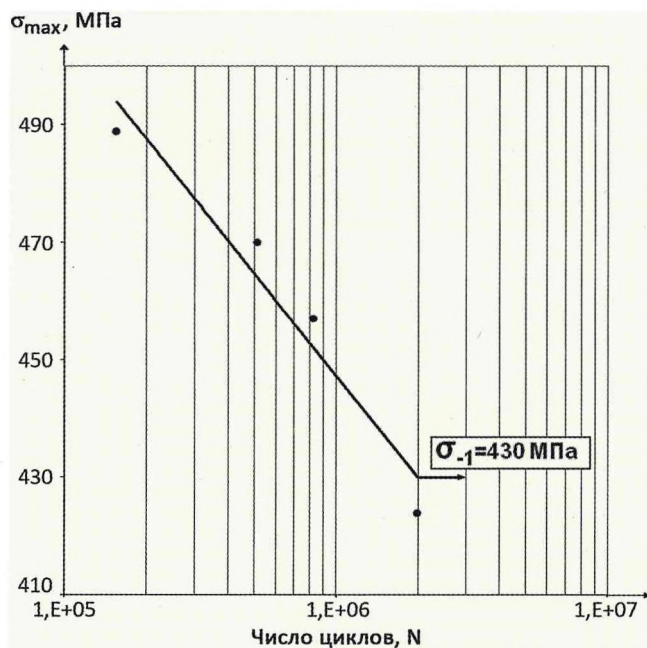


Рис. 5. Результаты усталостных испытаний сварных стыков рельсов 60Е1 по схеме нагружения головкой вверх (индукционная сварка и термообработка с тепла сварки)

Таблица 2
Результаты сравнительных испытаний сварных рельсовых проб

| Наименование параметра | Сравнительное значение параметра, % | |
|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| | Индукционная сварка | Электроконтактная сварка |
| Прочность шва | 120 | 100 |
| Стрела прогиба | 170 | 100 |
| Микроструктура сварного шва | Аналогична основному металлу | Значительно изменена |
| Предел выносливости | 110 | 100 |

показателем является более высокое сопротивление усталости после индукционной сварки, выявленное при циклических испытаниях полнопрофильных рельсов со сварными швами.

Анализ результатов, приведенных в табл. 2, свидетельствует о преимуществах индукционной сварки по сравнению с электроконтактной, что является основанием для назначения комплексной работы в системе ОАО «РЖД» по данной тематике.

Сравнительные статистические данные по эксплуатационному содержанию сварных стыков рельсов на сети SNCF, представленные в табл. 3, также демонстрируют преимущества индукционной сварки перед электроконтактной.

Выводы

1. Повышенная повреждаемость рельсов в зоне сварных стыков, полученных методами электроконтактной и, особенно, алюминотермитной сварки, связаны с принципиальными технологическими особенностями, присущими этим видам неразъемных соединений рельсов. Оба они связаны с получением жидкого металла со всеми сопутствующими ему дефектами: рыхлостью, непроварами, трещинами, неметаллическими включениями, порами и пузырями. Чтобы покончить с повышенной повреждаемостью рельсов в зоне сварных стыков, следует разработать технологию индукционной сварки, принципиально отличающейся от перечисленных выше способов. Индукционная сварка рельсовых плетей успешно применяется во Франции в течение многих лет.

2. Для сопоставления качественных показателей сварки рельсов на российских и французских железных дорогах были изучены рельсы типов R350HT и 60E1, которые сопоставимы с отечественными рельсами Р65 категории ДТ350.

3. Дополнительно на рельсах 60E1, сваренных индукционным способом, проведено закалочное охлаждение сварного стыка с тепла сварки и выполнена операция снятия грат по периметру сварного стыка методом шлифования.

4. Статические испытания сварных рельсовых проб после индукционной сварки и термообработки с тепла сварки при испытаниях подошвой вниз и головкой вниз (в SNCF последний вид испытаний отсутствует) показали высокую прочность и особенно пластичность, значительно превышающие нормативные показатели по сравнению с электроконтактной сваркой и термообработкой с отдельного индукционного нагрева (СТО РЖД 1.08.002–2009; ТУ 0921–290–01124323–2012).

5. Исследование микроструктуры показывает, что технология индукционной сварки с последующей термической обработкой обеспечивает в сварном шве однородную структуру сорбита с отдельными незначительными выделениями феррита в виде одиночных зерен, а также по границам исходных зерен аустенита. При этом ферритная сетка и значительные скопления зерен феррита, характерные для электроконтактной сварки, отсутствуют.

6. Закалочное охлаждение головки рельса с тепла сварки обеспечивает твердость сварного стыка, сопоставимую с твердостью рельса. При этом провал твердости в зоне термического влияния составляет всего 3–4 мм, что благоприятно отражается на эксплуатационном содержании стыка (минимизируется зона с неравномерным износом). Над этой проблемой необходима дальнейшая работа с целью сокращения или даже ликвидации провала твердости.

7. Результаты усталостных испытаний сварных стыков рельсов после индукционной сварки и термообработки с тепла сварки при двух видах нагружения (головкой вниз и головкой вверх) показали более высокий уровень усталостной прочности по сравнению с рельсовыми стыками с электроконтактной сваркой и термообработкой с отдельного индукционного нагрева.

8. Экономическая эффективность индукционной сварки по сравнению с электроконтактной достигается целым рядом опций:

большая эксплуатационная стойкость;

более низкое энергопотребление при сварке (температура нагрева: индукционная сварка — 1200 °С, электроконтактная — 1500 °С); закалочное охлаждение осуществляется с тепла сварки в отличие от электроконтактной, где термообработка производится с отдельного индукционного нагрева;

силовая дефектоскопия заменяет ультразвуковой контроль, выполняемый при электроконтактной сварке;

отсутствие шлифовки сварного стыка по всему периметру при индукционной сварке (шлифуется только головка и нижняя поверхность подошвы);

минимизация расхода рельсовых проб при сменной настройке сварочной машины: в SNCF — 8,5 т в год; в РСП-М — 19,5 т в месяц.

9. Представленные результаты дают основание для ускорения работ по созданию отечественного оборудования для индукционной сварки рельсов типа Р65.

Таблица 3
Сравнительные данные по эксплуатационному содержанию стыков сварки на сети SNCF

| Вид сварки | Количество стыков, сваренных в период с 1980 по 2013 г. | Количество зафиксированных изломов стыков в период с 1980 по 2013 г. | Процент брака, приведший к изломам | Сравнение надежности сварок* |
|-------------------|---|--|------------------------------------|------------------------------|
| Индукционная | 480865 | 8 | 0,00166 | 23,8 |
| Электроконтактная | 336579 | 133 | 0,03951 | |
| Итого | 817444 | 141 | - | |

*Отношение процентов брака электроконтактной и индукционной сварок.

Примечание. Сравнение выполнено для общей железнодорожной сети SNCF. На высокоскоростных линиях SNCF с начала 1980 по 2013 г. было сварено 88000 стыков индукционным способом, при этом зафиксировано всего четыре излома или 0,005 %. Следует уточнить, что изломы наблюдались лишь в первое десятилетие применения индукционной сварки, т. е. с 1980 по 1990 г.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА РЕЛЬСОВЫХ РУБОК В СТАЦИОНАРНЫХ УСЛОВИЯХ НА УЛАН-УДЭНСКОЙ ДИСТАНЦИИ ПУТИ



КАМНЕВ С.В., начальник Улан-Удэнской дистанции пути Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры

Основные задачи производственной базы Улан-Удэнской дистанции пути Восточно-Сибирской дирекции инфраструктуры заключаются в следующем:

хранение и распределение материалов верхнего строения пути по линейным участкам;

заготовка рельсовых рубок в стационарных условиях;

долом дефектных рельсов;

обучение нормам содержания стрелочного перевода на стенде как работников дистанции пути, так и сотрудников Улан-Удэнского центра организации работ железнодорожных станций.

Участок по заготовке рельсовых рубок оснащен информационным стендом, эталонным рельсом, необходимыми средствами малой механизации.

Состоит из трех зон распределения поступающих рельсов: красная зона — входной контроль; оранжевая зона — место заготовки; зеленая зона — выходной контроль.

Информационный стенд содержит актуальную нормативную документацию: технологическую карту № 140; описание технологического процесса; подробный перечень требуемого инструмента и средств измерений; памятку по заготовке рельсовых рубок, утвержденную начальником службы пути; организационный приказ.

Эталонный рельс имеет маркировку допустимых геометрических параметров.

Заготовкой рельсовых рубок занимаются руководитель работ (мастер или бригадир) и два монтера пути. При выполнении работ следим, чтобы были соблюдены следующие условия:

квалификации монтеров — не ниже 4-го разряда;

работники прошли обучение использования рельсорезных и рельсостроительных станков;

знание технологического процесса;

соблюдение порядка действий в соответствии с утвержденной технологической картой.

На производственной базе всегда имеются в наличии поверенный мерительный инструмент и средства малой механизации.

Не обойтись в работе без средств диагностики, таких как ультразвуковой однониточный дефектоскоп РДМ-12 или РДМ-11 и угловое зеркало.

Порядок заготовки рельсовых рубок. При поступлении рельса для дальнейшей заготовки в обязательном порядке проводится входной контроль, включающий в себя следующие мероприятия:

проверка наличия соответствующей маркировки;

определение группы годности рельсовой продукции и контроль соответствия этой группе;

контроль соответствия длины и маркировки рельсовой книге;

проверка отсутствия внутренних дефектов ультразвуковым дефектоскопом;

определение годности рельсовой продукции для дальнейшего ее использования;

запись о приемке рельса в журнал «входного контроля качества рельсовых рубок» (годен/не годен).

Если все условия соблюдены и рельс подходит для заготовки продукции, его перемещают для последующей обработки в оранжевую зону, где происходит резка рельса рельсорезным станком на необходимую длину, сверление болтовых отверстий, устройство фасок на болтовых отверстиях и торцах рельсов.

Далее рельс перемещают в зеленую зону, где осуществляется проверка геометрических параметров

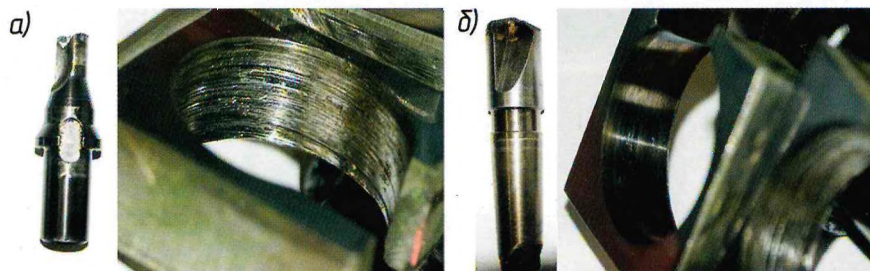


Рис. 1. Поверхности отверстий:
а — после фрезерования; б — после сверления

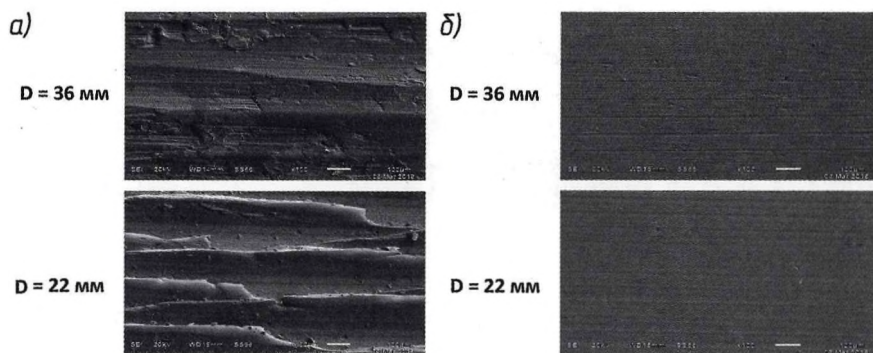


Рис. 2. Качество поверхности отверстий:
а — после фрезерования; б — после сверления

ров, оценка качества просверленных отверстий, замер фасок, проверка отсутствия внутренних дефектов ультразвуковым дефектоскопом, запись об изготовленных рельсах в журнале выходного контроля.

Повышение качества сверления болтовых отверстий. Работники Улан-Удэнской дистанции пути установили, что при сверлении фрезой в болтовых отверстиях возникают неровности и шероховатости, что приводит к развитию дефекта 53.1 (трещины от болтовых отверстий). Показатели выхода из строя остродефектных рельсов с таким дефектом в Улан-Удэнской дистанции пути варьировались от 21 до 37 шт/год.

В целях улучшения качества отверстий при заготовке рельсовых рубок решили попробовать поменять фрезу на сверло с победитовыми напайками. Качество поверхностей отверстий после фрезерования и сверления наглядно представлено на рис. 1. После этого выход из строя рельсов с дефектом 53.1 снизился до 5 шт/год и даже ниже ввиду полного отсутствия трещин от болтовых отверстий. Это означает, что количество остродефектных рельсов снизилось практически на 90 %. Более того, ресурс фрезы в восемь раз меньше ресурса сверла (10 отверстий против 80). Таким образом, заменив фрезу сверлом, удалось повысить качество отверстий при заготовке рельсовых рубок и продлить срок службы рельсов.

Чтобы оценить полученные результаты, обратились за

сравнительной экспертизой на кафедре «Металловедение и технологии обработки материалов» Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления (ВСГУТУ). Исследования обработанной поверхности при помощи методов металлографического анализа, определения микротвердости, растровой электронной микроскопии подтвердили, что поверхность металла значительно качественнее после сверления, чем при фрезеровании.

На рис. 2 представлены изображения поверхностей отверстий после фрезерования и сверления, увеличенные в 100 раз. Отчетливо видно, что на поверхности металла, обработанного фрезой, остаются грубые риски, задиры, вырывы, что в свою очередь является технологическим концентратором напряжений и может привести к появлению микротрещин при эксплуатации рельса и дальнейшему его разрушению.

Длина шероховатостей при фрезеровании достигает 12 мкм, при сверлении — 2,5 мкм, что близко к зеркальной поверхности.

Также провели сравнительный анализ обработки поверхностей металла с применением таких охлаждающих жидкостей, как вода и масло (рис. 3). В результате установили, что поверхность металла после сверления с применением масла остается неизменной, снижается риск возникновения дефектов и соответственно достигается высокое качество отверстий.

Экспертиза восьми образцов с отверстиями для определения степени твердости металла на различных расстояниях от поверхности также показала, что структура металла образцов, отверстия в которых произведены с помощью фрезы, подвержена большему разрушению.

Результатом исследований ВСГУТУ стало экспертное заключение о более высоком качестве поверхности металла после применения сверла.

На Улан-Удэнской дистанции пути стали применять такой способ сверления отверстий при заготовке рубок с 2018 г. Количество остродефектных рельсов по дефекту 53.1 за 5 лет (с 2018 по 2022 г.) снизилось на 127 шт., соответственно минимизировались потери поездо-часов. Количество изготовленных рельсов за этот же период увеличилось на 104 шт. Достигнута значительная экономия средств на оплату труда, покупку материалов и эксплуатацию автотранспорта. Экономический эффект за пять лет применения этого усовершенствования составил более 4,5 млн руб.

Таким образом, на основании всех исследований можно с полной уверенностью сказать, что качество отверстий при использовании сверла значительно выше. При этом значительно снижается риск возникновения дефекта 53.1, растет производительность труда, экономятся денежные средства и повышается безопасность движения.

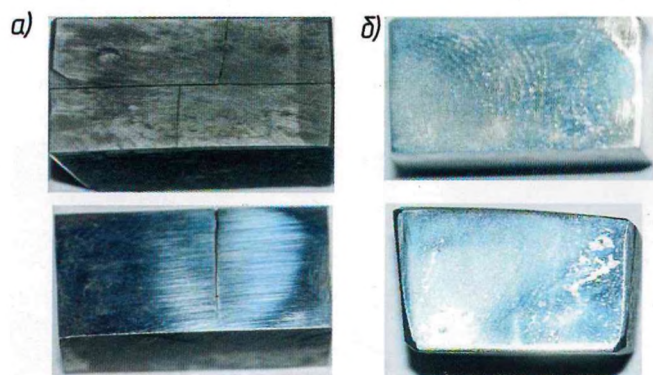


Рис. 3. Состояние поверхности металла после сверления сверлом с применением охлаждающей жидкости:
а — вода; б — масло

Почетные железнодорожники



За достижение высоких результатов в профессиональной деятельности, внедрение инновационных технологий и обеспечение эффективной работы железнодорожного транспорта знаком «Почетный железнодорожник» ОАО «Российские железные дороги» награждены путейцы предприятий Центральной дирекции инфраструктуры.

Среди удостоенных:

Акопян Авитон Варданович — заместитель начальника Московско-Курского отдела инфраструктуры Московской ДИ;
Амациев Курбан Рабаданович — дорожный мастер Кизлярской дистанции пути Северо-Кавказской ДИ;

Беленков Андрей Анатольевич — дорожный мастер Октябрьской дистанции пути Куйбышевской ДИ;

Бикбаева Елена Викторовна — ведущий инженер производственно-технического отдела Читинской дистанции пути Забайкальской ДИ;

Благовисный Владимир Анатольевич — освобожденный бригадир по текущему содержанию и ремонту пути и искусственных сооружений Раненбургской дистанции пути Юго-Восточной ДИ;

Болмат Анатолий Николаевич — освобожденный бригадир по текущему содержанию и ремонту пути и искусственных сооружений Новосибирской дистанции пути им. П.Т. Семешко Западно-Сибирской ДИ;

Воробьев Евгений Владимирович — техник Дзержинской дистанции пути Горьковской ДИ;

Габибуллаев Габибулах Фажрудинович — дорожный мастер Махачкалинской дистанции пути Северо-Кавказской ДИ;

Галкина Мария Петровна — начальник производственно-технического отдела Дипкунской дистанции пути Дальневосточной ДИ;

Галкин Анатолий Юрьевич — начальник участка производства Курской дистанции пути Московской ДИ;

Гимпель Сергей Николаевич — освобожденный бригадир по текущему содержанию и ремонту пути и искусственных сооружений Голутвинской дистанции пути Московской ДИ;

Горшков Сергей Валентинович — монтер пути Плесецкой дистанции пути Северной ДИ;

Григорьев Александр Геннадьевич — освобожденный бригадир по текущему содержанию и ремонту пути и искусственных сооружений Старотитаровской дистанции инженерных сооружений Забайкальской ДИ;

Дадашов Эльданиз Гурбан оглы — дорожный мастер Казанской дистанции пути Горьковской ДИ;

Жагло Сергей Викторович — освобожденный бригадир по текущему содержанию и ремонту пути и искусственных сооружений Магнитогорской дистанции пути Северо-Кавказской ДИ;

Завгородняя Татьяна Брониславовна — заместитель начальника по кадрам и социальным вопросам Кушвинской дистанции пути Свердловской ДИ;

Зубарев Роман Владимирович — дорожный мастер Шилкинской дистанции пути Забайкальской ДИ;

Иванов Юрий Михайлович — дорожный мастер Орловской дистанции пути Московской ДИ;

Кириленко Николай Николаевич — начальник Новокузнецкой дистанции пути Западно-Сибирской ДИ;

Козлов Михаил Анатольевич — заместитель начальника по кадрам и социальным вопросам Боготольской дистанции пути Красноярской ДИ;

Колошин Игорь Викторович — заместитель начальника Курганского отдела инфраструктуры Южно-Уральской ДИ;

Конохов Николай Николаевич — дорожный мастер Муромской дистанции пути Горьковской ДИ;

Кузнецова Ольга Александровна — специалист по управлению персоналом Петровск-Заводской дистанции пути Забайкальской ДИ;

Кузнецов Владимир Николаевич — оператор дефектоскопной тележки Ярославской дистанции пути Северной ДИ;

Куликов Андрей Валерьевич — дорожный мастер Советско-Гаванской дистанции пути Дальневосточной ДИ;

Куриленко Алексей Александрович — начальник участка пути Спасск-Дальневосточной дистанции пути Дальневосточной ДИ;

Куршев Сергей Михайлович — монтер пути Пензенской дистанции пути Куйбышевской ДИ;

Лебедев Сергей Валентинович — начальника участка производства Галичской дистанции пути Северной ДИ;

Лисицкая Марина Ильинична — техник Сарептской дистанции пути Приволжской ДИ;

Мешалкин Александр Борисович — начальник Шадринской дистанции пути им. П.И. Клеванцова Южно-Уральской ДИ;

Мурашкин Игорь Валентинович — дорожный мастер Брянск-Льговской дистанции пути Московской ДИ;

Наркевич Владимир Анатольевич — дорожный мастер Иланской дистанции пути Красноярской ДИ;

Никонов Анатолий Викторович — освобожденный бригадир по текущему содержанию и ремонту пути и искусственных сооружений Воронежской дистанции пути Юго-Восточной ДИ;

Писарев Андрей Рафикович — контролер состояния железнодорожного пути Чернышевск-Забайкальской дистанции пути Забайкальской ДИ;

Позднякова Инна Александровна — заместитель начальника по кадрам и социальным вопросам Рузаевской дистанции пути Куйбышевской ДИ;

Поздняков Александр Петрович — начальник участка пути Санкт-Петербург-Балтийской дистанции пути Октябрьской ДИ;

Пономарев Александр Викторович — дорожный мастер Дзержинской дистанции пути Горьковской ДИ;

Пономарев Николай Николаевич — начальник Орской дистанции пути Южно-Уральской ДИ;

Попейко Николай Юрьевич — начальник участка пути Микуньской дистанции инфраструктуры Северной ДИ;

Разяпов Ирик Азатович — освобожденный бригадир по текущему содержанию и ремонту пути и искусственных сооружений Магнитогорской дистанции пути Южно-Уральской ДИ;

Решетников Андрей Леонидович — дорожный мастер Привольской дистанции пути Приволжской ДИ;

Самохвалов Александр Викторович — освобожденный бригадир по текущему содержанию и ремонту пути и искус-

ственных сооружений Чернышевск-Забайкальской дистанции пути Забайкальской ДИ;

Соловейчик Вадим Львович — заместитель начальника центра управления содержанием инфраструктуры Московской ДИ;

Старжинский Андрей Васильевич — освобожденный бригадир по текущему содержанию и ремонту пути и искусственных сооружений Карталинской дистанции пути Южно-Уральской ДИ;

Стойков Валерий Юрьевич — дорожный мастер Сочинской дистанции инфраструктуры Северо-Кавказской ДИ;

Сторожев Роман Анатольевич — освобожденный бригадир по текущему содержанию и ремонту пути и искусственных сооружений Зиловской дистанции пути Забайкальской ДИ;

Сыряный Владимир Евгеньевич — монтер пути Привольской дистанции пути Приволжской ДИ;

Татаров Дмитрий Геннадьевич — дорожный мастер Облученской дистанции пути Дальневосточной ДИ;

Тимошенко Григорий Федорович — электромеханик Московско-Окружной дистанции инфраструктуры Московской ДИ;



За достижение высоких результатов в профессиональной деятельности, внедрение инновационных технологий и обеспечение эффективной работы железнодорожного транспорта знаком «Почетный железнодорожник» ОАО «Российские железные дороги» награждены путейцы предприятий Центральной дирекции по ремонту пути.

Среди удостоенных:

Андреев Роман Владимирович — помощник машиниста железнодорожно-строительной машины ПМС-154 Приволжской ДРП;

Баданин Андрей Дмитриевич — заместитель начальника по строительству Северо-Кавказской ДРП;

Бикметов Заки Зуфарович — монтер пути ПМС-148 Куйбышевской ДРП;

Богданов Сергей Иванович — начальник Куйбышевской ДРП;

Бузулуков Вадим Юрьевич — машинист железнодорожно-строительной машины ПМС-233 Дальневосточной ДРП;

Власов Дмитрий Николаевич — главный инженер Московской ДРП;

Галаган Виталий Григорьевич — начальник Северной ДРП;

Дугаева Людмила Ивановна — заместитель начальника — начальник отдела экономики и финансов Западно-Сибирской ДРП;

Ибрагимов Ибрагим Махмуд оглы — монтер пути ПМС-45 Восточно-Сибирской ДРП;

Иванов Алексей Иванович — машинист железнодорожно-строительной машины ПМС-151 Куйбышевской ДРП;

Ильин Сергей Иванович — машинист железнодорожно-строительной машины ПМС-16 Южно-Уральской ДРП;

Котовский Валерий Юрьевич — старший дорожный мастер ПМС-12 Московской ДРП;

Тихомиров Андрей Николаевич — дорожный мастер Печорской дистанции пути Северной ДИ;

Тихомиров Олег Михайлович — монтер пути Алтайской дистанции пути им. И.К. Гусельникова Западно-Сибирской ДИ;

Хабаров Александр Васильевич — мостовой мастер дистанции инженерных сооружений Южно-Уральской ДИ;

Чайка Олег Евгеньевич — заместитель начальника Куйбышевской дирекции инфраструктуры — начальник Самарского отдела инфраструктуры;

Чайкина Оксана Алексеевна — техник дистанции инженерных сооружений Юго-Восточной ДИ;

Черемнова Маргарита Валерьевна — специалист по управлению персоналом Прокопьевской дистанции пути Западно-Сибирской ДИ;

Штанов Виктор Михайлович — начальник участка пути Шахунской дистанции пути Горьковской ДИ;

Щербаков Леонид Андреевич — освобожденный бригадир по текущему содержанию и ремонту пути и искусственных сооружений Плещейской дистанции пути Северной ДИ.

Кузнецова Елена Владимировна — начальник сектора управления персоналом Октябрьской ДРП «Путьрем»;

Кухарчак Анатолий Николаевич — водитель автомобиля ПМС-303 Восточно-Сибирской ДРП;

Меть Александр Иванович — начальник ПМС-88 Октябрьской ДРП «Путьрем»;

Михуткин Виктор Петрович — монтер пути ПМС-172 Южно-Уральской ДРП;

Останина Елена Александровна — начальник отдела закупочной деятельности и договорной работы ПМС-170 Свердловской ДРП;

Петрик Владимир Иванович — мастер по эксплуатации и ремонту машин и механизмов ПМС-233 Дальневосточной ДРП;

Платонова Нина Васильевна — ведущий специалист по охране труда ОПМС-68 Московской ДРП;

Поглазова Ольга Алексеевна — технолог I категории ПМС-249 Дальневосточной ДРП;

Прокопчук Алексей Иванович — электрогазосварщик ПМС-50 Приволжской ДРП;

Седых Дмитрий Леонидович — заместитель начальника по экономике и финансам Центральной ДРП;

Теплов Леонид Николаевич — начальник ПМС-49 Куйбышевской ДРП;

Торопчин Виктор Юрьевич — заместитель начальника по кадрам и социальным вопросам Северной ДРП;

Точеникова Наталья Владимировна — инженер по подготовке кадров ПМС-199 Октябрьской ДРП «Путьрем»;

Тычинская Светлана Николаевна — машинист крана (крановщик) ПМС-18 Дальневосточной ДРП;

Хусаинов Юрий Павлович — монтер пути ПМС-46 Забайкальской ДРП;

Шиндин Игорь Валерьевич — машинист железнодорожно-строительных машин ПМС-196 Приволжской ДРП;

Щербатенко Михаил Викторович — мастер по эксплуатации и ремонту машин и механизмов ПМС-233 Дальневосточной ДРП;

Южаков Андрей Федорович — машинист автогрейдера ПМС-43 Свердловской ДРП.

О СОЦИАЛЬНОЙ ПОЛИТИКЕ ОАО «РЖД»



**АЛЕКСЕЕВА Ю.О., ОАО «Российские железные дороги»,
начальник Департамента социального развития**

Коллектив — бесценное достояние любого предприятия, поэтому уже на протяжении многих лет ОАО «РЖД» заботится о своих сотрудниках и членах их семей, а также о неработающих пенсионерах. Это одно из приоритетных направлений социальной политики Компании, которое всегда остается на высоком уровне.

В нашем постоянном фокусе внимания находится широкий спектр задач: от привлечения, мотивации и развития до сохранения здоровья и заботы о благополучии.

Все социальные обязательства закреплены в основополагающем документе — Коллективном договоре. Он учитывает большинство направлений поддержки и постоянно совершенствуется. А для решения конкретных вопросов принимаются отдельные адресные целевые программы и концепции. Такой подход позволил сохранить в периметре Компании и реформировать комплекс объектов социальной инфраструктуры.

Важный шаг в решении задач привлечения, закрепления и мотивации квалифицированных специалистов — это актуализация нового вида социальной поддержки некоторым категориям персонала — предоставление Компенсируемого социального пакета (КСП). В его основу положен принцип «кафетерия» с перечнем социальных услуг, на которые можно потратить установленный лимит средств. По итогам 2023 г. более 10 тыс. работников получили возможность дополнительно компенсировать свои затраты на определенные услуги и товары на сумму от 40 тыс. руб. в год.

При распределении КСП в 2024 г. основной упор был сделан на укомплектование вакантных должностей и удержание на рабочих местах квалифицированных кадров. Также в декабре 2023 г. подписано распоряжение, расширяющее перечень элементов КСП. Теперь для всех полигонов железных дорог в него вошли услуги жилищно-коммунального хозяйства, горюче-смазочные материалы, подготовка детей к школе и др. Для сотрудников в возрасте до 35 лет предусмотрены такие элементы, как обучение в автошколе, затраты в связи с бракосочетанием, товары для туризма, уплата процентов по договору автокредитования и др.

С приходом в Компанию представителей новых поколений своевременно был разработан Бонусный пакет. Этот уникальный проект объединяет все сферы деятельности ОАО «РЖД» с целью повышения эффективности Компании через вовлечение каждого сотрудника в решение производственных, социаль-

ных и других задач, а также благодаря личной заинтересованности в собственных результатах. Бонусный пакет действует через механизм начисления баллов за проявленную активность и участие в значимых проектах. Бонусные баллы работник может обменять на выбранное корпоративное предложение.

Данная система мотивации зарекомендовала себя довольно востребованной. По состоянию на начало 2024 г. количество участников, зарегистрировавшихся в Бонусном пакете, превысило 125 тыс. чел. При этом стоит отметить, что большинство из них (88 %) показали высокие достижения в области производительности труда и саморазвития, безопасности труда и движения поездов.

Все корпоративные предложения размещаются на Сервисном портале в разделе «Бонусный пакет». При этом при переходе по одному из представленных Корпоративных предложений пользователь автоматически попадает на веб-приложение «Витрина» — платформу привилегий и скидок для работников ОАО «РЖД».

Следует отметить, что на XXIII Саммите HR-директоров России и СНГ в октябре 2022 г. Бонусный пакет получил высшую награду — Гран-при в номинации «HR-проект года».

В рамках развития Бонусного пакета на веб-приложении «Витрина» уже появился новый раздел «Торговые предложения», где размещаются эксклюзивные промо-акции от наших партнеров, которые нельзя найти в открытом доступе. На текущий момент для всех пользователей «Витрины» представлены интересные предложения по таким направлениям, как страхование, спорт, туристические продукты и др. Предложения постоянно обновляются.

Задача этого года — охватить максимальное количество интересов наших работников по всем направлениям социальной политики, развитие которых важно для Компании. Также планируется открыть возможность обменивать баллы Бонусного пакета на предложения от внешних партнеров на еще более выгодных условиях.

В 2023 г. для сотрудников на всю сеть тиражировано новое приложение «Пульс», которое позволяет быть в курсе всех новостей компании. За это время проведены десятки корпоративных мероприятий, зарегистрировано более 19000 пользователей, внесена информация о различных площадках, в том числе на объектах ОАО «РЖД». Кроме того, в

рамках XI Форума по цифровой трансформации HR «Пульт» получил высшую награду в номинации «HR TECH-мобильное приложение года — 2023». В текущем году планируется развивать это приложение в различных направлениях: от новых видов спортивных состязаний до мероприятий неспортивного характера (культурные, образовательные и т. д.). Осенью этого года в Казани планируется провести масштабный спортивный фестиваль ОАО «РЖД» и РОСПРОФЖЕЛ «ЛОКО. МЫ ВМЕСТЕ».

В 2022 г. в Компании оперативно разработали дополнительные меры социальной поддержки участников специальной военной операции и членов их семей. Они включают в себя следующее:

- сохранение рабочих мест (трудовой договор приостанавливается);

- сохранение социально-трудовых гарантий, предусмотренных Коллективным договором;

- предоставление льгот и компенсаций членам семей без участия работника;

- выплату единовременного вознаграждения при мобилизации и при возвращении работника;

- оказание адресной благотворительной помощи;

- предоставление дополнительных оплачиваемых выходных дней работникам, супруги которых принимают участие в специальной военной операции;

- предоставление первоочередного права на получение путевок в объекты оздоровления;

- освобождение от оплаты услуг по содержанию, присмотру и уходу за воспитанником в частных образовательных учреждениях ОАО «РЖД».

В октябре прошедшего года был образован Центр поддержки работников ОАО «РЖД» — участников специальной военной операции и членов их семей. На горячей линии (8(800)775-22-42) специалисты расскажут о действующих мерах социальной помощи и проконсультируют по льготам, гарантиям и компенсациям, предусмотренных Коллективным договором ОАО «РЖД», примут обращения от железнодорожников, оказавшихся в сложной жизненной ситуации, на получение адресной благотворительной материальной помощи, подскажут контактные данные и режим работы региональных филиалов Государственного фонда «Защитники Отечества».

Специалисты Центра помогут организовать помощь корпоративных волонтеров в работах по дому, заботе о домашних животных, на приусадебном участке и т. д. Это особенно актуально и важно для семей с детьми и пожилых людей.

В этом году планируется разработать личный кабинет семьи участника специальной военной операции, организовать и выстроить процесс оказания помощи маломобильным пользователям услуг на социальных объектах компании.

Корпоративное волонтерство в Компании стремительно развивается. Оно уже сформировало из семей железнодорожников настоящее доброе сообщество единомышленников, готовых прийти на помощь друг другу.

Огромный интерес у волонтеров вызывает экологическое направление. В 2024 г. запланировано расширить сотрудничество со Всероссийским экологи-

ческим движением «Экосистема» и проводить больше различных экологических акций.

Также в текущем году решено реализовать проект по организации мобильных волонтерских групп реагирования в чрезвычайных ситуациях. Планируется запустить обучение и набор волонтеров на трех дорогах: Дальневосточной, Забайкальской и Северо-Кавказской.

Также в конце года пройдет уже пятый юбилейный форум волонтеров. По традиции соберутся лучшие добровольцы Компании, чтобы подвести первые итоги «Пятилетки добра».

Все мы знаем, что 2024 г. объявлен в нашей стране Годом семьи. В ОАО «РЖД» он назван Годом железнодорожных традиций, что в общем и целом перекликается с государственной установкой. Особый акцент будет сделан поддержке многодетных семей и семей, воспитывающих детей с ограниченными возможностями здоровья.

Много внимания в ОАО «РЖД» всегда уделялось династическим традициям, ведь исторически так сложилось, что на железной дороге работают зачастую целыми семьями, создавая династии. В 2023 г. впервые в компании было посчитано количество таких династий. Сформирован Единый реестр династий железнодорожников, который состоит из более тысячи династий (больше 8 тыс. чел.).

В настоящее время формируется и готовится к выпуску книга «Династии железнодорожников», где будут освещены истории данных семей.

В прошедшем году впервые был проведен конкурс «Династии железнодорожников», проходивший по трем номинациям:

- старейшая династия — самый продолжительный стаж от момента основания;

- династия в истории — самая многочисленная;

- преемственность поколений — самый продолжительный суммарный стаж работы.

В целях развития династической преемственности 6 февраля этого года было подписано Распоряжение ОАО «РЖД» (от 06.02.2024 № 321/р), согласно которому обновлено Положение о династиях железнодорожников, определены основные критерии и понятия династий железнодорожников и установлен порядок учета династий. Совместно с РОСПРОФЖЕЛ и ЖЕЛДОРТРАНС запланирована дальнейшая работа по формированию Положения о династиях Холдинга РЖД для предоставления возможности работникам дочерних обществ участвовать в конкурсе в 2024 г.

Значимыми событиями в текущем году станут Всероссийский праздник «День семьи, любви и верности» и торжественное юбилейное мероприятие, посвященное 50-летию БАМа, которые состоятся 8 июля.

В этом году уже в третий раз пройдет корпоративный социальный проект «Семейные ценности и традиции». Продолжится реализация таких мер поддержки, как льготная ипотечная программа, безвозмездная субсидия при рождении детей в период выплаты субсидируемого ипотечного кредита, оздоровление железнодорожников и членов их семей и неработающих пенсионеров, программа «Ветераны РЖД» и многое другое.

«МЕХАНИКИ» СГУПСА — ЧЕМПИОНЫ РОССИИ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ



МАНАКОВ А.Л., Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС),
докт. техн. наук,
ИГНАТЮГИН В.Ю., СГУПС, канд. техн. наук,
МАСЛОВ Н.А., СГУПС, канд. техн. наук

В Сибирском государственном университете путей сообщения много внимания уделяется работе с молодежью, способствуя, в частности, воплощению научных идей талантливых студентов в сфере инновационных технологий. Много лет на кафедре «Подъемно-транспортные, путевые, строительные и дорожные машины» (ППСДМ) факультета «Управление транспортно-технологическими комплексами» (УТТК) плодотворно функционирует студенческое научное объединение (СНО) «Механик». Основные направления деятельности СНО заключаются в создании новых и модернизация существующих машин, оборудования, их приводов и систем; методик и систем диагностирования и мониторинга; измерительных систем; алгоритмов и систем управления; испытательных стендов; электронных курсов обучения, учебников и трехмерных компьютерных тренажеров-симуляторов машин и технологий. Ежегодно к научной работе в СНО привлекается более 20 студентов, а за последние пять лет — в общей сложности более 130 человек.

Студенты СГУПСА всегда принимают активное участие в проводимых отраслевых конкурсах, олимпиадах и других профессиональных мероприятиях. Вот и в 2023 г. на ежегодном Всероссийском смотре-конкурсе выпускных квалификационных работ (ВКР) по специализации «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование» среди представителей 20 вузов страны и ближнего зарубежья были учащиеся Сибирского университета.

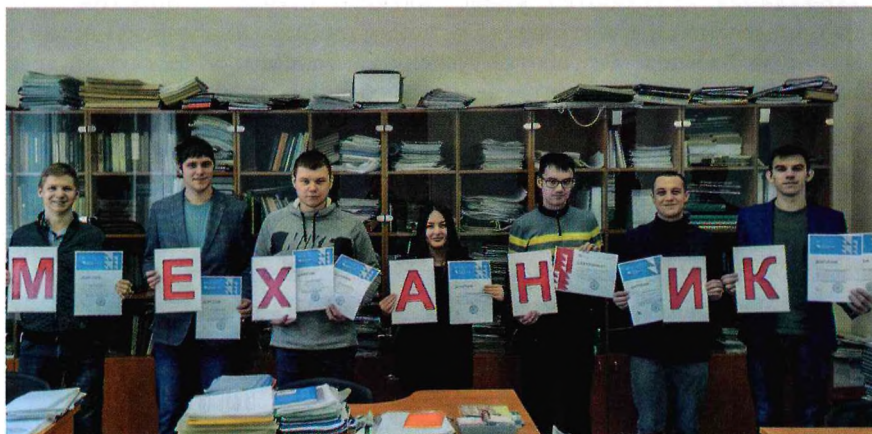
Члены жюри из сотрудников ведущих российских вузов рассмотрели более 100 ВКР.

Выпускники факультета УТТК представили на конкурс семь дипломных проектов, шесть из которых стали лучшими в своей номинации, одна работа заняла третье место.

Первое место в конкурсной номинации «Проекты научно-исследовательской направленности — машины для содержания и ремонта дорог» занял **Владислав Приходько**

с дипломным проектом «Разработка измерительной и управляющей систем рельсошлифовальной установки». Эти системы являются частью физической модели рабочего и ходового оборудования создаваемого рельсошлифовального поезда РШП-2.0, которая предназначена для отладки новой технологии высокоскоростного рельсошлифования. Поезд РШП-2.0 — совместная разработка СГУПС и Группы Синара. В проекте активно участвуют члены студенческого конструкторского бюро «Механик» (научный руководитель — канд. техн. наук **Д.С. Воронцов**) и СНО «Механик» (научный руководитель — канд. техн. наук **Н.А. Маслов**). Эта работа также заняла первое место на олимпиаде Федерального агентства железнодорожного транспорта в 2023 г.

Проекты **Никиты Трусова** «Разработка верхнего пояса экзоскелета для ремонта путевой техники» и **Даниила Карамнова** «Разработка нижнего пояса экзоскелета для ремонта путевой техники» победили в номинациях соответственно «Проекты научно-исследовательской направленности — погрузочно-разгрузочные машины» и «Проекты научно-исследовательской направленности — машины для производства и переработки дорожно-строительных материалов». Проекты нацелены на повышение безопасности ремонтных работ при увеличении физических усилий человека. Это оригинальный способ реализации



Победители и призеры всероссийского конкурса ВКР

УДК 625.143:539.4(045)

ВЛИЯНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ПРОФИЛЯ ВНУТРЕННЕГО РЕЛЬСА НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЕГО ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ

КОССОВ В.С., АО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (АО «ВНИКТИ»), докт. техн. наук, КРАСНОВ О.Г., АО «ВНИКТИ», докт. техн. наук, НИКОНОВА Н.М., АО «ВНИКТИ», ведущий программист, АКАШЕВ М.Г., АО «ВНИКТИ», ведущий инженер

Аннотация. Для выявления причин зонного образования контактно-усталостных выкрашиваний проведен комплекс экспериментальных и теоретических исследований по определению нагруженности внутренних рельсов в кривых малого радиуса, распределению твердости на поверхности катания по поперечным сечениям внутренних рельсов. Установлено, что эволюция профиля рельса существенно влияет на условия взаимодействия колеса с рельсом, а именно на распределение точек контакта колес с рельсами, величины поперечных крипов, изменение площади пятна контакта (в большинстве случаев она уменьшается), что ведет к повышению уровней нормальных и касательных напряжений в зоне контакта.

Ключевые слова: кривые малого радиуса, внутренний рельс, зона контакта, нормальные напряжения, касательные напряжения, профиль рельса.

В соответствии с [1] предусмотрено увеличить срок службы рельсов до 1500 млн т брутто. Вместе с тем по данным Управления пути и сооружений ОАО «РЖД» за 2020 г. на российских железных дорогах заменено 142838 рельсов в 25-метровом эквиваленте. Из них 30636 шт. (21,4 %) изъято при достижении предельного состояния по износу, 70838 шт. (49,6 %) — по контактно-усталостным дефектам. Ситуация обострилась из-за внедрения на российских дорогах грузовых вагонов и локомотивов с осевыми нагрузками 245 кН, ускоряющих процессы накопления контактно-усталостных повреждений.

Причинами образования дефектов контактно-усталостного характера в рельсах [2–8] являются развитие процессов деструкции поверхностного слоя металла головки и недостаточная чистота рельсовой стали.

Наблюдения за образованием выщербин на внутренних рельсах в кривых малого и среднего радиусов показали, что в отдельных случаях они распределяются вдоль дорожек, расположенных у внутренней и наружной граней внутреннего рельса. Более интенсивное выкрашивание наблюдается на расстоянии 15–30 мм от наружной грани внутреннего рельса.

Однако в некоторых случаях распределение выщербин на поверхности внутреннего рельса носит более размытый характер, без четкого разделения на дорожки качения. Это характерно для кривых, в которых боковой износ наружного рельса превышает 10–12 мм, что приводит к увеличению ширины колеи до 1540 мм и более. Происходят смещение точек контакта к рабочей грани внутреннего

технологий ремонта путевых машин с пользой для здоровья и без вреда для экологии.

Выпускная квалификационная работа Романа Слабожанина «Разработка универсального стенда для определения параметров колесной машины» и Александра Вдовина «Разработка гусеничной машины для индивидуального передвижения» победили соответственно в номинациях «Проектирование учебного, научного оборудования и лабораторных стендов» и «Обеспечение безопасности человека и природы».

В номинации «Моделирование технических систем ПТСДМ» победила работа Эльвиры Куспековой «Разработка методического обеспечения лабораторных работ на физических и имитационных моделях пневмоприводов», необходимое для качественного освоения дисциплины «Гидравлика и гидропневмопривод» в процессе интерактивного обучения.

Перечисленные выше дипломные проекты выполнены выпускниками СГУПС под научным руководством канд. техн. наук Н.А. Маслова.

Студенты Н. Трусов, Д. Карамнов, Р. Слабожанин и А. Вдовин впервые в истории факультета УТТК выполнили свои работы в виде стартап-проектов. Эта форма представления результатов проектирования существенно облегчает их практическую реализацию.

Высоких оценок жюри заслужила работа выпускника СГУПС — призера смотра-конкурса Семёна Ренева. Его работа на тему «Проектирование путевой машины индукционного нагрева рельсовых плетей на базе машины МПТ-6» в номинации «Конструкторские проекты — путевые машины» (научный руководитель — канд. техн. наук В.Ю. Игнатюгин) заняла третье место.

Результаты работ победителей и призеров конкурса приняты к внедрению на производстве и в СГУПС.

Полученные результаты чрезвычайно важны для учебного процесса при освоении дисциплин специальности, а также при создании и модернизации новых машин и оборудования.

рельса и образование более широкой полосы выщербин на поверхности катания (рис. 1, б).

Поскольку система «колесо—рельс» является динамической, изменяющейся в процессе износа от пропущенного тоннажа, характер выкрашиваний зависит от износа боковой грани наружного и вертикального износа внутреннего рельсов, что приводит к изменению положения точек контакта колес с внутренним рельсом. Таким образом, разделение выкрашиваний по дорожкам качения очень условно, так как определяется изменением диапазона ширины колеи из-за износа боковой грани наружного рельса, влияющего на распределение точек контакта колес подвижного состава с внутренним рельсом.

Для выявления причин зонного формирования контактно-усталостных дефектов проведен комплекс теоретических исследований, в ходе которых изучались:

распределение точек контакта колес от всех колесных пар грузового вагона, контактирующих с внутренним рельсом;

эволюция поперечного профиля внутреннего рельса в зависимости от пропущенного тоннажа;

распределение и количественные значения нормальных напряжений, поперечных крипов и касательных напряжений.

Виртуальные эксперименты по определению силового воздействия колес подвижного состава на рельсы проводились с помощью программного комплекса «Универсальный механизм» с подключенными модулями UM Subsystems и UM Loco [9].

Профили колес использовали в соответствии с распределением, полученным в результате статистической обработки данных исследований, проведенных сотрудниками АО «ВНИИЖТ» и АО «ВНИКТИ» на станциях Голутвин, Орехово-Зуево, Воскресенск, Рыбное, Бекасово Московской и Иркутск-Сортировочный Восточно-Сибирской дорог в парках приема сортировочных станций и вагоноремонтных депо.

Для определения распределения точек катания колес по внутреннему рельсу (рис. 2) в кривых от колес, набегающих на наружный рельс (1-я и 3-я колесные пары) и ненабегающих (2-я и 4-я колесные пары), проведено моделирование с учетом эволюции профиля внутреннего рельса в зависимости от пропущенного тоннажа. Результаты моделирования представлены на рис. 3.

Анализ результатов моделирования показал, что точки контакта колес с новым внутренним рельсом от набегающих на наружный рельс колесных пар (1-й, 3-й) сосредоточены с наибольшей частотностью 10–15 % на расстоянии 4–6 мм от оси рельса (в сторону рабочей грани), с частотностями 3–6 % часть колес контактирует ближе к центральной оси рельса в диапазоне от –2 до +6 мм вдоль его поперечной поверхности. Колеса 2-й и 4-й колесных пар также контактируют с наибольшей частотнос-

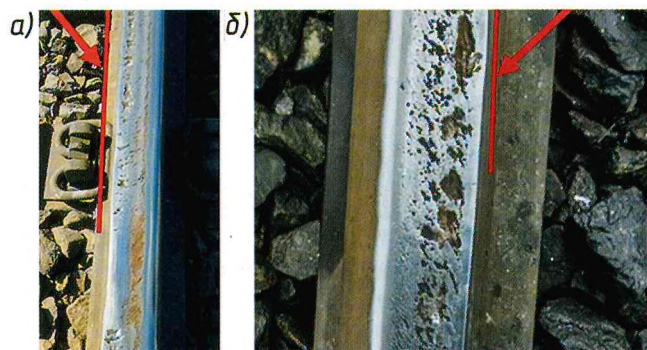


Рис. 1. Поверхность катания фрезерованных рельсов, уложенных во внутреннюю нить (стрелками указаны наружные грани внутреннего рельса): а — кривая радиусом 560 м (возвышение наружного рельса — 90 мм, ширина колеи — 1536 мм); б — кривая радиусом 413 м (возвышение наружного рельса — 90 мм, ширина колеи — 1544 мм)

тью 15 % ближе к центральной оси рельса, остальная часть колес рассредоточена вдоль его поперечной поверхности в диапазоне от –10 до +10 мм с частотностями 3–5 %.

В процессе эволюции профиля при пропущенном тоннаже 20–40 млн т брутто распределение из одномодального преобразуется в двухмодальное с разделением точек контакта от набегающих на наружный рельс колес (1-й, 3-й колесных пар) и ведомых (2-й, 4-й колесных пар):

с наибольшей частотностью 6–15 % точки контакта 2-й, 4-й колесных пар располагаются на расстоянии 12–16 мм от оси рельса в сторону наружной грани;

точки контакта 1-й, 3-й колесных пар сосредоточены в большей степени с противоположной стороны от оси рельса на расстоянии от –8 до –22 мм с частотностью 5–10 %.

При увеличении износа рельса при пропущенном тоннаже 60–100 млн т брутто происходит смещение точек контакта колес с рельсом:

точки контакта 2-й, 4-й колесных пар локализуются ближе к наружной грани внутреннего рельса на расстоянии 14–22 мм от его оси;

точки контакта 1-й, 3-й колесных пар рассредоточены вдоль поперечной поверхности внутреннего рельса в диапазоне от –24 до +14 мм.



Рис. 2. Внутренний рельс

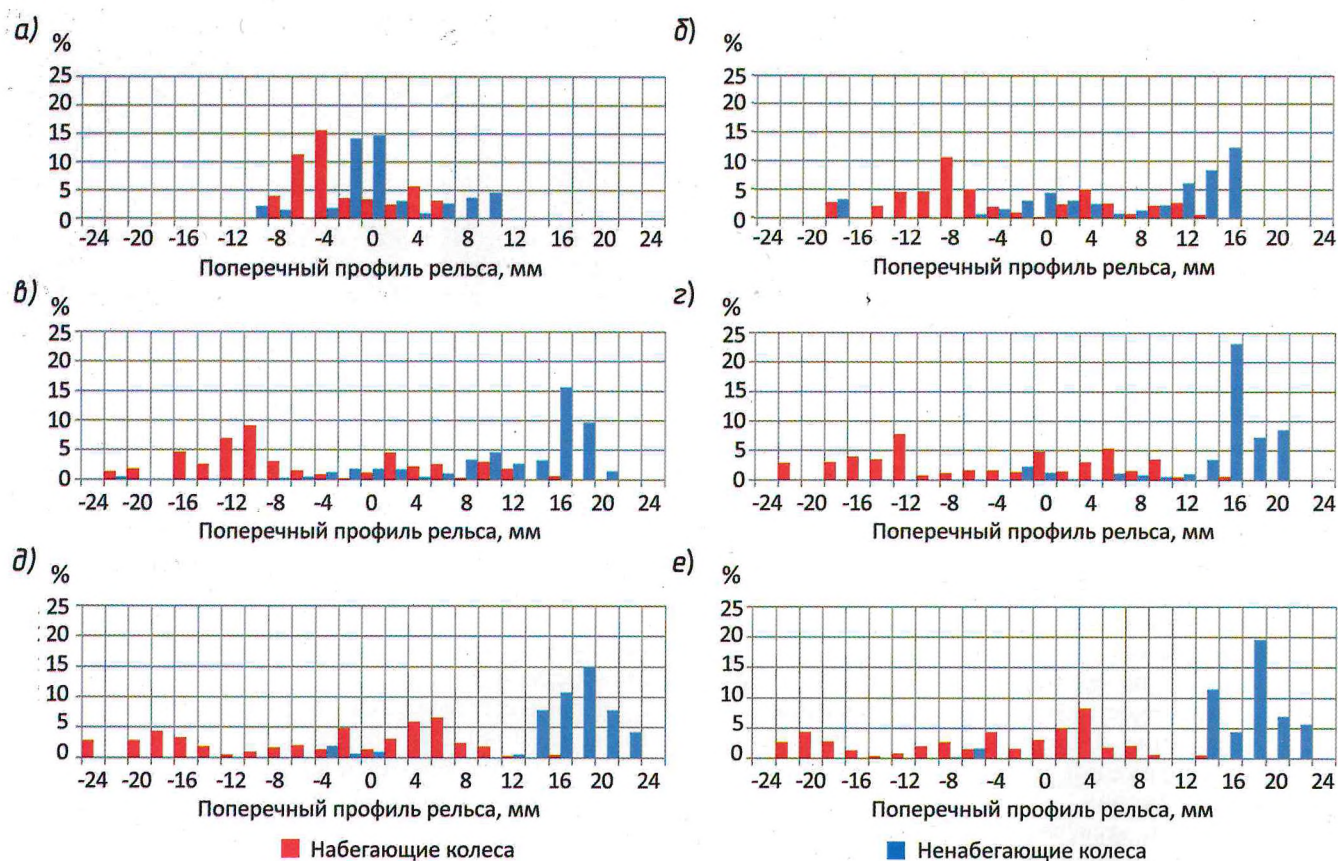


Рис. 3. Распределение точек контакта колес с внутренним рельсом в кривой радиусом 300 м при прокате полувагона с осевой нагрузкой 230 кН при разной эволюции профиля в зависимости от пропущенного тоннажа, млн т груза брутто: а – 0; б – 20; в – 40; г – 60; д – 80; е – 100

Таким образом, по мере эволюции профиля внутреннего рельса точки контакта от колес (2-й, 4-й колесных пар) концентрируются в узкой зоне от 14 до 22 мм в сторону его наружной грани, а точки контакта колес 1-й, 3-й колесных пар распределены вдоль

его поперечного сечения в диапазоне от -22 до +10 мм. При незначительном износе 0,6–1,5 мм и пропущенном тоннаже 20–50 млн т груза брутто точки контакта 1-й, 3-й колесных пар сосредотачиваются в диапазоне от -14 до -10 мм от оси рельса в сторону

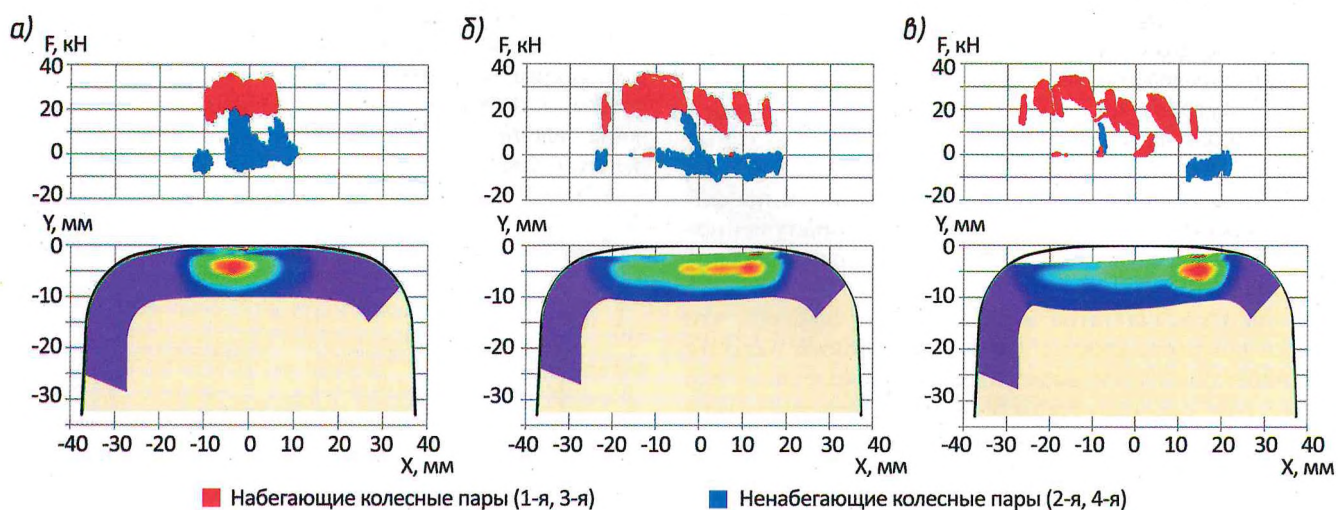


Рис. 4. Поперечные силы крива и их распределение на поверхности внутреннего рельса при проходе полувагона с осевой нагрузкой 230 кН в кривой радиусом 300 м при разной эволюции профиля в зависимости от пропущенного тоннажа, млн т груза брутто: а – 0; б – 40; в – 100

рабочей грани. По мере увеличения вертикального износа с ростом пропущенного тоннажа эти точки смещаются к центру рельса; при этом часть колес контактирует в зоне, расположенной ближе к рабочей грани на расстоянии от -16 до -22 мм.

Полученное распределение точек контакта по поперечному сечению внутреннего рельса объясняет образование контактно-усталостных дефектов на его поверхности катания.

Для определения напряженно-деформированного состояния рельса в зоне контакта, создаваемого колесами от всех колесных пар, выполнено моделирование с определением поперечных сил крива, нормальных и касательных напряжений в процессе эволюции профиля внутреннего рельса в зависимости от пропущенного тоннажа.

На рис. 4 представлены уровни поперечных сил крива и показано их распределение по поперечному сечению рельса от колес грузового вагона.

При новом профиле рельса (см. рис. 4, а) действие сил крива сосредоточено в средней части внутреннего рельса в диапазоне ± 10 мм от осевой линии. При этом силы крива от колес 1-й, 3-й колесных пар достигали 20–35 кН, а от колес 2-й, 4-й колесных пар имели знакопеременный характер, изменяясь от -10 до +20 кН (знак «-» означает направленность внутрь колес).

В процессе эволюции профиля при пропущенном тоннаже 20–60 млн т груза брутто действие поперечных сил крива расширилось вдоль поперечного сечения внутреннего рельса в диапазоне от -25 до +30 мм от продольной оси. При этом уровни сил крива от колес 1-й, 3-й колесных пар изменялись от 10 до 35 кН, а от колес 2-й, 4-й колесных пар основная доля (более 90 %), направленная внутрь колес, изменялась от 0 до -10 кН. С дальнейшим увеличением износа поверхности катания внутреннего рельса характер воздействия колес 1-й, 3-й колесных пар практически не изменился. При этом воздействие колес 2-й, 4-й колесных пар смещается к наружной грани внутреннего рельса и наблюдается в узкой зоне (13–22 мм от продольной оси рельса), определяя в ней положение опасной точки.

Контактно-усталостная повреждаемость зависит от уровней нормальных и касательных напряжений. На рис. 5 представлено распределение нормальных напряжений, реализуемых от всех колес, движущихся по внутреннему рельсу, в зависимости от его эволюции.

При новом профиле рельса уровни нормальных напряжений составляют 800–900 МПа; они сосредоточены на расстоянии ± 10 мм от продольной оси рельса. Только в локальных зонах в диапазоне от -13 до -10 мм от оси в сторону рабочей грани внутреннего рельса нормальные напряжения от колес 2-й, 4-й колесных пар повышаются до 1000–1500 МПа.

С увеличением пропущенного тоннажа вероятность сочетания неконформных профилей возрастает, что ведет к уменьшению площади пятна контакта и, как результат, к росту нормальных напряжений до 1500–2150 МПа. При этом следует отметить их высокую концентрацию (1600–2000 МПа) от колес 2-й, 4-й колесных пар на расстоянии 13–22 мм от оси в сторону наружной грани внутреннего рельса с отдельными выбросами до 2200 МПа.

Распределение касательных напряжений повторяло характер распределения нормальных напряжений. Во всех случаях опасная точка смещалась от середины поперечного сечения внутреннего рельса к наружной грани, располагаясь на расстоянии 15–30 мм от его оси.

Таким образом, одной из причин образования глубоких выщербин в диапазоне 15–30 мм от оси внутреннего рельса к его наружной грани является смещение точек контакта колес 2-й, 4-й колесных пар в узкую зону контакта по мере эволюции профиля в зависимости от пропущенного тоннажа. Одновременно вероятность сочетания неконформных профилей возрастает, что ведет к уменьшению площади пятна контакта; наблюдается значительное повышение контактных давлений и касательных напряжений в зонах контакта колес с внутренним рельсом.

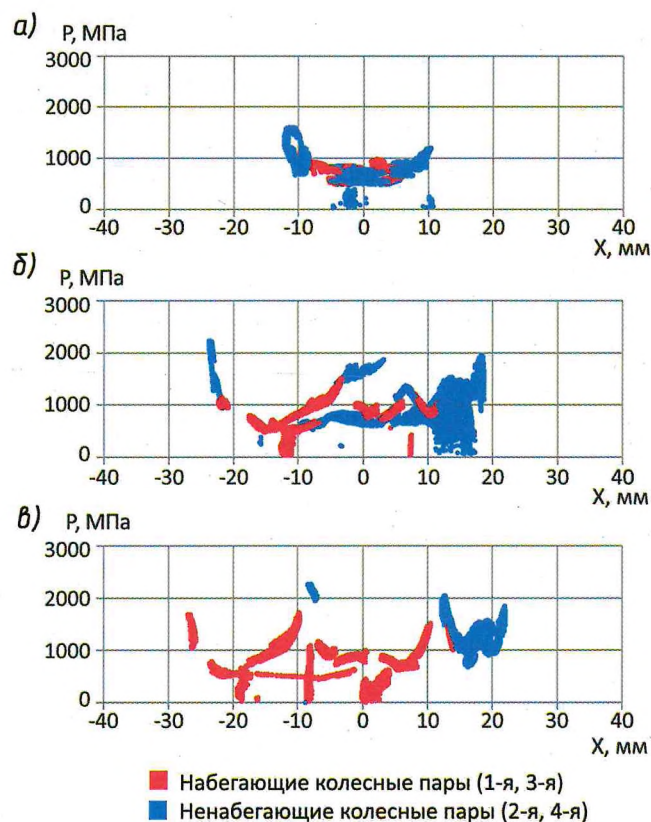


Рис. 5. Нормальные напряжения и их распределение на поверхности внутреннего рельса при прокате полувагона с осевой нагрузкой 230 кН в кривой радиусом 300 м при разной эволюции профиля в зависимости от пропущенного тоннажа, млн т груза брутто:
а — 0; б — 40; в — 100

1. На поверхности катания внутреннего рельса формируются две дорожки качения от двух групп колес: 1-й, 3-й и 2-й, 4-й колесных пар. Это связано с двухмодальным распределением точек контакта относительно оси поперечного сечения рельса.

2. Учитывая, что система «колесо–рельс» является динамической, изменяющейся под воздействием пропущенного тоннажа, характер выкрашивания зависит от износа боковой грани наружного рельса и вертикального износа внутреннего рельса, а это ведет к изменению положения точек контакта колес с внутренним рельсом.

3. Установлено: эволюция профиля внутреннего рельса существенно влияет на условия его взаимодействия с колесом, а именно на распределение точек их контакта, величины поперечных крипов, площадь пятна контакта (в большинстве случаев она уменьшается), что ведет к повышению уровней нормальных и касательных напряжений в зоне контакта колес с внутренним рельсом.

4. Одной из причин образования глубоких выщербин на расстоянии 15–30 мм от наружной грани внутреннего рельса является смещение точек контакта колес 2-й, 4-й колесных пар в узкую зону контакта по мере эволюции профиля с ростом пропущенного тоннажа. Одновременно значительно повышаются нормальные и касательные напряжения от колес 2-й, 4-й колесных пар из-за увеличения вероятности сочетания неконформных профилей колес и рельсов при уменьшении площади пятна контакта. Вследствие этого увеличиваются эквивалентные напряжения, превышающие предел контактно-усталостной прочности рельсовой стали, что определяет работу поверхностных слоев рельсовой стали при развивающейся пластической деформации.

5. Прогрессивной технологической операцией по снижению образования выщербин на поверхности катания внутренних рельсов является уполаживание кривых малого радиуса с уменьшением возвышения наружного рельса, а также применение рельсов из стали повышенной вязкости и прочности.

1. Долгосрочная программа развития открытого акционерного общества «Российские железные дороги» до 2025 года: утв. Распоряжением Правительства РФ от 19.03.2019 № 466-р (в ред. от 13.10.2022).

2. Махутов Н.А., Сосновский Л.А., Кебилов А.А. Метод оценки механического состояния материала рельсов после длительной эксплуатации // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2007. Т. 73. № 8. С. 49–54.

3. Усталостное разрушение рельсовой стали после эксплуатации / Н.А. Махутов, Ю.А. Демина, И.М. Петрова, И.В. Гадолина, Н.А. Жаркова, Е.А. Шур, А.И. Борц, И.В. Светозарова, Л.Р. Ботвина // Деформация и разрушение материалов и наноматериалов (DFMN-13): сборник материалов V Международной конференции / ИМЕТ РАН. Москва, 2013. С. 87–88.

4. Кинетические закономерности развития поврежденности в рельсовых сталях / Н.А. Махутов, Л.Р. Ботвина, М.Р. Тютин, А.П. Солдатенков, Ю.А. Демина, Е.А. Шур, А.И. Борц, И.М. Петрова, И.В. Гадолина, В.П. Левин // Интеллектуальные системы на транспорте (ИнтеллектТранс-2014): сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. СПб: ПГУПС, 2014. С. 121–127.

5. Деструкция рельсовых сталей в условиях тяжеловесного и высокоскоростного движения / Л.Р. Ботвина, М.Р. Тютин, А.П. Солдатенков, Ю.А. Демина, В.П. Левин, Е.А. Шур, А.И. Борц, И.В. Светозарова, Н.А. Махутов, И.М. Петрова, И.В. Гадолина // Интеллектуальные системы на транспорте (ИнтеллектТранс-2013): материалы III Международной научно-практической конференции. СПб: ПГУПС, 2013. С. 307–313.

6. Закономерности накопления повреждений в рельсовой стали в условиях контактной усталости / Л.Р. Ботвина, М.Р. Тютин, А.П. Солдатенков, В.П. Левин, Н.А. Жаркова, Ю.А. Демина, Е.А. Шур, А.И. Борц, И.В. Светозарова // Деформация и разрушение материалов и наноматериалов: сборник материалов V Международной конференции / ИМЕТ РАН. Москва, 2013. С. 11–12.

7. Контактная усталость рельсов / Е.А. Шур, А.И. Борц, К.Л. Заграничек, В.М. Федин // Новые технологии производства деталей с увеличенными сроками эксплуатационного содержания для железнодорожного транспорта: сборник статей. М.: ВИНТИ РАН, 2016. С. 43–56.

8. О некоторых причинах повреждаемости рельсов на Экспериментальном кольце ОАО «ВНИИЖТ» / Е.А. Шур, А.И. Борц, А.В. Сухов, В.А. Рейхарт, А.Ю. Абдурашитов, О.А. Суслов, Л.В. Базанова // Железнодорожный транспорт на современном этапе: сборник трудов ученых ОАО ВНИИЖТ. М.: ВМГ-Принт, 2014. С. 259–267.

9. Моделирование накопления контактно-усталостных повреждений в колесах и рельсах [Электронный ресурс] // Универсальный механизм 9.0. Руководство пользователя. 2020. URL: http://www.universalmechanism.com/download/90/rus/25_um_rcf.pdf (дата обращения: 01.09.2023).

THE INFLUENCE OF THE LOW RAIL PROFILE EVOLUTION ON THE STRESS STATE OF ITS RUNNING SURFACE

Kossov Valery — D.Sci. (Engineering), Professor, Joint Stock Company «Scientific-Research and Design-Technology Institute of Rolling Stock», General Director. Kolomna, Russia. info@vnikti.com

Krasnov Oleg — D.Sci. (Engineering), JSC «VNIKTl», Department of Track and Special Rolling Stock, Head of Department. Kolomna, Russia.

Nikonova Natalia — JSC «VNIKTl», Department of Track and Special Rolling Stock, Principal Software Engineer. Kolomna, Russia.

Akashev Michael — JSC «VNIKTl», Department of Track and Special Rolling Stock, Principal Engineer. Kolomna, Russia.

Abstract. To establish the causes of the area formation of contact-fatigue shelling, a set of experimental and theoretical studies is carried out aimed at determining the loading of low rails in sharp curves and the hardness distribution on the running surface along the cross sections of low rails.

It is established that the rail profile evolution significantly affects the conditions of the wheel-rail interaction, namely the distribution of the wheel-rail contact points, the magnitude of transverse creep, the change in the contact patch area, in most cases its decrease, which determines the increase in the levels of normal and tangential stresses in the wheel-rail contact region.

Keywords: sharp curves, low rail, contact area, normal, tangential stresses, rail profile.

Citation link: Kossov V.S., Krasnov O.G., Nikonova N.M., Akashev M.G. The influence of the low rail profile evolution on the stress state of its running surface // Railway Track and Track Facilities. 2024. № 5. P. 14–18. (in Russian)

продукции за рубежом показывает, что все остряковые рельсы имеют симметричные профили головки. Так, наибольшее количество по типоразмерам профилей представлено в EN 13674-2:2011-01 [9] — 20 несимметричных и 13 симметричных, однако все они имеют симметричную форму головки. В указанных евронормах остряковые рельсы 60E1A1 имеют форму головки, идентичную по размерам головке типовых рельсов 60E1 с увеличением ее высоты на 2 мм (рис. 4).

Идентичные остряковые рельсы профиля 60 kg представлены в австралийском стандарте AS 1085.1-2022 [10].

В японском стандарте JIS E 1101:2001 [11] остряковые рельсы профиля 70 S тоже имеют симметричную головку относительно вертикальной оси.

Все перечисленные выше профили зарубежных остряковых рельсов имеют более широкое короткое плечо подошвы, что необходимо для обеспечения устойчивого процесса прокатки. В последующем излишне широкое плечо подвергается операции строгания на стрелочных заводах.

В американском стандарте AREMA [12] чертежей остряковых рельсов нет, так как их роль выполняют обычные железнодорожные рельсы, из которых производят элементы стрелочных переводов.

Таким образом, несимметричный профиль остряковых рельсов типа ОР65 имеется только в отечественном стандарте с 1985 г. и по настоящее время.

Вывод

Для стабилизации процесса прокатки, повышения точности изготовления профиля и улучшения его физико-механических свойств посредством термообработки, а также получения благоприятной эпюры остаточных напряжений при охлаждении на холодильнике и в процессе правки предлагается создать симметричный профиль острякового рельса типа ОР65 за счет зеркального отображения относительно вертикальной оси со стороны длинного плеча подошвы (рис. 5). Затраты по дополнительной острожке таких остряковых рельсов окупятся повышением их надежности в эксплуатации.

Список источников

1. Глюзберг Б.Э., Королев В.В., Шишкина И.В. Элементы стрелочных переводов для Российских железных дорог // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевом хозяйстве. 2019. Т. 14 (14), № 14. С. 17–20.
2. ГОСТ 9960–74. Рельсы остряковые ОР65, ОР50 и ОР43 для железных дорог колеи 1520 (1524) мм. Технические требования. Отм. 01.01.1987. М.: Издательство стандартов, 1974.
3. ГОСТ 17507–85. Рельсы остряковые ОР65. Размеры. Введ. 01.01.1987. Отм. 01.01.1992. М.: Издательство стандартов, 1986.

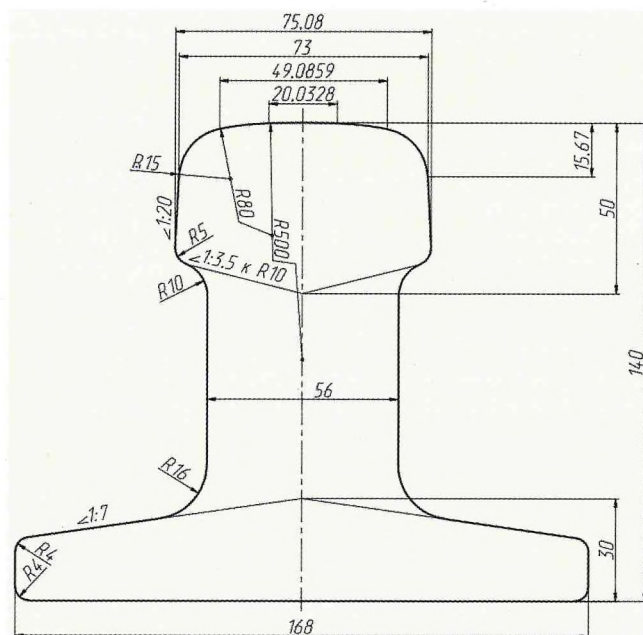


Рис. 5. Симметричный остряковый рельс типа ОР65

4. ТУ 32-ЦП-803–94. Рельсы остряковые. Введ. 01.01.1995. 2 с.
5. ГОСТ Р 55820–2013. Рельсы железнодорожные остряковые. Технические условия. Введ. 01.07.2014. Изм. 03.10.2022. М.: Стандартинформ, 2018.
6. Патент № 2710410 РФ, МПК В21В 1/08. Способ прокатки рельсов / А.В. Головатенко, Г.Н. Юнин, В.В. Дорофеев, А.В. Добрянский, В.А. Серегин, Д.Э. Первушин; патентообладатель АО «ЕВРАЗ ЗСМК». № 2019114014; заявл. 06.05.2019; опубл. 26.12.2019; Бюл. № 36.
7. Патент 2721968 РФ, МПК В21В 1/08. Способ прокатки несимметричных рельсовых профилей в черновых калибрах / В.В. Дорофеев, А.В. Головатенко, А.В. Добрянский, В.А. Серегин, Д.Э. Первушин; патентообладатель АО «ЕВРАЗ ЗСМК». № 2019131625; заявл. 07.10.2019; опубл. 25.05.2020; Бюл. № 15.
8. Патент 2784961 РФ, МПК В21В 1/08. Система черновых калибров для прокатки железнодорожных рельсов / В.В. Дорофеев, А.В. Головатенко, А.В. Добрянский, В.А. Серегин, Д.Э. Первушин; патентообладатель АО «ЕВРАЗ ЗСМК». № 2021139319; заявл. 27.12.2021; опубл. 01.12.2022; Бюл. № 34.
9. DIN EN 13674-2:2011-01. Железные дороги. Верхнее строение пути. Рельсы. Часть 2: Рельсы для стрелочных переводов и крестовин, применяемые совместно с рельсами Виньоля 46 кг/м и более. 113 с. (Стандарт Европейского Союза).
10. AS 1085.1:2019. Railway Track Material. Part 1. Steel Rails = Материал для железнодорожного пути. Часть 1: Стальные рельсы. (Стандарт Австралии).
11. JIS E 1101:2001. Flatt bottom railway rails and special rails for switches and crossing of non treated steel = Рельсы железнодорожные широкоподошвенные и специальные профили из термнеообработанной стали для стрелочных переводов и переездов. (Japanese Industrial Standards) (Японский индустриальный стандарт).
12. AREMA. Американская ассоциация строительства и обслуживания железных дорог. Руководство AREMA по железнодорожной технике.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АКУСТИЧЕСКИЕ ЭКРАНЫ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

ЛОКТЕВ А.А., Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ)), докт. физ.-мат. наук,
ШИШКИНА И.В., РУТ (МИИТ), канд. техн. наук, ПОДДАЕВА О.И., Национальный исследовательский
московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), канд. техн. наук,
СОИН К.М., НИУ МГСУ, инженер

Аннотация. В статье рассмотрен характер распределения ветрового давления на типовые варианты акустических экранов, относящихся к транспортным сооружениям. Для этого были использованы следующие методы: модельные испытания с целью определения локального коэффициента давления на большой градиентной аэродинамической трубе; численное моделирование в специализированном программном комплексе вычислительной гидро-газодинамики ANSYS CFX, с последующей верификацией полученных экспериментальных данных и используемой математической модели.

Ключевые слова: ветровая нагрузка, шумозащитные экраны, математическое моделирование, экспериментальное моделирование, аэродинамические коэффициенты.

При движении железнодорожного транспорта возникает шум, интенсивность и частотные характеристики которого зависят от скорости движения, типа поездов, состояния пути и характера движения. Для снижения негативного воздействия шума применяется комплекс мер и конструкций. Одним из средств являются акустические экраны (рис. 1) — преграда, устанавливаемая между железнодорожными путями и объектами защиты (жилими домами, гостиницами, больницами, школами и др.), обеспечивающая снижение шума до санитарных норм или запроектированных значений [1].

Акустический экран — один из самых распространенных объектов инфраструктуры, устанавливаемый вдоль путей. Конструктивно он представляет собой панель, которую закрепляют на металлические стойки и крепят к фундаменту. Высота акустического экрана определяется в зависимости от требований по снижению шума и обычно составляет 2–6 м.

При проектировании высокоскоростных магистралей специалисты уделяют особое внимание взаимодействию высокоскоростного поезда и акустического экрана, поскольку последний находится в непосредственной близости от железнодорожного полотна

и имеет размеры, которые существенно влияют на местные ветровые потоки [2].

Три основные формы поперечного сечения несущих конструкций акустических экранов представлены на рис. 2. Между несущими элементами располагаются звукопоглощающие и звукоотражающие панели, которые воспринимают основную часть ветровой нагрузки.

Одним из важных требований при проектировании акустических экранов является обеспечение безопасности конструкции в результате действия ветровой нагрузки, что регламентирует СП 338.1325800.2018 [3]. Согласно п. 8.6 необходимо учитывать расчетную ветровую нагрузку и пиковую, которая определяется по СП 20.13330.2016 [4].

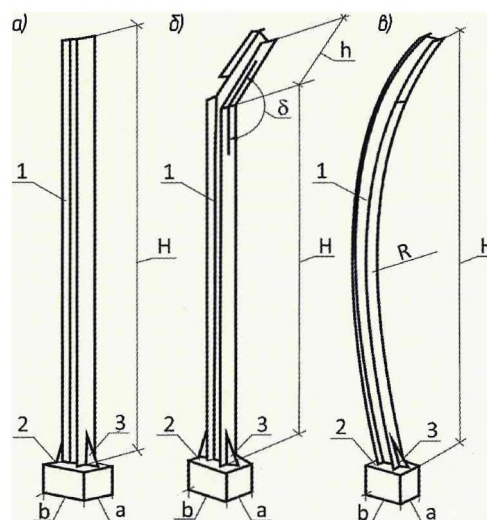


Рис. 2. Формы поперечных сечений акустических экранов:

- а — прямая стойка; б — прямая стойка с козырьком;
- в — криволинейная стойка;
- 1 — вертикальный несущий элемент конструкции — стойка;
- 2 — опорная часть, крепящаяся к фундаменту; 3 — ребро жесткости;
- H — высота основного несущего элемента; h — длина козырька экрана; R — радиус кривизны несущего элемента; a, b — размеры одиночного фундамента в плане; δ — угол наклона козырька к основному несущему элементу экрана



Рис. 1. Акустический экран вдоль железнодорожных путей

Схемы распределения среднего давления, приведенные в Приложении В к [4] (как и в других нормах, например, Еврокод), рассматривают ограниченный набор наиболее распространенных форм сооружений.

Для исследований разработали и изготовили две модели с сечениями, приведенными на рис. 2, а, б; высота каждого из экранов составила 4 м в натуре.

С учетом рабочей части аэродинамической трубы был выбран максимально возможный масштаб моделей, что позволило обеспечить условие по коэффициенту блокировки ($S_c < 10\%$). Исследуемые модели установили на автоматизированный поворотный стол, располагающийся в рабочей части аэродинамической трубы (рис. 3).

Экспериментальные исследования проводились на базе уникальной большой градиентной аэродинамической трубы НИУ МГСУ.

Характерные скорости ветра, при которых определялось локальное давление, лежали в диапазоне от 10 до 13 м/с. При анализе результатов характер автомодельности наблюдался при скоростях, близких к 13 м/с. При обдуве моделей по направлениям в 0, 30, 60, 300 и 330° было выявлено, что наибольшее среднее давление возникает при угле атаки 0°.

Трехмерные геометрические модели исследуемых объектов обтекались турбулентным потоком несжимаемой воздушной среды, имеющим распределение средней скорости ветра по высоте расчетной области в соответствии с экспериментальным профилем скорости и интенсивностью турбулентных пульсаций, определяемой как отношение среднеквадратичного значения пульсаций скорости к средней скорости потока в данной точке [5].

По результатам испытаний определяется картина обтекания каждого объекта и соответствующее ей распределение безразмерного коэффициента внешнего давления, а также интегральные аэродинамические коэффициенты.

Динамика вязкого газа описывается системой уравнений, соответствующих законам сохранения массы, импульса и энергии. При небольших (около одной десятой скорости звука) скоростях течения воздуха, обычных при обтекании зданий и сооружений, сжимаемостью среды можно пренебречь, а течение считать изотермическим. В таком случае движение вязкого газа можно описать уравнениями, соответствующими только лишь закону сохранения массы (так называемое уравнение неразрывности) и закону сохранения импульса. Так как импульс является векторной величиной, уравнение, связанное с его законом сохранения, носит векторный характер и в трехмерном случае эквивалентно системе из трех скалярных уравнений в частных производных. Данную систему уравнений обычно называют системой уравнений Навье-Стокса.

Уравнения Навье-Стокса не имеют решения в общем виде, известны лишь некоторые частные решения. В силу сложности и в тоже время практической важности класса задач, описываемых данными уравнениями, широко распространены численные методы их решения. В настоящее время успешно применяются так называемые сеточные методы, где пространство разбивают на некоторый набор элементов сетки и затем вычисляют некоторые конечные разности и/или суммы,

соответствующие дифференциальным либо интегральным операторам в зависимости от формы записи уравнений. Однако для абсолютного большинства задач аэродинамики размер элемента сетки крайне мал и провести прямое численное моделирование течения жидкости, основываясь непосредственно на системе уравнений Навье-Стокса, не представляется возможным в силу ограниченности вычислительных мощностей.

В настоящее время для решения практических задач наряду с обычными параметрами потока (осредненная скорость, давление) используются дополнительные параметры, связанные с характеристиками турбулентных пульсаций. Система уравнений, полученная с помощью такого подхода, называется системой уравнений Рейнольдса. Для ее решения применяются так называемые модели турбулентности. В данном исследовании использована широко известная двухпараметрическая дифференциальная модель турбулентности Ментера [6].

Для решения системы уравнений использовались программный пакет ANSYS CFX и неявная расчетная схема условно второго порядка аппроксимации по всем уравнениям, а для построения расчетной сетки — сеточный генератор ANSYSICEM CFD и ANSYS Meshing.

Граничные условия. На входе в расчетную область задается скорость потока, соответствующая скорости в зоне автомодельности (13 м/с), и интенсивность турбулентных пульсаций, равная 1 %. На выходной границе — условие постоянства давления.

На границах, где присутствует трение воздуха о поверхность, а именно на поверхности объекта и нижней границе, задавалось условие прилипания, что соответствует равенству нулевой скорости у этих поверхностей. На остальных границах задавалось условие скольжения, следовательно, трение отсутствует.



Рис. 3. Модели исследуемых объектов

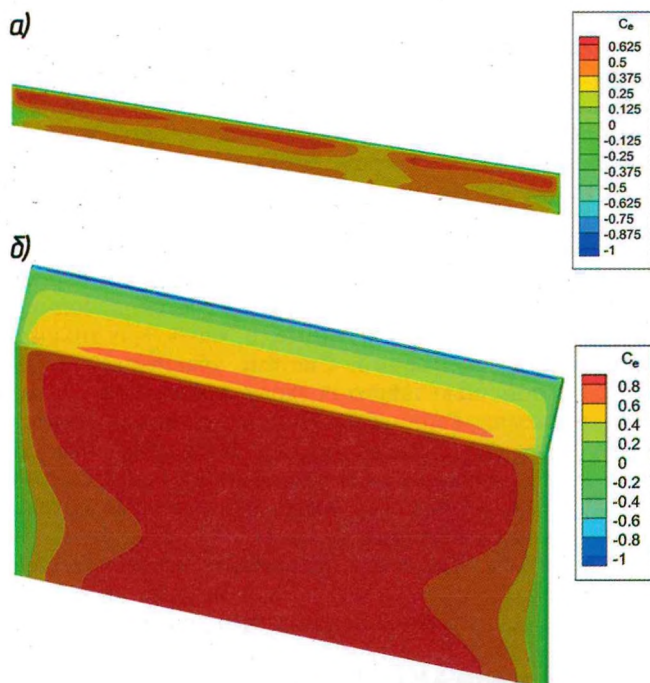


Рис. 4. Распределение коэффициентов давления C_p для экранов с прямым сечением (а) и с уклоном (б)

Расчетная сетка. При построении расчетных сеток использовались две технологии: блочно-структурированная сетка и гибридная сетка. Для модели с прямым сечением использовалась блочно-структурированная сетка с О-Н-Н топологией, для модели с уклоном — гибридная.

Разрешение пограничного слоя должно быть таким, чтобы решение не зависело от расчетной сетки. В результате для модели с прямым сечением ~4,5 млн элементов, для модели с уклоном — ~6 млн элементов. При этом высота первой ячейки в пограничном слое составила четверть миллиметра, что соответствует пограничному слою первого порядка.

Численная надстройка. Задача решалась по технологии «Виртуальная аэродинамическая труба». Размеры расчетной области назначались с учетом коэффициента блокировки. Для дискретизации конвективных членов использовалась схема высокой точности. Для замыкания основных уравнений использовалась двухпараметрическая модель турбулентности, которая положительно зарекомендовала себя в инженерных расчетах. Численная

сходимость задачи обусловлена достижением невязок порядка 10^{-4} или достижением 200-й итерации, что соответствует гладкости численного решения.

В результате численного моделирования выявлен характер распределения среднего аэродинамического коэффициента (рис. 4). Сравнение результатов с экспериментом выполнено для пояса, на котором расположены датчики давления.

При определении сходимости результатов численного моделирования с полученными экспериментальными данными было установлено, что максимальная относительная погрешность составила не больше 15 %, что показывает хорошую согласованность математической модели и физического эксперимента.

На основании представленных результатов можно сделать вывод о том, что при проектировании шумозащитных экранов для обеспечения их надежности необходимо учитывать не только внешнюю ветровую нагрузку как климатическую составляющую, но и ветровую нагрузку от движущегося вблизи высокоскоростного поезда, который в значительной мере меняет направление воздушных потоков.

Список источников

- ГОСТ 33329–2015. Экраны акустические для железнодорожного транспорта. Технические требования. Введ. 01.03.2016. Изм. 01.02.2009. М.: Стандартинформ, 2019.
- Проведение экспериментальных исследований ветрового воздействия на шумозащитные экраны вблизи высокоскоростных железных дорог / О.И. Поддаева, Е.С. Ашпиз, А.Н. Федосова, Ю.С. Грибач // Наука и техника транспорта. 2022. № 2. С. 8–13. EDN: OOPWUB.
- Свод правил СП 338.1325800.2018. Защита от шума для высокоскоростных железнодорожных линий. Введ. 06.08.2018. М.: Стандартинформ, 2018.
- Свод правил СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. Введ. 04.06.2017. Изм. 30.05.2022. М.: Стандартинформ, 2018.
- ГОСТ Р 56728–2015. Здания и сооружения. Методика определения ветровых нагрузок на ограждающие конструкции. Введ. 01.05.2016. Изм. 22.12.2020. М.: Стандартинформ, 2019.
- Математическое моделирование аэродинамического поведения антенно-мачтовых сооружений при организации связи на железнодорожном транспорте / А.А. Локтев, В.В. Королёв, О.И. Поддаева, К.Д. Степанов, И.Ю. Черников // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2018. Т. 77, № 2. С. 77–83. DOI: 10.21780/2223-9731-2018-77-2-77-83. EDN: XMGGDDV.

STUDY OF WIND IMPACT ON SOUND PROTECTION SCREENS IN RAILWAY TRANSPORT

Loktev Aleksey — D. Phys and Math., Professo., Head of the Department of «Transport Construction», Russian University of Transport. Moscow, Russia.

Shishkina Irina — Ph.D., Associate Professor of the Department of «Transport Construction», Russian University of Transport. Moscow, Russia. ShishkinaIrina@inbox.ru

Poddaeva Olga — Ph.D., Associate Professor, Head of the educational, scientific and production laboratory for aerodynamic and aeroacoustic testing of building structures, National Research Moscow State Construction University. Moscow, Russia.

Soin Kirill — engineer of the educational, scientific and production laboratory for aerodynamic and aeroacoustic testing of building structures, National Research Moscow State University of Civil Engineering. Moscow, Russia.

Abstract. The article considers the nature of the distribution of wind pressure on typical variants of acoustic screens related to transport structures. For this purpose, the following methods were used: model tests to determine the local pressure coefficient on a large gradient wind tunnel; numerical modeling in a specialized software package of computational fluid dynamics ANSYS CFX, followed by verification of the experimental data obtained and the mathematical model used.

Keywords: wind load, noise barriers, mathematical modeling, experimental modeling, aerodynamic coefficients.

Citation: Loktev A.A. Study of wind impact on sound protection screens in railway transport / A.A. Loktev, I.V. Shishkina, O.I. Poddaeva, K.M. Soin // Put'i putevogo khozyaystva, 2024, № 5. P. 22–24. (in Russian)

ТЕХНОЛОГИИ СНИЖЕНИЯ ШУМОВЫХ И ВИБРАЦИОННЫХ НАГРУЗОК ОТ ТРАМВАЯ В ГОРОДЕ

БАСОВСКИЙ Д.А., Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I (ПГУПС), канд. техн. наук, КОПЫТЕНКОВА О.И., ПГУПС, докт. мед. наук,
ЗАЙЦЕВ А.А., Российский университет транспорта (МИИТ), канд. техн. наук,
ВОСТРИКОВ О.В., Петербургское унитарное предприятие «Горэлектротранс», начальник службы пути

Аннотация. В статье рассмотрены факторы негативного воздействия городского рельсового транспорта на человека. Определены конструктивные решения и работы по содержанию пути, направленные на снижение вибрации и шума при эксплуатации трамвайного пути. Указаны меры защиты зданий от вибрации.

Ключевые слова: трамвайный путь, вибрация, структурный шум, прирельсовый профиль, городская среда.

Трамвай является одним из основных видов городского пассажирского транспорта, к достоинствам которого относятся экологичность, высокая провозная способность и комфортность (при условии удовлетворительного состояния путей и подвижного состава).

Однако постоянный рост потребности в развитии трамвайного движения способствует превышению допустимых уровней шумового и вибрационного воздействия и приводит к рискам развития различных заболеваний и дискомфорту у населения. Градостроительная деятельность зачастую не позволяет изменять планировочные решения магистралей, но требует совершенствовать конструктивные элементы транспортной инфраструктуры для эффективной защиты от виброакустического воздействия.

Кроме того, вибрация может влиять на прочность строительных конструкций зданий и сооружений, расположенных в непосредственной близости к трамвайным путям.

Несмотря на то, что с 2017 г. в Российской Федерации реализуется проект «Формирование комфортной городской среды», основной задачей которого является устранение негативных тенденций в благоустройстве городских территорий, шум и вибрация остаются важными причинами ухудшения качества городской жизни.

Одной из причин вибрации и структурного шума в зданиях, является движение трамваев. Динамическая подвижная нагрузка, наличие неровностей на пути и поверхности катания колес приводят к возникновению повышенного динамического воздействия, нестационарных колебаний конструкции верхнего строения.

Вибрация при движении трамваев передается через рельсы на их опору и основную площадку земляного полотна и далее распространяется через грунт к окружающим постройкам, являясь как самостоятельным источником воздействия, так и порождая переизлученный шум.

Вибрация, создаваемая в помещениях жилых и

общественных зданий от движения трамваев, носит непостоянный прерывистый характер и повторяется с периодом, определяемым графиком движения.

Ряд организаций и специалистов, работающих в мегаполисах (Москва, Санкт-Петербург, Минск, Загреб) занимаются вопросами влияния шума и вибрации от трамвайного движения [1–9]. Проанализировав эти исследования, можно сделать вывод, что звукоизоляция в стационарном положении с включенными двигателями зависит от типа подвижного состава, а при движении уровень вибрации из-за появления дополнительных факторов изменяется равномерно для разных типов вагонов. На уровень шума и вибрации влияют геометрические неровности по-

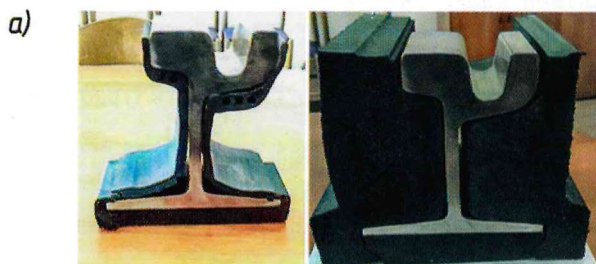


Рис. 1. Прирельсовые профили:
а — общий вид; б — в трамвайном пути



Рис. 2. Полиуретановая мастика в зоне специальных частей поверхности катания рельсов и колес подвижного состава, способы соединения рельсов, скорость движения и техническое состояние трамвая.

Для снижения шума и вибрации трамвая очень важна хорошая подвеска двигателя и силового агрегата, сидений и всего кузова [1].

Современные строительные технологии в настоящее время позволяют применить специальные меры защиты зданий от вибрации. В число таких мер могут входить следующие:

- использование конструкций зданий и фундаментов, снижающих уровни проникающей вибрации;

- применение упругих элементов, устанавливаемых в несущих конструкциях (стенах, колоннах), под фундаментной плитой или в конструкциях пола для виброизоляции;

- демпфирование колебаний;

- применение экранирующих устройств (траншей) в грунте.

В рамках текущего содержания трамвайных путей для предупреждения возникновения вибрации, обеспечения безопасности движения и увеличения срока службы рельсов необходимо следующее:

- по мере износа рельсов заменять их новыми согласно ПТЭ;

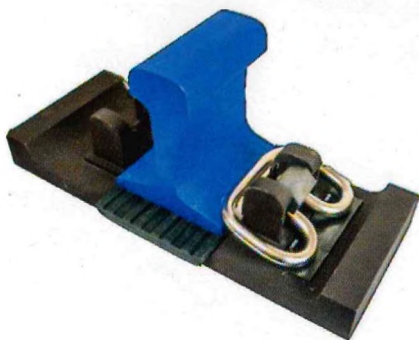


Рис. 3. Виброизолирующие прокладки рельсовых креплений

- как на открытых, так и на замощенных путях подбивать стыковые шпалы и выправлять путь в местах просадок и перекосов;

- перешивать и выправлять участки пути с боковым износом рельсов при отклонении от нормы по ширине колеи и уровню;

- шлифовать рельсы при волнообразном износе;

- следить за состоянием рельсов, особенно в зоне стыков, и в случае излома дефектные заменять, а стыки сваривать;

- наплавлять рельсы в местах местного износа и выбоин с последующей проточкой под линейку;

- периодически перебирать механические стыки с заменой негодных креплений;

- на открытых путях систематически добывать костыли, подтягивать шурупы, путевые болты, а также клеммные и закладные болты при железобетонных шпалах [2].

Одним из способов уменьшения динамического воздействия в трамвайных путях является сварка путей в плети.

В настоящее время в Санкт-Петербурге при строительстве трамвайных путей применяют различные виды конструкций верхнего строения пути на усиленном шпально-щебеночном и бетонном (моноконтинентном) основании. При устройстве этих конструкций для повышения шумоизоляции устанавливают прирельсовые профили к шейке рельса, а при бетонном основании, дополнительно прирельсовые профили укладывают под его подошву (рис. 1). Они имеют разную конструкцию и выполняются в соответствии с техническими условиями [3].

В зонах специальных путевых частей ввиду сложной геометрии вместо прирельсовых профилей заливают двухкомпонентную полиуретановую мастику (рис. 2).

Кроме этого, при использовании рельсовых креплений в шпально-щебеночных конструкциях применяют виброизолирующие прокладки (рис. 3).

В Санкт-Петербурге для улучшения качества геометрии и эксплуатационных характеристик трамвайных путей внедряют стрелки с безударным переводом остяков. Рассматривается также возможность укладки современных стрелок с гибкими остяками, которые обеспечивают высокую стабильность вписывания и понижения динамики переката колеса в крестовине, что позволит снизить шум и вибрацию [4].

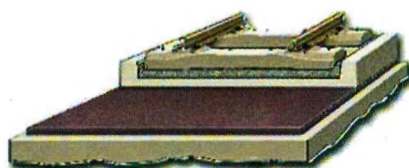


Рис. 4. Полноповерхностная опора

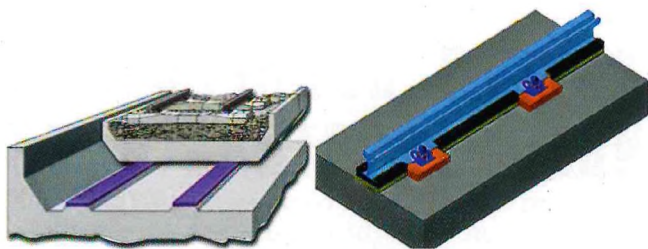


Рис. 5. Ленточная опора

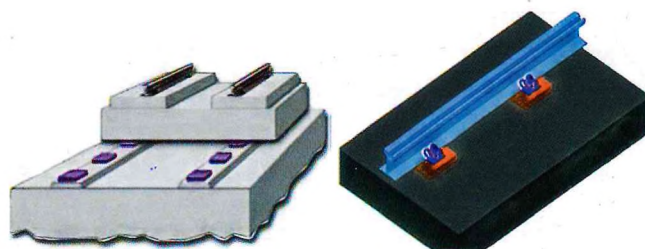


Рис. 6. Точечная опора

Существует большое количество решений по снижению вибрации и структурного шума в месте их возникновения, т. е. в верхнем строении пути. Например, применение подбалластных матов, упругих опор для пути на плитах и с балластным основанием.

Различают три вида устройства упругих опор [5]: полноповерхностная (рис. 4), ленточная (рис. 5), точечная (рис. 6).

В последние десятилетия трамвайные пути укладывают с использованием виброизоляционных матов для гашения колебаний и уменьшения передачи вибрации от трамвайных путей.

Однако применяемые в проектировании и строительстве материалы были, как правило, зарубежного производства. Сегодня особое значение приобретает изготовление в требуемых объемах отечественных виброшумоизолирующих материалов.

Для решения этой задачи необходимо сотрудничество эксплуатационных предприятий, исследовательских организаций и профильных производств в области путевого хозяйства трамвая для формирования системного подхода.

Следует отметить, что регламентирование виброакустического воздействия наземных видов транспорта на окружающую среду рассмотрено в большом количестве нормативно-правовых актов (санитарно-гигиенические, природоохранные и ведомственные), но они имеют ряд несоответствий между собой.

В связи с этим целесообразно принять единые нормативы виброакустического воздействия на население, стандартизировать методы измерения, оценки и анализа шума и вибрации линейных объектов транспортной системы, разработать методическое обеспечение

образовательного процесса специалистов в области инфраструктуры рельсового транспорта мегаполисов.

Список источников

1. Кустенко А.А. Исследование влияния шума и вибрации в трамвайном движении // Вестник Курганского государственного университета. Серия: Технические науки. 2017. № 2 (45). С. 97–99.
2. Садиков О.Н. Трамвайные пути. Устройство, ремонт и содержание. М.: Транспорт, 1976. 176 с.
3. Повышение эффективности и конкурентоспособности трамвая на рынке пассажирских перевозок / Е.П. Дудкин, В.А. Черняева, С.А. Дороничева, К.А. Смирнов // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2017. Т. 14, № 2. С. 230–237.
4. Совершенствование конструкции трамвайных стрелочных переводов в Санкт-Петербурге / Д.Ю. Минкин, Е.П. Дудкин, Д.А. Басовский, О.В. Востриков // Путь и путевое хозяйство. 2022. № 1. С. 19–21.
5. Кашина С.Г. Защита от вибрации: учебное пособие. Казань: КГАСУ, 2013. 133 с.
6. Продление срока службы трамвайного пути / М.М. Аршинов, Д.А. Басовский, О.В. Борц, О.В. Востриков, А.А. Зайцев // Путь и путевое хозяйство. 2023. № 3. С. 10–12.
7. Замуховский А.В., Квашнин Н.М., Жангабылова А.М. Контроль динамического воздействия экипажа на путь // Мир транспорта. 2014. Т. 12, № 5. С. 72–81.
8. Дудкин Е.П., Суровцева О.Б., Коклева Н.Е. Пути решения экологических проблем на городском транспорте // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2016. Т. 6, № 1. С. 19–24.
9. Lakušić S., Brčić D., Tkalčević V. Analysis of vehicle vibrations — new approach to rating pavement condition of urban roads // Promet — Traffic & Transportation. 2011. Vol. 23, Iss. 6. P. 485–494. DOI: <https://doi.org/10.7307/ptt.v23i6.183>.

TECHNOLOGIES FOR REDUCING NOISE AND VIBRATION LOADS FROM THE TRAM IN THE CITY

Basovskiy Dmitry — Ph.D., Associate Professor of the Department «Construction of Roads of the Transport complex» of the St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I. St. Petersburg, Russia.

Kopytenkova Olga — D.Sci. of Medical, Professor of the St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I. St. Petersburg, Russia.

Zaytsev Andrey — Ph.D., Associate Professor of the Department «Tracks and track facilities» of the Russian University of Transport (MIIT). Moscow, Russia.

Vostrikov Oleg — engineer, head of the road service of the St. Petersburg State Unitary Enterprise «Gorelektrotrans». Saint Petersburg, Russia, vost-ol@yandex.ru

Abstract. The article considers the factors of the negative impact of urban rail transport on humans. Constructive solutions and works on the maintenance of the track aimed at reducing vibration and noise during the operation of the tramway have been identified. Measures to protect buildings from vibration are indicated.

Keywords: tramway track, vibration, structural noise, rail profile, urban environment.

УДК 629.4.015:625.03(045)

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ СИЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ КОЛЕС НА РЕЛЬСЫ В КРИВЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ



ЛУГОВСКИЙ А.Ю., АО «Фирма ТВЕМА», канд. физ.-мат. наук,
БОГДАНОВ О.К., АО «Научно-исследовательский и
конструкторско-технологический институт подвижного состава»
(АО «ВНИКТИ»), канд. техн. наук

Аннотация. Исходя из анализа результатов исследования эпюр продольного распределения бокового износа наружных рельсов вдоль кривых малого и среднего радиуса в условиях Слюдянской дистанции пути, представлен способ измерения силового воздействия колес подвижного состава на рельсы. С учетом особенностей фактического формирования бокового износа рельсов обосновано местоположение и количество измерительных участков с испытательными сечениями вдоль круговой части кривых участков пути.

Ключевые слова: способ, силовые параметры, измерения, местоположение, рельс, наружная нить кривой, радиус, датчик, боковая сила, спектральный анализ, измерительный участок, износ, эпюра, пропущенный тоннаж.

С развитием тяжеловесного движения и появлением инновационных грузовых вагонов с увеличенными осевыми нагрузками получили актуальность вопросы, связанные с контролем воздействия подвижного состава на железнодорожный путь. Особенно остро обстоит дело с определением силового воздействия колес на рельсовые нити в сложных условиях эксплуатации: на горно-перевальных участках, в кривых малых радиусов, при значительной доле тяжеловесных поездов [1] и высокой грузонапряженности и т. д. В первую очередь это касается боковых сил.

Известные способы и методы определения воздействия поездной нагрузки на рельсы обычно связаны с измерением тех или иных параметров с помощью различных датчиков, установленных в определенных точках поперечного сечения рельса (измерительные сечения): на нерабочей грани головки, в разных зонах по высоте шейки, на кромках подошвы и т. д. [2–8].

Работы по совершенствованию методов и повышению точности измерений сил, действующих от колес на рельсы, постоянно ведутся в России и за рубежом [6–8]. Например, разработан и теоретически обоснован метод кусочно-непрерывной регистрации боковых нагрузок [6], обеспечивающий повышенную точность измерений на значительной части межшпального промежутка [7–8]. Сформированы предложения к разработке референтной методики измерений (РМИ) на основе обобщения широко применяемых и перспективных способов определения боковых сил [9].

В работе [9] представлены результаты сравнительных экспериментов, выполненных по различным методикам оценки боковых сил. Измерительные участ-

ки длиной по 3 м разместили на двух–трех смежных 25-метровых звеньях с рельсами Р65, имеющими фактический износ головки. В шести расположенных последовательно шпальных ящиках на наружной нити круговой кривой радиусом 650 м были смонтированы схемы тензорезисторов, реализующие альтернативные методы измерения боковых сил.

Однако остается открытым вопрос о местоположении самого измерительного участка (двух–трех смежных звеньев длиной 25 м) в пределах круговой кривой и расположении шести измерительных сечений с датчиками по длине 25-метрового звена. Также не уточнены величины фактического бокового износа головки в каждом сечении.

Надо понимать, что все сечения пути находятся под воздействием разных по величине боковых сил вследствие динамического колебания вагона при движении в кривой, следовательно, сравнение сил, зафиксированных в разных измерительных сечениях даже одним и тем же методом, будет некорректным. Сравнивать же силы, замеренные разными методами в разных сечениях, вообще не имеет смысла.

Работ, хоть как-то объясняющих, где и сколько измерительных участков желательно закладывать по длине кривой, в каком количестве и на каком расстоянии друг от друга располагать сечения с датчиками, когда (при каком износе головки) следует проводить замеры силового воздействия колес на рельсы в кривых разного радиуса, крайне недостаточно [1–9].

В прежнем ГОСТ Р 55050 [10] место расположения измерительного участка в кривой даже не упоминалось. В новом ГОСТ 34759 [11] для определения сило-

вого воздействия подвижного состава на колею в каждой круговой кривой в пределах участка длиной 25 м рекомендуется располагать не менее восьми испытательных сечений с установкой тензорезисторов на наружном и внутреннем рельсах. Сечения следует размещать «в зонах наибольших отклонений состояния пути по рихтовке либо в зонах, где по результатам единичного проезда опытного ПС с наибольшей допускаемой для данного участка скоростью зарегистрированы наибольшие показания рамной силы. Для определения боковой и вертикальной сил, передаваемых от колес ПС на рельс, проводят измерение относительных деформаций при установке тензорезисторов по методу Шлюмппа или, по согласованию с владельцем инфраструктуры, по методу матриц влияния. Наклейку тензорезисторов проводят на шейку рельса над серединой шпального ящика в одном испытательном сечении на наружном и внутреннем рельсах в кривой».

В предлагаемом ГОСТом [11] способе выбора места расположения измерительного участка в кривой видится неопределенность. Так, зарегистрированные по результатам единичного проезда опытного ПС сечения с наибольшими показаниями рамной силы могут находиться на значительном расстоянии друг от друга. В этом случае организовать не менее восьми испытательных сечений в пределах 25-метрового участка не представляется возможным. Не определены параметры, состав и оснащенность ПС. Не оговорены ни сроки проезда ПС, ни сроки проведения измерений. А как определить местоположение измерительного участка без применения опытного ПС? При какой величине бокового износа проводить измерения?

Поэтому, когда целью исследований является определение силового воздействия на путь от поездной нагрузки, измерительные участки априори закладывают в середине круговой кривой, особо не задумываясь о величине бокового износа головки наружного рельса [12].

Силовые воздействия и состояние рельсового пути — взаимовлияющие факторы системы [1–12]. Силы, воздействующие на путь, изменяют его, а путь, изменившись, по-другому реагирует на силы, действующие на него.

Основными факторами, определяющими место и частоту измерений силовых параметров, воздействующих на рельс в кривых участках, являются величина бокового износа наружного рельса, радиус и длина круговой кривой, исключая исследования по определению силовых параметров в местах различных отступлений.

С целью правильного выбора местоположения и длины измерительного участка рассмотрим динамику развития бокового износа по длине кривой по мере нарастания пропущенного тоннажа. Для этого воспользуемся результатами проездов диагностиче-

ского комплекса «СПРИНТЕР-ИНТЕГРАЛ» (АО «Фирма ТВЕМА») по всем кривым малого и среднего радиуса на втором главном пути горно-перевального участка Слюдянской дистанции Восточно-Сибирской дороги, выполненными в период между датами, максимально близкими к датам укладки и изъятия (смены) наружных рельсов по дефекту 44 (предельный износ). Частота измерений параметров рельсов (боковой и вертикальный износ, подуклонка) и колеи (шаблон, рихтовка, уровень) принята равной 0,1 м.

Для анализа и сравнения выбраны две типичные кривые малого и среднего радиуса на подъеме с почти одинаковыми уклонами и сопоставимыми параметрами эксплуатации (Р — радиус, К — длина кривой):

Р302 К377 (длины переходных кривых — по 80 м) с возвышением 105 мм и средневзвешенным уклоном в пределах круговой кривой 15,8 ‰;

Р605 К803 м (длины переходных кривых — по 120 м) с возвышением 35 мм и средневзвешенным уклоном в пределах круговой кривой 16,4 ‰.

На рис. 1 представлены эпюры распределения бокового износа δ головки наружного рельса в кривой Р302 К377 по мере нарастания пропущенного тоннажа.

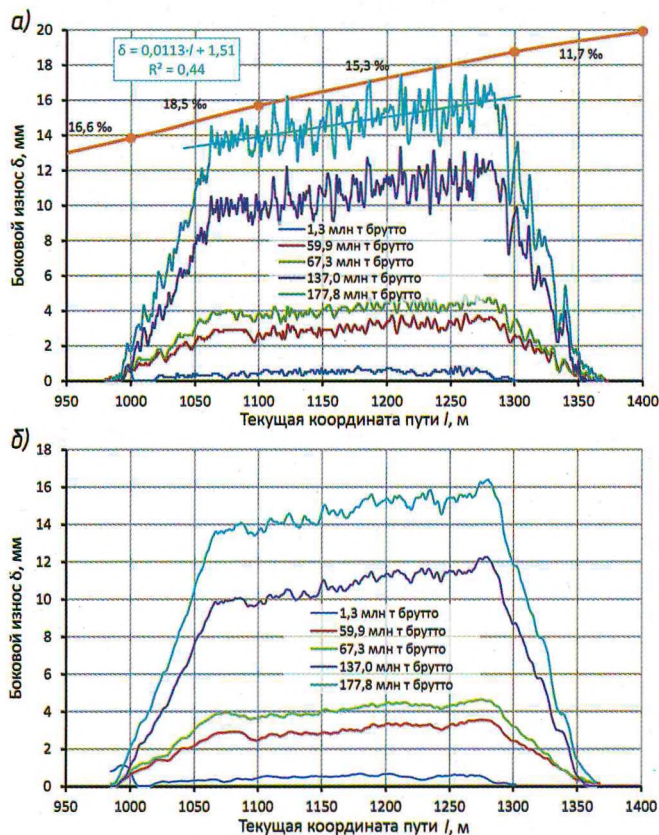


Рис. 1. Эпюры распределения бокового износа δ наружного рельса в кривой Р302 К377 по мере нарастания пропущенного тоннажа:
а — при измерении износа с шагом 0,1 м; б — то же при скользящем среднем значении по 10 м с шагом 0,1 м

Таблица 1
Анализ изменения бокового износа на коротком отрезке
круговой кривой Р302 К377

| Текущая координата пути, м | Расстояние между координатами, м | Износ, мм и %, при пропущенном тоннаже, млн т брутто | | | | | |
|----------------------------------|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 59,9 | | 138,0 | | 177,8 | |
| | | мм | % | мм | % | мм | % |
| 1231,8 | 3,2 | 3,6 | -16,7 | 12,3 | -22,8 | 16,6 | -14,5 |
| 1235,0 | 2,8 | 3,0 | 16,7 | 9,5 | 36,8 | 14,2 | 26,7 |
| 1237,8 | 2,5 | 3,5 | -20,0 | 13,0 | -22,3 | 18,0 | -25,0 |
| 1240,3 | | 2,8 | | 10,1 | | 13,4 | |

Хорошо видно, что боковой износ в пределах круговой кривой развивается неравномерно и имеет тенденцию к увеличению от ее начала к концу. С наработкой пропущенного тоннажа эта разница возрастает.

При небольшом боковом износе до 4–5 мм (на рис. 1 — линия зеленого цвета после пропуска 67,3 млн т брутто) эпюра имеет вид, близкий к горизонтальной линии. Разница между боковым износом в начале (3,9 мм) и в конце (4,5 мм) кривой по скользящему среднему (см. рис. 1, б) не столь ощутима. Поэтому для получения достоверного значения боковых сил достаточно производить измерения только в средней части круговой кривой.

По мере наработки тоннажа характер распределения бокового износа вдоль круговой кривой изменяется — он увеличивается к ее концу, амплитуда колебаний также возрастает. Так, после пропуска 177,8 млн т брутто боковой износ в начале круговой кривой по линии тренда составил 13,3 мм, а в конце — 16,0 мм, т. е. больше на 20,3 %. Очевидно, что в сечениях с наибольшими значениями бокового износа будут иметь место и наибольшие рамные силы. Поэтому измерения боковых сил целесообразно производить не

менее чем в трех точках — в начале, в середине и конце круговой кривой.

Очень заметно, что эпюра распределения бокового износа δ на наружном рельсе вдоль круговой кривой Р302 К377 имеет вид колебательного процесса (см. рис. 1, а), причем чем больше пропущенный тоннаж, тем выше диапазон изменения (колебания) износа на коротких участках пути. Например, в середине круговой кривой (табл. 1) на длине 8,5 м боковой износ волнообразно изменялся от 16,7 % после накатки 59,9 млн т брутто до 26,7 % после пропущенного тоннажа 177,8 млн т.

Для определения длины волны изменения бокового износа в пределах круговой кривой выполнен спектральный анализ (автоспектр) каждой эпюры бокового износа. Пример такого анализа после пропуска 177,8 млн т брутто представлен на рис. 2.

Доминирующими длинами волн, которые определяют протяженность измерительного участка, являются $1/0,0793 = 12,6$ м, $1/0,11 = 9,1$ м, $1/0,171 = 5,9$ м. Таким образом, измерения боковых сил необходимо производить на длине не менее 12,6 м.

Необходимо отметить, что практически на всех кривых радиусом менее 450 м и длиной не менее 150 м, проанализированных на горно-перевальном участке Слюдянской дистанции пути, независимо от величины уклона и его направленности интенсивность бокового износа в конце круговой кривой была выше, чем в ее начале [7, 8].

Теперь рассмотрим динамику распределения бокового износа δ в более пологой кривой Р605 К803 по мере нарастания пропущенного тоннажа (рис. 3).

Как видим, боковой износ в пределах круговой кривой Р605 К803 имеет слабо выраженную тенденцию к увеличению от ее начала к концу. При боковом износе до 6 мм (на рис. 3 — линия синего цвета после наработки 94,7 млн т брутто) эпюра бокового износа имеет вид, близкий к горизонтали. Разница между износом в начале круговой кривой (5,1 мм) и в ее конце (5,8 мм) по скользящему среднему весьма незначительна (см. рис. 3, б).

При боковом износе до 14 мм (линия бирюзового цвета после наработки 271,2 млн т брутто) эпюра имеет почти такой же вид, как и после пропуска 94,7 млн т брутто (линия синего цвета), т. е. тоже близка к горизонтали. Разница между износом в начале (13,3 мм) и конце кривой (14,4 мм) по-прежнему незначительна. Поэтому для получения достоверных значений боковых сил в круговых кривых такого радиуса достаточно выполнить измерения только в средней части кривой.

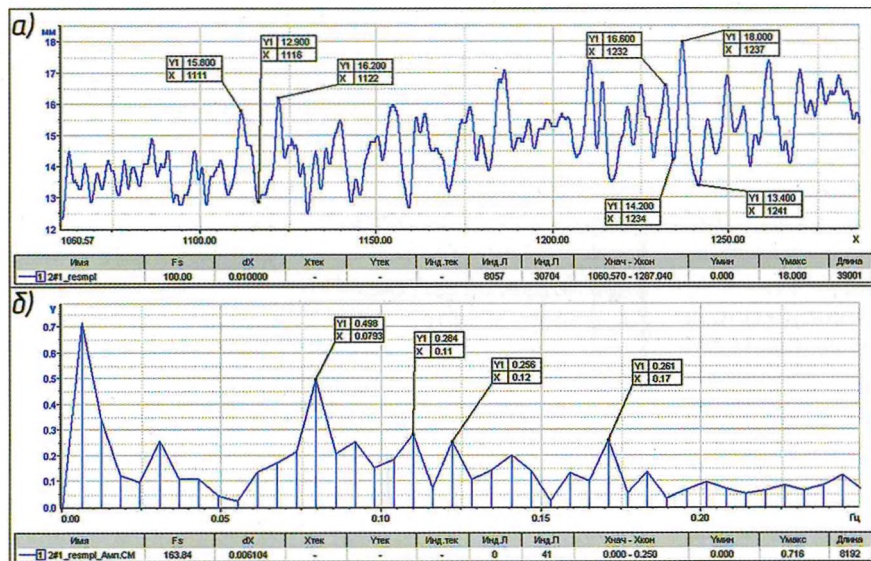


Рис. 2. Эпюра бокового износа в пределах круговой кривой Р302 К377 после пропуска 177,8 млн т брутто (а) и автоспектр колебательного процесса изменения износа (б)

Таблица 2
Анализ изменения бокового износа на коротком отрезке
круговой кривой Р605 К803

| Текущая координата пути, м | Расстояние между координатами, м | Износ, мм и %, при пропущенном тоннаже, млн т брутто | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 94,7 | | 160,7 | | 230,4 | | 271,2 | |
| | | мм | % | мм | % | мм | % | мм | % |
| 632,1 | 2,1 | 5,1 | 0 | 8,8 | -1,1 | 11,9 | -13,4 | 14,3 | -14,0 |
| 634,2 | 3,5 | 5,1 | 47,1 | 8,7 | 41,4 | 10,3 | 42,7 | 12,3 | 35,0 |
| 637,7 | | 7,5 | | 12,3 | | 14,7 | | 16,6 | |
| 642,1 | 4,4 | 4,2 | -44,0 | 7,5 | -39,0 | 8,9 | -39,5 | 10,7 | -35,5 |

Эпюра распределения бокового износа наружного рельса в кривой Р605 К803 по длине также имеет вид колебательного процесса, и также чем больше пропущенный тоннаж, тем выше диапазон изменения (колебания) износа на коротких участках пути. Например, в середине круговой кривой (табл. 2) на длине 10 м боковой износ волнообразно изменялся от 0 % после наработки 94,7 млн т брутто до -14,0 % после пропуска 271,2 млн т.

Для определения длины волны изменения бокового износа в пределах круговой кривой был выполнен спектральный анализ каждой эпюры. Доминирующими длинами волн, которые определяют протяженность измерительного участка, являются $1/0,0732 = 13,7$ м, $1/0,116 = 8,6$ м. Таким образом, измерения боковых сил в кривых такого радиуса необходимо производить на длине не менее 13,7 м.

Отсюда можно предположить, что измерения боковых сил в кривых среднего радиуса целесообразно производить на участках длиной не менее 13,7 м с испытательными сечениями, расположенными на расстоянии не более 1,5 м друг от друга.

Анализ эпюр бокового износа в круговых кривых радиусом от 550 до 620 м на горно-перевальном участке Слюдянской дистанции пути показал, что независимо от величины уклона и направления движения при длине круговой части менее 300 м интенсивность износа в конце круговой кривой не так ощутима, как на эпюрах с кривыми малого радиуса, но все равно несколько выше чем в начале — на 6–8 %. При круговой кривой длиной более 300 м интенсивности износа в начале и конце кривой практически не имеют отличий.

Обобщая результаты исследований, предлагаем следующий способ измерения силового воздействия подвижного состава на рельсы в кривых участках пути, который позволит обеспечить высокую точность данных и увеличение статистической достоверности результатов с учетом особенностей фактического формирования бокового износа рельсов.

Итак, измерение параметров напряженно-деформированного состояния рельсов от воздействия колес следует осуществлять следующим образом.

На рис. 4 представлен план пути, включающий прямой участок, переходную кривую АВ длиной l_1 , круговую кривую ВС радиусом R длиной l_2 и переходную кривую CD длиной l_1 (как правило, переход-

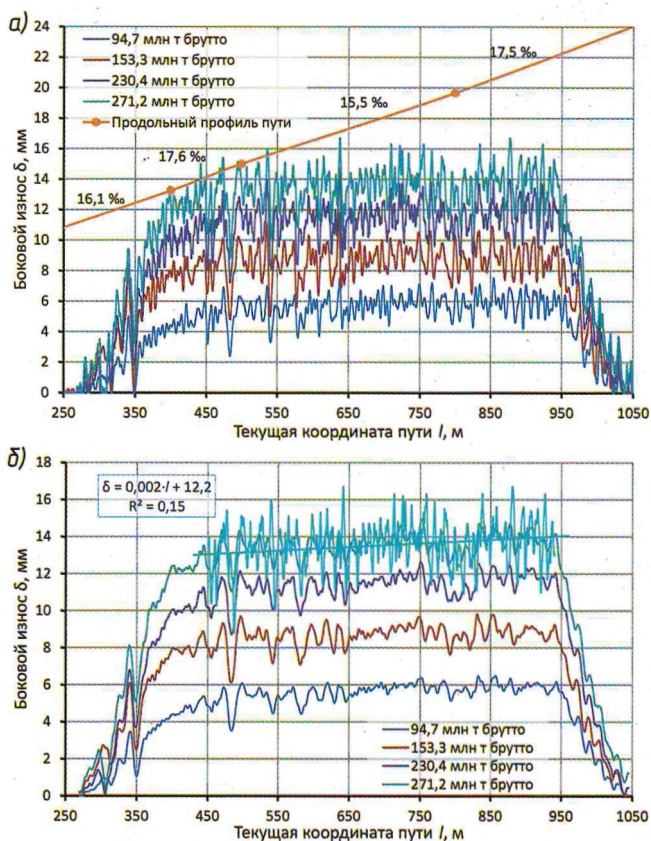


Рис. 3. Эпюры распределения бокового износа δ наружного рельса в кривой Р605 К803 по мере нарастания пропущенного тоннажа: а — при измерении износа с шагом 0,1 м, б — то же при скользящем среднем значении по 10 м с шагом 0,1 м

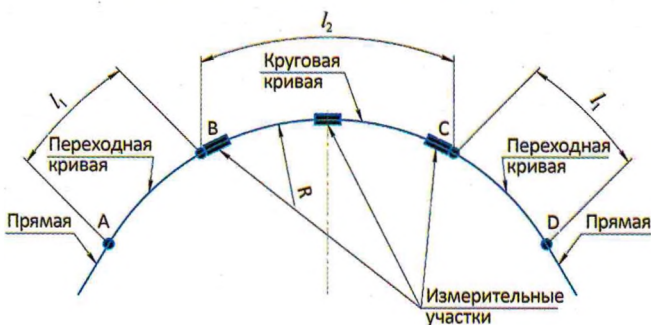


Рис. 4. Общий вид кривой с обозначением местоположения измерительных участков

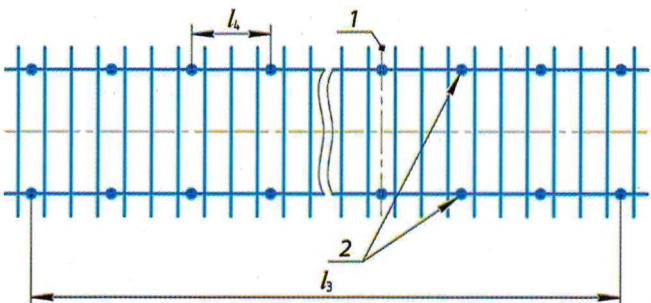


Рис. 5. Схема измерительного участка для определения силового воздействия подвижного состава на рельсы в кривых

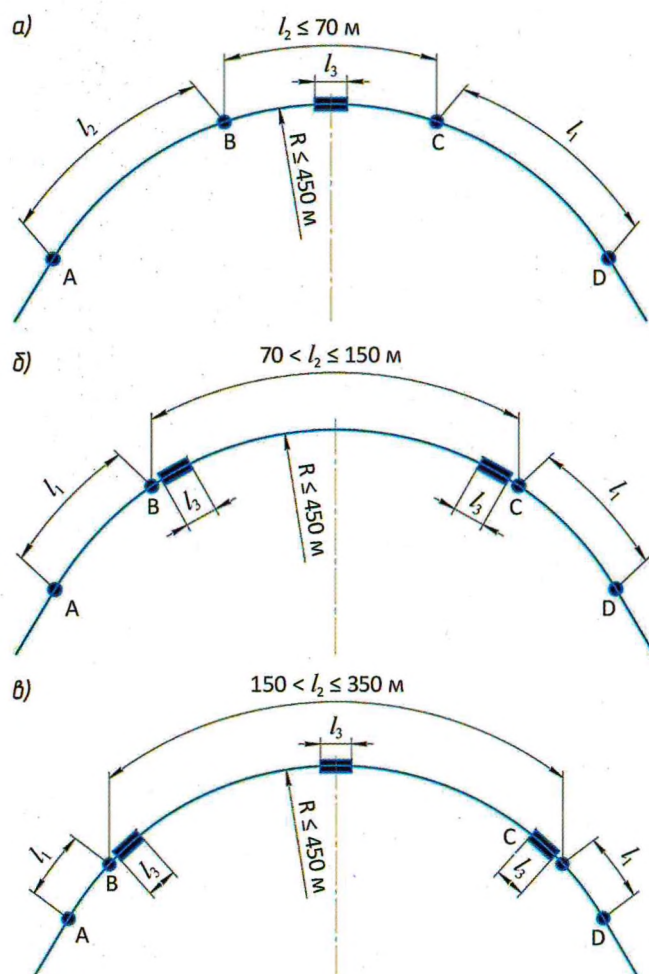


Рис. 6. Схемы расположения измерительных участков при различной длине l_2 круговых кривых $R \leq 450$ м: а — $l_2 \leq 70$ м; б — $70 < l_2 \leq 150$ м; в — $150 < l_2 \leq 350$ м

ные кривые равны). Синие прямоугольники на пути обозначают местоположения измерительных участков.

Измерительный участок (рис. 5) должен быть кратен расстоянию между шпалами и иметь длину l_3 не менее 13,5 м.

Испытательные сечения 1 с датчиками 2 предлагается располагать на расстоянии $l_4 \leq 1,5$ м друг от друга. Если применять способ измерений сил взаимодействия колес и рельсов по напряжениям в двух сечениях рельса (апробация), то достаточно попарно расположить их через один-два шпальных ящика.

Закладывать измерительные участки и оборудовать их датчиками следует в начальный период эксплуатации кривой AD до образования на наружном рельсе бокового износа $\bar{\delta} \leq 4$ мм. Фактором, определяющим начало измерений и их количество, является среднее значение износа $\bar{\delta}$ в середине круговой кривой BC. Его можно найти осреднением измеренных значений износа δ_i на длине не менее 10 м с шагом не менее 1 м с помощью штангенциркуля ПШВ, либо определить по эпюре распределения бокового износа $\bar{\delta}$ наружного рельса с шагом 0,1 м, пересчитанной

как скользящее среднее значение по 10 м (наиболее желательный вариант).

Например, в кривой P302 K377 после пропуска 137 млн т брутто среднее значение бокового износа $\bar{\delta}$ на 10-метровом участке, измеренного через 1 м с учетом точности штангенциркуля, составляет 10,7 мм. Среднее значение $\bar{\delta}$ в середине этого же 10-метрового участка по эпюре равно 11,0 мм.

В кривой P605 K803 после пропуска 230,4 млн т брутто — 11,5 и 11,7 мм соответственно.

Измерения параметров напряженно-деформированного состояния рельсов от воздействия поездной нагрузки в круговых кривых любого радиуса необходимо выполнять в три этапа по мере увеличения среднего значения бокового износа $\bar{\delta}$ наружного рельса:

- 1 этап — от начала укладки до образования $\bar{\delta} \leq 4$ мм;
- 2 этап — при достижении величины $8 < \bar{\delta} \leq 10$ мм;
- 3 этап — при приближении бокового износа к предельно допустимому — $\bar{\delta} \geq 14$ мм.

Количество измерительных участков на круговой кривой BC определяется ее длиной и радиусом R. Принята следующая градация радиуса и длины круговых кривых. На круговой кривой BC (рис. 6) длиной l_2 радиусом $R \leq 450$ м в начальный период ее эксплуатации до образования бокового износа $\bar{\delta} \leq 4$ мм закладывают:

один измерительный участок, расположенный в середине, при длине $l_2 \leq 70$ м (рис. 6, а);

два измерительных участка в начале и конце при $70 < l_2 \leq 150$ м (рис. 6, б);

три измерительных участка в начале, середине и конце при $150 < l_2 \leq 350$ м (рис. 6, в);

более трех измерительных участков с обязательным размещением трех из них в начале, середине и конце круговой кривой при $l_2 > 350$ м.

В начальный период эксплуатации кривой до образования бокового износа $\bar{\delta} \leq 4$ мм (1 этап) измерения производят при длине круговой кривой BC:

$l_2 \leq 70$ м — на одном участке в середине кривой (см. рис. 6, а);

$70 < l_2 \leq 150$ м — на втором участке, который расположен в конце круговой кривой BC (см. рис. 6, б);

$150 < l_2 \leq 350$ м — на втором участке, который расположен в середине BC (см. рис. 6, в);

$l_2 > 350$ м — на участке в середине BC.

В период эксплуатации кривой, когда величина бокового износа находится в диапазоне $8 < \bar{\delta} \leq 10$ мм (2 этап), измерения производят при длине круговой кривой BC:

$l_2 \leq 70$ м — на одном участке в середине BC (см. рис. 6, а);

$70 < l_2 \leq 150$ м — на двух участках в начале и конце круговой кривой BC (см. рис. 6, б);

$150 < l_2 \leq 350$ м — на трех участках — в начале, середине и конце кривой (см. рис. 6, в);

$l_2 > 350$ м — на всех измерительных участках, расположенных в кривой BC.

Когда величина бокового износа близка к предельно допустимой — $\bar{\delta} \geq 14$ мм (3 этап), измерения производят на всех участках.

На более пологой круговой кривой радиусом $450 < R \leq 650$ м можно заложить меньше измерительных участков, а именно:

один в середине кривой при $l_2 \leq 70$ м;

два участка в начале и конце кривой при $l_2 > 70$ м.

В начальный период эксплуатации кривой до образования бокового износа $\bar{\delta} \leq 4$ мм (1 этап) измерения производят при длине круговой кривой ВС:

$l_2 \leq 70$ м — на одном участке в середине кривой;

$l_2 > 70$ м — на одном участке в конце круговой кривой.

Когда боковой износ достигнет величины $8 < \bar{\delta} \leq 10$ мм (2 этап), измерения производят при длине круговой кривой ВС:

$l_2 \leq 70$ м — на одном участке в середине кривой;

$l_2 > 70$ м — на двух участках в начале и конце кривой.

Когда боковой износ приблизится к предельно допустимому значению — $\bar{\delta} \geq 14$ мм (3 этап) — измерения следует проводить на трех измерительных участках, т. е. в начале, конце и середине кривой.

В еще более пологой круговой кривой радиусом $R > 650$ м (независимо от ее длины) в начальный и последующие этапы эксплуатации проводят измерения только в середине кривой.

Выводы

При исследовании силовых параметров, воздействующих на рельс в кривых участках пути, установлено, что основными факторами, определяющими место и частоту измерений, являются величина бокового износа наружного рельса, радиус и длина круговой кривой.

Опираясь на особенности фактического формирования бокового износа в кривой должен назначаться способ определения силового воздействия колес на рельсы в зависимости от радиуса и протяженности криволинейного участка.

Список источников

1. Карпущенко Н.И., Река Е.М. Интенсивность бокового износа рельсов в кривых в зависимости от эксплуатацион-

ных условий // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 2 (61). С. 57–66. EDN: POMPMO.

2. Бржезовский А.М. Методы экспериментальной оценки боковых сил (обзор) // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2017. Т. 76, № 1. С. 10–18. EDN: YHPSUF.

3. Патент № 2591739 РФ, G01L 1/22, G01L 5/16. Устройство для измерения вертикальных и боковых сил взаимодействия между колесом и рельсом / А.Я. Коган, О.А. Суслев, А.Н. Кажаяев; патентообладатель АО «ВНИИЖТ». № 2015116322/28; заявл. 29.04.2015; опубл. 20.07.2016; Бюл. № 20. 4 с.: ил.

4. Патент № 2704141 РФ, B61K 9/08, G01L 5/16, G01M 5/00. Способ измерения нагрузок на рельсы при воздействии колес железнодорожного подвижного состава / С.А. Бехер, Т.В. Сыч, А.О. Коломеев, А.Л. Бобров; патентообладатель СГУПС. № 2019100110; заявл. 09.01.2019; опубл. 24.10.2019; Бюл. № 30; 10 с.: ил.

5. Патент № 2720188 РФ, G01L 1/22. Способ измерения боковых сил, действующих от колес на рельс, и устройство для его осуществления / Ю.П. Бороненко, Р.В. Рахимов, А.С. Даукаша; патентообладатель АО «НВЦ «Вагоны». № 2019114559; заявл. 13.05.2019; опубл. 27.04.2020; Бюл. № 12. 11 с.: ил.

6. Бороненко Ю.П., Рахимов Р.В. Измерение боковых нагрузок от колес на рельсы // Транспорт Российской Федерации. 2019. № 4 (83). С. 45–50. EDN: DGEAEF.

7. Выбор схемы установки датчиков на железнодорожном пути для выявления дефектов колес / Ю.П. Бороненко, Р.В. Рахимов, Ю.Б. Житков, Г.А. Поволоцкая // Транспорт Российской Федерации. 2019. № 3 (82). С. 55–59. EDN: ERKWID.

8. Бороненко Ю.П., Рахимов Р.В. Экспериментальное определение боковых нагрузок от взаимодействия колеса с рельсом // Транспорт Российской Федерации. 2019. № 6 (85). С. 50–53. EDN: NLZOYR.

9. Бржезовский А.М. Предложения по разработке референтной методики измерения боковых сил // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2022. Т. 81, № 2. С. 101–113. EDN: AFEIUS.

10. ГОСТ Р 55050—2012. Железнодорожный подвижной состав. Нормы допустимого воздействия на железнодорожный путь и методы испытаний. Введ. 01.07.2013. Изм. 01.05.2020. М.: Стандартинформ. 2019. IV, 19 с.

11. ГОСТ 34759—2021. Железнодорожный подвижной состав. Нормы допустимого воздействия на железнодорожный путь и методы. Введ. 01.02.2021. Изм. 09.02.2022. М.: ФГБУ «РСТ», 2021. IV, 28 с.

12. Краснов О.Г., Акашев М.Г., Колтунов В.Ю. Силовые факторы, действующие на путь от разных типов подвижного состава в условиях горно-перевального участка // Наука 1520 ВНИИЖТ: загляни за горизонт: сборник докладов конференции. М.: АО «ВНИИЖТ», 2021. С. 110–115. EDN: CTHCGV.

METHOD FOR MEASURING THE FORCE IMPACT OF ROLLING STOCK WHEELS ON RAILWAY RAILS IN CURVED PARTS OF THE TRACK

Lugovsky Alexey — Ph.D., Head of the Department of optical diagnostic tools JSC «Firma TVEMA». Moscow, Russia. alex_lugovsky@mail.ru
Bogdanov Oleg — Ph.D., Leading Researcher Department track and special rolling stock of JSC «VNIKT». Kolomna, Russia. bogdanov_ok@mail.ru

Abstract. Based on the analysis of the results of a study of the longitudinal distribution of lateral wear of outer rails along small and medium radius curves under the conditions of the Slyudyanskaya track distance, a method for measuring the force impact of rolling stock wheels on the rails is presented. Taking into account the features of the actual formation of lateral wear of rails, the location and number of measuring segments with test sections along the circular part of the curved sections of the track are justified.

Keywords: method, force parameters, measurements, location, rail, outer, curve, radius, sensor, force, lateral, spectral analysis, measuring section, wear, diagram, transit tonnage.

Link for citation: Lugovsky A. Yu. Method for measuring the force impact of rolling stock wheels on railway rails in curved parts of the track / Lugovsky A. Yu., Bogdanov O. K. // Track and track facilities. 2024. No. 5. P. 28–33.



Кубаньжелдормаш

Завод основан в 1933 году

РЕЛЬСОВЫЙ ПОДЪЁМНИК

РП

Меняем подкладки с удовольствием!

ДЛЯ ПОДЪЁМА РЕЛЬСА ПРИ СМЕНЕ ПОДКЛАДОК И ПРОКЛАДОК МЕЖДУ РЕЛЬСОМ И ШПАЛОЙ
НА ВСЕХ ВИДАХ РОССИЙСКИХ И ИНОСТРАННЫХ РЕЛЬСОВЫХ СКРЕПЛЕНИЙ ПРИ РЕМОНТЕ
И ТЕКУЩЕМ СОДЕРЖАНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ



На правах рекламы

- Незаменимый инструмент при замене резиновых прокладок
- Лёгкая установка на любые типы деревянных или железобетонных шпал при помощи быстрой регулировки опорных лап
- Предотвращение случайного падения рельса при прохождении «мертвой точки» за счёт автоматического фиксатора на рукоятке подъёмника
- Возможность использования в тоннелях за счёт наклона рукоятки внутрь рельсовой колеи
- Возможность изготовления по запросу модификации рельсового подъёмника со специальными захватами для трамвайных или крановых рельсов
- Сделано в России
- Гарантийное и постгарантийное обслуживание заводом-изготовителем «Кубаньжелдормаш»

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