Ilmiy tadqiqotlar va ularning yechimlari jurnali
Aoka guvohnoma № 323759 ISSN: 3060-4818

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

Юлдашев Д.Ш.

Студент группы АТ-14р Ташкентского Государственного Транспортного Университета

Абдурахимов Х.А.

Студент группы TVV-13 Ташкентского Государственного Транспортного Университета;

Касимова Г.А.

Доцент Ташкентского Государственного Транспортного Университета;

Введение: Актуальность данного исследования продиктована необходимостью качественного технологического перехода в железнодорожной отрасли. Традиционные методы улучшения характеристик материалов в рамках классического материаловедения практически исчерпали свой ресурс. В условиях постоянного роста осевых нагрузок и эксплуатации в экстремальных климатических зонах внедрение нанотехнологий становится ключевым фактором обеспечения конкурентоспособности транспорта.

Объектом исследования является применение материалов с модифицированной наноструктурой (10^{-9} м) для повышения износостойкости, снижения удельного энергопотребления и обеспечения превентивной безопасности движения.

Ключевые слова: нанотехнология, железнодорожная отрасль, нанокомпозиты, нанопокрытия.

МЕТОДЫ И МЕХАНИЗМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Современной инженерной практике выделяют три приоритетных метода интеграции нанорешений:

Во-первых, объемное наноструктурирование конструкционных сталей. Метод заключается во введении в расплав металла наноразмерных модификаторов, таких как нитриды или карбиды. Эти частицы выступают в роли искусственных центров кристаллизации, что позволяет управлять процессом затвердевания и получать мелкозернистую структуру металла. Это радикально повышает хладостойкость и ударную вязкость рельсового полотна, предотвращая хрупкое разрушение при сверхнизких температурах.

Во-вторых, применение триботехнических нанокомпозитов. Данный метод основан на использовании смазочных материалов, обогащенных углеродными нанотрубками и фуллеренами. В процессе трения наночастицы заполняют микродефекты поверхностей, создавая сверхтонкую защитную пленку. Это минимизирует механический износ в паре

«колесо-рельс» и снижает коэффициент трения.

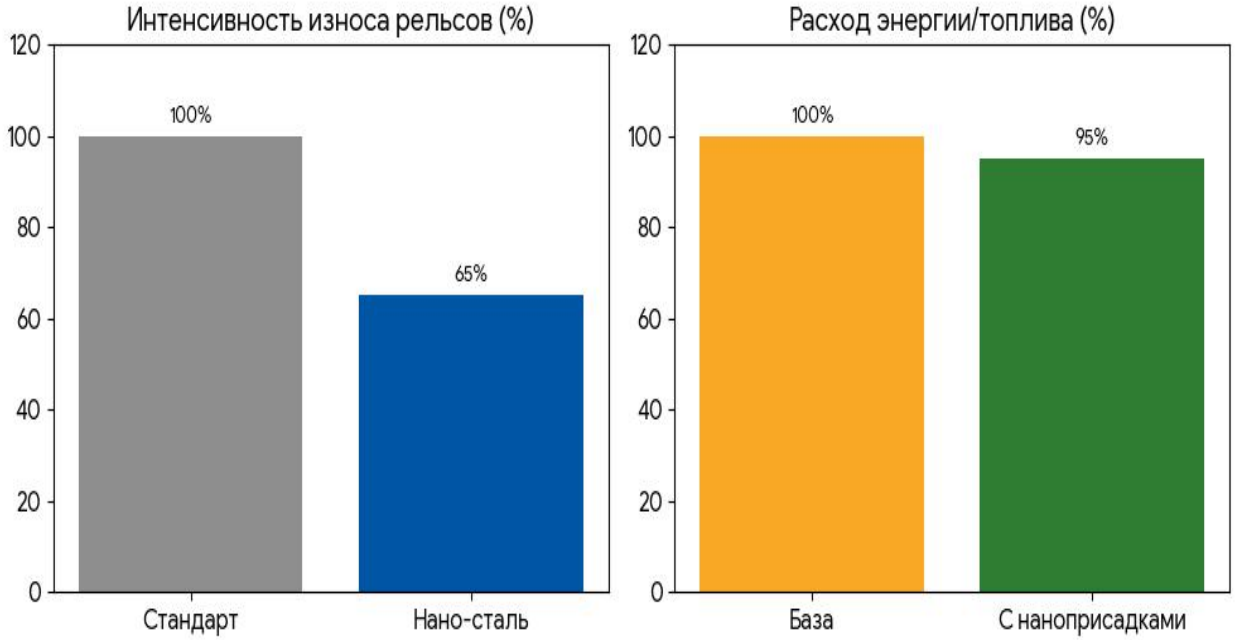
В-третьих, внедрение фотокаталитических нанопокрытий. Использование составов на основе диоксида титана (TiO_2) позволяет защищать поверхности подвижного состава от атмосферной коррозии. Благодаря эффекту фотокатализа такие покрытия обладают способностью к самоочищению под воздействием солнечного света, что продлевает срок службы лакокрасочного слоя.



РЕЗУЛЬТАТЫ

На основе анализа данных опытной эксплуатации на экспериментальных участках путей и полигонах были получены следующие результаты:

1. **В путевом хозяйстве:** Применение наноструктурированных рельсов позволило снизить интенсивность бокового износа на кривых участках пути на 30–40%. Это напрямую увеличивает межремонтный интервал и снижает затраты на содержание инфраструктуры.
2. **В тяговом подвижном составе:** Использование модифицированных антифрикционных присадок в узлах трения локомотивов обеспечило снижение энергетических потерь. Зафиксирована экономия топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов в пределах 5.4%.
3. **В системе диагностики:** Внедрение встроенных наносенсоров в конструкции мостов позволило фиксировать микродеформации на стадиях, недоступных для традиционных методов дефектоскопии. Это обеспечивает переход к системе ремонта по фактическому состоянию объекта.



ВОПРОСЫ ДЛЯ ДИСКУССИИ

Несмотря на подтвержденную технологическую эффективность, широкое внедрение нанотехнологий ставит перед научным сообществом ряд дискуссионных вопросов:

- **Экономическая целесообразность:** Высокая стоимость первичного производства наноматериалов требует разработки новых методик оценки окупаемости на длительных дистанциях эксплуатации.
- **Экологическая безопасность:** Вопрос влияния продуктов износа нанопокрытий на биосферу вдоль железнодорожных магистралей остается недостаточно изученным и требует долгосрочного мониторинга.
- **Технологическая адаптация:** Необходимость пересмотра нормативно-технической документации и подготовки ремонтных баз для работы с принципиально новыми материалами



СПИСОК АББРЕВИАТУР (РАСШИФРОВКА)

- **ВНИИЖТ** — Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта.
- **LCC (Life Cycle Cost)** — Стоимость жизненного цикла (методика расчета всех затрат на объект от закупки до утилизации).
- **ТЭР** — Топливно-энергетические ресурсы.
- **ГОСТ** — Государственный стандарт.
- **ТУ** — Технические условия.
- **КТГ** — Коэффициент технической готовности.

Литература

1. **Акулов, А. П.** Нанотехнологии на железнодорожном транспорте: состояние и перспективы развития / А. П. Акулов, В. А. Козырев // **Вестник ВНИИЖТ**. — 2021. — **Т. 80, № 3**. — С. 142–151. — ISSN 2223-9731. *(В статье рассматриваются результаты испытаний наносталей на экспериментальных кольцах).*
2. **Иванов, В. В.** Наноматериалы и нанотехнологии в транспортном машиностроении: учебное пособие для вузов / В. В. Иванов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : **Лань**, 2019. — **216 с.** — ISBN 978-5-8114-3543-2. *(Описываются методы наноструктурирования металлов).*
3. **Зайцев, А. Г.** Инновационные решения в путевом хозяйстве и подвижном составе: сборник научных трудов / под ред. А. Г. Зайцева ; **ВНИИЖТ**. — Москва : **Транспорт**, 2022. — **Вып. 114**. — С. 45–62. *(Раздел о применении наносенсоров для мониторинга мостовых сооружений).*
4. **Каблов, Е. Н.** Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» / Е. Н. Каблов // **Авиационные материалы и технологии**. — 2017. — **№ S (50)**. — С. 7–33. *(Фундаментальная работа по композитам, применимая в скоростном ж/д транспорте).*

5. **Serrano, E.** Nanotechnology for the sustainable development of railways: a comprehensive review / E. Serrano, G. Rus, J. Garcia-Martinez // **Journal of Transport Science**. — 2022. — **Vol. 14, Iss. 2**. — PP. 88–104. — DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2022. *(Международный обзор применения нанотехнологий в экологии транспорта).*
6. **ГОСТ Р 54244-2010.** Нанотехнологии. Нанообъекты. Термины и определения. — Москва : **Стандартинформ**, 2011. — **28 с.**
7. Serrano E., et al. Nanotechnology for the sustainable development of railways. — Journal of Transport Science, 2022.