Дата поступления рукописи в редакцию: 05.12.2025 г. DOI: 10.24412/2782-3830-2025-11-557-562
Дата принятия рукописи в печать: 17.12.2025 г.

ЯЦЕНКО Александр Сергеевич,
Доцент кафедры «Техносферная безопасность»,
Уральский государственный университет путей сообщения,
e-mail: AYatsenko@usurt.ru

СУРСЯКОВ Евгений Игоревич,
старший преподаватель кафедры «Техносферная безопасность»,
Уральский государственный университет путей сообщения,

e-mail: 01-tut@mail.ru
КУЛИКОВ Владимир Викторович,
Доцент кафедры «Техносферная безопасность»,
Уральский государственный университет путей сообщения,
e-mail: VKulikov@usu

СОЗОНОВА Надежда Александровна,
старший преподаватель кафедры «Техносферная безопасность»,
Уральский государственный университет путей сообщения,
e-mail: NSozonova@usurt.ru

ИЛЬЯСОВ Олег Рашитович,
доктор биологических наук,
профессор кафедры техносферной безопасности,
Уральский государственный университет путей сообщения;
профессор кафедры техносферной и экологической безопасности
Уральский государственный аграрный университет;
старший научный сотрудник Уральского научно-исследовательского
ветеренарного института ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН,
e-mail: ilyasov3@rambler.ru

ИННОВАЦИИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ СОБЛЮДЕНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Аннотация. *Цель статьи – исследовать инновации в обеспечении соблюдения охраны труды на железнодорожном транспорте. В исследовании использованы методы системного анализа, сравнительного анализа отечественных и международных практик инноваций в обеспечении соблюдения охраны труды на железнодорожном транспорте. Проведённый анализ в статье показал, что инновации в охране труда на железнодорожном транспорте концентрируются на процессах цифровизации обеспечения охраны труда через AI-системы, IoT-датчики и роботизацию, повышении культуры безопасности через лидерство, обучение и политику, интеграцию кибербезопасности в инфраструктуру железнодорожного транспорта и автоматизацию мониторинга процессов охраны труда с использованием дронов и компьютерного зрения. Эти подходы показывают значительный потенциал для снижения рисков, улучшения мониторинга и создания более безопасной рабочей среды на железной дороге.*

Ключевые слова*: инновации, охрана труда, железнодорожный транспорт, технологии, цифровизация, автоматизация, роботизация.*

YATSENKO Alexander Sergeevich,
Associate Professor of the Technosphere Safety Department,
Ural State University of Railway Transport

SURSYAKOV Evgeny Igorevich,
Senior Lecturer at the Technosphere Safety Department,
Ural State University of Railway Transport

KULIKOV Vladimir Viktorovich,
Associate Professor of the Technosphere Safety Department,
Ural State University of Railway Transport

SOZONOVA Nadezhda Aleksandrovna,
Senior Lecturer at the Technosphere Safety Department,
Ural State University of Railway Transport

ILYASOV Oleg Rashitovich,
Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department
of Technosphere Safety, Ural State University of Railway Transport;
Professor of the Department of Technosphere and Environmental Safety,
Ural State Agrarian University; Senior Researcher,
Ural Research Veterinary Institute,
Federal State Budgetary Scientific institution,
Ural Federal Research Center,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

INNOVATIONS IN ENSURING OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH IN RAILWAY TRANSPORT

Annotation. *The purpose of the article is to study innovations in ensuring occupational safety and health in railway transport. The study uses methods of system analysis, comparative analysis of domestic and international practices of innovations in ensuring occupational safety and health in railway transport. The analysis in the article showed that innovations in occupational safety and health in railway transport focus on the processes of digitalization of occupational safety and health through AI systems, IoT sensors and robotics, improving safety culture through leadership, training and policy, integrating cybersecurity into railway infrastructure and automating the monitoring of occupational safety and health processes using drones and computer vision. These approaches show significant potential for reducing risks, improving monitoring and creating a safer working environment on the railway.*

Key words*: innovations, occupational safety and health, railway transport, technologies, digitalization, automation, robotics.*

Цель – исследовать инновации в обеспечении соблюдения охраны труды на железнодорожном транспорте

Задачи – отечественных и международных практик инноваций в обеспечении соблюдения охраны труды на железнодорожном транспорте.

Методы исследования – в исследовании использованы методы системного анализа, сравнительного анализа отечественных и международных практик инноваций в обеспечении соблюдения охраны труды на железнодорожном транспорте.

Железнодорожный транспорт является одной из важнейших отраслей экономики, обеспечивающих перевозку пассажиров и грузов, а также поддерживает критически важную инфраструктуру государства [1]. Однако работа на железной дороге сопровождается повышенными рисками для здоровья и жизни работников [2]. Охрана труда (ОТ) на железнодорожном транспорте требует не только строгого соблюдения нормативных требований, но и внедрения инновационных решений, способных предотвращать травматизм и улучшать условия труда в условиях современных вызовов. Анализ основных причин нарушений правил выполнения работ с точки зрения требований ОТ, электробезопасности, пожарной безопасности и производственной санитарии, и выявления рисков проявления опасных и вредных производственных факторов должны основываться на объективной оценке влияния реализации рисков на организм человека [3]. Это требует их классификации и систематического анализа для создания безопасных условий труда.

Безопасность труда на производстве должна стать приоритетным направлением как для работодателей, так и работников. Последствия реализации опасностей могут нанести не только вред работникам, но и нанести работодателю значительный материальный ущерб, в том числе на различные возмещения и на ликвидацию аварийных ситуаций, поэтому лучше вкладывать средства в создание безопасных условий труда.

Железнодорожная инфраструктура, особенно в странах с переходной экономикой или

пораженных войной, сталкивается с проблемами устаревшего оборудования, нехватки финансирования на модернизацию, а также человеческого фактора как источника опасности [4]. Кроме того, усложнение технических систем требует быстрого реагирования на опасные ситуации. В таких условиях именно инновационные технологии позволяют повысить эффективность системы охраны труда и снизить риски.

Общая цель развития железнодорожной транспортной системы России – формирование совместного железнодорожного транспортного пространства, что может гарантировать получение комплексного результата для железнодорожного комплекса Российской Федерации. Ее целями являются: обеспечение эксплуатационной совместимости, усовершенствование услуг, развитие инфраструктуры, обеспечение безопасности. Современная государственная политика в сфере регулирования железнодорожной отрасли в Российской Федерации нуждается в коренном реформировании в соответствии с мировыми нормами, в том числе и в вопросах охраны труда.

Инновации в охране труда на железнодорожном транспорте направлены на повышение безопасности и эффективности перевозок, а также снижение рисков для работников. Согласно данным статистики за 12 месяцев 2024 г. железнодорожный транспорт, его складское хозяйство, почтовая и курьерская деятельность по количеству погибших заняла 4-е место, что является лучшим показателем по сравнению с 12 месяцами 2022 и 2023 гг. (за этот период транспортная отрасль занимала 1-е место по количеству погибших) [5]. При этом, наибольший процент несчастных случаев (свыше 67%) приходится на железнодорожный транспорт и их предприятия.

Одними из основных факторов, приводящих к такому проценту травматизма на железной дороге, являются: энергонасыщенность; постоянное движение и большие скорости; работа в полевых условиях и т.д. Приведенные факторы влияют на физическое и психофизиологическое состояние работников, вызывают ошибки в работе, неосторожность, игнорирование правил безопасности.

Производственный травматизм со смертельным исходом в структурных и производственных подразделениях ОАО «РЖД» за 2022–2023 гг. существенно уменьшился. Например, количество пострадавших в 2015 г. составило 295 человек (из них 37 – со смертельным исходом), а уже в 2020 г. количество пострадавших – 120 человек (из них 13 – со смертельным исходом). Количество пострадавших за 2024 г. составило 60 человек (из них 8 – со смертельным исходом) [5].

Чрезвычайно важными компонентами работы предприятия должны быть инновации в сфере охраны труда, которые должны охватывать как организационные решения, направленные на усовершенствование системы подготовки персонала на знание норм и правил охраны труда с применением тренинговых и компьютерных технологий, так и внедрение удаленного мониторинга за технологическими процессами, а также обеспечение персонала средствами средствами индивидуальной защиты, поскольку основные задачи охраны труда – это свести к минимуму вероятность несчастных случаев или заболевания работников с обеспечением условий для максимальной производительности труда [6,7].

Проведем обзор основных направлений ведения инноваций в обеспечении соблюдения охраны труды на железнодорожном транспорте.

Цифровизация процессов охраны труда. Технологии Индустрии 4.0 широко используются в железнодорожной отрасли, уделяя основное внимание задачам технического обслуживания и контроля, необходимым для железнодорожной инфраструктуры. Что касается технологий Индустрии 4.0, можно также выделиить 9 различных инновационных технологий железнодорожного обслуживания: искусственный интеллект (ИИ), интернет вещей (IoT), облачные вычисления, большие данные, кибербезопасность, моделирование и имитация, интеллектуальные системы поддержки принятия решений (SDSS), компьютерное зрение и виртуальная реальность (VR). Одной из ключевых тенденций последних лет является внедрение цифровых технологий в систему управления охраной труда. Использование IoT (интернет вещей) для мониторинга состояния оборудования, температуры, влажности, концентрации газов позволяет в реальном времени отслеживать потенциально опасные ситуации. Например, установка сенсоров на объектах путевого хозяйства позволяет оперативно выявлять перегрев подшипников, неисправность тормозной системы или деформацию рельсов [8].

Системы видеоаналитики с элементами искусственного интеллекта (AI) используются для мониторинга соблюдения работниками правил безопасности: ношение касок, жилетов, наличие разрешений и т.д. Такие технологии позволяют значительно сократить вмешательство инспектора и снизить количество нарушений из-за человеческого фактора. Также описана технология искусственного интеллекта в системе мониторинга и прогнозирования технического обслуживания и обеспечения ОТ в железнодорожной инфраструктуре [9]. В Индии такая система мониторинга и прогнозирования технического обслуживания и обеспечения ОТ в железнодорожной

инфраструктуре реализуется через сенсоры и распознавание образов и обеспечивает работу с тормозами, рейками, составами и элементами пожарной безопасности. Система мониторинга и прогнозирования технического обслуживания и обеспечения ОТ в железнодорожной инфраструктуре позволяет реализовывать ускоренные проверки и подготовку персонала. В статье за 2024 год [10] описана модель компьютерного зрения для мониторинга использования средств индивидуальной защиты в обеспечении процессов ОТ в высокорискованной железнодорожной инфраструктуре. Инновационная модель YOLO-EA, повышает степень обнаружение мер безопасности за счет интеграции ECA в сверточные слои магистрали, улучшая распознавание мельчайших объектов, таких как каски и элементы защитной одежды работников. Модель YOLO-EA дополнительно улучшает распознавание целей в условиях окклюзии, заменяя GIoU потерями EIoU. Эффективность YOLO-EA была эмпирически подтверждена с использованием набора данных, полученного из реальных видеозаписей наблюдения за процессами железнодорожного строительства. Эта высокоэффективная и точная инновационная модель YOLO-EA имеет большие перспективы для практического применения в сложных железнодорожных процессах, обеспечивая строгое соблюдение правил безопасности во время реализации строительных проектов.

Внедрение цифровых решений позволяет оптимизировать процессы управления охраной труда, обеспечивает более эффективную коммуникацию между подразделениями, а также улучшает учет и анализ безопасности. В целом, технологии Индустрии 4.0 в настоящее время используются для решения проблем железнодорожной отрасли и текущих тенденций их применения в научном сообществе, что крайне полезно для разработки будущих исследований и более передовых решений.

Роботизация и автономные системы. В практику работы железнодорожного транспорта активно внедряются роботизированные комплексы по обслуживанию инфраструктуры [8]. Например, дроны используются для визуального контроля состояния путей, контактной сети и тунелей. Автономные наземные работы применяются для обследования рельсов, сварки или замены поврежденных болтов, что снижает потребность в физическом присутствии работников в опасных зонах. Другим примером являются экзоскелеты для работников, выполняющих тяжелые физические работы. Они снижают нагрузку на позвоночник, улучшают эргономику и уменьшают риск производственных травм.

Применение роботов и автоматизированных систем на производственных участках, где раньше работали люди, позволяет снизить риск травматизма и повысить точность выполнения работ. К примеру, автоматизированные системы могут использоваться для обслуживания путей, ремонта вагонов, а также для обработки грузов.

Установка датчиков на подвижном составе и инфраструктуре позволяет отслеживать состояние оборудования, выявлять потенциальные неисправности и предотвращать аварийные ситуации. Системы мониторинга также могут использоваться для отслеживания состояния работников и их местонахождения, что важно для быстрого реагирования на чрезвычайные ситуации.

Применение автоматизированных систем пожаротушения, таких как водяные и пенные установки, аэрозольные системы позволяет быстро и эффективно ликвидировать пожары и минимизировать убытки. Известны системы раннего обнаружения пожаров: установка датчиков дыма, тепла и пламени позволяет своевременно обнаруживать пожары и оперативно реагировать на них. Внедрение систем автоматического торможения позволяет предотвращать столкновения поездов и другие аварии на железной дороге. Обучение работников правилам пожарной безопасности и порядка действий в случае пожара является мерой предотвращения пожаров и минимизации их последствий.

Дроны могут использоваться для проверки путей, мостов, контактной сети и других объектов инфраструктуры, что позволяет быстро обнаруживать дефекты и повреждения. В статье индийских ученых [11] описаны эффективные алгоритмы компьютерного зрения дронов, которые реализуют контролируемое и полуконтролируемое обучение. Они точно анализируют, является ли железнодорожный путь безопасным или небезопасным на основе данных моделирования обучения железнодорожных путей. Адгоритмы включают в себя возможность разработки сверточной нейронной сети, способной выявлять дефекты пути с помощью контролируемого обучения без необходимости определения конкретного алгоритма обнаружения этих дефектов, а также то, что новая модель ускорит и повысит качество процесса обнаружения дефектов пути, в сочетании с алгоритмом обработки изображений на основе компьютерного зрения. Предложенные алгоритмы позволяют проектировать и создавать компьютерные прототипы железнодорожных путей для имитации дефектов пути, чтобы точно и последовательно проводить визуальный осмотр с помощью дронов с целью определения состояние исправного состояния железнодорожных путей.

Инновационные подходы к обучению и культуре безопасности. Инновации в охране труда касаются не только техники, но организационных изменений. Современные тренинги по безопасности проводятся в виртуальной среде с использованием VR/AR технологий. Это позволяет моделировать опасные ситуации без угрозы жизни, обучать персонал правильным действиям в случае аварий.

Применение VR/AR технологий для обучения персонала, например, симуляция экстремальных ситуаций позволяет работникам получить практический опыт без риска для жизни и здоровья.

Отдельное внимание уделяется формированию культуры безопасности, основанной на вовлечении персонала в процесс принятия решений, прозрачности процедур и повышении лидерства в сфере безопасности. Внедрение стандартов ISO 45001 способствует построению эффективной системы управления охраной труда на базе риск-ориентированного подхода.

Внедрение систем управления безопасностью движения поездов и безопасностью на производстве позволяет систематически анализировать риски, разрабатывать и внедрять меры по снижению.

Регулярное обучение и повышение квалификации персонала, особенно безопасного выполнения работ повышенной опасности, является ключевым элементом предотвращения аварийных ситуаций и травматизма.

Разработка и внедрение инструкций по охране труда, учитывающих специфику работы на железнодорожном транспорте, является важной мерой обеспечения безопасности на производстве.

Ожидается, что в ближайшие годы инновации в охране труда на железнодорожном транспорте будут еще больше интегрироваться с концепциями «умного транспорта» и индустрии 4.0. Внедрение обширных данных (Big Data), предиктивной аналитики, облачных решений позволит не только реагировать на события, но и предусматривать аварийные ситуации. Инновации станут не роскошью, а необходимостью сохранения человеческой жизни и функционирования критической инфраструктуры.

Вывод:

Проведённый анализ в статье показал, что инновации в охране труда на железнодорожном транспорте концентрируются на процессах цифровизации обеспечения охраны труда через AI-системы, IoT-датчики и роботизацию, повышении культуры безопасности через лидерство, обучение и политику, интеграцию кибербезопасности в инфраструктуру железнодорожного транспорта и автоматизацию мониторинга процессов охраны труда с использованием дронов и компьютерного зрения. Эти подходы показывают значительный потенциал для снижения рисков, улучшения мониторинга и создания более безопасной рабочей среды на железной дороге. В целом, инновационные подходы к обеспечению охраны труда на железнодорожном транспорте имеют решающее значение для снижения уровня производственного травматизма, повышения эффективности управления безопасностью и адаптации отрасли к современным вызовам. Сочетание технических, цифровых и организационных решений формирует комплексную систему охраны труда, ориентированную на предотвращение рисков и развитие безопасной среды для работников.

Список литературы:

[1] Истомин В. В. Железнодорожный транспорт: современные вызовы и пути их решения // Вестник науки. 2025. №6 (87). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/zheleznodorozhnyy-transport-sovremennye-vyzovy-i-puti-ih-resheniya (дата обращения: 21.07.2025).

[2] Панина С. А. К вопросу об особенностях регулирования труда работников транспорта // Образование и право. 2025. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-ob-osobennostyah-regulirovaniya-truda-rabotnikov-transporta (дата обращения: 21.07.2025).

[3] Пятков К.В. Особенности правового регулирования труда работников железнодорожного транспорта как субъектов, обеспечивающих жизнедеятельность населения // Теория и практика общественного развития. 2023. №3 (181). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-pravovogo-regulirovaniya-truda-rabotnikov-zheleznodorozhnogo-transporta-kak-subektov-obespechivayuschih (дата обращения: 21.07.2025).

[4] Самарская Н.А., Ильин С.М. Обеспечение безопасных условий труда и защита здоровья работников железнодорожного транспорта // Экономика труда. 2018. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/obespechenie-bezopasnyh-usloviy-truda-i-zaschita-zdorovya-rabotnikov-zheleznodorozhnogo-transporta (дата обращения: 21.07.2025).

[5] Федеральная служба государственной статистики Федеральная служба государственной статистики URL: http://rosstat.gov.ru (дата обращения: 21.07.2025).

[6] Брагин А. М. Безопасность на железнодорожном транспорте необщего пользования в свете системного подхода // Экономика и бизнес: теория и практика. 2025. №2-2 (120). URL: https://

cyberleninka.ru/article/n/bezopasnost-na-zheleznodorozhnom-transporte-neobschego-polzovaniya-v-svete-sistemnogo-podhoda (дата обращения: 21.07.2025).

[7] Брагин А. М. Совершенствование системы обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте необщего пользования // Экономика и бизнес: теория и практика. 2023. №2 (96). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-sistemy-obespecheniya-bezopasnosti-na-zheleznodorozhnom-transporte-neobschego-polzovaniya (дата обращения: 21.07.2025).

[8] Сидоренко В.Г., Кулагин М.А., Родина Д.М. Интеллектуальная система обнаружения нарушений в соблюдении требований безопасности при работах на объектах железнодорожной инфраструктуры // Автоматика на транспорте. 2025. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnaya-sistema-obnaruzheniya-narusheniy-v-soblyudenii-trebovaniy-bezopasnosti-pri-rabotah-na-obektah-zheleznodorozhnoy (дата обращения: 21.07.2025).

[9] AI system rolled out to boost rail safety and maintenance// TOI. URL: https://timesofindia.indiatimes.com/city/patna/ai-system-rolled-out-to-boost-rail-safety-and-maintenance/articleshow/121753941.cms (дата обращения: 21.07.2025).

[10] Liu H, Qin X. Target detection of safety protective gear using the improved YOLOV5. arXiv (Cornell University). August 2024. doi:10.48550/arxiv.2408.05964

[11] Kumar K, Kaashyap A. Improving Train Track Safety using Drones, Computer Vision and Machine Learning. arXiv (Cornell University). January 2020. doi:10.48550/arxiv.2006.11379

References:

[1] Istomin V. V. Railway transport: modern challenges and solutions // Bulletin of science. 2025. No. 6 (87). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/zheleznodorozhnyy-transport-sovremennye-vyzovy-i-puti-ih-resheniya (date of access: 21/07/2025).

[2] Panina S. A. On the issue of the specifics of regulating the labor of transport workers // Education and Law. 2025. No. 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-ob-osobennostyah-regulirovaniya-truda-rabotnikov-transporta (date of access: 21/07/2025).

[3] Pyatkov K.V. Features of legal regulation of labor of railway workers as entities ensuring the life activity of the population // Theory and practice of social development. 2023. No. 3 (181). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-pravovogo-regulirovaniya-truda-rabotnikov-zheleznodorozhnogo-transporta-kak-subektov-obespechivayuschih (date of access: 21/07/2025).

[4] Samarskaya N.A., Ilyin S.M. Ensuring safe working conditions and protecting the health of railway workers // Labor Economics. 2018. No. 4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/obespechenie-bezopasnyh-usloviy-truda-i-zaschita-zdorovya-rabotnikov-zheleznodorozhnogo-transporta (date of access: 21/07/2025).

[5] Federal State Statistics Service Federal State Statistics Service URL: http://rosstat.gov.ru (accessed: 21/07/2025).

[6] Bragin A. M. Safety in non-public railway transport in light of a systems approach // Economy and business: theory and practice. 2025. No. 2-2 (120). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/bezopasnost-na-zheleznodorozhnom-transporte-neobschego-polzovaniya-v-svete-sistemnogo-podhoda (date of access: 21/07/2025).

[7] Bragin A. M. Improving the safety system in non-public railway transport // Economy and Business: Theory and Practice. 2023. No. 2 (96). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-sistemy-obespecheniya-bezopasnosti-na-zheleznodorozhnom-transporte-neobschego-polzovaniya (date of access: 21/07/2025).

[8] Sidorenko V.G., Kulagin M.A., Rodina D.M. Intelligent system for detecting violations in compliance with safety requirements during work on railway infrastructure facilities // Automation in transport. 2025. No. 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnaya-sistema-obnaruzheniya-narusheniy-v-soblyudenii-trebovaniy-bezopasnosti-pri-rabotah-na-obektah-zheleznodorozhnoy (date of access: 21/07/2025).

[9] AI system rolled out to boost rail safety and maintenance// TOI. URL: https://timesofindia.indiatimes.com/city/patna/ai-system-rolled-out-to-boost-rail-safety-and-maintenance/articleshow/121753941.cms (дата обращения: 21.07.2025).

[10] Liu H, Qin X. Target detection of safety protective gear using the improved YOLOV5. arXiv (Cornell University). August 2024. doi:10.48550/arxiv.2408.05964

[11] Kumar K, Kaashyap A. Improving Train Track Safety using Drones, Computer Vision and Machine Learning. arXiv (Cornell University). January 2020. doi:10.48550/arxiv.2006.11379