

Расширение проезжей части подъездов необходимо организовать на пересечениях автомобильных (3 и 4 категории) и железных дорог, где расчетная интенсивность движения автотранспорта составит 2000–6000 ед./сут.

При устройстве 4-полосных железнодорожных переездов и подъездов решается проблема высоконагруженных автотранспортом регионов. Экономия средств, поскольку бюджет задачи несопоставим со строительством путепроводов, позволяет временно исключить из планов по строительству.

Такой подход позволяет на загруженных трассах в два раза увеличить пропускную способность железнодорожных переездов.

Список литературы

1 Об утверждении Условий эксплуатации железнодорожных переездов : приказ Министерства транспорта РФ от 31 июля 2015 г. № 237 // Министерство транспорта Российской Федерации. – URL : <https://mintrans.gov.ru/documents/2/4395> (дата обращения : 22.09.2025).

2 Оценка уровня безопасности на железнодорожных переездах в странах – членах ЕЭК ООН и других отдельных странах и стратегические рамки по повышению безопасности на ж.д. переездах // Европейская экономическая комиссия ООН. – URL : <https://www.unecsc.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2017/wp1/ECE-TRANS-WP1-2017-4r.pdf> (дата обращения : 22.09.2025).

3 **Ивашевский, М. Р.** Системы видеонаблюдения на железнодорожном транспорте / М. Р. Ивашевский // Мир транспорта. – 2019. – Т. 17, № 5 (84). – С. 298–314.

4 **Паринова, О. В.** Актуальность применения систем фото- и видеофиксации для оборудования железнодорожных переездов / О. В. Паринова, А. С. Яковлева // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2020. – Т. 1. – С. 128–131.

5 Комплексный учет параметров объектов инфраструктуры железной дороги, железнодорожного подвижного состава и автомобильного транспорта для обеспечения безопасности движения на переездах / Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий, Д. Г. Плотников [и др.] // Автоматика на транспорте. – 2018. – Т. 4, № 2. – С. 167–194. – ISSN 2412-9186.

6 **Васьков, Т. И.** К вопросу об обеспечении безопасности на железнодорожных переездах посредством использования системы GPS/ГЛОНАСС / Т. И. Васьков, А. А. Воробьев // Магистратура – автотранспортной отрасли : материалы IV Всероссийской межвузовской конференции ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – СПб., 2020. – С. 234–239.

7 **Демьянов, В. В.** Состояние проблемы и методы обеспечения безопасности движения на железнодорожных переездах / В. В. Демьянов, О. Б. Имарова, М. Э. Скоробогатов // Вестник ИрГТУ. – 2018. – Т. 22, № 4. – С. 215–230.

8 Мосты из композитных материалов GFRP (Glass-Fiber-Reinforced-Polymer). – URL : <https://www.cantatassociates.com/ru/мосты-из-композитных-материалов> (дата обращения : 22.09.2025).

УДК 625.143.51:621.793

ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ПРУЖИННЫХ ПРУТКОВЫХ КЛЕММ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ РЕЛЬСОВЫХ СКРЕПЛЕНИЙ

А. С. ЛАПУШКИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Пружинные прутковые клеммы представляют собой критически важные элементы рельсовых креплений в современной железнодорожной инфраструктуре. Эти компоненты отвечают за надежное крепление рельсов к подрельсовым основаниям, обеспечивая при этом возможность температурного расширения и сжатия путей. В условиях интенсивной эксплуатации железных дорог России, характеризующихся значительными перепадами температур, повышенной влажностью, воздействием противогололедных реагентов и динамическими нагрузками от подвижного состава, защита от коррозии становится ключевым фактором обеспечения долговечности и безопасности пути.

Эксплуатационные нагрузки на пружинные клеммы носят комплексный характер: они включают не только постоянные вибрационные воздействия, но и агрессивное влияние окружающей среды. Исследования показывают, что в условиях сурового российского климата, особенно в регионах с повышенной влажностью и в зимний период при использовании химических реагентов, непокрытые металлические поверхности подвергаются ускоренной коррозии, что приводит к снижению прочности и упругих свойств клемм. Коррозионные процессы усугубляются механическими

напряжениями, что в конечном итоге может привести к хрупкому разрушению ответственных элементов скрепления со всеми вытекающими последствиями для безопасности движения.

Отечественная нормативная база для пружинных прутковых клемм включает несколько ключевых документов (таблица 1). ОСТ 32.156-2000 «Клеммы пружинные прутковые для крепления рельсов. Технические условия» прямо указывает, что «клеммы по согласованию сторон могут иметь защитное антикоррозийное покрытие. Вид покрытия согласовывается предприятием-изготовителем с заказчиком». Этот стандарт устанавливает также требования к материалам – клеммы должны изготавливаться из стали марки 40С2 или других марок со схожими механическими свойствами, с твердостью после термической обработки от 42 до 48 HRC.

Более современным нормативным документом является ГОСТ 33186-2014, который распространяется на пружинные прутковые клеммы промежуточных скреплений, применяемые для крепления железнодорожных рельсов. Этот стандарт устанавливает технические требования к материалам (стали марок 60С2А, 40С2 и 42С2-ПВ) и технологии производства, включая необходимость термической обработки – закалки и отпуска. Хотя в данном стандарте не детализируются конкретные виды защитных покрытий, он создает основу для обеспечения качества всей продукции.

Таблица 1 – Основные нормативные документы для пружинных прутковых клемм

Наименование документа	Дата введения	Ключевые положения
ОСТ 32.156-2000	1 февраля 2001 г.	Установление технических требований к клеммам, возможность нанесения защитного покрытия по согласованию с заказчиком
ГОСТ 33186-2014	1 июля 2015 г.	Современные требования к материалам и технологии производства пружинных клемм

Критерии выбора защитных покрытий для пружинных прутковых клемм определяются условиями их эксплуатации (таблица 2). Покрытие должно не только обеспечивать эффективную барьерную защиту от влаги и агрессивных сред, но и сохранять свои свойства в широком температурном диапазоне, выдерживать механические воздействия (вибрацию, трение), не нарушая при этом функциональности клеммы. Особое внимание уделяется адгезии покрытия к основному металлу и его равномерности, поскольку любое повреждение защитного слоя может стать очагом локальной коррозии.

Технологический процесс нанесения покрытий требует тщательной подготовки поверхности. Исследования показывают, что оптимальные результаты достигаются при использовании гальванических методов (цинкование, кадмирование) и современных полимерных покрытий. Перед нанесением покрытия клеммы подвергаются пескоструйной обработке для удаления окалины и повышения адгезии, а также обезжириванию. Важным этапом является пассивация нанесенного цинкового покрытия, которая значительно повышает его коррозионную стойкость.

Система контроля качества защитных покрытий включает несколько этапов. Визуальный осмотр позволяет выявить нарушения сплошности покрытия – наплывы, потеки, неокрашенные участки. Для количественной оценки толщины покрытия используются магнитные толщинометры, позволяющие быстро и точно измерить толщину слоя без разрушения детали. Особое внимание уделяется контролю качества в зонах концентрации напряжений – в местах изгибов и сопряжений различных элементов клеммы.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика защитных покрытий для пружинных клемм

Тип покрытия	Преимущества	Недостатки	Сфера применения
Цинкование	Высокая коррозионная стойкость, катодная защита, относительная дешевизна	Ограниченная стойкость в сильноагрессивных средах	Стандартные условия эксплуатации
Полимерные покрытия	Отличная химическая стойкость, широкий диапазон толщин, эстетичный вид	Более высокая стоимость, сложность ремонта	Агрессивные среды, особо ответственные участки пути
Комбинированные покрытия (цинк + полимер)	Максимальная защита, сочетание катодной и барьерной защиты	Высокая стоимость и трудоемкость нанесения	Условия крайне агрессивных сред, прибрежные регионы

Для испытания защитных свойств покрытий применяются солевые камеры, в которых образцы подвергаются воздействию тумана солевого раствора в течение регламентированного времени. Эти испытания позволяют прогнозировать многолетнюю эксплуатацию в агрессивных условиях и оценить прогнозируемый срок службы покрытия. Дополнительно проводятся испытания на адгезию методом решетчатого надреза, термоциклирование и испытания на стойкость к механическим воздействиям.

Современные исследования в области защиты пружинных клемм направлены на разработку составов с повышенными барьерными свойствами. Одним из перспективных направлений является использование нанодисперсных наполнителей в полимерных матрицах, создающих более извилистый путь для проникновения агрессивных агентов к поверхности металла. Другим направлением является разработка покрытий с индикаторными свойствами, меняющих цвет при повреждении или достижении определенной степени износа, что упрощает процедуры технического обслуживания.

Значительный потенциал имеет внедрение технологий компьютерного моделирования для прогнозирования поведения защитных покрытий в различных условиях эксплуатации. Использование программно-вычислительных комплексов, таких как SolidWorks и Ansys Workbench, позволяет анализировать напряженно-деформированное состояние клемм с покрытиями и оптимизировать их форму и состав защитного слоя. Эти методы позволяют создавать принципиально новые конструкции клемм, в том числе в виде пружин кручения, обладающие улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Защитные покрытия для пружинных прутковых клемм представляют собой необходимое звено в обеспечении долговечности и надежности рельсовых скреплений. Современные технологии позволяют эффективно противостоять коррозии и другим деградиационным процессам, продлевая срок службы этих критически важных элементов железнодорожной инфраструктуры. Дальнейшее развитие в этой области связано с созданием интеллектуальных покрытий с функцией самовосстановления и диагностики, а также с разработкой комплексных систем защиты, учитывающих особенности конкретных условий эксплуатации. Внедрение таких решений будет способствовать повышению безопасности и снижению эксплуатационных затрат на содержание железнодорожного пути в суровых климатических условиях России.

УДК 625.17

ЗАДАЧИ ПУТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Н. В. МАМСИКОВ, С. В. КОРИК
Белорусская железная дорога, г. Минск

П. В. КОВТУН
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

На долю путевого хозяйства приходится более четверти стоимости основных фондов Белорусской железной дороги, шестая часть эксплуатационных расходов, в нем занята шестая часть работников железнодорожного транспорта.

Содержание путевого хозяйства и ремонт железнодорожных магистралей обеспечивают 27 предприятий, в том числе 20 дистанций пути, 6 дистанций защитных лесонасаждений, государственное предприятие «Ремпуть Белорусской железной дороги», в которых по состоянию на 01.01.2025 работает около 10 000 чел.

В настоящее время перед путевым хозяйством Белорусской железной дороги в связи с внешними и внутренними факторами, оказывающими значительное влияние на его деятельность, стоит острая необходимость принятия мер, направленных на повышение эффективности работы. Основными влияющими факторами являются:

- нехватка кадров в связи с изменениями на рынке труда;
- наличие участков пути с просроченным ремонтом, вызванное снижением объемов ремонтов железнодорожного пути в течение последних 30 лет, а также превышением требуемыми норматив-