



- О ФОРМИРОВАНИИ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ
- ВЕРХНЕЕ СТРОЕНИЕ ДЛЯ ВСЖМ
- ШПАЛЫ ДЛЯ ГОРНО-ПЕРЕВАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ
- ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПОДКЛАДОК С УПОРАМИ
- СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫЕ ТРУБЫ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ
- УПРАВЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТЬЮ ПУТЕВЫХ МАШИН

путь

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ,
ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

И ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

6 • 2025



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 путевцы предприятий Центральной дирекции по ремонту пути.

Среди удостоенных:

Атаев Ахьяд Махамедович — начальник производственно-технического отдела ПМС-3 Северо-Кавказской ДРП;

Библев Валерий Владимирович — машинист железнодорожно-строительной машины ПМС-283 Октябрьской ДРП «Путьрем»;

Братцев Юрий Владимирович — монтер пути ПМС-172 Южно-Уральской ДРП;

Вахитов Константин Николаевич — главный механик ПМС-340 Восточно-Сибирской ДРП;

Витковский Николай Станиславович — водитель автомобиля ПМС-288 Дальневосточной ДРП;

Войтов Виктор Николаевич — монтер пути ПМС-216 Западно-Сибирской ДРП;

Галайко Инна Александровна — ведущий специалист по охране труда ПМС-216 Западно-Сибирской ДРП;

Громыко Светлана Анатольевна — ведущий инженер по подготовке кадров ПМС-66 Восточно-Сибирской ДРП;

Данилюк Василий Николаевич — заместитель начальника по производству Московской ДРП;

Дектерев Вячеслав Николаевич — монтер пути ПМС-177 Западно-Сибирской ДРП;

Драмков Виктор Владимирович — машинист железнодорожно-строительной машины ПМС-288 Дальневосточной ДРП;

Душин Евгений Викторович — монтер пути ПМС-43 Свердловской ДРП;

Дюкарев Александр Александрович — машинист железнодорожно-строительной машины ПМС-197 Красноярской ДРП;

Здобников Сергей Борисович — начальник ПМС-53 Юго-Восточной ДРП;

Иванов Леонид Александрович — машинист железнодорожно-строительной машины ПМС-11 Забайкальской ДРП;

Казаков Андрей Владимирович — машинист железнодорожно-строительной машины ПМС-256 Красноярской ДРП;

Коледа Олег Станиславович — начальник Свердловской ДРП;

Колесников Виктор Николаевич — водитель автомобиля ОПМС-143 Северо-Кавказской ДРП;

Кувшинов Александр Владимирович — машинист железнодорожно-строительной машины ПМС-151 Куйбышевской ДРП;

Куликова Татьяна Викторовна — ведущий экономист ПМС-288 Дальневосточной ДРП;

Малый Александр Анатольевич — машинист железнодорожно-строительной машины ПМС-148 Куйбышевской ДРП;

Миненков Виталий Юрьевич — составитель поездов ПМС-256 Красноярской ДРП;

Никифоров Владимир Анатольевич — монтер пути ПМС-262 Северной ДРП;

Новикова Елена Ивановна — ведущий инженер по организации и нормированию труда сектора экономики и финансов ПМС-42 Южно-Уральской ДРП;

Поляков Андрей Алексеевич — заместитель начальника по производству ПМС-8 Октябрьской ДРП «Путьрем»;

Попов Игорь Николаевич — машинист крана (крановщик) ПМС-181 Красноярской ДРП;

Пригарин Владимир Федорович — машинист железнодорожно-строительной машины ПМС-72 Горьковской ДРП;

Ревакина Татьяна Николаевна — ведущий инженер технического отдела технической службы Центральной ДРП;

Репин Геннадий Петрович — монтер пути ПМС-247 Забайкальской ДРП;

Романов Илья Иванович — слесарь-ремонтник ПМС-176 Южно-Уральской ДРП;

Русановская Ольга Юрьевна — заместитель начальника — начальник отдела экономики и финансов Горьковской ДРП;

Савельев Виктор Иванович — наладчик железнодорожно-строительных машин и механизмов ПМС-177 Западно-Сибирской ДРП;

Сизов Андрей Александрович — электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования ПМС-262 Северной ДРП;

Слободянюк Николай Михайлович — машинист железнодорожно-строительной машины ПМС-111 Северной ДРП;

Ткаченко Геннадий Леонидович — машинист железнодорожно-строительной машины ПМС-283 Октябрьской ДРП «Путьрем»;

Чемодуров Владимир Вячеславович — начальник Октябрьской ДРП «Путьрем»;

Шевцов Леонид Григорьевич — машинист автогрейдера ПМС-104 Московской ДРП.

Подготовила КЕТКИНА А.Г.



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. КОВАЛЕВ — 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. ТАНАЕВ,
В.Ф. ТАРАБРИН, к.т.н.,
М.Ю. ХВОСТИК, к.т.н.,
Т.В. ШЕПИТЬКО, д.т.н.,
А.С. ЯНОВСКИЙ

РЕДАКЦИЯ

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

Телефоны:

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

Адрес редакции

107996, Москва, Рижская площадь, д. 3
Телеграфный адрес: Москва, РЖ Путь
e-mail: pph@inbox.ru
Сайт: <http://pph-magazine.ru>
Электронная версия журнала: <http://elibrary.ru>;
<https://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 29.05.2025

Формат 60х84 1/8. Офсетная печать.

Заказ № 25099 от 26.05.2025

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

В НОМЕРЕ

Ваганова О.Н. — Концепция формирования
нормативной базы Управления пути и сооружений 2

Конструкции и сооружения

Рословец А.А., Бондаренко А.А., Ли Бинфан и др. —
Типы верхнего строения пути для высокоскоростных
железных дорог 4

Суслов О.А., Трушкин В.А., Гришина М.А. — Оценка
влияния эксплуатационных условий на показатели
предотказного состояния бесстыкового пути 7

Рессина Н.В., Сошников Н.В. — Железобетонные
шпалы для горно-перевальных участков 9

Лепешичев Т.С., Замуховский А.В., Ершов Д.С. —
Определение напряженно-деформированного
состояния контррельсовых подкладок с упорами 12

Смирнов В.Н., Дьяченко Л.К. — Мостовые
сооружения как элементы инфраструктуры ВСМ 16

Гудыно М.Л. — Применение стеклопластиковых
труб на железных дорогах 19

Содержание, ремонт и реконструкция

Дядов С.И. — Техническое обслуживание земляного
полотна на Свердловской дороге 22

Контроль и диагностика

Зензинов Б.Н., Зензинова Ю.Б., Трушина Е.А. —
О показателях и причинах нарушений комфорта
пассажиров и плавности хода поездов 24

Путевая техника

Гринчар Н.Г. — Об управлении надежностью путевых
машин 30

Цыбульская Т.В. — Нормирование административно-
управленческого штата в дистанциях
пути 3-я страница обложки

На обложке

**Первая страница — Комплекс первичной выправки
пути МПВ
Фото АО «Тулажелдормаш им. А.В. Силкина»**

КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ УПРАВЛЕНИЯ ПУТИ И СООРУЖЕНИЙ



ВАГАНОВА О.Н., ОАО «Российские железные дороги», Центральная дирекция инфраструктуры, Управление пути и сооружений, начальник нормативно-методологического отдела

Путевое хозяйство — одна из основных отраслей железнодорожного транспорта, в которой непрерывно происходят изменения производственной деятельности. В последнее время внедряются новые типы (Р71, Р75) и категории (ДТ400ИК, ДТ370, ДТ350ВС400) рельсов, виды скреплений (ЖБР-65ПШТ, ЖБР-65ПШРм, АКМ-65, ИЦТ1П.1 и т. д.), укладываются подбалластные защитные слои, повышающие прочность и стабильность основной площадки земляного полотна, например, из асфальтобетона. В связи с этими изменениями требуется своевременная разработка или актуализация нормативных и технических документов.

В настоящее время в ОАО «РЖД» в целом и в путевом хозяйстве в частности есть необходимость повышения эффективности управления нормативной документацией, так как это непосредственно влияет на качество оказываемых услуг и обеспечение безопасности производственных процессов.

В ОАО «РЖД» действует значительное количество нормативных документов федерального уровня, а также отраслевых документов, регламентированных п. 6 стандарта СТО РЖД 05.010-2018 «Объекты железнодорожной инфраструктуры и подвижной состав. Система управления нормативной и технической документацией в ОАО «РЖД», утвержденным распоряжением ОАО «РЖД» от 25 января 2018 г. № 120/р. При этом ежегодный объем разрабатываемых и актуализируемых нормативных документов представляет значимую величину. Также пересматривают и отменяют нормативные правовые акты в соответствии с планом мероприятий («дорожная карта») по реализации механизма «регуляторной гильотины», утвержденным Правительством РФ 29.05.2019 № 4714п-ПЗ6.

Ежегодно Управление пути и сооружений совместно с Проектно-конструкторским бюро по инфраструктуре проводит корректировку реестра нормативных и технических документов. Общее количество документов по хозяйству пути и сооружений на 1 января 2025 г. составило 1666 шт., из них нормативных — 715 и технологических — 951.

В процессе анализа действующих нормативных документов выделены шесть основных групп:

основополагающие (своды правил, ГОСТы, регламенты, положения) — 100 шт.;

по верхнему строению пути — 158 шт.;

по искусственным сооружениям, в том числе железнодорожным переездам, земляному полотну, защитным лесонасаждениям — 205 шт.;

по бесстыковому пути и стрелочным переводам — 53 шт.;

по скоростному движению — 25 шт.;

прочие (используемые при научных исследованиях, по охране труда, временные регламенты и т. д.) — 174 шт.

Целью формирования и функционирования системы управления нормативной документацией путевого хозяйства в ОАО «РЖД» является оптимизация количества нормативных документов и своевременная их актуализация.

При создании нормативной базы путевого хозяйства необходимо решить следующие задачи:

1) провести анализ существующей нормативной документации;

2) подготовить проект плана-графика разработки и пересмотра нормативных документов, в том числе требующих утверждения или отмены в Министерстве транспорта Российской Федерации;

3) провести инвентаризацию действующей базы по целевым показателям;

4) восполнить пробелы и устранить устаревшие технические нормы;

5) пересмотреть документы с целью исключения дублирования и противоречий;

6) обеспечить контроль актуальности нормативных документов.

Решение задач и достижение результата нормативной деятельности осуществляются за счет скоординированного выполнения взаимоувязанных по срокам и ресурсам следующих мероприятий:

формирование и регулярная актуализация программы стандартизации;

анализ нормативных документов для определения и описания их целевой модели (уточнения обязательных целевых показателей);

разработка национальных стандартов и национальных предварительных стандартов;

разработка стандартов организаций в интересах субъектов путевого хозяйства;

актуализация действующих нормативных документов.

При этом в развитии базы нормативных документов имеются актуальные проблемы, которые устраняются в плановом порядке. К ним относятся следующие:

отдельные вопросы производственно-технической деятельности, не регламентированные каким-либо нормативным документом;

введение в действие нормативного документа не отменяет действие другого документа, что является следствием недостаточного контроля со стороны функциональных заказчиков;

несоответствие в части сроков разработки (актуализации) нормативной документации в ОАО «РЖД» со сроками внедрения новой техники и оборудования;

постоянно меняющееся действующее законодательство, устанавливающее обязательные требования (в том числе на международном уровне);

длительные сроки разработки и введения нормативных документов.

В 2018 г. ПКБ И разработало Реестр нормативно-технической документации по путевому хозяйству. Документы в Реестре имеют различный статус обязательности. В их числе ГОСТ, ГОСТ Р, СТО РЖД, ОСТ, СП, нормы и правила, положения, инструкции, типовые инструкции, методические рекомендации, методики, указатели, номенклатуры и др. Практически все документы Реестра входят в систему ведомственных документов ОАО «РЖД». Разрабатываемые и пересматриваемые в последнее время нормативные документы также относятся в основном к ведомственным документам. Они являются в настоящее время основой для создания (проектирования, сооружения, ввода в эксплуатацию) и функционирования (эксплуатации) объектов путевого хозяйства.

Документы в Реестре разделяются на группы, соответствующие указанным выше видам документов, а также размещаются в соответствии с подсистемой инфраструктуры железнодорожного транспорта в части путевого хозяйства согласно приложению 1 ТР ТС 003/2001 «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта»:

1) верхнее строение пути — рельсы, стыки, рельсовая колея; стрелочные переводы, система их очистки, крестовины; путь и бесстыковой путь; шпалы и брусья; скрепления, накладки и подкладки; балласт, щебеночные материалы;

2) искусственные сооружения;

3) земляное полотно, насыпи;

4) переезды, переходы;

5) защитные лесонасаждения;

7) общие и другие;

8) скоростное движение.

Проанализировав Реестр, можно оценить его полноту и достаточность и наметить направления для развития нормативной базы.

На основе Реестра была создана Концепция формирования нормативной базы Управления пути и сооружений, утвержденная распоряжением Центральной дирекции инфраструктуры от 25 июля 2022 г. № 804/р. Концепция включает в себя три блока.

Первый блок — целевая модель нормативной документации. Для определения необходимого количества все документы были поделены на следующие разделы:

1) основополагающие;

2) рельсы, стыки, рельсовая колея;

3) шпалы, брусья;

4) скрепления, накладки и подкладки;

5) балласт, щебеночные материалы;

6) бесстыковой путь;

7) стрелочные переводы;

8) ИССО;

9) земляное полотно, насыпи;

10) переезды, переходы;

11) защитные лесонасаждения;

12) скоростное движение;

13) оснащение;

14) прочее (технология, ремонт, охрана труда и т. д.).

Второй блок — действующие нормативные документы в соответствии с матрицей — реестром нормативных документов. Данный блок заполнен нормативными документами из реестра по подсистемам железнодорожной инфраструктуры или составных частей подсистем и видам документа. Внутри подсистем и составных частей нормативная документация размещена по видам: СП, ГОСТ, ГОСТ Р, СТО, ОСТ и далее — правила, положения, требования, инструкции, методики, регламенты и др. в соответствии с СТО и распоряжением ОАО «РЖД» по видам документов.

Третий блок — действия по переходу к целевой модели. Анализ существующей нормативной документации по текущей модели относительно целевой позволяет проследить неохваченные области с существенным преобладанием документов, утвержденных МПС СССР и МПС России, по конкретным элементам, таким как шпалы, брусья; скрепления, накладки и подкладки; переезды, переходы; защитные лесонасаждения.

Учитывая цели концепции перспективных направлений развития путевого хозяйства ОАО «РЖД», а также постоянного повышения уровня технологического развития и технических решений за период с 2025 по 2028 г. запланировано разработать и актуализировать 560 документов. При утверждении документы систематизируются для определения необходимого их количества для ведения путевого хозяйства, выявления неохваченных областей по конкретным видам работ или объектам инфраструктуры.

ТИПЫ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

РОСЛОВЕЦ А.А., ОАО «Российские железные дороги», заместитель начальника Центральной дирекции инфраструктуры, **БОНДАРЕНКО А.А.**, Приволжский государственный университет путей сообщения, канд. техн. наук, **ЛИ БИНФАН**, директор Шэньсийского железнодорожного профессионально-технического института (КНР), **ЧЭНЬ ЧЖАНЦЗЯЙ**, Шэньсийский железнодорожный профессионально-технический институт (КНР), заведующий кафедрой

Мировой опыт развития скоростного и высокоскоростного движения показывает необходимость применения в конструкции пути современных технических решений, обеспечивающих его стабильность при движении поездов со скоростью свыше 300 км/ч [1, 2, 3]. С начала XXI в. прослеживается тенденция медленного, но уверенного перехода к плитному подрельсовому основанию, что характерно для строительства высокоскоростных магистралей (ВСМ) и специализированных пассажирских линий с безбалластными конструкциями верхнего строения пути (БВСП) [3, 4, 5]. Однако единого мнения по поводу преимущества такого

пути нет. В частности, китайский опыт предусматривает строительство ВСМ в большинстве случаев на эстакадах [6]. Таким образом обеспечивается пересечение железнодорожных линий с автомобильными и прочими дорогами в разных уровнях, кроме того, затрудняется доступ вандалам и диким животным к объектам инфраструктуры.

Вопрос о целесообразности широкого применения безбалластного пути для условий российских железных дорог, в том числе для грузового движения, остается открытым [7].

Известно, что в БВСП рельсовые скрепления с промежуточным эластичным слоем — главный элемент, упругие свойства которого формируют от 80 до 95 % упругих свойств всей конструкции пути в целом. Это подтверждают натурные измерения прогиба рельса под воздействием нагрузок от подвижного состава.

В отечественной документации по техническому регулированию недостаточно полно отражены требования к упругим характеристикам рельсовых скреплений для БВСП. Зарубежные регламенты учитывают влияние низких температур. Нижние пороговые значения температуры испытаний в немецких и китайских нормативах установлены соответственно -20 и -35 °С. Согласно предпроектной документации линии ВСМ

«Москва—Санкт-Петербург» для российских условий эксплуатации необходимо учитывать минимальную температуру -50 °С. В связи с этим необходимо актуализировать расчетную модель для определения упругого прогиба рельса от воздействия подвижного состава на БВСП с учетом влияния низких температур с последующим формированием требований к упругим характеристикам рельсовых скреплений с промежуточным

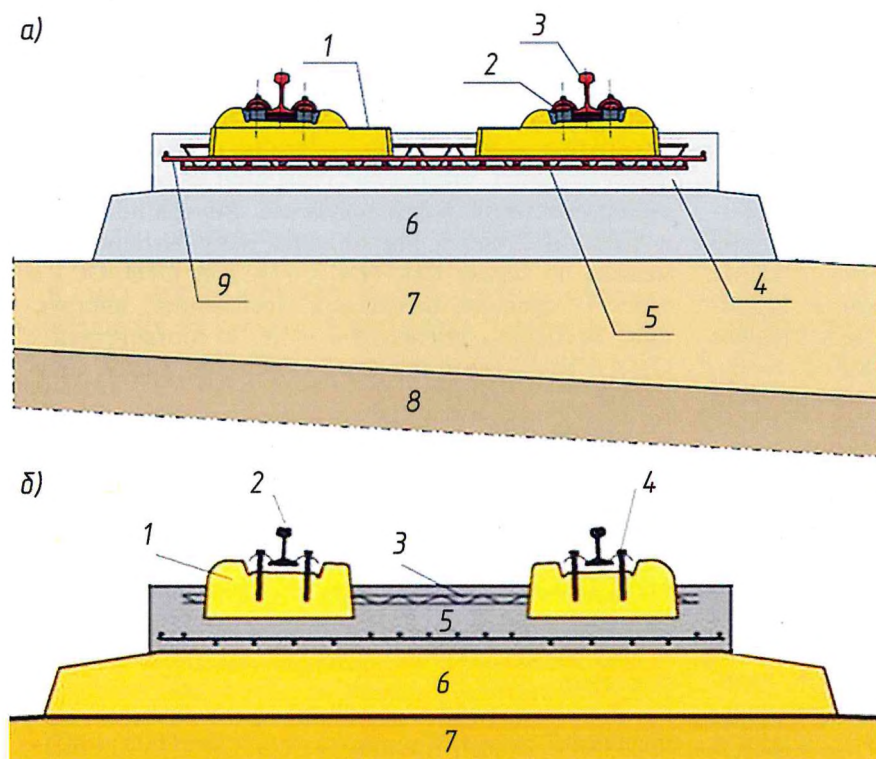


Рис. 1. Типы БВСП, используемые в Германии:

- а — Rheda2000; 1 — шпала В355; 2 — крепление Vossloh W300; 3 — рельс 60 EI; 4 — бетон железнодорожного полотна С30/37; 5 — продольное армирование; 6 — гидравлический связанный несущий слой; 7 — морозозащитный слой; 8 — постель балласта; 9 — поперечное армирование;
б — Züblin; 1 — железобетонная полушпала; 2 — рельс, 3 — сплошная решетчатая арматура, 4 — крепление типа Vossloh IOARV 300, 5 — несущий слой, 6 — подстилающая плита, 7 — монолитная бетонная плита

эластичным слоем для БВСП, а также скорректировать методы подтверждения соответствия этим требованиям.

В мире для высокоскоростных железных дорог на БВСП в основном применяют следующие типы БВСП: на сплошном подрельсовом основании японского производства Sinkansen, немецкого производства Rheda2000, безбалластный путь Züblin, на сплошном подрельсовом основании Bögl, CRTS китайского производства и др. [8, 9]. Рассмотрим основные из них.

Конструкции БВСП разных типов

К двухсекционному БВСП монолитного типа относятся Rheda2000, Züblin, CRTS I и CRTS II. Конструкции различных двухсекционных БВСП показаны на рис. 1 и 2.

БВСП типа Rheda2000 уложен на высокоскоростной дороге Нюрнберг—Ингольштадт, Züblin — на линиях Кельн—Франкфурт-на-Майне, Ганновер—Берлин в Германии. БВСП типа CRTS I используется на таких высокоскоростных магистралях Китая, как Ухань—Гуанчжоу, Ланьчжоу—Синьцзян, Тайюань—Иньчуань, Баотоу—Сиань, Чанша—Куньмин, Чэнду—Чунцин, а CRTS II — на пассажирской подъездной дороге Чжэнчжоу—Сиань. Всего в Китае эксплуатируется более 2000 км пути с двухсекционным БВСП.

Безбалластные конструкции типа CRTS I и Sinkansen называют БВСП на сплошном подрельсовом основании блочного типа (рис. 3).

БВСП на сплошном подрельсовом основании Sinkansen преимущественно уложено на мостах и туннелях новых магистралей, общая протяженность его составляет 1300 км. Конструкция CRTS I эксплуатируется на междугородных высокоскоростных дорогах Гуанчжоу—Чжухай, Шанхай—Нанкин, Гуанчжоу—Шэньчжэнь—Гонконг, Харбин—Дацзин, Харбин—Цицикар, а также в туннелях на обычных пассажирских и грузовых линиях. Общая длина пути более 1500 км.

БВСП типа CRTS II и Bögl относятся к неразрезным с продольным соединением плит (рис. 4).

БВСП типа Bögl применяется на высокоскоростной железной дороге Нюрнберг—Ингольштадт в Германии, CRTS II — на ВСМ Пекин—Тяньцзинь, Пекин—Шанхай, Пекин—Ханчжоу и пассажирских нескоростных железных дорогах, всего в мире БВСП такого типа уложено более 1000 км.

Конструкция БВСП типа CRTS III китайского производства является типовой и используется на земляном полотне, мостах, туннелях. Схема данной конструкции показана на рис. 5.

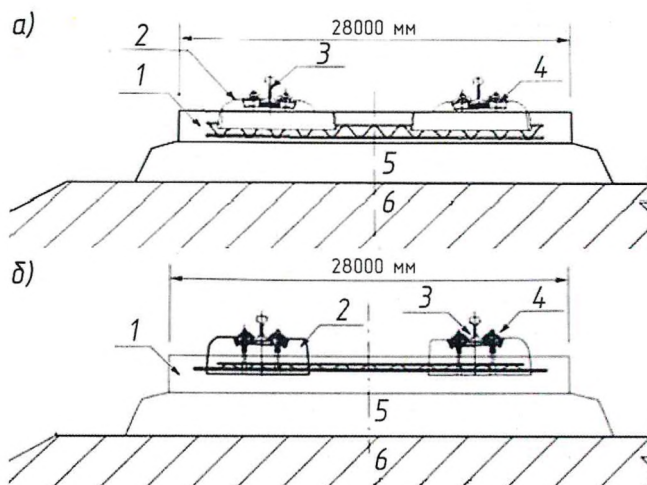


Рис. 2. БВСП типа CRTS I (а) и CRTS II (б), укладываемые в Китае:
1 — бетонная плита, 2 — двухсекционная шпала, 3 — рельс, 4 — скрепление, 5 — бетонный несущий слой, 6 — основание

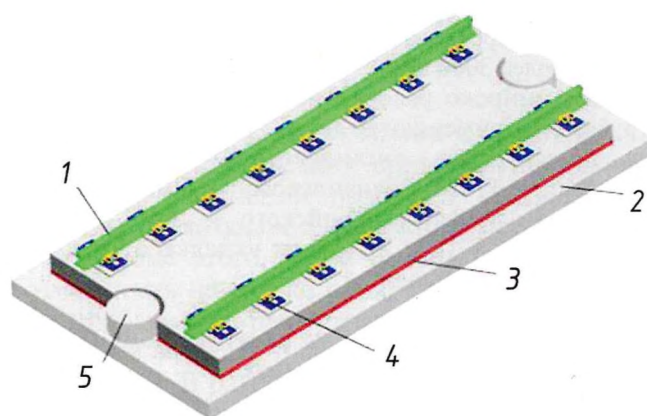


Рис. 3. Схема БВСП на сплошном подрельсовом основании типа CRTS I:
1 — рельс; 2 — бетонная плита подставки; 3 — заполняющий слой из битумно-полимерного раствора; 4 — система скрепления; 5 — выпуклый упор

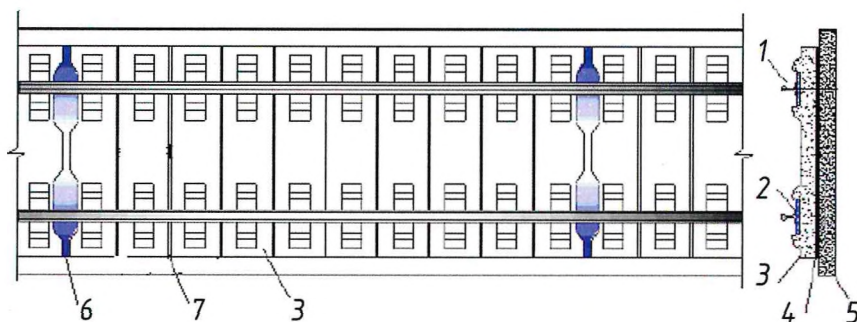


Рис. 4. Схема БВСП на сплошном подрельсовом основании типа CRTS II:
1 — рельс; 2 — система скрепления; 3 — рельсовая плита; 4 — битумно-полимерный раствор с высоким модулем упругости; 5 — гидравлический несущий слой (земляное полотно) или железобетонный фундамент (мост); 6 — стык между блоками неразрезной подстилающей плиты; 7 — соединительный шов между рельсовыми плитами

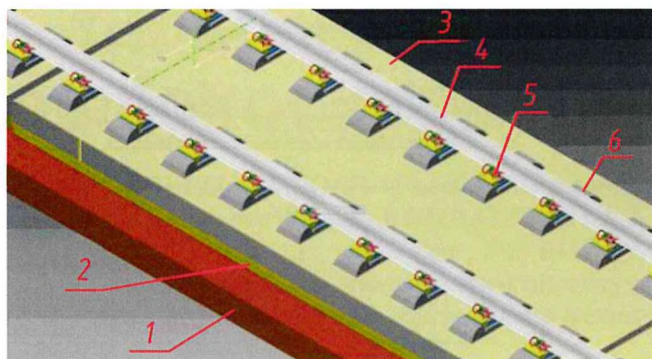


Рис. 5. Схема БВСП на сплошном подрельсовом основании типа CRTS III:

1 — несущий слой; 2 — самоуплотняющийся слой из бетона; 3 — рельсовая плита; 4 — рельс; 5 — система крепления; 6 — двухсекционная шпала

БВСП типа CRTS III эксплуатируется на дороге Чэнду—Дуцзянь, участке Мэйшань—Лэшань междугородной высокоскоростной линии Чэнду—Мяньян—Лэшань, городской железной дороге г. Ухань, высокоскоростных участках Паныцзинь—Инкоу, Шиньян—Даньдун, Пекин—Шиньян (север КНР) и нескоростных пассажирских дорогах. Всего уложено более 3000 км.

Кроме широко распространенных конструкций за рубежом применяются такие, как Getrac немецкого производства, английского — SATO, ATD, BTD, Walter, PACT, голландского — Edilon, французского — Stedef, австрийского — ÖBB-PORR, итальянского — IPA. Но объем укладки этих конструкций незначителен.

Опыт строительства и эксплуатации БВСП в разных странах

На первой ВСМ в Японии Токайдо—Синкансен (скорость до 270 км/ч) в 1971 г. впервые в мире был уложен путь длиной около 2,5 км на сплошном подрельсовом основании блочного типа, который эксплуатируют уже более 50 лет. Сплошная замена безбалластных плит не производилась.

В 1975 г. на линии Санье—Синкансен в Японии уложена конструкция на сплошном подрельсовом основании блочного типа на 250 км. Срок эксплуатации около 50 лет. Сплошная замена безбалластных плит также не производилась.

В Германии массовое применение БВСП началось с участка Ганновер—Вюрцбург в 1991 г., который работает более 30 лет без сплошной замены конструкции.

Российский опыт применения безбалластного мостового полотна насчитывает уже более 45 лет (с начала 1980-х годов). При этом значительных проблем с его эксплуатацией не возникало.

Конструкции БВСП разных типов можно классифицировать по различным признакам:

- по наличию шпалы (со шпалой, без шпалы);
- по способам строительства (сборные, монолитные);

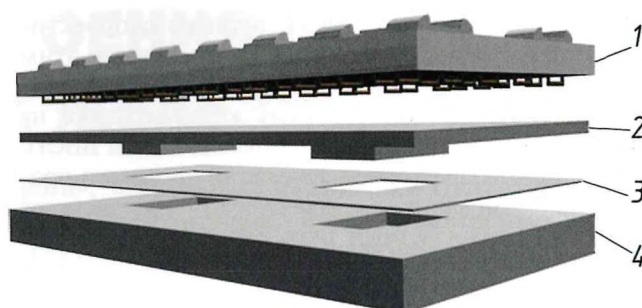


Рис. 6. Конструкция БВСП типа CRTS III RUS:

1 — рельсовая плита из преднапряженного железобетона толщиной 220 мм; 2 — самоуплотняющийся бетон (100 мм); 3 — изоляционный слой (2 мм); 4 — железобетонное основание

по типу конструкции (блочная, неразрезная).

С учетом представленного обзора применения БВСП разного типа в различных странах для нашей страны значительный интерес представляют двухсекционная БВСП, БВСП на сплошном подрельсовом основании CRTS I, CRTS II, CRTS III. В свою очередь необходимо отметить, что CRTS III была адаптирована под российские условия эксплуатации. БВСП CRTS III RUS (рис. 6) позволяет обеспечивать движение поездов со скоростью до 400 км/ч при низких отрицательных температурах и большой годовой амплитуде температур, смешанном движении, различных нагрузках от колесных пар на рельсы, а также безопасность, надежность и ремонтпригодность конструкции.

Список источников

1. Бернхард Х. Лихтбергер. Справочник «Железнодорожный путь». Нижнее строение—верхнее строение—текущее содержание—экономическая эффективность. Гамбург: Eurailpress, 2010. 432 с.
2. Петров А.В., Савин А.В., Лебедев А.В. Анализ требований российских и европейских стандартов к рельсовым креплениям // Путь и путевое хозяйство. 2016. № 9 С. 22—27.
3. Oberweiler G. Опыт разработки и эксплуатации безбалластного пути // Железные дороги мира. 2005. № 1. С. 68—71.
4. Высокоскоростные линии с путем на балласте // Железные дороги мира. 2014. № 3. С. 69—71.
5. Дорот Е.В. Безбалластное верхнее строение пути для высокоскоростных магистралей // Путь и путевое хозяйство. 2021. № 7 С. 12—13.
6. Mishas G. Slab track systems for high railways: Master Degree Project / Royal Institute of Technology. Stockholm, 2012. 107 p.
7. Савин А.В. Условия применения безбалластного пути // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. 2016. Т. 9, № 9. С. 76—80.
8. Савин А.В. Критерии выбора конструкции безбалластного пути // Путь и путевое хозяйство. 2014. № 2. С. 2—8.
9. Данг Нгок Тхань. Работоспособность мостового полотна балочных пролетных строений при высокоскоростном движении: автореферат дис. кандидата технических наук: 05.23.11 / Данг Нгок Тхань; [Место защиты: ФГАОУ ВО Российский университет транспорта]. Москва, 2019. 24 с.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПРЕДОТКАЗНОГО СОСТОЯНИЯ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ



СУСЛОВ О.А., АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), докт. техн. наук,
ТРУШКИН В.А., АО «ВНИИЖТ», ведущий инженер,
ГРИШИНА М.А., АО «ВНИИЖТ», ведущий инженер

Аннотация. В статье представлена оценка функционирования бесстыкового пути температурно-напряженного типа, основанная на данных системы Комплексного анализа предотказного состояния бесстыкового пути (КАПС БП). Эта информация формируется с помощью специализированных измерительных средств, которые осуществляют мониторинг состояния пути.

На основе аппроксимации данных был выполнен регрессионный анализ, позволивший выявить влияние конкретных факторов на показатели КАПС БП.

Ключевые слова: бесстыковой путь, предотказное состояние бесстыкового пути, устойчивость бесстыкового пути.

Основной конструкцией верхнего строения, эксплуатируемой сейчас на сети отечественных железных дорог, является бесстыковая путь температурно-напряженного типа; полигон его укладки уже превысил 104 тыс. км. Под воздействием нагрузок от подвижного состава и факторов, обусловленных климатическими особенностями, при эксплуатации бесстыкового пути такой конструкции возникают риски потери его устойчивости.

Исследования устойчивости бесстыкового пути берут свое начало в далеком 1913 г. [1] и продолжаются до сих пор. Большинство из них основывается на детальном расчете критических усилий, возникающих в рельсовых плетях, что позволяет более точно оценивать устойчивость и надежность пути в различных условиях эксплуатации [2–4].

Одним из самых современных и действенных подходов к оценке состояния бесстыкового пути является метод конечных элементов (МКЭ). Он, хотя и требует значительных усилий для создания и настройки модели, но и предлагает высокую степень точности результатов, а также возможность их наглядного графического отображения, что делает его особенно полезным для специалистов в области железнодорожного пути [5].

В последние годы на фоне развития предиктивных технологий и методов диагностики особую значимость приобрел новый подход к оценке устойчивости бесстыкового пути, который осно-

вывается на данных, получаемых с помощью мобильных диагностических средств. Тщательный анализ их изменения позволяет своевременно выявить предотказное состояние бесстыкового пути. Кроме этого, такой подход предоставляет возможность не только обнаружить потенциальные проблемы на ранних стадиях, но и разработать более эффективные стратегии для их устранения [6, 7]. В рамках этого метода была создана Методика контроля и оценки состояния бесстыкового пути на основе данных, получаемых по результатам проходов путеизмерительных средств, утвержденная Распоряжением ОАО «РЖД» от 17.10.2017 № 2115/р [8] (далее — Методика). Результаты оценки сохраняются в подсистеме «Комплексный анализ предотказного состояния бесстыкового пути» (КАПС БП), входящей в Систему диагностики и мониторинга инфраструктуры Единой корпоративной автоматизированной системы управления инфраструктурой (ЕК АСУИ СДМИ) [9].

В соответствии с [8] по результатам измерений характеристик состояния рельсовой колеи на пикетных отрезках рассчитывается комплексный показатель предотказного состояния бесстыкового пути K_k , характеризующий степень расстройства рельсовой колеи в целом на участке. Значение K_k зависит от ряда факторов, которые тоже выражены соответствующими коэффициентами (показателями), основные из которых приведены ниже:

K_{yr} — показатель, характеризующий устойчи-

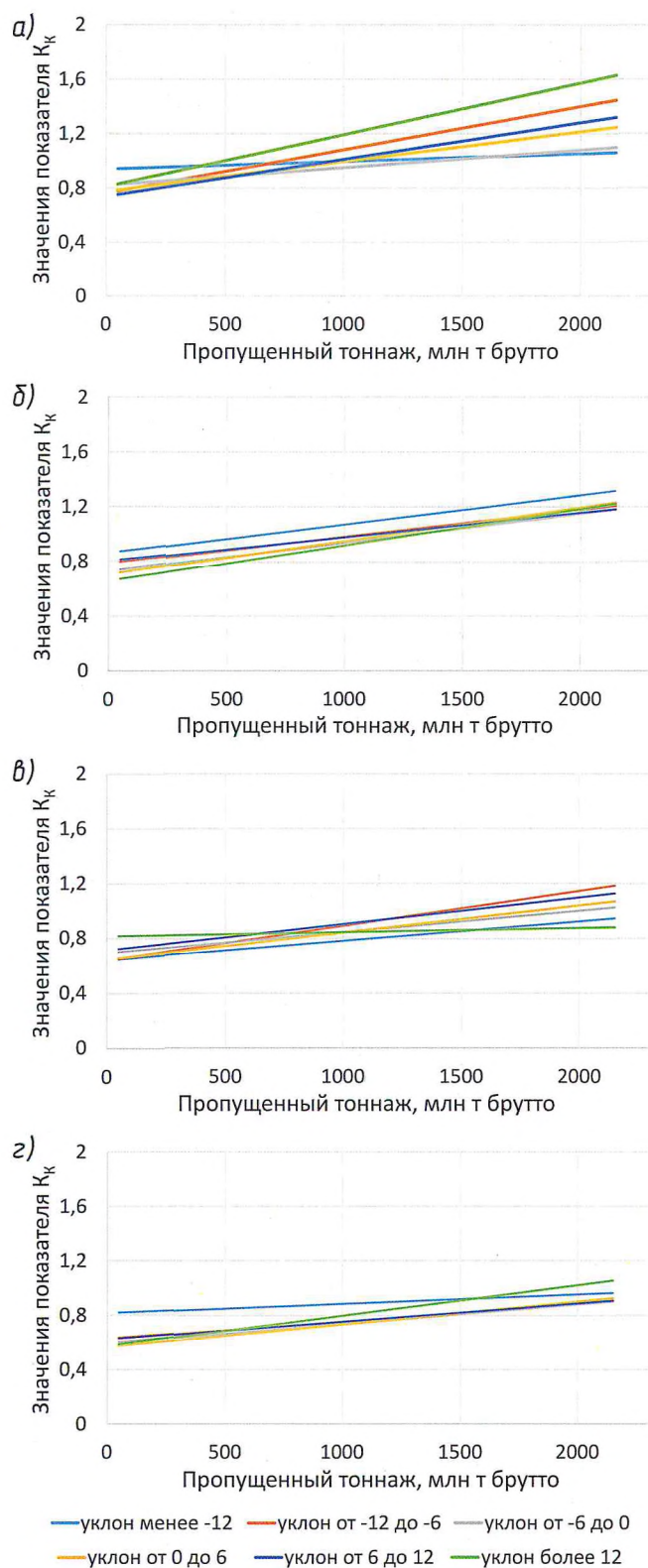


Рис. 1. Графики изменения показателя K_k при грузонапряженности 50–80 млн т·км брутто/км в год для различных радиусов кривых и уклонов пути, ‰, в зависимости от пропущенного тоннажа:
а — при $R < 350$ м; б — $R = (350 \div 650)$ м; в — $R = (650 \div 1200)$ м; г — $R > 1200$ м и прямые

вость бесстыкового пути при наличии угона рельсовых плетей;

$K_{\text{план}}$ — показатель предотказного состояния, характеризующий устойчивость бесстыкового пути в плане;

$K_{\text{скр}}$ — показатель, характеризующий устойчивость бесстыкового пути при нарушении состояния рельсовых скреплений.

В итоге по проходам путеизмерительных средств в подсистеме КАПС БП ЕК АСУИ СДМИ формируются сводные ведомости по результатам комплексной оценки по направлениям, где каждому километру попикетно присваивается соответствующий показатель предотказного состояния.

Для анализа были использованы сводные ведомости по результатам комплексной оценки инфраструктуры из системы КАПС БП за 2023–2024 гг. для Восточно-Сибирской, Октябрьской и Свердловской дорог.

Чтобы проанализировать изменения показателей КАПС БП в зависимости от условий эксплуатации пути, ведомости КАПС БП были дополнены параметрами участков, описанными в Системе оценки и прогнозирования состояния объектов инфраструктуры (СОПС) ЕК АСУИ. В качестве технических характеристик, влияние которых оценивалось, были включены грузонапряженность, план пути (радиусы кривых) и профиль (уклоны).

Конкретно рассматривались следующие группы условий:

по классам и грузонапряженности линий, млн т·км брутто/км в год, Г II (25–50), Г I (50–80), О III (80–140), О II (140–200);

по радиусам кривых, м, $R < 350$, $R = 350 \div 650$, $R = 650 \div 1200$, $R > 1200$ и прямые;

по уклонам, ‰, $i < -12$, $i = -12 \div (-6)$, $i = (-6) \div 0$, $i = 0 \div 6$, $i = 6 \div 12$, $i > 12$.

Значения показателей $K_{\text{план}}$, $K_{\text{скр}}$, $K_{\text{уг}}$ и K_k были аппроксимированы для каждого сочетания рассматриваемых групп условий эксплуатации пути. На рис. 1 приведен пример графиков для итогового показателя K_k в зависимости от пропущенного тоннажа.

Теперь рассмотрим угловые коэффициенты, описывающие скорость роста полученных функций. При расчете относительных величин за базовые значения были приняты угловые коэффициенты для прямых и пологих кривых при уклонах от 0 до 6 ‰ для каждой группы грузонапряженностей. На рис. 2–3 представлены графики изменения максимальных и средних значений угловых коэффициентов в зависимости от грузонапряженности пути.

На основе полученных результатов можно сделать вывод о линейном возрастании показателя

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ШПАЛЫ ДЛЯ ГОРНО-ПЕРЕВАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ



РЕССИНА Н.В., АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), канд. техн. наук,
СОШНИКОВ Н.В., Российский университет транспорта (МИИТ), инженер

Аннотация. В статье изложены основные результаты разработки железобетонной шпалы для горно-перевальных участков пути со сложным планом и профилем. В конструкции предусмотрено применение отдельных креплений с шурупно-дюбельным креплением к шпалам. Разработан вариант с интегрируемой упругой подшпальной прокладкой. Шпалы имеют повышенный ресурс и эксплуатационную надежность. Конструкция предусматривает возможность регулировки ширины рельсовой колеи. Шпалу можно применять на участках обращения подвижного состава с нагрузками до 25 тс/ось.

Ключевые слова: железобетонные шпалы, горно-перевальные участки, составляющие конструкции, шурупно-дюбельные крепления, подшпальные прокладки.

Развитие экономики России диктует необходимость интенсификации работы железных дорог восточного региона страны. Нарастание

перевозочного процесса сдерживают недостаточные возможности инфраструктуры, в том числе несовершенство конструкции верхнего строения пути.

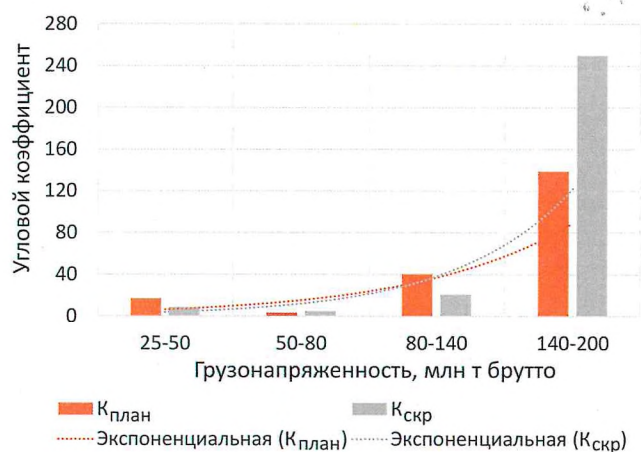


Рис. 2. Изменения максимальных относительных значений угловых коэффициентов функций показателей $K_{план}$ и $K_{скр}$ с увеличением наработки тоннажа

телей предотказного состояния пути с накоплением пропущенного тоннажа. С увеличением грузонапряженности скорости роста функций также увеличиваются. В кривых малого радиуса значения показателей КАПС БП увеличиваются по сравнению с прямыми и по-

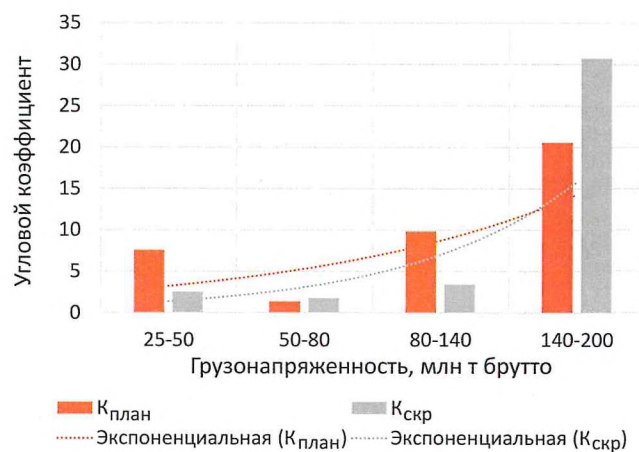


Рис. 3. Изменения средних относительных значений угловых коэффициентов функций показателей $K_{план}$ и $K_{скр}$ с увеличением наработки тоннажа

логими кривыми, при этом недопустимые величины (5 и более) они чаще всего принимают при крутых уклонах более 12 %, которые сравнительно редки на сети.

(Окончание в следующем номере)



Рис. 1. Образцы шпал для горно-перевальных участков

По поручению ЦДИ ОАО «РЖД» от 22.08.2023 № 37156 перед специалистами ВНИИЖТа была поставлена задача разработки железобетонного подрельсового основания, которое способно обеспечить обращение тяжеловесных поездов с повышенными осевыми нагрузками. В рамках выполнения этой задачи была создана железобетонная шпала, конструкция которой позволяет эксплуатировать тяжеловесные поезда с нагрузкой на ось до 25 тс в условиях сложного плана и профиля горно-перевальных участков.

С учетом особенностей работы в верхнем строении пути были разработаны шпалы для прямых участков и кривых радиусом 350 м и менее. Каждая конструкция имеет исполнение двух видов: с подшпальными прокладками и без них. Шпалы рассчитаны на применение рельсов типа R65 с шурупно-дюбельными креплениями типа ЖБР-65ПШТ и ЖБР-65ПШР для железных дорог России и стран СНГ.

Маркировка шпалы состоит из латинской

цифры I, обозначающей тип шпалы для раздельного рельсового крепления, и букв: Д — дюбельное прикрепление, П — для горно-перевальных участков, ПШП — с подшпальными прокладками, К — для кривых участков пути.

Шпала подтипа I-ДП предназначена для железнодорожных путей с шириной колеи 1520 мм для горно-перевальных участков, шпала подтипа I-ДПК — для участков, по которым обращается подвижной состав со скоростями, установленными для крутых кривых радиусом менее 350 м. В круговых кривых при радиусе от 349 до 300 м и ширине колеи 1530 мм следует применять шпалу типоразмера I-ДПК-30.

Образцы шпал подтипа I-ДПК-30 для горно-перевальных участков пути были изготовлены в г. Сызрань на заводе ЗЖБК и СД СМТ «Стройиндустрия» — филиале АО «РЖДстрой» [1–5] (рис. 1 и 2).

Образцы прошли предварительные (заводские) и приемочные испытания, по результатам которых было принято решение о выпуске установочной партии 200 тыс. шпал.

Регулировка ширины рельсовой колеи при креплении ЖБР-65ПШТ предусмотрена с помощью специальных скоб (рис. 3), которые позволяют варьировать размер колеи от 1520 до 1524 мм в прямых (шпалы типоразмера I-ДП) и от 1526 до 1535 мм в кривых (шпалы I-ДПК-30) с шагом в 2 мм.

Для правильного монтажа скоб при регулировке ширины колеи следует руководствоваться данными табл. 1.

Шпалы, имеющие подшпальные прокладки, более равномерно передают поездную на-

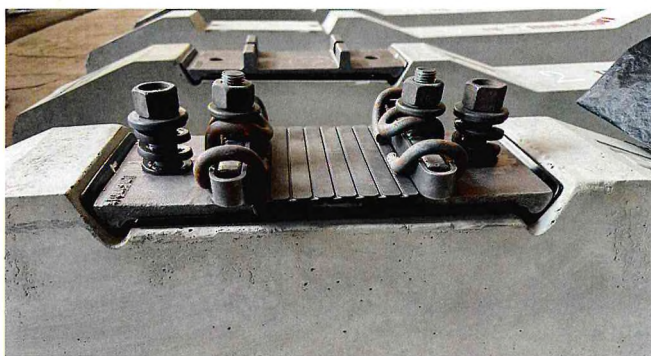


Рис. 2. Шпала типоразмера I-ДПК-30 со смонтированным узлом крепления ЖБР-65ПШТ

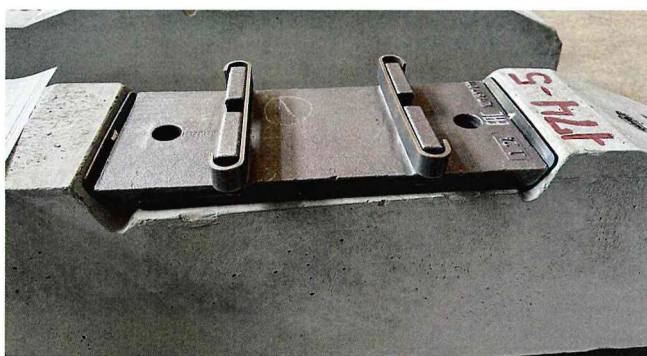


Рис. 3. Скобы для регулировки ширины колеи в узле крепления

Таблица 1
Сочетания толщин и мест установки скобы при регулировке
колеи на скреплении ЖБР-65ППТ

Тип шпал	Место установки скобы и ее толщина, мм				Ширина колеи, мм
	Наружная нить		Внутренняя нить		
	снаружи	внутри	внутри	снаружи	
Для ширины колеи 1520 мм	4	4	4	4	1520
	3	5	5	3	1522
	2	6	6	2	1524
Для ширины колеи 1530 мм	6	2	2	6	1526
	5	3	3	5	1528
	4	4	4	4	1530
	3	5	5	3	1532
	2	6	6	2	1534*

*Ширина рельсовой колеи 1535 мм обеспечивается допусками на элементы скрепления.

грузку на балластный слой и гораздо устойчивее в поперечном и продольном направлениях, что особенно важно для кривых участков пути. Поэтому при разработке конструкции и технологии изготовления шпал для горно-перевальных участков учитывалась возможность применения специальных упругих подшпальных прокладок (рис. 4).

Шпалы обладают повышенным назначенным ресурсом — 2,5 млрд т брутто пропущенного груза или 50 лет эксплуатации. При этом следует учитывать, что на величину назна-

Таблица 2
Эксплуатационные условия, снижающие назначенный ресурс шпал

Параметры условий	Величина снижения назначенного ресурса	
	млн т брутто	годы
Перевальные участки и участки рекуперативного торможения с уклоном, %:		
	от 12 до 15	75
более 15	150	2,5
Кривые радиусом 350 м и менее (интенсивная работа дюбеля при многократной смене рельса)	300	5
Температурная амплитуда региона более 110 °С	150	10
		5



Рис. 4. Упругая подшпальная прокладка (на переднем плане)

ченного ресурса оказывают влияние местные эксплуатационные факторы, такие как уклон, радиус кривой, годовой перепад температур. Их сочетания снижают величину назначенного ресурса в соответствии с табл. 2.

В настоящее время опытная партия шпал для горно-перевальных участков уложена в путь и проходит испытания на Дальневосточной железной дороге [6].

Список источников

1. ГОСТ 33477–2015. Система разработки и постановки продукции на производство (СПП). Технические средства железнодорожной инфраструктуры. Порядок разработки, постановки на производство и допуска к применению. Введ. 01.07.2016. М.: Стандартинформ, 2016.
2. ГОСТ 33320–2015. Шпалы железобетонные для железных дорог. Общие технические условия. Введ. 01.03.2019. Изм. 25.12.2019. М.: Стандартинформ, 2016.
3. Железнодорожные шпалы для рельсового пути / под ред. А.Ф. Золотарского. М.: Транспорт, 1980. 270 с.
4. Железнодорожный путь: учебник / Е.С. Ашпиз, Б.Э. Глюзберг, А.В. Замуховский, Г.Г. Коншин, А.М. Никонов. М.: УМЦ ЖДТ, 2021. 596 с.
5. ТУ 23.61.12.163-408-01124323–2023. Шпала железобетонная для раздельного рельсового скрепления с резьбовым прикреплением рельса и подкладки к шпале (подтипы I-ДП, I-ДПК).
6. ПМ 02-01124323–2024. Программа методик приемочных испытаний.

REINFORCED CONCRETE SLEEPERS FOR MOUNTAIN PASS SECTIONS

Ressina Natalia — Ph.D., NC «INFRASTRUCTURE» JSC «VNIIZhT», Moscow, Russian Federation.

Soshnikov Nikita — engineer, Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russian Federation. Soshnikov.nikita@vniizht.ru

Abstract. The article presents the main results of the development of the design of reinforced concrete sleepers for mountain-pass sections of the track with a complex plan and profile. The design provides for the use of separate fastenings with screw-dowel fastening to the sleepers. A version with an integrated elastic under-sleeper pad has been developed. The sleepers have an increased service life and operational reliability. The design provides for the possibility of adjusting the track gauge. It is envisaged that rolling stock can handle loads of up to 25 t/axle.

Keywords: reinforced concrete sleepers, mountain-pass sections, components of the structure, screw-dowel fastenings, under-sleeper pads.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОНТРЕЛЬСОВЫХ ПОДКЛАДОК С УПОРАМИ



ЛЕПЕШИЧЕВ Т.С., Российский университет транспорта (МИИТ), аспирант,
ЗАМУХОВСКИЙ А.В., РУТ (МИИТ),
канд. техн. наук,
ЕРШОВ Д.С., АО «Муромский стрелочный завод», главный конструктор

Аннотация. При эксплуатации стрелочных переводов возникают однотипные изломы контрельсовых подкладок с упорами в сечении между подошвой рельса и упором. Исследованию причин этих изломов и разработке рекомендаций для повышения эксплуатационной надежности конструкции подкладок посвящена данная работа.

Ключевые слова: стрелочный перевод, железнодорожный путь, контрельсовый узел, контрельсовая подкладка.

В настоящее время контрельсовый узел выпускается с подкладками с упорами, при эксплуатации которых нередко возникает излом пластины основания между подошвой рельса и упором. Модернизация конструкции подкладок позволит повысить надежность [1] и безопасность стрелочной продукции. Для решения этой задачи сначала необходимо выявить причину изломов. С этой целью Муромским стрелочным заводом (АО «МСЗ») совместно с РУТ (МИИТ) были проведены испытания для получения фактических данных о напряженно-деформированном состоянии (далее — НДС) подкладок с упорами, осуществляющих крепление контрельса стрелочных переводов типа Р65 марок 1/11 и 1/9.

На рис. 1 представлено оборудование, установленное на контрельсовом узле перевода марки 1/11. Оно состоит из прогибомеров, расположенных на подкладках, подошве рельса, контрельсе и контрельсовом упоре, а также тензодатчиков, размещенных на подкладке.

На рис. 2 показано расположение датчиков в самом опасном месте контрельсовой подкладки —

там, где наиболее часто возникают трещины и изломы. Результаты измерения перемещений контрельса и НДС подкладок с упорами сведены в табл. 1 и 2, где представлены итоговые средние и максимальные значения с вероятностью $p = 0,995$, а также средние квадратические отклонения (СКО). Кроме перемещений контрельса фиксировались прогибы ходового рельса, подкладки, а также горизонтальные перемещения упора вдоль пути по направлению движения. Все перечисленные прогибы и перемеще-



Рис. 1. Контрельсовый узел после установки измерительного оборудования

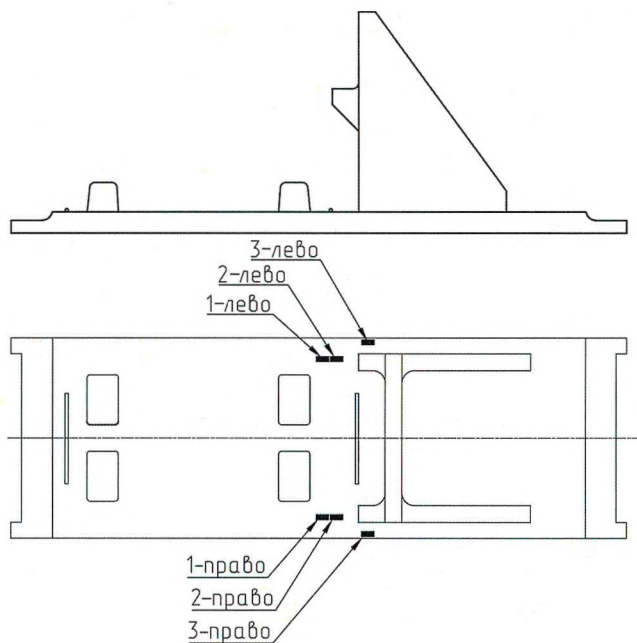


Рис. 2. Расположение датчиков в потенциально опасном месте контрельсовой подкладки, где обычно происходят изломы

Таблица 1

Сводные результаты перемещений контррельса под поездной нагрузкой

Расположение датчика	Перемещение контррельса, мм, при проследовании					
	локомотивов			вагонов		
	Среднее	СКО	Максимальное	Среднее	СКО	Максимальное
Шпала 1 (-)	0,59	0,14	0,72	0,67	0,12	0,79
Шпала 1 (+)	1,37	0,41	1,78	0,75	0,31	1,06
Шпала 2 (-)	0,84	0,13	0,97	0,94	0,20	1,14
Шпала 2 (+)	1,93	0,47	2,40	1,20	0,45	1,65
Шпала 3 (-)	0,78	0,11	0,89	0,94	0,21	1,15
Шпала 3 (+)	1,63	0,35	1,97	1,02	0,36	1,38

Примечание. Знак (+) означает перемещение контррельса внутрь колеи, знак (-) — наружу.

ния оказались очень малы, укладывались в норму или незначительно ее превышали.

В соответствии с ГОСТ 34233.1–2007 [2] подкладки из стали СтЗсп имеют следующие прочностные показатели:

предел текучести $R_e = 250$ МПа;

допускаемые напряжения $[\sigma] = 154$ МПа.

Средние измеренные напряжения в наиболее опасном сечении контррельсовой подкладки с упором составляют 175,5 МПа для локомотивов и 135,1 МПа для грузовых вагонов. Максимальные напряжения достигают 342,4 МПа для локомотивов и 260,1 МПа для вагонов.

Из 2016 значений измеренных напряжений при проходе локомотивов 152 раза (7,5 %) зафиксировано превышение предела текучести для стали СтЗсп (250 МПа) и 671 раз (33,3 %) — превышение допускаемых напряжений (154 МПа).

Из 38736 значений измеренных напряжений при проходе грузовых вагонов 17 раз (0,04 %) зафиксировано превышение предела текучести для стали СтЗсп и 3391 раз (8,8 %) — превышение допускаемых напряжений.

В соответствии с ГОСТ 34233.1 [2] коэффициент запаса по нагрузке составляет 1,5. Таким образом, допускаемые напряжения в идеале не должны превышать 102,7 МПа для стали СтЗсп. Однако при проследовании вагонов 12284 раз (31 %) зафиксировано превышение коэффициента запаса для стали СтЗсп, а при проследовании локомотивов — 1295 раз (57 %) превышение коэффициента запаса. Остается заключить, что причиной излома контррельсовых подкладок с упорами следует считать многократное превышение не только допускаемых напряжений, но и предела текучести.

Таблица 2

Сводные результаты измерения НДС контррельсовых подкладок с упорами под поездной нагрузкой

Расположение датчика (см. рис. 2)	Напряжение, МПа, при проследовании					
	локомотивов			вагонов		
	Среднее	СКО	Максимальное	Среднее	СКО	Максимальное
Шпала 1	1-лево	164,7	36,6	201,4	99,3	134,1
	2-лево	164,9	36,8	201,7	98,1	132,7
	3-лево	107,2	26,9	134,1	64,2	86,6
	1-право	175,5	39,2	214,7	119,6	159,1
	2-право	169,1	37,9	206,9	114,1	152,6
	3-право	106,5	23,0	129,5	74,2	98,1
	КР (+)	20,9	4,2	25,0	3,2	19,8
	КР (-)	112,0	28,0	140,0	69,8	96,7
Шпала 2	1-лево	168,9	30,8	199,6	125,3	160,2
	2-лево	167,7	32,3	200,0	125,7	160,8
	3-лево	108,2	19,6	127,8	81,3	103,4
	1-право	159,8	29,2	189,0	126,3	159,1
	2-право	170,2	31,2	201,5	133,6	168,0
	3-право	99,4	17,6	117,0	79,6	98,4
	КР (+)	21,2	3,4	24,6	15,0	18,3
	КР (-)	131,9	20,3	152,3	109,6	141,4
Шпала 3	1-лево	156,3	36,2	192,5	135,1	168,4
	2-лево	155,2	38,0	193,1	134,9	167,6
	3-лево	103,7	18,7	122,4	89,3	109,2
	1-право	146,7	33,0	179,7	127,2	156,7
	2-право	126,1	24,5	150,6	108,6	134,3
	3-право	86,0	15,4	101,4	76,1	92,6
	КР (+)	20,9	3,2	24,1	15,9	19,4
	КР (-)	114,3	17,1	131,3	107,4	131,5

Примечание. КР (+), КР (-) — показания контррельсового датчика при перемещении контррельса соответственно внутрь и наружу колеи.

С применением аналогичной методики были выполнены замеры напряжений на стрелочном переводе в Московском метрополитене.

Перемещения измеряли пластинчатыми прогибомерами, закрепленными на стойках (рис. 3).

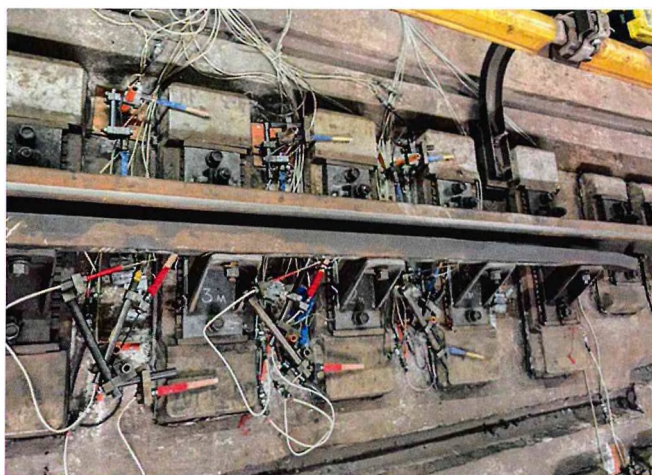


Рис. 3. Участок измерений в метрополитене

Таблица 3

Результаты измерений НДС контрольных подкладок в метрополитене на станции Саларьево

Расположение датчика		Напряжение, МПа, при проследовании поездов типа					
		«Москва»		«Русич»		81-717/714 «Номерной»	
		Максимальное	Среднее	Максимальное	Среднее	Максимальное	Среднее
Подкладка 2	1-лево	132,0	86,8	132,4	83,4	70,6	44,3
	2-лево	68,0	46,7	65,9	43,5	106,1	67,3
	1-право	86,5	59,2	78,3	54,5	87,5	55,7
	2-право	134,5	91,2	120,7	83,8	126,7	77,2
Подкладка 3	1-лево	62,9	42,5	51,8	40,8	81,1	60,7
	2-лево	89,8	61,0	73,3	58,2	126,5	93,0
	1-право	53,3	37,9	49,5	37,4	56,3	42,6
	2-право	69,8	51,4	69,3	50,1	80,7	62,3
Подкладка 4	1-лево	109,3	81,0	105,0	76,6	57,0	43,0
	2-лево	68,4	51,5	64,2	47,4	91,5	67,5
	1-право	107,7	79,7	97,6	73,2	48,2	35,9
	2-право	49,8	38,8	47,8	36,8	76,6	56,9

Результаты измерений напряжений представлены в табл. 3.

Хотя поездные нагрузки в метрополитене гораздо ниже, чем на сети ОАО «РЖД», в контрольных подкладках тоже были зафиксированы напряжения, превышающие допускаемые с учетом коэффициента запаса по нагрузке (102,7 МПа). При этом наибольшие напряжения возникали при проходе поездов типа «Москва» — из 2400 полученных значений зафиксировано 74 раза (3 %), когда коэффициент запаса оказался превышен.

Таким образом, излом контрольных подкладок может быть связан с превышением допу-

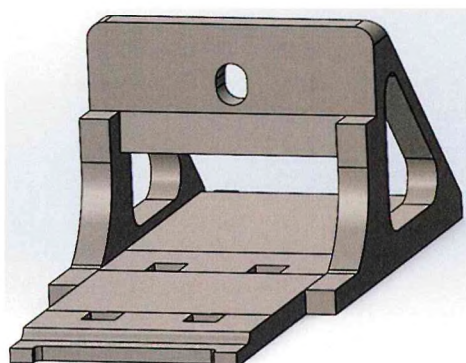


Рис. 4. Оптимизированная контрольная подкладка с упором

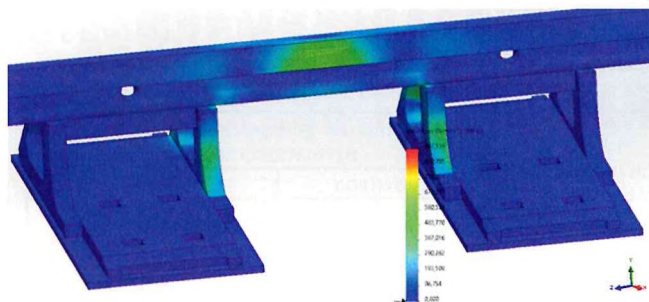


Рис. 5. Поля напряжений в оптимизированной контрольной подкладке с упором

скаемых напряжений при многоцикловом нагружении.

Вопросам повышения качества рельсов, креплений, стрелочных переводов, совершенствованию норм содержания рельсовой колеи уделяется значительное внимание [3]. Для увеличения надежности стрелочной продукции требуется изменение конструкции подкладок с упорами контрольного узла.

По результатам расчетов, основанных на напряженно-деформированной модели, были предложены варианты новых конструкций контрольных упоров. Так, оптимизированная подкладка с упором приведена на рис. 4.

На рис. 5 показаны поля напряжений в оптимизированной контрольной подкладке с упором.

В табл. 4 приведены напряжения в оптимизированной контрольной подкладке в сравнении с типовой.

Из табл. 4 видно, что напряжения в опасном сечении оптимизированной подкладки снижены в среднем в три раза и не превышают допускаемых значений.

Масса оптимизированной подкладки увеличена на 20 %, но напряжения в опасном сечении снижены в три раза.

Другой вариант — контрольная подкладка с упором арочной конструкции (рис. 6) — в настоящее время проходит эксплуатационные испытания в Московском метрополитене.

Таблица 4
Напряжения в оптимизированной и типовой контрольных подкладках по осям

Напряжения в подкладках, МПа								Снижение напряжений (раз)			
типовой				оптимизированной							
X	Y	Z	По Мизесу	X	Y	Z	По Мизесу	X	Y	Z	По Мизесу
329	98	90	330*	72	74	76	108*	4,5	1,3	1,2	3*

*Имеются в виду эквивалентные напряжения по Мизесу.

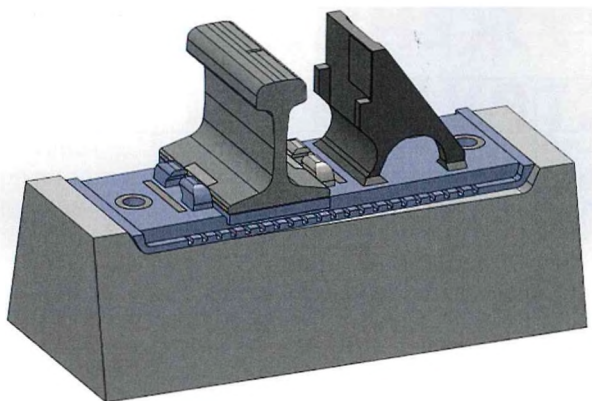


Рис. 6. Подкладка с упором арочной конструкции

Еще один вариант контррельсового узла, предполагающий изменение конструкции железобетонных брусьев (рис. 7), прошел эксплуатационные испытания на станции Навашино Горьковской дороги в составе стрелочного перевода ВСП.014.00.000 и в настоящее время испытывается на станции Муром Горьковской ДИ на переводе проекта МСЗ.8442.00.000. Главная особенность этой конструкции заключается в раздельном креплении контррельса и ходового рельса.

По результатам испытаний можно сделать следующие выводы:

превышение допустимых напряжений в контррельсовых подкладках с упорами является следствием конструктивных недостатков;

изломы контррельсовых подкладок носят усталостный характер, обычно на стрелочном переводе подкладки выходят из строя в самом нагруженном месте после пропуска более 100 млн т брутто;

кардинальная модификация контррельсовых подкладок возможна только при изменении конструкции железобетонных брусьев.

Цель исследовательской работы заключалась не только в выявлении фундаментальных причин излома рассматриваемых элементов, но и в получении объективных данных об их напряженно-деформированном состоянии. Эти сведения обеспечивают возможность адекватного мо-



Рис. 7. Контррельсовый узел с раздельным креплением контррельса и ходового рельса

делирования контррельсовых подкладок при их модернизации.

В настоящее время специалистами Муромского стрелочного завода модернизация контррельсовых узлов ведется по двум направлениям. Первое — совершенствование конструкции подкладок с упорами для возможности использования на существующем железобетонном основании (были разработаны различные варианты, которые сейчас проходят испытания), второе — корректировка конструкции железобетонных брусьев, предполагающая раздельное крепление контррельса и ходового рельса.

Список источников

1. Шишкина И.В. Повышение ресурса стрелок стрелочных переводов за счет усовершенствования прикрепления рельсовых элементов стрелки к основанию: дис. канд. техн. наук: 05.22.06 / Место защиты: РУТ. М., 2019. 117 с.
2. ГОСТ 34233.1–2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования. Введ. 01.08.2018. Изм. 01.09.2023. М.: Стандартинформ, 2019. 38 с.
3. Королёв В.В. Оптимизация конструкции контррельсов стрелочных переводов на основе анализа фактического состояния пути и особенностей воздействия на них колесных пар подвижного состава: дис. канд. техн. наук: 05.22.06 / МГУПС (МИИТ). М., 2012. 140 с.

DETERMINATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE LININGS WITH STOPS FOR FIXING THE COUNTER-RAIL OF THE SWITCHES

Lepeshichev Timofey — design engineer of the Murom Switch Plant, postgraduate student of the Department of Track and Track Facilities of the Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia. TimLep@yandex.ru

Zamukhovskiy Alexander — Ph.D., Associate Professor of the Department of Track and Track Facilities, Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia. miit.ppx@inbox.ru

Yershov Denis — chief designer of the Murom Switch Plant. Murom, Russia. dershov@vsholding.ru

Abstract. During the operation of switches, there are similar fractures of the guard rail linings with stops in the cross-section between the bottom of the rail and the stop. This work is devoted to the investigation of the causes of these fractures and the development of recommendations for improving the operational reliability of the lining structure.

Keywords: switchboard, railway track, guard rail, guard rail emphasis.

МОСТОВЫЕ СООРУЖЕНИЯ КАК ЭЛЕМЕНТЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВСМ



СМИРНОВ В.Н., Петербургский государственный университет путей сообщения (ПГУПС), докт. техн. наук,
ДЬЯЧЕНКО Л.К., ПГУПС, канд. техн. наук

Мостовые сооружения являются ключевым элементом инфраструктуры высокоскоростных магистралей. Конструктивные решения мостов во многом определяют возможность следования поездов с заданной скоростью. Для обеспечения надежности разнообразных вариантов мостов, эстакад, виадуков и путепроводов необходимо выполнять ряд требований к их конструкциям.

Как показывает мировой опыт [1–3], мостовые сооружения составляют 50 % и более общей протяженности магистралей, что обусловлено возможностью устройства пересечений с другими авто- и железнодорожными линиями в разных уровнях, сложными геологическими условиями, а также требованиями по минимизации вмешательства в окружающую среду.

Увеличение темпов строительства искусственных сооружений влечет за собой необходимость разработки унифицированных решений. В таблице приведены основные типы конструкций пролетных строений и опор на ВСМ разных стран (для России представлены данные на основании проектирования ВСМ Москва—Казань).

Типовыми конструкциями мостового полотна для ВСМ обычно являются разрезные балочные пролетные строения длиной 20–50 м. Для малых и средних пролетов также применяют конструкции из неразрезных балок. Следует отметить, что применение типовых конструкций, особенно на китайских ВСМ, способствовало резкому росту индустриализации изготовления пролетных строений и позволило достичь высоких темпов сооружения многопролетных эстакад, составляющих основную долю искусственных сооружений.

Опыт ФРГ. В настоящее время на высокоскоростных линиях акционерного общества «Германские железные дороги» (DB AG) все больше применяются рамные бесшарнирные мо-

стовые сооружения со статически неопределимыми схемами пролетных строений. Такие конструкции обладают хорошими эксплуатационными качествами и долговечностью, не требуют высоких расходов на содержание и эксплуатацию, эстетически привлекательны. Рассмотрим примеры таких решений.

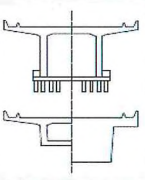
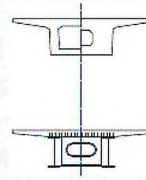
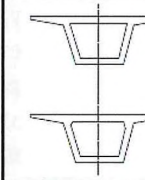
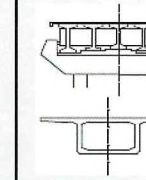
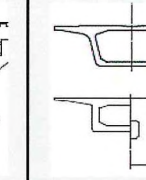
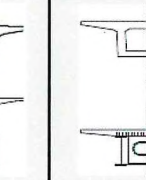
Путепровод Унструталь полной длиной 2668 м с путями, расположенными на высоте 50 м над дном долины, — крупнейшее железнодорожное железобетонное предварительно-напряженное мостовое сооружение в Европе. Конструкция состоит из четырех неразрезных 10-пролетных секций.

Путепровод Гензебахаль представляет собой многопролетную рамную статически неопределимую конструкцию, в которой продольные деформации отдельных секций ограничены с помощью специального анкерного пролета, установленного по центру каждой секции. Длина путепровода — 1012 м, высота над землей — от 9 до 19 м. Пролетное строение выполнено в виде двухбалочной предварительно-напряженной железобетонной конструкции для размещения двух железнодорожных путей. Балки монолитно объединены с круглыми железобетонными стойками диаметром 1 м на концах неразрезных секций и диаметром 1,1 м в середине секции.

На мосту через долину р. Фульда под два пути скоростной железнодорожной линии Ганновер—Вюрцбург применены разрезные сквозные сталежелезобетонные пролетные строения с ездой поверху длиной 57,6 и 72,0 м в целях упрощения их возможной замены.

Интерес к применению решетчатых балок вызван тем, что, в отличие от сплошностенчатых конструкций, стенка в данном случае представляет собой набор дискретных элементов, работающих на осевые силы, вследствие чего экономится сталь.

Основные типы конструкций пролетных строений и опор на ВСМ разных стран

Конструктивно-технологические параметры	Страна					
	Япония	Франция	ФРГ	Испания	КНР	Россия
Материал пролетного строения	Обычный и предварительно-напряженный железобетон, сталежелезобетон, сталь	Обычный и предварительно-напряженный железобетон, сталежелезобетон, сталь	Предварительно-напряженный железобетон	Предварительно-напряженный железобетон, сталежелезобетон	Предварительно-напряженный железобетон, сталежелезобетон	Предварительно-напряженный железобетон, сталежелезобетон (проектные данные)
Тип поперечного сечения						
Тип и длина пролетов	Разрезные: 24,2; 29,2; 34,2; 39,2; 44,2 м. Неразрезные: 3+3×6+3; (4÷5)×8; (4÷10)×10; 5×15 м	Разрезные: до 25 м. Неразрезные: 40–80 м	Разрезные: 25; 44; 58 м	Разрезные: 26,6 м. Неразрезные: 45 м	Разрезные: 32 м. Неразрезные: 40–100 м	Разрезные: 23,6; 34,2; 50 м. Рамные: (16+22+16) м. Неразрезные: 40+66+40; 48+88+48; 58+110+58 м
Конструкция опор	Массивные прямоугольного или круглого сечения	Массивные прямоугольного или круглого сечения	Массивные прямоугольного сечения	Массивные прямоугольного сечения	Массивные обтекаемого сечения	Массивные обтекаемого сечения
Тип фундамента	Свайный ростверк, сваи-оболочки большого диаметра, массивный на естественном основании	Свайный ростверк, массивный на естественном основании	Свайный ростверк, сваи-оболочки большого диаметра	Свайный ростверк, сваи-оболочки большого диаметра	Свайный ростверк	Свайный ростверк
Основной метод строительства	Изготовление на заводе или полигоне, бетонирование в проектном положении	Изготовление на заводе или полигоне, бетонирование в проектном положении, навесной монтаж (бетонирование)	Бетонирование в проектном положении, навесной монтаж (бетонирование), продольная подвижка	Навесной монтаж (бетонирование)	Изготовление на заводе или полигоне, навесной монтаж (бетонирование), монтаж крупными блоками консольно-шлюзовыми агрегатами	Изготовление на заводе или полигоне, бетонирование в проектном положении, навесной монтаж (бетонирование), монтаж крупными блоками

Опыт Испании. Мост через р. Арройо-Лас-Пьедрас — первый сталежелезобетонный мост на ВСМ Кордоба—Малага. Пролетное строение представляет собой неразрезную многопролетную сталежелезобетонную балку со схемой разбивки на пролеты 50,4+17×63,5+44+35 м. Высота промежуточных опор моста превышает 93 м.

Опыт Южной Кореи. Мостовой переход Кумган расположен на ВСМ Хоман и состоит из

трех разрезных пролетных строений комбинированной системы типа «арка с затяжкой» по схеме 85 + 130 + 85 м.

Железнодорожный мост Конпхо наряду с железобетонными предварительно-напряженными коробчатыми пролетными строениями в основном пролете имеет арку с двойной затяжкой, что является новшеством в практике мостостроения (рис. 1). Схема пролетных строений арочной ча-



Рис. 1. Общий вид моста Конпхо (Южная Корея)

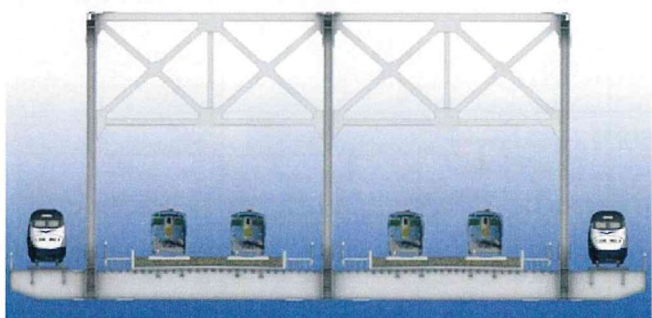


Рис. 2. Расположение железнодорожных путей на мосту Дашенгуан



Рис. 3. Мост Тяньксинджоу во время строительства

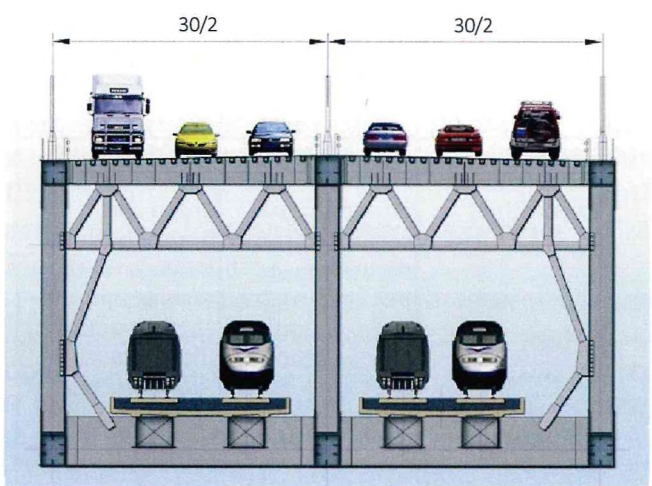


Рис. 4. Компонировка пролетного строения моста Тяньксинджоу

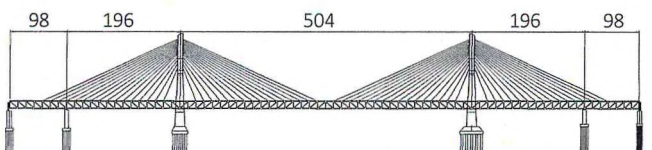


Рис. 5. Схема вантовой части мостового перехода

сти моста: $51,2 + 130 + 51,2 = 232,4$ м при ширине 9,1 м (один путь).

Введение вторичной затяжки, несмотря на усложнение конструкции, позволяет повысить жесткость системы пролетного строения и сэкономить материалы. Авторы называют подобную систему аркой с двойной затяжкой.

Опыт КНР. Мостовой переход Дашенгуан, расположенный вблизи г. Нанкина, находится на ВСМ Пекин—Шанхай (называемой Цзинху). Расчетная скорость движения составляет 350 км/ч. Мост имеет самый большой пролет для металлических арочных мостов под высокоскоростную железную дорогу.

Главная секция моста состоит из двух частей: одна расположена на южном берегу, перекрывает глубоководные судовые ходы р. Янцзы и представляет собой неразрезную металлическую арочную ферму со схемой пролетных строений $108 + 192 + 336 + 336 + 192 + 108$ м; другая часть, перекрывающая северную зону судового хода, выполнена в виде двух неразрезных металлических ферм с параллельными поясами с пролетами 2×84 м. В плане мост расположен на прямой, в профиле — с уклонами 0,59 % по обоим концам. Главная секция расположена на вертикальной кривой радиусом 35000 м, арочные фермы с ортотропной плитой проезжей части — в трех вертикальных параллельных плоскостях. На мосту шесть железнодорожных путей (рис. 2).

По мосту Тяньксинджоу (г. Ухань) через р. Янцзы следует автомобильный и железнодорожный транспорт (четыре пути). В целях снижения в элементах фермы внутренних напряжений в поперечном сечении пролетного строения размещено три фермы (рис. 3, 4).

Вантовая секция моста состоит из пяти пролетов: $98 + 196 + 504 + 196 + 98$ м (рис. 5). Балка вантового пролетного строения выполнена в виде металлической фермы Гау шириной 31 м и высотой 17 м.

Опыт Италии. Для итальянских ВСМ характерны различные балочные системы с использованием типовых конструкций в виде двухкоробчатых пролетных строений под два пути (рис. 6). Применяются также плитно-ребристые конструкции. Например, в двухпутной эстакаде ВСМ Рим—Флоренция использованы коробчатые пролетные строения разрезной системы с пролетом 23 м. Общая длина эстакады — 2548 м, высота над поверхностью грунта — око-

ПРИМЕНЕНИЕ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ



ГУДИНО М.Л., ООО «Новые трубные технологии», коммерческий директор

Появление и выпуск стеклопластиковых (стеклокомпозитных) труб стали возможными в конце 1950-х годов, когда было освоено промышленное производство термореактивных связующих (прежде всего, эпоксидных и полиэфирных смол, пероксидов) и стеклянных волокон. И довольно быстро оказались очевидны преимущества этих труб: высокая прочность, коррозионная стойкость, малая масса.

Первую стеклопластиковую трубу выпустили в Швейцарии в 1961 г. (рис. 1), и она до сих пор используется в деривационном водоводе, при этом в сложных эксплуатационных условиях.

С тех пор технологии производства таких труб ушли далеко вперед и в плане скорости производства, и в плане контроля свойств готовой продукции. Появились методики точного прогнозирования долговечности искусственного сооружения из стеклопла-

стиковой трубы, расчетов прочностных свойств, прогнозов деформаций и устойчивости сооружений при использовании трубы в течение 50 лет и более.

Компания «Новые трубные технологии» (ООО «НТТ») выпускает стеклопластиковые трубы (рис. 2) с 2007 г. За это время накоплен большой опыт производства, подготовлено много квалифицированных кадров, построено довольно много водоводов различного назначения. Выпускаемые трубы имеют следующие параметры: диаметр — 300–3200 мм; кольцевая жесткость — 1200–1000000 н/м²; стойкость к внутреннему давлению — до 32 атм.

Изначально планировалось, что их будут укладывать только бестраншейным способом и там, где нельзя организовать технологические «окна» или высота насыпи такова, что установка шпунта не представляется возможным. Однако позднее такие трубы

ло 10 м. Балки массой по 500 т изготовлены на приобъектном полигоне и смонтированы с помощью лидерной металлической балки и шлю-

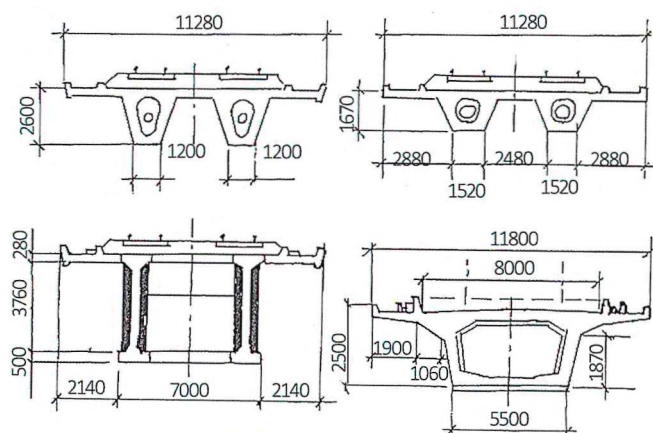


Рис. 6. Поперечные сечения пролетных строений эстакад ВСМ (Италия)

зового агрегата. Опоры эстакады сооружены из монолитного железобетона на фундаментах в виде буровых свай диаметром 1 м и длиной около 36 м.

Опыт Франции. Большинство пролетных строений мостов и путепроводов на французских ВСМ выполнено в виде балок неразрезной системы из монолитного железобетона. Сечение — коробчатое, под два пути. Длина пролетов — около 30 м; высота коробки — около 3 м.

Балочные пролетные строения, бетонируемые на подходах, монтировали методом циклической продольной надвигки по полпролета с применением аванбеков. Для моста через р. Арру пролетное строение выполнено по схеме 20+3×28,5+20 м.

(Окончание в следующем номере)



Рис. 1. Одна из первых стеклопластиковых труб



Рис. 2. Стеклопластиковые трубы ООО «НТТ»



Рис. 3. Автоматический микротоннельный комплекс



Рис. 4. Прокладка трубы методом неуправляемого продавливания на перегоне Сарбала—Черный Калтан Западно-Сибирской дороги

также стали предусматривать в проектах, где из-за агрессивных грунтов срок службы железобетонных и стальных труб очень короток и поэтому их применение не практично. А стеклопластик абсолютно не подвержен коррозионному воздействию.

Стеклопластиковую трубу можно прокладывать в железнодорожной насыпи несколькими способами, каждый из них эффективен в определенных условиях.

Автоматический микротоннельный комплекс (типа AVN Herrenknecht) (рис. 3) используют при большой длине прокладки (>70 м) и достаточно высокой насыпи (над трубой до рельсов не менее двух диаметров) или ниже подошвы насыпи, когда нужна высокая точность, например, при трубах в несколько очков.

Продавливание с управляемым ножевым кольцом применяют в тех же условиях, но длина проходки меньше и требования к высоте насыпи над трубой не такие жесткие.

Неуправляемым продавливанием прокладывают обычно одноочковые трубы с длиной продавливания не более 50 м (рис. 4).

Буровую установку с оборотной стальной трубой задействуют, как правило, при прокладке труб диаметром до 1200 мм, так как это минимальный габарит, в котором разрешается работать людям.

Продавливание с предварительным бурением лидерной трубы буровой установкой (рис. 5) применяют, когда нужна высокая точность прокладки (при многоочковых трубах или при сложном профиле прокладки).

В открытую траншею стеклопластиковую трубу укладывают, когда насыпь невысокая и есть возможность организовать технологические «окна» в движении поездов.

При прокладке двухпутных вставок трубу в насыпь под старым путем прокладывают бестраншейно, а в новую насыпь кладут в открытую траншею.

Протаскивание новой трубы в старую (санация) применяют, если старая водопропускная труба из-за износа начинает терять устойчивость. В этом случае водопропускное сооружение требуется укрепить сердечником, который сам по себе может нести нагрузку от горного давления и динамическую нагрузку от железнодорожного состава. После протаскивания стеклопластиковой трубы внутрь старой и забутовки межтрубного пространства конструкция получается в несколько раз прочнее и долговечнее, чем новая железобетонная.

Чтобы характеристики новой трубы полностью соответствовали условиям прокладки, специалисты инженерингового центра ООО «НТТ» по каждому проекту ОАО «РЖД» строят конечно-элементную модель

сооружения, которая описывает напряженно-деформированное состояние насыпи со стеклопластиковой водопропускной трубой внутри. Данной моделью описывается состояние конструкции от момента инсталляции и до 50 лет и более. Расчет включает в себя все возможные воздействия на сооружение, в том числе сейсмические нагрузки.

На искусственных сооружениях железных дорог России трубы из стеклопластика начали применять с 2012 г. после того, как были получены нужные согласования и прошли необходимые испытания в профильных центрах. Здесь следует отметить, что все заявленные свойства полностью подтвердились:

прочность материала позволяет применять трубы из него в любых насыпях на железных дорогах;

устойчивость к различным температурным режимам окружающего воздуха (изменения температуры от -70 до $+100$ °С практически не отражаются на рассматриваемом материале трубы);

возможность применения систем трубопроводов в районах с сейсмической активностью до 9 баллов;

долговечность материала в течение 50 лет эксплуатации под нагрузкой и в агрессивных средах;

химическая стойкость. Стеклопластик настолько стоек к химическому воздействию, что из него изготавливают емкости для длительного хранения 70-процентной серной кислоты.

Несмотря на то, что стеклопластиковые трубы гораздо прочнее железобетонных, они относятся к классу эластично деформируемых, что обуславливает несколько иную их работу в насыпях. Под воздействием горного давления и динамических сил от подвижного состава труба деформируется на малую долю процента, нагрузка распределяется на нижнюю часть окружности тела трубы, из-за чего не происходит ее просадка в насыпи под рельсами. Этому способствует также и вес стеклопластиковых труб, который гораздо ниже, чем вес железобетонных. Соответственно, строительного подъема при прокладке стеклопластиковых труб не требуется.

Более половины всех железнодорожных путей электрифицированы. В связи с этим стальным трубам требуется электрохимзащита, а железобетонным — защита от наведенных токов, которые разрушают внутреннюю арматуру, что снижает долговечность искусственных сооружений. Преимущество стеклопластика заключается в его диэлектрических свойствах: токи в нем не возникают и не разрушают структуру трубы.

Стальные и железобетонные трубы реагируют на окружающую среду. Есть местности, где грунты, составляющие насыпь, настолько агрессивны, что под воздействием грунтовых вод быстро корродируют не



Рис. 5. Продавливание с предварительным бурением лидерной трубы бурошнековой установкой на перегоне Юрга—Таштагол Западно-Сибирской дороги

только сталь, но даже внутреннее армирование железобетонных труб, что приводит к износу водопропускных сооружений и затратам на их ремонт и восстановление.

Доказав со временем свою состоятельность, стеклопластиковые трубы стали все более широко применяться на водопропускных сооружениях ОАО «РЖД». Только компания ООО «НТТ» поставила такую трубу на 75 водопропускных сооружений. Специалисты Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД» также оценили свойства стеклопластиковых труб, которые не заиливаются, не подвержены биообрастанию (благодаря очень гладкому внутреннему лайнеру из чистого полимера) и не требуют ремонта.

Все больше профильных железнодорожных проектных институтов обращаются в разработках к стеклопластиковым трубам, поскольку они не требуют в своем основании свайных полей, ростверков, нет необходимости организовывать технологические «окна», не нужна установка шпунтов. Это снижает общую смету и сокращает сроки строительства.

Стеклопластиковая труба может применяться с любым типом оголовков (раструбными, вертикальными, коридорного типа и порталными). Муфта герметичная, из нержавеющей металла, держит до 6 атм внутреннего давления и до 3,5 атм обратного давления и при необходимости позволяет работать в напорном режиме.

Опыт применения стеклопластиковых труб на объектах ОАО «РЖД» показал, что они имеют массу преимуществ по сравнению с трубами из традиционных материалов, эффективны на этапе инсталляции и при долговременной эксплуатации.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА СВЕРДЛОВСКОЙ ДОРОГЕ



**ДЯДОВ С.И., ОАО «Российские железные дороги»,
Свердловская дирекция инфраструктуры, заместитель начальника службы пути**

Свердловская железная дорога расположена на территории, характеризующейся сложными геологическими и метеорологическими условиями, что отражается на особенностях эксплуатации земляного полотна.

По состоянию на 01.01.2024 общая протяженность земляного полотна составила 7015,275 км, в том числе с дефектами — 1321,16 км (18,83 %).

К основным видам дефектов и деформаций земляного полотна относятся следующие:

- балластные корыта — 729,28 км (55,2 %);
- карст — 223,60 км (16,9 %);
- участки с пучинами — 212,04 км (16,1 %);
- завышенная крутизна откосов — 41,58 км (3,1 %);
- осадки — 53,7 км (4,1 %);
- зауженная ширина основной площадки — 44,67 км (3,3 %);
- обвалы — 11,04 км (0,8 %);
- сплывы — 3,6 км (0,3 %);
- водоразмывы — 2,35 км (0,2 %).

В связи с тем, что дефектность земляного полотна

в границах Свердловской дороги выше среднесетевой, с 2014 г. формируются механизированные комплексы по ремонту земляного полотна на базе дистанции инженерных сооружений.

В настоящее время эксплуатируются 12 комплексов, которые включают в себя следующие машины:

23 гусеничных экскаватора для выемки грунта, удаления балластных шлейфов;

11 бульдозеров для выемки грунта, удаления балластных шлейфов;

один каток для устройства притрассовых дорог методом уплотнения грунта;

два автогрейдера для планировки грунта, устройства притрассовых дорог;

12 грузопассажирских автомобилей УАЗ для доставки бригады к месту работ, подвоза топлива для автотракторной техники.

Общая концепция содержания земляного полотна в исправном техническом состоянии, которая используется (в том или ином виде) в структурных подразделениях хозяйства пути, предусматривает следующие этапы: осмотр

и надзор; анализ результатов полученных данных; разработка мероприятий; включение в программы содержания и ремонта; выполнение работ; контроль за качеством работ; актуализация паспортных данных.

Специалистами дистанции инженерных сооружений, службы пути и руководством Свердловской дирекции инфраструктуры в 2022 г. сформирован Альбом типовых поперечных профилей для разных типов земляного полотна. Всего разрабо-



Рис. 1. Внезапные деформации земляного полотна в границах Свердловской дороги

тано пять типовых поперечных профилей, которые берутся за основу специалистами Екатеринбургского центра диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры при формировании рабочей документации для текущего содержания, специалистами Екатеринбургского проектно-изыскательского института «Уралжелдорпроект» при формировании проектной документации для капитального ремонта.

В подготовительный период проводят комиссионные осмотры с подписанием актов инструментальных проверок и составлением дефектных ведомостей по вырубке древесно-кустарниковой растительности. По итогам комиссионных осмотров и перед началом основных работ выполняют вынос (шурфовку) кабелей, вырубает древесно-кустарниковую растительность и деревья.

К основным видам работ на земляном полотне, выполняемым с использованием механизированных комплексов дистанции инженерных сооружений, относятся следующие:

раскрытие выемок (устройство притрассовых дорог), что составляет 50 % общего объема запланированных работ, из них 16 % — по устройству притрассовых дорог;

очистка и нарезка кюветов, водоотводных и нагорных канав — 25 %;

сопровождение «окон» ремонтно-путевых работ (подготовка резервов, отделочные работы) — 10 %;

уборка балластных шлейфов, уположение откосов насыпи — 5 %;

формирование контрбанкетов — 4 %;

очистка русел малых мостов и труб, подготовка сооружений к пропуску паводка — 3 %;

аварийно-восстановительные работы — 3 %.

В связи с формированием на полигоне Свердловской дороги 12 механизированных комплексов дирекцией инфраструктуры предприняты дополнительные меры по контролю объемов и качества выполненных работ:

контрольные проверки руководством дороги, в том числе ревизорским аппаратом;

видеонаблюдение на фронтах работы механизированных комплексов;

формирование системы контроля за местоположением, уровнем топлива с помощью системы ГЛОНАСС.

За последние 12 лет (с 2012 по 2024 г.) в границах Свердловской дороги произошли 62 внезапные

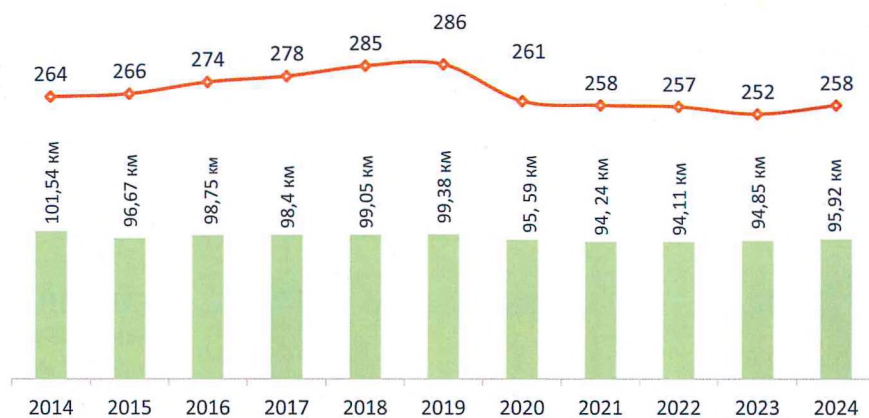


Рис. 2. Количество и протяженность большого земляного полотна в границах Свердловской дороги

деформации; максимальные (пиковые) деформации — с 2015 по 2017 г. (рис. 1). Именно формирование механизированных комплексов позволило минимизировать перерывы в движении поездов после возникновения внезапных деформаций в 2016, 2017, 2019 и 2021 гг.

С 2014 г. механизированными комплексами выполнены колоссальные объемы работ — 20220 тыс. м³.

В 2024 г. выполнены работы в объеме 3888 тыс. м³, в том числе:

на 28 участках текущего содержания — 1979 тыс. м³;

на 24 участках капитального ремонта пути — 1909 тыс. м³.

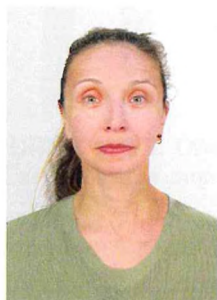
Для обеспечения бригад питанием и обогревом без отрыва от работы в состав механизированных комплексов включены передвижные бытовки.

Все 12 комплексов укомплектованы типовыми вагон-домами, рассчитанными на проживание до восьми человек одновременно. Для обеспечения комфортных условий пункты временного проживания размещают на станциях, подключают к энергосети, снабжают водой.

Анализ использования комплексов в 2024 г. показывает, что более 60 % работ приходилось на объекты капитального ремонта пути, в том числе более 50 % — 1-го уровня. Однако по состоянию на конец 2024 г. в границах Свердловской дороги оставались 258 участков большого земляного полотна общей протяженностью 95,92 км (рис. 2).

Целесообразно выделить опытные участки в границах железных дорог для применения различных методов укрепления откосов земляного полотна после выполнения работ, например, по раскрытию выемок. Это позволит определить два-три основных метода, которые будут наиболее эффективны и менее затратны.

О ПОКАЗАТЕЛЯХ И ПРИЧИНАХ НАРУШЕНИЙ КОМФОРТА ПассажиРОВ И ПЛАВНОСТИ ХОДА ПОЕЗДОВ



ЗЕНЗИНОВ Б.Н., АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), канд. техн. наук,
ЗЕНЗИНОВА Ю.Б., Институт информационных технологий и цифровой трансформации Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина, канд. техн. наук,
ТРУШИНА Е.А., АО «ВНИИЖТ», ведущий инженер

В связи с ухудшением на отдельных направлениях и участках сети комфорта пассажиров и плавности хода скоростных, высокоскоростных и пассажирских поездов была создана Дорожная карта по реализации работ, направленных на обеспечение уровня комфортности следования пассажиров и плавности хода поездов на направлениях Москва—Санкт-Петербург, Москва—Смоленск, Москва—Нижний Новгород, Москва—Адлер, Москва—Казань, от 21.09.2023 № 1727 (далее — Дорожная карта).

Для того чтобы выяснить причины ухудшения комфорта пассажиров и плавности хода поездов, следует определить:

показатели комфорта пассажиров и плавности хода поездов с различным подвижным составом на направлениях, указанных в Дорожной карте;

фактические характеристики состояния путевой инфраструктуры на указанных направлениях; влияние на показатели комфорта пассажиров и плавности хода поезда состояния пути при различных режимах ведения поезда.

Действующими нормативными документами ОАО «РЖД» предусмотрен периодический контроль нарушений показателей комфорта пассажиров по ускорениям кузова скоростных, высокоскоростных и пассажирских поездов на основных направлениях пассажирского движения с помощью портативного автономного акселерометра (прибор «АКСИОМА»), устанавливаемого в вагонах поездов. Перечень проверяемых участков пути и периодичность контроля определены распоряжением Центральной дирекции инфраструктуры.

Проверка производится согласно Инструкции по оценке состояния скоростных и высокоскоростных участков пути по критериям плавности хода, утвержденной Распоряжением ОАО «РЖД» от 22.01.2019 № 93/р, в редакции от 11.08.2022 (далее — Инструкция 93/р). Для оценки участков пути используются показатели «плавность хода» и «комфорт пассажиров» с установленными пороговыми значениями степеней нарушений (табл. 1, 2). При этом штрафные функции за выявленные нарушения комфорта не предусмотрены, контроль остается формальным.

В рамках выполнения заданий Дорожной карты были проведены поездки с измерением и оценкой ускорений в кузовах скорых и скоростных поездов на указанных направлениях. Измерения производились в привязке к пикетажу с определением показателей плавности хода поездов и комфорта пассажиров по требованиям

Таблица 1

Шкала показателей плавности хода поездов

Вертикальное ускорение A_z , м/с ²	Горизонтальное ускорение A_y , м/с ²	Степень нарушения
Менее 1	Менее 1	I
1,1–2,0	1,1–1,5	II
2,1–2,5	1,6–2,5	III
Более 2,6	Более 2,6	IV

Таблица 2

Шкала показателей комфорта пассажиров

Диапазон среднеквадратических значений виброускорения, м/с ²	Уровень комфорта	Степень нарушения
Менее 0,315	Комфортно	I
0,316–0,630	Легкий дискомфорт	II
0,640–0,800	Чувствительный дискомфорт	III
Более 0,800	Сильный дискомфорт	IV

Инструкции № 93/р на следующих видах подвижного состава:

высокоскоростной электропоезд «Сапсан»;

скоростной электропоезд «Ласточка»;

одноэтажные и двухэтажные вагоны пассажирских поездов.

Общий объем проведенного анализа, тыс. км, составил по направлениям:

Москва—Санкт-Петербург — более 15;

Москва—Нижний Новгород — более 6;

Москва—Смоленск — более 4;

Москва—Казань — более 5;

Москва—Адлер — более 8.

Всего выявлено более 36,6 тыс. нарушений разной степени комфорта пассажиров и плавности хода поездов: по величине ускорений A_y — 12,7 тыс., A_z — 6,2 тыс., среднеквадратическое отклонение горизонтального ускорения C_y — 7,4 тыс., среднеквадратическое отклонение вертикального ускорения C_z — 10,3 тыс. В среднем на этих направлениях на 100 км пути приходится 95,8 нарушений II степени; 3,57 нарушений III степени и 0,29 нарушений IV степени.

Количество нарушений комфорта пассажиров на разных направлениях (рис. 1) отличается в разы, так как разные типы поездов двигаются с разными скоростями: ускорения в поезде «Сапсан» при скорости 200–250 км/ч больше ускорений в пассажирском поезде при скорости 80–90 км/ч.

Установлено, что количество выявляемых прибором «АКСИОМА» неисправностей по комфорту пассажиров с каждым месяцем изменяется кратно (рис. 2). Состояние пути по всем отчетным формам намного стабильнее — с каждым месяцем оценки направления меняются, но всего лишь на проценты, а не в разы.

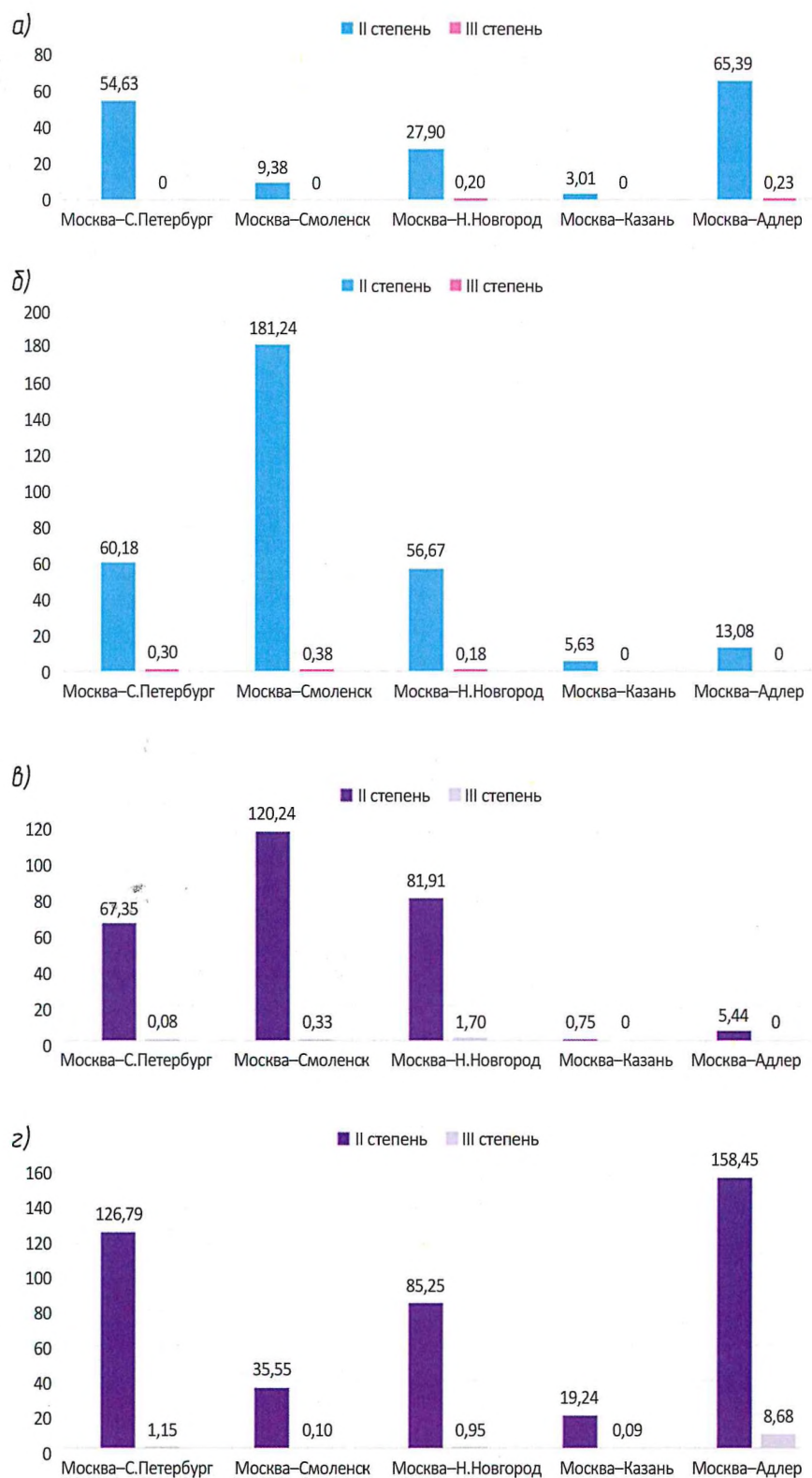


Рис. 1. Количество нарушений комфорта пассажиров, шт. на 100 км пути, на разных направлениях (II и III степени):

а — вертикальные ускорения A_z ; б — горизонтальные ускорения A_y ; в — среднеквадратическое отклонение горизонтального ускорения C_y ; г — среднеквадратическое отклонение вертикального ускорения C_z

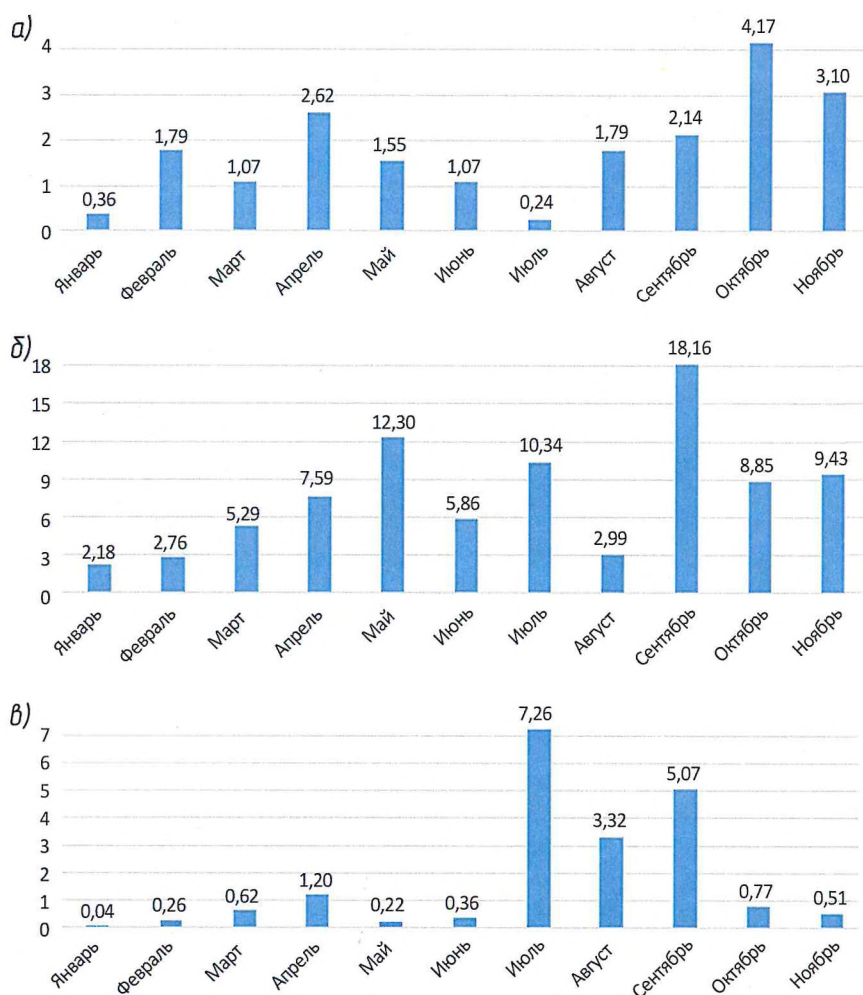


Рис. 2. Количество нарушений комфорта III степени на 100 км пути в течение года на направлениях Москва—Смоленск (а), Москва—Нижегород (б), Москва—Адлер (в)

Сравнительные характеристики оценок ГРК и данных прибора «АКСИОМА»

Направление	Данные путеизмерителя			Данные прибора «АКСИОМА»		
	Средний балл	Среднее средне-квадратическое отклонение		Тип поезда	Средняя скорость	Модуль суммарного ускорения
		просадок и перекосов	рихтовок			
Москва—Санкт-Петербург	1,7	0,93	1,26	«Сапсан»	195	0,32
Москва—Смоленск	24,4	1,25	2,41	«Ласточка»	112	0,28
Москва—Нижегород	6,3	1,27	1,56	«Ласточка»	135	0,28
Москва—Казань	30,1	—	—	Пассажирский одноэтажный	84	0,19
Отрожка—Ростов	43,2	2,04	3,67	Пассажирский двухэтажный	89	0,29
Батайск—Кривенковская	34,4	1,81	3,13	Пассажирский двухэтажный	92	0,24
Туапсе—Адлер	42,1	2,61	9,32	«Ласточка»	61	0,18

Следовательно, наиболее значимым фактором, изменяющим оценки плавности хода поездов и комфорта пассажиров, является техническое состояние разных вагонов, поскольку средняя скорость поезда и среднее состояние пути являются мало изменяемыми величинами. Также очевидно, что оценка состояния пути по показателям нарушений комфорта пассажиров может быть только дополнительной к существующей оценке по Инструкции 436/р — не должно быть простого суммирования штрафных баллов за то, что является ответственностью путейцев, и за то, что зависит не только от них.

В соответствии с утвержденной программой и методикой исследований показателей комфорта пассажиров и плавности хода поездов на всех направлениях, установленных Дорожной картой, проведены проезды мобильных диагностических комплексов с измерением фактических характеристик путевой инфраструктуры.

Основной объем данных получен по результатам режимных проходов мобильных диагностических комплексов типа ЦНИИ-4, которые выдают в открытом формате всю необходимую информацию о состоянии пути:

характеристики продольного профиля;

положение пути в плане, включая прямые и кривые участки;

параметры геометрии рельсовой колеи (ГРК) (ширина колеи, уровень, просадки, перекосы, рихтовка);

длинные вертикальные и горизонтальные неровности пути; подуклонку и износ рельсов.

Была сделана программа «склеивания» данных измерений прибором «АКСИОМА» и путеизмерителя, позволяющая наглядно представить взаимо-

связь увеличения колебаний вагонов и неровностей колеи.

На рис. 3 представлен пример ускорений и скорости поезда «Ласточка» и характеристики состояния пути (кривизна, неровности, рихтовка, уровень) на участке Москва—Смоленск.

Сравнение характеристик ГРК и ускорений по данным прибора «АКСИОМА» (табл. 3) на разных направлениях свидетельствует об отсутствии зависимости между ускорениями поездов и балловой оценкой состояния пути.

Комфорт пассажиров в наибольшей степени зависит от скорости и типа поезда. Для «Сапсана» и «Ласточки» ускорения колебаний в горизонтальной плоскости, как правило, больше, чем в вертикальной, а для пассажирских поездов — наоборот. Наибольшая раскачка скоростных поездов происходит из-за повторяющихся длинных неровностей пути в горловинах станций; пассажирских поездов — в местах увеличения просядок и перекосов пути.

Для оценки влияния на показатели плавности хода поездов и комфорта пассажиров скорости и режимов движения поезда определены фактические значения показателей при различных скоростях: 80/100/120/140/160 км/ч; для поездов «Сапсан» — для скоростей 160/200/более 200 км/ч.

Установлено, что на показатели комфорта пассажиров режимы разгона (торможения) пассажирских поездов практически не влияют (кроме случаев экстренного торможения). При разгоне и торможении поезда продольные ускорения вагона увеличиваются, но не превышают 1 м/с^2 . Ускорения в продольном направлении зависят только от режима движения поезда и практически не связаны с состоянием пути и подвижного состава, поэтому они не должны учитываться при оценке показателей плавности хода поездов и комфорта пассажиров.

Из характеристик технического состояния пассажирского подвижного состава и электропоездов «Ласточка» и «Сапсан» на плавность хода и комфорт пассажиров в наибольшей степени влияют характеристики вертикальных гидравлических демпферов первой и второй ступени подвешивания, гасителей виляния и поперечных колебаний, а также форма профиля колеса.

Анализ полученных расчетных значений пассажирских вагонов свидетельствует о том, что при снижении уровня демпфирования значи-

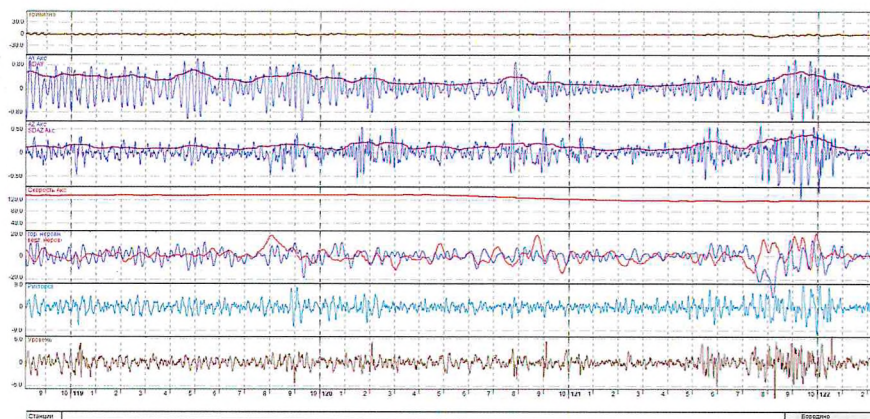


Рис. 3. Пример ускорений и скорости поезда «Ласточка» и характеристики состояния пути (кривизна, неровности, рихтовка, уровень) на участке Москва—Смоленск

тельно ухудшается плавность хода в вертикальной плоскости; в горизонтальной плоскости ухудшение менее значимо. Уменьшение демпфирования в гасителях на 20 % от исходного состояния приводит к снижению плавности хода на 7 % и, как следствие, к снижению скорости движения на 10–20 км/ч, при которой обеспечивается допустимое значение показателя плавности хода.

Определены участки пути с наибольшим уровнем дискомфорта в разных типах подвижного состава на следующих направлениях, указанных в Дорожной карте:

Москва—Санкт-Петербург — отмечены повторяющиеся нарушения комфорта в горловинах ряда станций — увеличения колебаний кузова в вертикальной и горизонтальной плоскостях из-за длинных неровностей пути в профиле и плане;

Москва—Смоленск — отмечены периодические колебания кузова в горизонтальной плоскости (виляние вагона) из-за повторяющихся неровностей пути в плане длиной около 25 м и величиной до 10 мм;

Москва—Нижний Новгород — для поездов «Ласточка» выявлены превышения нормативов по показателям C_y , C_z , A_y . На I пути нарушений выявлено меньше, чем на II;

Москва—Казань — выявлены отдельные превышения нормативов II степени по показателю C_z . Существенных нарушений комфорта пассажиров не выявлено, что объясняется невысокой скоростью движения;

Москва—Адлер — выявлены многочисленные превышения норматива по показателю C_z (самые большие из всех направлений по Дорожной карте); нарушений комфорта по другим показателям не выявлено.

Эти участки удалось установить, выполнив один из пунктов Дорожной карты — определив фактические показатели комфорта пассажиров на основных направлениях сети в зависимости от состояния пути и подвижного состава.

Улучшить комфорт пассажиров и плавность хода поездов невозможно без доработки существующей нормативной базы оценки состояния пути и подвижного состава. В настоящее время нет четкого разделения показателей «комфорт пассажиров» и «плавность хода поездов», их часто путают.

Следует отметить, что показатели и нормативы оценки в Инструкции 93/р отличаются от показателей и нормативов, применяемых на практике.

Показатель плавности хода пассажирского подвижного состава определяется в соответствии с ГОСТ 33796–2016 и ГОСТ 35088–24 при проведении сертификации нового или модернизированного подвижного состава. Плавность хода — это безразмерная величина, определяемая на временных интервалах не менее 200 с, т. е. неприменимая для оценки конкретных участков пути. Это характеристика подвижного состава, которая может и должна применяться для сравнения состояния различных вагонов пассажирских поездов при эксплуатации (чего сейчас не делается).

В рамках выполнения задач Дорожной карты по улучшению комфорта пассажиров необходимо ввести дополнительную оценку участков, на которых нарушается комфорт пассажиров. Сейчас это не делается, так как оценки прибором «АКСИОМА» «оторваны» от действующей системы оценок работы путейцев.

При оценке нарушений комфорта пассажиров анализируются вертикальное и горизонтальное среднеквадратические ускорения, измеренные в кузове вагона портативным акселерометром. Эти показатели не связаны с нарушением безопасности движения поездов; выявленные нарушения не требуют ограничения установленной скорости.

В основу Инструкции 93/р положены требования Межгосударственного ГОСТ 31191.1–2004 (ИСО 2631-1:1997) «Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека», в котором приведены только общие требования, отсутствуют однозначные количественные критерии:

«Пункт 8.2.1: В настоящее время не имеется данных, подтверждающих существование какой-либо определенной зависимости между длительно-

стью воздействия вибрации и степенью вызываемого ею дискомфорта. Приемлемые с точки зрения комфорта параметры вибрации зависят от многих факторов, которые меняются для разных условий воздействия вибрации. Поэтому в стандарте не установлено никаких требований к допустимой вибрации.

Ниже приведены значения, которые могут дать приближенное представление о возможной реакции человека на различные среднеквадратические значения виброускорения в условиях общественного транспорта:

*менее 0,315 м/с² — дискомфорт не ощущается;
0,315–0,630 м/с² — легкое ощущение дискомфорта;*

0,5–1,0 м/с² — приемлемое ощущение дискомфорта;

0,8–1,6 м/с² — отчетливое ощущение дискомфорта;

1,25–2,50 м/с² — ощущение сильного дискомфорта;

свыше 2 м/с² — крайняя степень дискомфорта».

В ГОСТ 31191.1–2004 отсутствуют допустимые величины ускорений; приведенные значения характеризуют средний уровень вибрации на неких временных интервалах (обычно речь идет о нескольких часах). Однако в Инструкции 93/р оцениваются участки, которые поезд проезжает за несколько секунд. Установленные в Инструкции пороги легкого и чувствительного дискомфорта (см. табл. 2) согласно ГОСТ 31191.1–2004 объективно обоснованы при воздействии такой вибрации в течение 4–8 ч. Следовательно, пороговые значения для легкого и чувствительного дискомфорта в Инструкции 93/р могут рассматриваться как заниженные — для временных интервалов до единиц минут они могут быть до двух раз больше.

СТО РЖД 03.005-2018 фактически является переводом европейского стандарта EN 12229. В нем применяется несколько показателей, не используемых в ОАО «РЖД»; к тому же, для половины не установлены нормативные значения. СТО РЖД 03.005-2018 не удобен для оценки состояния железнодорожной инфраструктуры на конкретных участках длиной до километра. Поэтому в Инструкции № 93/р, по требованиям которой сейчас производится проверка основных направлений пассажирского движения поездов, нормативы СТО РЖД 03.005-2018 не применяются.

В рамках выполнения Дорожной карты разработан проект СТО «РЖД» «Плавность хода скоростных, высокоскоростных и пассажирских поездов. Требования и методы контроля». Уточнены показатели дополнительной оценки состояния

Таблица 4

Пороговые значения показателей нарушений комфорта пассажиров

Модуль ускорений A_z и A_y , м/с^2	СКО ускорений, м/с^2		Уровень комфорта	Степень нарушения комфорта
	A_z	A_y		
До 1,0	До 0,5	До 0,5	Комфортно	0
Более 1,0 до 1,8	Более 0,5 до 0,8	Более 0,6 до 0,7	Легкий дискомфорт	I
Более 1,8 до 2,3	Более 0,8 до 1,1	Более 0,7 до 1,0	Чувствительный дискомфорт	II
Более 2,3 до 2,8	Более 1,1 до 1,5	Более 1,0 до 1,5	Сильный дискомфорт	III
Более 2,8	Более 1,5	Более 1,5	Предельный дискомфорт	IV

пути по показателям плавности хода поездов и пороговые значения степеней нарушений комфорта пассажиров, а также предложено ввести оценку состояния пассажирского подвижного состава в условиях эксплуатации (в настоящее время такая оценка отсутствует).

В целях улучшения комфорта пассажиров на основных направлениях сети по результатам проведенного анализа нормативных документов и фактических показателей комфорта пассажиров предлагается следующее:

для оценки состояния пути по показателям плавности хода поездов определять значения модуля ускорений кузова в поперечной плоскости пути (модуль ускорений A_z и A_y) и среднеквадратические отклонения ускорений;

для выявления вагонов с плохими динамическими характеристиками («худших» вагонов в составе пассажирского поезда) определять показатели плавности хода всех вагонов, входящих в состав поезда (по правилам ГОСТ 35088–2024) на минутных интервалах времени.

Модуль ускорений кузова в поперечной плоскости пути является показателем комфорта при дискретных событиях — краткосрочного воздействия ускорений, воспринимаемых пассажиром.

Среднеквадратические отклонения (СКО) ускорений являются показателем нарушений комфорта — воздействия ускорений в течение десятков секунд.

Предлагаемые пороговые значения показателей нарушений комфорта пассажиров приведены в табл. 4. Пороговые значения легкого дискомфорта предлагается незначительно повысить с учетом рекомендаций ГОСТ 31191.1–2004.

За превышение установленных порогов степеней дискомфорта предлагается назначать штрафные баллы: за каждое нарушение I степени — 1 балл, II — 5 баллов, III — 25 баллов, IV — 100 баллов.

Сумма баллов на проверяемом километре дает дополнительную оценку состояния данного километра по показателям плавности хода поездов и комфорта пассажиров, которая является отдельной и не должна суммироваться с оценкой

километра по показателям безопасности движения согласно Инструкции 436/р, поскольку такая оценка отсутствует на линиях грузового движения и малодеятельных линиях; она не является универсальной для оценки пути, так как зависит от состояния подвижного состава не меньше, чем от состояния пути.

Оценка состояния пути по показателям плавности хода поездов и комфорта пассажиров должна использоваться при планировании выправки пути на линиях пассажирского и скоростного движения.

Сравнительную оценку технического состояния эксплуатируемого пассажирского подвижного состава по параметрам плавности хода предлагается производить в каждом вагоне новых скоростных и высокоскоростных поездов. Она необходима для выявления вагонов с «плохой» динамикой, в которых может ухудшаться комфорт пассажиров. Перечень типов поездов должен утверждаться ОАО «РЖД».

Для каждого вагона поезда необходимо определять следующие параметры:

показатели плавности хода по требованиям ГОСТ 35088–2024 на минутных интервалах времени;

среднеквадратические значения ускорений кузова и на отрезках пути, которые поезд проходит за 1 мин.

Необходимо выявлять вагоны, у которых значение показателя плавности хода* превышает 3 или СКО ускорений* кузова A_z и A_y более чем на 50 % превышает среднее СКО ускорений всех вагонов поезда.

Такая оценка позволит сравнивать разные вагоны пассажирских поездов на конкретном участке, где по критериям оценки плавности хода будет дана их сравнительная оценка. Вагоны с ухудшенной динамикой подлежат дополнительному обследованию и обслуживанию в депо приписки.

*Подлежит уточнению по результатам опытной эксплуатации стандарта.

УДК 625.144.5

ОБ УПРАВЛЕНИИ НАДЕЖНОСТЬЮ ПУТЕВЫХ МАШИН



ГРИНЧАР Н.Г., Российский университет транспорта (МИИТ), докт. техн. наук

Аннотация. Бесперебойное функционирование российских железных дорог во многом зависит от эффективной работы путевых машин с гидравлическим приводом рабочих органов. Особо значимыми являются процессы, связанные с управлением надежностью машин в целом и гидроприводом в частности (как основного типа привода рабочих органов). Рассмотрены основные факторы, влияющие на надежность машин в эксплуатации, и их учет в рассматриваемом процессе.

Ключевые слова: надежность, путевые машины, гидропривод, эксплуатация, отказ.

Ритмичность и интенсивность железнодорожных перевозок во многом определяют состояние экономики страны. От содержания железнодорожного полотна и специального подвижного состава зависит эффективность грузооборота.

Высокая производительность и надежность путевых машин (ПМ) позволяют постоянно поддерживать состояние полотна, гарантирующее высокие скорости поездов. Неисправность ПМ часто приводит к значительным убыткам, поскольку нарушение графика ремонтных работ вызывает сбои в расписании движения поездов. Обеспечение и поддержание надежности ПМ — важная задача ОАО «РЖД», которую в настоящее время нельзя считать полностью решенной.

Надежность наряду с эффективностью использования парков ПМ в значительной мере определяет стоимость, энергоемкость и трудоемкость производства работ. Максимальный эффект достигается, если удастся обеспечить практически полную безотказность машин во время работ на перегоне.

Для технического обслуживания (ТО) и ремонта специального подвижного состава заключают контракты. Различные типы ПМ обслуживают на ремонтных предприятиях, расположенных по всей сети.

По мере эксплуатации путевой техники возрастает вероятность отказов ее узлов и агрегатов, вследствие чего нарушается ее работоспособное состояние. В то же время необходимо проводить мероприятия по повышению качества эксплуатации ПМ, максимально полному использованию технического ресурса, обеспечению безотказности работы (особенно путевых машин, работающих в «окно»).

Для того чтобы обеспечить желаемый уровень надежности, необходимо управлять процессами, которые этот уровень определяют, т. е. управлять надежностью машины. В основе такого управления — мероприятия, воздействующие на факторы, определяющие надежность.

Рассмотрим эти процессы на примере объемного гидропривода ПМ. В настоящее время это один из основных типов привода, который позволяет наиболее рационально решать большинство конструктивных и эксплуатационных задач, возникающих при проектировании, изготовлении и эксплуатации ПМ. В частности, современные выправочно-подбивочно-рихтовочные машины (ВПР-02, ВПРС-02, «Дуоматик», ПМА), щебнеочистительные (РМ-80, ЩОМ-1200) и другие машины, которые являются основными в комплектах, выполняющих капитальный ремонт пути, имеют полностью гидрофицированный привод рабочих органов.

Все факторы, влияющие на надежность ПМ в сфере эксплуатации, подразделяются на объективные, не зависящие от действий эксплуатационников, и субъективные, степень воздействия которых на объект (в данном случае — гидропривод ПМ) определяется эксплуатирующим ПМ персоналом. Факторы также подразделяются на повышающие и понижающие такие параметры надежности, как долговечность, срок службы, использование технического ресурса, коэффициент готовности, коэффициент технического (см. рисунок).

Среди объективных преобладают факторы, понижающие надежность гидропривода. Теоретически влияние каждого фактора можно учесть с помощью



Основные факторы, определяющие надежность гидропривода

безразмерного коэффициента $K_{вл}$, представляющего собой отношение коэффициентов готовности, определяемых по данным из сферы эксплуатации до ($K_{г1}$) и после ($K_{г2}$) проведения определенного комплекса мероприятий:

$$K_{вл} = K_{г2}/K_{г1}.$$

Тогда обобщенный (итоговый) коэффициент влияния $K_{вл\Sigma}$ можно представить как сумму коэффициентов от действия объективных $K_{вл.об}$ и субъективных $K_{вл.суб}$ факторов:

$$K_{вл\Sigma} = K_{вл.об} + K_{вл.суб}.$$

В свою очередь, можно записать:

$$K_{вл.об} = \sum_{i=1}^n K_{вл.об.i},$$

$$K_{вл.суб} = \sum_{i=1}^n K_{вл.суб.i},$$

где n — количество учитываемых факторов (см. рисунок).

Один из способов эффективного управления надежностью — высококачественное ТО, ориентированное на предотвращение и устранение ожидаемых непредвиденных неисправностей. Смена компонентов и агрегатов гидропривода в период роста интенсивности отказов как основной метод обеспечения эксплуатационной надежности при-

меняется во всех промышленных концепциях ТО и ремонтов.

Такой подход дает возможность стабилизировать поток отказов системы (машины), который можно рассматривать как пуассоновский нестационарный поток — ординарный поток без последствий, для которого в любой момент времени существует конечный параметр потока $\lambda(t)$.

Пусть $P_i(t_0, \tau)$ — вероятность поступления i -требований (заявок на замену агрегатов и деталей) за интервал $[t_0, t_0 + \tau]$, определяется по формуле

$$P_i(t_0, \tau) = \frac{[\lambda(t_0, \tau)]^i}{i!} e^{-\lambda(t_0, \tau)},$$

$$\text{где } \lambda(t_0, \tau) = \int_0^{0+\tau} \lambda(x) dx.$$

Физический смысл этого параметра — среднее число требований (заявок) в промежутке $[t_0, t_0 + \tau]$.

Средняя интенсивность требований определяется по формуле

$$\lambda(t)_{cp} = \frac{\lambda(t_0, \tau)}{\tau}.$$

Выбором закона изменения параметра $\lambda(t)$ можно описать реальные потоки заявок. Поток заявок (требований) на запчасти и ремонт — это

два разнонаправленных процесса. С одной стороны, по мере наработки машины в ходе эксплуатации растет интенсивность отказов, а с другой — качественное ТО и замена по мере необходимости агрегатов и деталей способствует ее сокращению.

Анализируя статистику и характер отказов, можно подобрать такой режим и последовательность ТО и ремонтов, которые будут гарантировать стабильную работу системы в межремонтные промежутки. Либо наоборот, задаваясь данными по режимам эксплуатации, можно установить такие плановые сроки выполнения ТО, которые обеспечат работу системы (машины) с установленной степенью надежности.

В целях обеспечения безотказной работы сложных технических систем предусматриваются четыре группы мероприятий:

- разработка научных способов эксплуатации;
- получение, исследование, обобщение опыта использования;
- взаимосвязь проектирования и создания объектов машиностроения;
- повышение квалификации обслуживающего персонала.

Научные способы эксплуатации подразумевают научно аргументированную подготовку продукта, выполнение технологического сервиса, ремонтных работ, а также иных мер, повышающих надежность сложных систем.

Последовательность и технология выполнения таких работ представлены в руководствах и инструкциях по эксплуатации. Наиболее качественное их проведение гарантируется итогами статистического изучения надежности машин. При эксплуатации систем значительную роль играет накопленный опыт, который предусматривает применение индивидуальных организационно-технических мер. Однако собранные сведения нужно использовать не только для постановки текущих вопросов, но и для создания машин и агрегатов на перспективу, с учетом тенденций развития машиностроения.

Огромную роль играет достоверный и точный сбор данных об отказах. Полученную в ходе контрольных проверок либо из сферы эксплуатации информацию отражают в карточке учета отказов

либо используют для рекламационных действий.

В карточке отказов можно фиксировать и другие данные, характеризующие эксплуатацию исследуемого объекта. Карточки учета, как правило, используют в период проверок объекта. Рекламационные акты обычно оформляют для объектов, которые находятся в эксплуатации в период их гарантийного срока, если ответственность за отказы, а также восстановление продукта несет предприятие-изготовитель.

Для исследования мер, повышающих надежность гидропривода машин в ходе их проектирования и изготовления нужны сведения об изменении состояния его элементов либо единичных конструкций в ходе их эксплуатации. При этом необходим критический анализ информации из сферы эксплуатации, так как вследствие технологического прогресса определенный тип агрегата может быть заменен другим, улучшенного качества и конструкции. Типичный пример — замена аксиально-поршневых гидромашин серии 210 (Екатеринбургский завод «Стройгидравлика») машинами серии 310 и 410.

Составляющие и узлы, особенно стандартизированные, а также имеющие большой запас прочности, заменяют значительно реже. Исследование отличительных черт узлов и деталей и их взаимодействия позволяет применять собранные сведения в целях проектирования новых агрегатов. Таким образом, получение, а также синтез информации об отказах машин — одна из важнейших задач инженеров и конструкторов.

Список источников

1. Гринчар Н.Г. Надежность гидроприводов строительных, путевых и подъемно-транспортных машин: учебник. М.: Автограф, 2016. 368 с.
2. Гринчар Н.Г. Об организации эксплуатации машинных парков в путевом хозяйстве // Путь и путевое хозяйство. 2023. № 2. С. 26–27.
3. Гринчар Н.Г. О надежности путевых машин // Путь и путевое хозяйство. 2024. № 9. С. 28–30.
4. Зорин В.А. Основы работоспособности технических систем: учебник. М.: Академия, 2009. 204 с.
5. Каракулев А.В., Ильин М.Е., Маркеданец О.В. Эксплуатация строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин: учебник. М.: Транспорт, 1991. 304 с.

ON THE RELIABILITY MANAGEMENT OF TRAVEL VEHICLES

Grinchar Nikolay — Ph.D, professor of the Department «Land transport and technological means» of the Russian University of Transport (MILT). Moscow, Russia. nggrin@yandex.ru

Abstract. The smooth functioning of Russian railways largely depends on the efficient operation of track machines with hydraulic drive of working bodies. In this regard, processes related to the reliability management of machines in general and hydraulic drives in particular (as the main type of drive of working bodies) in the field of operation are of crucial importance. The main factors affecting the reliability of machines in operation and their accounting in the process under consideration are considered.

Keywords: reliability, track machines, hydraulic drive, operation, failure.

НОРМИРОВАНИЕ АДМИНИСТРАТИВНО-УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ШТАТА В ДИСТАНЦИЯХ ПУТИ

Основная задача путевого хозяйства — обеспечение состояния пути, гарантирующего бесперебойное и безопасное движение поездов.

Система ведения путевого хозяйства основывается на технических, технологических и организационных мероприятиях. Большая роль в решении задач путевого комплекса в ОАО «РЖД» также отводится вопросам управления трудовыми ресурсами. Своевременно разработанные нормативные документы по труду определяют необходимое количество персонала для выполнения заданного объема работ при соблюдении технологии и обеспечении безопасности движения поездов.

Неотъемлемой частью совершенствования организационной структуры и упорядочения численности административно-управленческого штата (АУШ) дистанции пути является типовое штатное расписание. Необходимость его пересмотра (действует с 2009 г.) возникла в связи со структурными преобразованиями: в период с 2011 по 2014 г. созданы дистанции инженерных сооружений и исключены из дистанций пути участки по текущему содержанию искусственных сооружений; в 2012 г. из мастерских дистанций пути весь специализированный подвижной состав передан в созданные механизированные дистанции инфраструктуры; изменена организационная структура дистанции пути.

По инициативе Управления пути и искусственных сооружений Центральной дирекции инфраструктуры создание типового штатного расписания дистанции пути включено в план работ по исследованию, разработке и совершенствованию нормативных материалов по труду для подразделений ОАО «РЖД» на 2024 г.

В рамках установленной задачи Центром организации труда и проектирования экономических нормативов (ЦОТЭН) проведена оценка баланса рабочего времени сотрудников АУШ с учетом применения процессного подхода.

ЦОТЭН совместно с центрами повышения эффективности труда персонала железных дорог и региональными дирекциями инфраструктуры проделана большая работа по сбору и обработке данных, необходимых для проектирования. По результатам опросных листов проведена оценка баланса рабочего времени сотрудников АУШ дистанций пути, отражающих трудозатраты при выполнении более чем 700 наименований операций с разными объемными показателями, после чего показатели объема работ по всем операциям приведены к укрупненным показателям с определением нормативных величин.

В штатном расписании нормативные величины установлены после определения трудоемкости сотрудников АУШ и их загрузки в разрезе должностей дистанций пути с учетом дифференциации групп по оплате труда и показателям, характеризующим работу структурных подразделений филиалов ОАО «РЖД» в зависимости от количества баллов. Таким образом, критерием для определения количества штатных единиц в типовом штатном расписании служат баллы дистанции, которые отражают объемы и сложность работ.

Данный метод позволил качественно распределить организационно-управленческие функции сотрудников АУШ в дистанциях пути и исключить из штатного расписания должности, потерявшие актуальность в связи с изменением структуры.

В соответствии с Трудовым кодексом РФ все нормативные документы по труду в ОАО «РЖД» проходят процедуру проверки и согласования от линейного уровня до центрального с учетом мотивированного мнения выборного органа первичной профсоюзной организации на соответствие их условиям Коллективного договора ОАО «РЖД» и соблюдения всех прав сотрудников. После прохождения всех этапов типовое штатное расписание было утверждено Распоряжением ОАО «РЖД» от 09.10.2024 № 2466/р, что подтверждает эффективность применения современных методов и инструментов в области изучения затрат рабочего времени и нормирования труда.

Проделанная работа стала очередным вкладом в создание нормативной базы по труду хозяйства пути. Созданное типовое штатное расписание дистанции пути позволило систематизировать и организовать производственный процесс более чем в 300 структурных подразделениях в соответствии с установленными группами дистанции пути.

Нормирование АУШ в ЦОТЭН продолжается. Планируется разработка норм труда для дистанций инфраструктуры, что позволит охватить всех сотрудников аппарата хозяйства пути.

Поддержание в актуальном состоянии норм труда позволяет повышать производительность труда за счет оптимального использования рабочего времени, обеспечивать обоснованную базу для планирования численности сотрудников, а также способствует их заинтересованности в улучшении своих навыков и знаний.

ЦЫБУЛЬСКАЯ Т.В.,
заместитель начальника отдела Центра организации труда и проектирования экономических нормативов



Кубаньжелдормаш

Завод основан в 1933 году



ДОМКРАТЫ ПУТЕВЫЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ

ДПГ

**Двухплунжерный гидронасос
существенно облегчает процесс работы
и сокращает время технологической
операции**

Модельный ряд включает в себя домкраты грузоподъёмностью от 10 до 20 тс с ходом от 100 до 200 мм

ПАРАМЕТР	МОДЕЛЬ ДОМКРАТА				
	ДПГ-10	ДПГ-10/200	ДПГ-12	ДПГ-18	ДПГ-20/175
Номинальная грузоподъёмность, кН (тс):					
по оси гидроцилиндра	98,1 (10)	117,7 (12)	176,6 (18)	215,8 (22)	
на подъёмной лапе	78,4 (8)	98,1 (10)	147,1 (15)	196,2 (20)	

- Универсальный двухплунжерный гидронасос, унифицированный с остальным гидравлическим путевым инструментом АО "Кубаньжелдормаш", оснащённый предохранительным клапаном
- Литой бачок из алюминиевого сплава
- Быстрый и безопасный возврат при сбрасывании давления
- Очистка рабочей жидкости от загрязнения
- Надёжная литая конструкция подошвы домкрата
- Качественные полимерные уплотнения
- Съёмная рукоятка (с возможностью использования как скребок для балласта)
- Сделано в России
- Гарантийное и постгарантийное обслуживание заводом-изготовителем "Кубаньжелдормаш"

На правах рекламы

352922, Россия, Краснодарский край, г.Армавир, ул.Маркова, д.36

8 (86137) 5-45-96 info@zdm.ru www.zdm.ru