

ОБЗОРНЫЕ РАБОТЫ ПО СОВРЕМЕННЫМ НАУЧНЫМ ДОСТИЖЕНИЯМ В ОБЛАСТИ ТРАНСПОРТА

УДК: 338.32; 347.763.4

**ОБЗОР ЗАСЕДАНИЙ СЕКЦИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО
СОВЕТА АО «НИИАС» В ПЕРВОМ ПОЛУГОДИИ 2025 ГОДА**

Бочков А.В., д.т.н., ученый секретарь НТС, АО «НИИАС», Москва, Россия
E-mail: a.bochkov@vniias.ru

АННОТАЦИЯ

В представлены ключевые направления научно-технологического развития АО «НИИАС» за первое полугодие 2025 года, включая внедрение интеллектуальных систем управления на железнодорожном транспорте, автоматизацию процессов закрепления подвижного состава, исследования надежности элементов конструкций при циклических нагрузках, интеграцию цифровых технологий (LTE) в систему МАЛС, а также технико-экономические аспекты роботизации отрасли. Особое внимание уделено риск-ориентированным подходам, междисциплинарному сотрудничеству и разработке методик оценки эффективности инновационных решений.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, цифровизация железнодорожного транспорта, роботизация, надежность подвижного состава, LTE-технологии, риск-ориентированный подход

**REVIEW OF THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL COUNCIL OF
JSC "NIAS" SECTIONS MEETINGS IN THE FIRST HALF OF
2025**

Bochkov A.V., Doctor of Technical Sciences, Scientific Secretary of the Scientific-Technical Council, JSC "NIAS", Moscow, Russia, E-mail: a.bochkov@vniias.ru

ABSTRACT

The digest presents the key areas of scientific and technological development of NIIAS JSC for the first half of 2025, including the implementation of intelligent control systems in railway transport, automation of the processes of fastening rolling stock, research into the reliability of structural elements under cyclic loads, integration of digital technologies (LTE) into the MALS system, as well as technical and economic aspects of robotization of industry. Special attention will be paid to risk-oriented approaches, interdisciplinary cooperation and the development of methods for evaluating the effectiveness of innovative solutions.

Keywords: artificial intelligence, predictive analytics, railway systems, risk, intelligent transport systems, conceptual design.

Введение

Современные вызовы, стоящие перед железнодорожной отраслью, требуют комплексного подхода к внедрению инновационных решений, направленных на повышение безопасности, надежности и экономической эффективности эксплуатации подвижного состава и инфраструктуры. В этом выпуске дайджеста мы собрали ключевые темы, обсуждавшиеся на профильных заседаниях секций НТС АО «НИИАС» в первом полугодии 2025 года, где эксперты рассмотрели актуальные вопросы механизации, автоматизации, цифровизации и роботизации железнодорожных процессов.

Одним из важнейших направлений развития является **совершенствование методов закрепления и заграждения подвижного состава в парках станций**. Внедрение механизированных и автоматизированных систем в этой сфере позволяет минимизировать человеческий фактор, сократить время выполнения операций и повысить уровень безопасности при маневровой работе.

Не менее значимой темой стало **изучение надежности и ресурса элементов подвижного состава при циклическом нагружении**. Постоянные динамические нагрузки, воздействующие на узлы и детали вагонов и локомотивов, приводят к постепенному износу, что требует разработки новых подходов к проектированию, обслуживанию и ремонту техники для продления ее жизненного цикла.

Особый интерес вызвало **рассмотрение результатов внедрения цифровой широкополосной системы передачи данных на основе стандарта LTE** в рамках проекта модернизации системы МАЛС на ЦЖС Челябинск-Главный. Эта работа демонстрирует перспективы интеграции современных телекоммуникационных технологий в управление движением поездов, обеспечивая высокую пропускную способность и надежность передачи данных.

Кроме того, участники заседаний обсудили **техничко-экономические аспекты роботизации в железнодорожной отрасли**. Внедрение робототехнических комплексов сталкивается не только с технологическими, но и с организационно-экономическими сложностями, требующими разработки методик оценки эффективности и поиска оптимальных решений для их масштабирования. Эти вопросы обсуждались на совместном заседании Научного совета по робототехнике и мехатронике Российской академии наук, под председательством академика РАН Феликса Леонидовича Черноушко и профильных секций НТС АО «НИИАС».

Широкое обсуждение вызвали **вопросы обеспечения функциональной безопасности проекта «Цифровая железнодорожная станция»**, который является ключевым направлением, направленным на повышение надежности и эффективности железнодорожных систем. В рамках проекта применяется релейно-процессорный подход, где программный уровень реализует основной функционал, а релейный — обеспечивает безопасность. Выделено пять критически важных модулей (Контуры безопасности), включая системы автоматического управления движением (МАЛС), управления сортировочными процессами (КСАУ СП), роспуска опасных грузов (ИКАР ОГ), радиотехнические комплексы (РТК) и заградительные устройства. Для этих модулей разработаны доказательства безопасности, а их соответствие стандартам подтверждается низкой интенсивностью отказов, например, для КСАУ СП — $1,2 \times 10^{-7}$ 1/час, что значительно ниже допустимого значения. Внедрение таких систем, как СККСП для контроля свободности пути, также способствует снижению влияния человеческого фактора, несмотря на сложности, связанные с использованием нейросетевых алгоритмов и отсутствием четких стандартов. Отмечено, что особое внимание уделяется безопасности при работе с опасными грузами, где риски включают взрывы, возгорания и утечки. Комплекс ИКАР ОГ, с вероятностью отказа 8×10^{-9} 1/час, обеспечивает автоматизированный роспуск вагонов с двойным резервированием и блокировкой ручного вмешательства. Аналогично, системы автоматизированного закрепления, такие как УТС-380 и ДУЗС, минимизируют риск самопроизвольного движения составов, соответствуя строгим требованиям стандартов (интенсивность отказов $\leq 1 \times 10^{-7} - 10^{-9}$ 1/ч). Все эти меры, включая многоуровневый контроль и резервирование критических компонентов, позволяют достичь высокого уровня безопасности, что подтверждается статистикой эксплуатации. Дальнейшее развитие проекта >>>

направлено на интеграцию новых технологий, таких как нейросети и IoT, при сохранении жестких требований к функциональной безопасности.

Представленные темы отражают многогранность задач, стоящих перед отраслью, и подчеркивают необходимость междисциплинарного подхода к их решению. В данном дайджесте обобщены ключевые идеи, предложения и выводы, прозвучавшие в ходе дискуссий, чтобы читатели могли ознакомиться с наиболее значимыми тенденциями и инновациями.

1. Механизация и автоматизация процессов закрепления и заграждения подвижного состава в парках станции

24 февраля 2025 г. состоялось заседание секции № 4 «Системы автоматизации технологических процессов в инфраструктурном комплексе (включая сортировочный комплекс)» Научно-технического совета АО «НИИАС».

1.1. Работы института в части расчетов, разработки систем управления и позиционирования в устройствах закрепления представил Ольгейзер И.А., первый заместитель директора Ростовского филиала АО «НИИАС». И. Ольгейзер отметил, что в 2023-2024 годах АО «НИИАС» реализовало комплексный подход к автоматизации закрепления железнодорожных составов на станциях. Основные усилия были направлены на разработку инновационных технических решений, проведение испытаний, создание систем управления и внедрение организационных мер для повышения безопасности и эффективности процессов.

Ключевые направления работы

- Разработка и внедрение комбинированных схем закрепления. Для обеспечения безопасности на путях с разными уклонами предложены комбинированные схемы с использованием устройств УТС-380, ДУЗС и ЗУБР. На путях с уклонами до 1,0% применяются ДУЗС или сочетание УТС-380 с ЗУБР, а на более крутых уклонах — комбинация УТС-380 с ДУЗС. Испытания подтвердили надежность схемы ДУЗС+УТС-380 при закреплении груженых составов массой до 6300 т. Однако при работе с порожними вагонами выявлены ограничения, требующие перераспределения усилий и увеличения числа ДУЗС.
- Создание и испытания комплекса «ПРИЦЕЛ». Комплекс «ПРИЦЕЛ» разработан для позиционирования и контроля закрепления составов. Опытный образец успешно прошел предварительные испытания и установлен на станции Челябинск-Главный. В 2025 году запланированы его доработка, опытная эксплуатация и ввод в постоянную работу.
- Развитие систем управления. Программно-аппаратный комплекс ПАК КУЗС обеспечивает автоматическое управление устройствами закрепления. Параллельно ведется разработка блока БМК-УЗС для интеграции с другими системами. Оба решения готовы к опытной эксплуатации в 2025 году.
- Организационные меры и перспективы. Для повышения безопасности исключено закрепление груженых составов за порожние вагоны. Оптимальным решением признано использование трех групп ДУЗС, что позволит автоматизировать 99% операций на станции Челябинск-Главный.

В 2025 году планируется ремонт устройств, испытания доработанных схем и их внедрение в парках станции. Также рассматривается применение новых балочных устройств, таких как ЗУБР 2.0 и УЗС, разрабатываемых в рамках импортозамещения.

Работы АО «НИИАС» заложили основу для перехода к автоматизированному закреплению составов, что повысит безопасность и сократит время операций. В 2025 году ключевые системы, включая «ПРИЦЕЛ» и ПАК КУЗС, будут выведены на этап постоянной эксплуатации, обеспечивая новый уровень эффективности на железнодорожных станциях.

1.2. Компания КРЭТ, ОКБ «Электроавтоматика им. П.А. Ефимова», представила доклад, посвященный домкратовидным вагонным замедлителям (ДЗ) и приводу управления ими. Докладчик — Сергей Валерьевич Мордович, начальник Департамента продукции гражданского назначения.

Домкратовидный вагонный замедлитель (ДЗ) модели ЮИДА.665152.001 предназначен для торможения подвижного состава со скоростью не более 25 км/ч. Заводская настройка >>>

позволяет регулировать скорость срабатывания торможения: более 5 км/ч, более 3 км/ч или более 0 км/ч. Максимальное вертикальное тормозящее усилие составляет 2,5 тс, а рабочий ход скользящего цилиндра — 105 мм. Устройство обеспечивает работу торможения не менее 1050 Дж и работу холостого хода менее 50 Дж. Замедлитель совместим с рельсами типа Р65 и работает в диапазоне температур от -60°C до +40°C. Масса устройства не превышает 21 кг.

Испытания проводились на станции Шушары Октябрьской железной дороги. Замедлители были установлены на прямом участке пути, и испытания начались 16.05.2024, завершившись в феврале 2025 года.

Испытания подтвердили соответствие замедлителей техническим требованиям. Скорость движения подвижного состава в зоне установки варьировалась от 0,5 до 24,8 км/ч. Вертикальное тормозящее усилие находилось в диапазоне от 1,64 до 2,97 тс, а работа торможения — от 1051,4 до 1662,2 Дж. Работа холостого хода составила от 25,4 до 37,6 Дж. Время перемещения поршня из нижнего положения в верхнее — 0,2 с, что значительно меньше допустимого значения в 1 с.

Привод ПУЗ предназначен для управления группой из 10 замедлителей, включая вагоны с опасными грузами 2 класса. Питание привода осуществляется от однофазного источника переменного тока (180-230 В, 50 Гц). Блок управления, разработанный на отечественной элементной базе, поддерживает интерфейс RS-485 для контроля и управления.

К февралю 2025 года завершена разработка конструкторской документации, изготовлен опытный образец, и проведены предварительные заводские испытания. В апреле 2025 года запланированы эксплуатационные испытания в составе системы «ИКАР ОГ» на станции Челябинск-Главный.

Таким образом, домкратовидные вагонные замедлители и привод управления показали высокую эффективность и соответствие заявленным характеристикам. Их внедрение позволит повысить безопасность и надежность работы сортировочных гор на железных дорогах.

1.3. ЗАО Концерн «ТРАНСМАШ» (Докладчик: Коротовских А.А. технический директор ЗАО Концерн «ТРАНСМАШ») представил линейку устройств, предназначенных для обеспечения безопасности на железнодорожных путях. Эти устройства играют ключевую роль в предотвращении несанкционированного перемещения вагонов и отцепов, особенно на сортировочных и станционных путях.

Одним из основных продуктов является устройство заграждения БЗУ-ДУ-СП2К. Оно предназначено для установки в конце путей сортировочного парка, где обеспечивает остановку и закрепление вагонов, предотвращая их выход за пределы установленной зоны. БЗУ-ДУ-СП2К может использоваться как самостоятельно, так и в составе комплексных систем закрепления. Устройство оснащено концевыми выключателями, бесконтактными датчиками и системами контроля положения тормозных балок, что повышает его надежность. Технические характеристики устройства включают такие параметры, как усилие удержания (не менее 34,5 кг), максимальная масса останавливаемого состава (до 450 кг), а также габаритные размеры (длина до 8000 мм). Устройство работает в широком диапазоне условий, включая различные климатические исполнения.

Еще одним важным продуктом является закрепляющее устройство ЗУБР. Оно предназначено для удержания вагонов и отцепов на станционных путях, предотвращая их самопроизвольное перемещение. ЗУБР рассчитан на эксплуатацию в умеренном климате с температурным диапазоном от минус 40°C до плюс 40°C. Устройство обладает высокой надежностью, с усилием удержания до 15 тс и массой не более 10 000 кг. Габаритные размеры ЗУБР включают длину по рельсам до 12 500 мм и ширину до 5 000 мм. Время перехода из одного состояния в другое не превышает 45 секунд, что делает его эффективным для оперативного использования.

Для работы с тяжелыми составами, включая составы с опасными грузами, предназначено устройство УВУ (ЗУБР весовой). Оно обеспечивает надежное удержание составов на приёмоотправочных путях. УВУ работает в экстремальных условиях, выдерживая температуры от минус 45°C до плюс 55°C. Устройство оснащено гидравлическим приводом, что позволяет ему эффективно поднимать ходовые рельсы за время не более 1,5 минут. Номинальное напряжение силовых цепей составляет 380 В, а цепи управления работают от 24 В. Ширина колеи в пределах устройства УВУ соответствует стандарту 1524±1 мм, >>>

а тип рельсов — Р65. Устройство обеспечивает боковой зазор между тормозными и ходовыми рельсами, что гарантирует безопасность при прохождении составов.

Концерн «ТРАНСМАШ» также активно разрабатывает новые модели устройств, такие как ЗУБР 2.0 с усиленной рамой, ЗУБР ВК (электромеханическая версия без гидравлики), БЗУ-ДУ-СП2КМ для кривых малого радиуса, и БЗУ-ДУ-СП4К с четырьмя балками. Перспективные разработки включают стояночный тормоз, упор рычажный автоматический, УТС А (упор тормозной станционный-автомат), ЗУБ ГПМ на базе гидропоршневых модулей и устройства для погашения энергии тяжелых отцепов. Эти инновации направлены на повышение безопасности и эффективности работы железнодорожного транспорта.

Концерн «ТРАНСМАШ» продолжает развивать свои технологии, предлагая решения для самых сложных задач в области закрепления и заграждения подвижного состава. Благодаря многолетнему опыту и инновационному подходу, компания остается лидером в этой отрасли.

На заседании были заслушаны предложения ведущего научного сотрудника ЦАТПИК, к.т.н. Корниенко Константина Ильича на тему «Функциональная безопасность автоматических комплексов закрепления». Отмечено, что при разработке и проектировании необходимо принимать во внимание исключение выезда подвижного состава за границы пути (опасный отказ). Это возможно только за счет комбинирования разных устройств в единой схеме. Для обеспечения безопасности требуется принять подход к допуску на инфраструктуру комплексных автоматизированных систем закрепления.

С целью расширения требований безопасности при контроле и управлении автоматизированными системами закрепления подвижного состава необходимо инициировать пересмотр: ГОСТ33894-2016. Межгосударственный стандарт. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики на железнодорожных станциях. Требования безопасности и методы контроля, а также Устройства закрепления вагонов. Технические требования №1699 от 18.09.2023.

1.4. Представители ООО «РМЗ» (Челябинская область, г. Златоуст) представили устройство закрепления (заграждения) составов УЗС, которое было разработано и изготовлено специалистами ООО «РМЗ» в 2020 году. Оно предназначено для закрепления составов на приемоотправочных станционных путях, а также для остановки и удержания движущихся вагонов на сортировочных и сортировочно-отправочных путях, предотвращая их несанкционированный выход за пределы парка. Устройство эксплуатируется на открытом воздухе в умеренном климате, выдерживая температуры от минус 45°C до плюс 40°C и относительную влажность до 100% при 25°C. Главная задача УЗС — повышение безопасности движения, исключение ручного труда и вывод персонала из опасной зоны.

УЗС представляет собой тормозное устройство балочной конструкции, смонтированное на бетонном основании, с тормозными балками, расположенными вдоль рельсов. Устройство имеет два положения: заторможенное и расторможенное. В его состав входят пневмоцилиндры, тормозные балки, рычаги, тяги, пружины и другие элементы, обеспечивающие надежное функционирование.

Основные технические характеристики УЗС включают: рабочее напряжение постоянного тока 24±9 В, давление сжатого воздуха 0,8 МПа, удельную тормозную мощность не менее 0,025 м. э.н. в, время переключения между положениями не более 20 секунд, усилие удержания на тележку вагона не менее 35 кН, максимальную рабочую скорость входа вагона 1,4 м/с и массу устройства до 10 000 кг. Габаритные размеры устройства не превышают 3500 мм в длину, 3350 мм в ширину и 600 мм в высоту.

Преимущества УЗС включают универсальность применения на различных путях, наличие защитного кожуха для повышения безопасности, пневматический привод для простоты обслуживания, долговечность за счет железобетонного основания, систему обдува для очистки от снега и не требующие смазки элементы, что облегчает обслуживание.

Устройство УЗС является современным решением для повышения безопасности и эффективности работы железнодорожной инфраструктуры.

1.5. Научно-производственный центр «Промэлектроника» представил разработанный им комплекс технических средств автоматизированного закрепления подвижного состава на станционных путях (КТС АЗС). Этот инновационный проект направлен на повышение



безопасности и эффективности работы железнодорожного транспорта. Главный конструктор системы — Денис Анатольевич Ягов, который возглавляет разработку и внедрение решений в области железнодорожной автоматики и телемеханики.

КТС АЗС предназначен для автоматизированного закрепления тяжеловесных поездов на приемоотправочных путях с уклонами, исключая необходимость использования тормозных башмаков и привлечения сигналистов. Комплекс включает стационарные тормозные упоры тяжелого типа, подсистему управления приводами, органы центрального управления и подсистему прицельной остановки поезда. Система способна удерживать составы массой до 10 тыс. тонн на путях с уклоном до 0,003 и до 5 тыс. тонн на уклонах до 0,006. Опытная эксплуатация системы уже проводится на станции Билимбай Свердловской железной дороги.

Тормозной упор, используемый в КТС АЗС, состоит из двух модулей: закрепляющего (МЗ) и поглощающего (МП). Модуль поглощающий предотвращает критический перекос надрессорной балки тележки, обеспечивая безопасность и надежность закрепления. Управление тормозными упорами осуществляется либо централизованно дежурным по станции (ДСП), либо локально уполномоченным работником через пульт местного управления. Важно отметить, что система исключает возможность одновременного управления с разных постов, что повышает её безопасность.

Закрепление поезда происходит за колесные пары первого и второго вагонов со стороны нижней точки уклона. Это гарантирует надежное удержание всего состава и предотвращает его несанкционированное движение. Подвижные элементы тормозного упора механически воздействуют на колесные пары по команде оператора, обеспечивая быстрое и точное закрепление.

Для обеспечения точной остановки поезда в системе предусмотрена подсистема прицельной остановки (ППОП). Она предоставляет машинистам данные, необходимые для остановки поезда в нужной позиции. Данные могут передаваться через специализированные напольные устройства или напрямую в локомотив по радиоканалу. Для работы подсистемы требуется оборудование горловин станции пунктами считывания параметров поезда (ПСПП).

В перспективе планируется дальнейшая автоматизация системы, включая внедрение роботов-расцепщиков и беспилотных локомотивов. Это позволит полностью исключить участие человека в процессах остановки и закрепления поездов, повысив безопасность и эффективность. Внедрение КТС АЗС будет происходить в два этапа: в 2025 году — в режиме местного управления, а в 2026 году — в режиме центрального управления.

Экономический эффект от внедрения системы включает сокращение времени закрепления, снижение эксплуатационных расходов, исключение простоя локомотивов и предотвращение сходов подвижного состава. Кроме того, система значительно повышает безопасность, исключая человеческий фактор и снижая риск травматизма и катастроф.

В докладе отмечено, что Научно-производственный центр «Промэлектроника» продолжает работу над совершенствованием КТС АЗС, предлагая современные решения для железнодорожной отрасли.

2. Надежность и ресурс элементов подвижного состава при циклическом нагружении

6 марта 2025 г. состоялось заседание № 7 постоянно действующего научно-методологического семинара НИИАС-ИМАШ РАН «Проблемы анализа эффективности, надёжности, функциональной безопасности и рисков в управлении активами железнодорожной отрасли России». В семинаре приняли участие специалисты РУТ (МИИТ) и ИПУ РАН.

2.1. Заслушан доклад «Надёжность и ресурс элементов подвижного состава при циклическом нагружении» (авторы: Н.А. Махутов, чл.-корр. РАН, В.С. Коссов, д.т.н., проф., Э.С. Оганьян, д.т.н.), представленный Оганьяном Эдуардом Сергеевичем (д.т.н., главный научный сотрудник Акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (АО «ВНИКТИ»), профессор, старший научный сотрудник, д.н., внешний совместитель / РУТ (МИИТ), Кафедра «Тяговый подвижной состав»). >>>

В докладе отмечено, что в результате длительной работы экипажной части тягового подвижного состава (рамы и кузова, их шкворневых узлов, рам тележек, осей колесных пар и др.) под действием знакопеременных циклических нагрузок происходит деградация прочностных свойств металла деталей, снижается их сопротивление усталости, что может впоследствии привести к разрушению конструкции. Поэтому прочность конструкций локомотивов и вагонов необходимо подтверждать не только коэффициентами запаса, как предусмотрено действующими нормативами, но и расчетами на долговечность (ресурс), которые учитывают технические, конструкционные и эксплуатационные факторы, обуславливающие работоспособность и безопасность эксплуатации конструкций с заданными уровнями (надежности). Оценка ресурса и срока службы элементов конструкции выполняется расчетно-экспериментальными методами с использованием методов разработанных Институтом Машиноведения Российской академии наук (ИМАШ РАН), адаптированных к конструкциям железнодорожного подвижного состава на базе опыта их эксплуатации и с использованием данных накопленных ВНИКТИ.

Проблемы прочности, надежности и ресурса элементов конструкций железнодорожного подвижного состава (ПС) обуславливают необходимость совершенствования традиционных подходов к обеспечению их безопасной эксплуатации. Решение этих проблем возможно путем установления фактического состояния объекта с учетом накопленных в эксплуатации циклических, коррозионных, износных и других повреждений, определяющих наступление его предельного состояния на этапах жизненного цикла.

Следовательно, актуальным является научно-техническое обоснование безопасной эксплуатации объекта по ресурсу или предельному состоянию, в частности по сопротивлению усталости (мало- и многоцикловой) на основе расчетных, экспериментальных и эксплуатационных данных.

Поэтому прочность конструкций локомотивов и вагонов необходимо подтверждать не только коэффициентами запаса, как предусмотрено действующими нормативами (табл. 1), но и расчетами на долговечность (ресурс), которые учитывают технические, конструкционные и эксплуатационные факторы, обуславливающие работоспособность и безопасность эксплуатации конструкций с заданным уровнем надежности [1-5].

Таблица 1.

Критерии применяемые для оценки прочности

Подвижной состав	Оценка статической прочности по допускаемым напряжениям [1, 2]		Оценка сопротивления усталости по допускаемому коэффициенту запаса n [1, 2]
	I режим	III режим	
Локомотивы	$\sigma_{\Sigma} \leq [\sigma] = 0,90 \cdot \sigma_{0,2}$	$\sigma_{\Sigma} \leq [\sigma] = 0,55 \cdot \sigma_{0,2}$	$n = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma} \cdot \sigma_{a\Sigma} + \psi \cdot \sigma_m} \geq 2$
Вагоны	$\sigma_{\Sigma} \leq [\sigma] = 0,90 \cdot \sigma_{0,2}$	$\sigma_{\Sigma} \leq [\sigma] = 0,60 \cdot \sigma_{0,2}$	$n = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma} \cdot \sigma_{a\Sigma}} \geq 1,4 \dots 1,8$
Примечание: σ_{Σ} – эквивалентные (по Мизесу) напряжения в конструкции; $\sigma_{0,2}$ – предел текучести материала; σ_{-1} – предел выносливости стандартного образца; K_{σ} – коэффициент понижения предела выносливости; $\sigma_{a\Sigma}$ – амплитуды эксплуатационных циклических напряжений; σ_m – среднее напряжение цикла; ψ – коэффициент чувствительности к асимметрии цикла			

Оценка долговечности и ресурса элементов конструкций выполняется расчетно-экспериментальными методами с использованием методов разработанных Институтом Машиноведения Российской академии наук (ИМАШ РАН), адаптированных к конструкциям железнодорожного подвижного состава на базе опыта их эксплуатации и с использованием накопленных АО «ВНИКТИ» результатов научно-исследовательских работ.

В основе применявшихся методов – скорректированная линейная гипотеза (В.П. Когаев, Н.А. Махутов) суммирования усталостных повреждений Пальмгрена – Майнера [5]. Накопленная повреждаемость a_p принимается в этом случае в пределах от 0,5 до 2,0 (вместо 1,0).

Условие разрушения имеет вид:

$$\frac{N_{\text{сум}}}{N_0} = \frac{a_p}{n_p^m \cdot \sum_{\substack{\sigma_{ai} \\ \sigma_{amax} \geq \frac{1}{n_p}}} \left(\frac{\sigma_{ai}}{\sigma_{amax}} \right)^m \cdot t_i} \quad (1)$$

при $\sigma_{ai} \geq 0,5 \sigma_{-1d}$, и коэффициенте перегрузки (предельный коэффициент нагруженности), определяемый выражением:

$$n_p = \frac{\sigma_{amax}}{\sigma_{-1d}} \quad (2)$$

где σ_{amax} - максимальное напряжение в блоке нагружения, который вызывает разрушение детали при числе циклов N_{Σ} ; σ_{-1d} - предел выносливости детали; отношение $t_i = \frac{n_i}{N_{\text{сум}}}$

количества циклов амплитуды к суммарному количеству циклов за весь срок службы детали, N_{Σ} ; N_0 - число циклов, соответствующее точке перелома кривой усталости; - показатель степени в уравнении наклонной ветви кривой усталости.

Для расчета долговечности, с целью учета эксплуатационных нагрузок различного уровня и имеющих случайный характер, формируют суммарный режим нагружения – блок или спектр эксплуатационных нагрузок (табл. 2), представляемый распределением частот, т.е. гистограмм (рис 1) или плотностью вероятностей амплитуд напряжений (рис. 2).

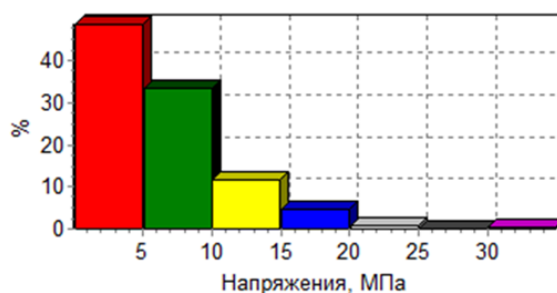


Рис. 1 – Гистограмма текущих значений амплитуд динамических напряжений в раме тележки тепловоза

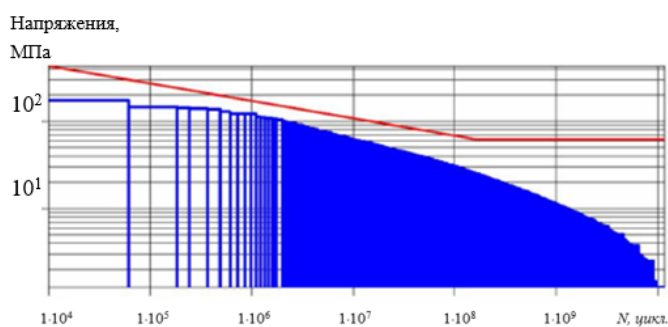


Рис. 2 – Спектр нагрузок (амплитуд напряжений)

В таблице 2 представлены результаты расчета ресурса боковой рамы тележки грузового вагона в зависимости от допускаемой (по ГОСТ 32400-2013 Литые детали тележек. Технические условия) технологической дефектности, моделируемой в расчете в виде трещиноподобного дефекта.



Таблица 2.

Блок нагружения в виде ступенчатой последовательности амплитуд σ_{ai} с числом циклов n_i и их распределением в относительных величинах

σ_{ai} , МПа	n_i , МПа	$A_i = \frac{\sigma_{ai}}{\sigma_{a \max}}$	$t_i = \frac{n_i}{N_\Sigma}$	$A_i^m \cdot t_i$
σ_{a1}	n_1	A_1	t_1	$A_1^m \cdot t_1$
σ_{a2}	n_2	A_2	t_2	$A_2^m \cdot t_2$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\sigma_{a \max}$	n_k	1,0000	t_k	$A_k^m \cdot t_k$
Σ	$\Sigma n_i, (N_\Sigma^\delta)$	-	1,0	-

Учитывается и следующее. Как известно, при построении кривой усталости правая ветвь условно принимается горизонтальной (т.е. долговечность при этом уровне напряжений считается неограниченной). Но, как установлено, для деталей, работающих в многогигацикловой области нагружения (оси, колеса, рамы и др.), правая ветвь оказывается также наклонной, хотя и более пологой, т.е. с гораздо большей величиной показателя m (рис. 3).

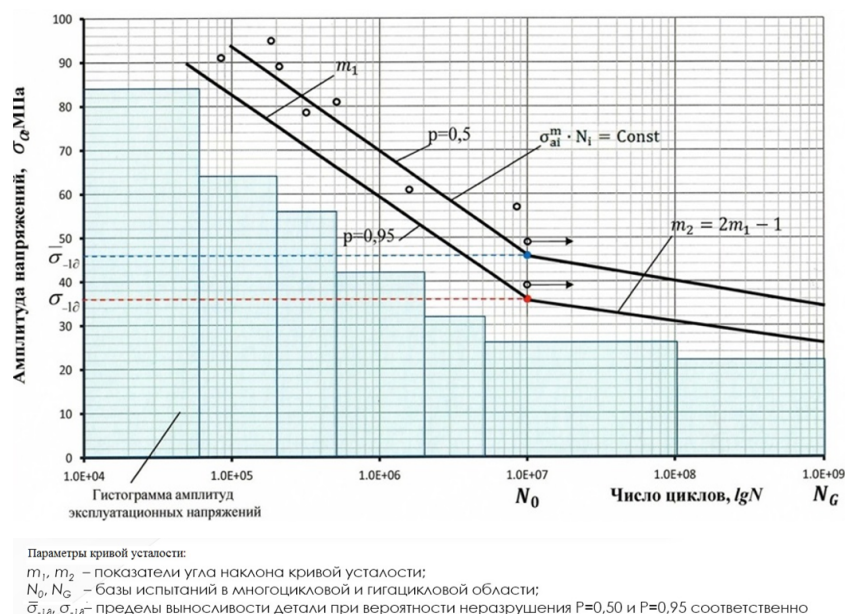


Рис. 3 – Характеристики нагруженности и сопротивления усталости детали

При этом подразумевается, что для натуральных объектов найдена взаимосвязь между углами наклона правой (m_2) и левой (m_1) ветвей кривой усталости, описываемой формулой вида:

$$\sigma_{ai}^m \cdot N_i = \text{const} \quad (3)$$

В зависимости от требуемой надежности оценки величины ресурса, кривая усталости детали может быть эквидистантно опущена (см. рис. 3) для значения предела выносливости, рассчитанного с учетом квантиля нормального распределения (U_p) и коэффициента вариации (v_{-1}) по формуле:

$$\sigma_{-1d} = \overline{\sigma_{-1d}} \cdot (U_p \cdot v_{-1}) \quad (4)$$

При этом используются параметры **нагруженности и характеристики сопротивления усталости**, полученные путем испытаний натуральных деталей. Представленные >>>

требования и критерии прочности, ресурса и безопасности объектов, их критических элементов на жизненном цикле предусмотрены разработанным АО «ВНИКТИ» совместно с ИМАШ РАН ГОСТ Р 57445-2017 [7].

Отмечено, что развивая риск-ориентированный подход к обеспечению надежности и ресурса целесообразно рассматривать безопасность ПС в нештатных (Н/Ш) ситуациях, которые случаются на железнодорожном транспорте по причине отказа техники, человеческого и других факторов, в результате чего повреждаются единицы ПС, и они сходят с рельсов. При этом могут травмироваться и получать увечья члены локомотивных и поездных бригад, пассажиры поезда. Опасным источником таких случаев являются изломы деталей ПС. К критически важным элементам конструкций, способным инициировать их, относятся прежде всего: колесные пары, сцепные устройства, рамы тележек, главные рамы, шкворневые узлы, элементы крепления тяжелого оборудования и тягового привода. Проблема обеспечения безопасности в этих условиях становится особенно актуальной в связи с развитием высокоскоростного и тяжеловесного движения.

Однако в рамках сложившихся подходов при создании подвижного состава разработка технических заданий (ТЗ) и технико-экономическое обоснование (ТЭО) выполняются обычно без учета требований по безопасности его эксплуатации. Дело в том, что действующая традиционная нормативно-техническая база построена в основном на рассмотрении условий в направлении от простых к сложным условиям. Задачи обеспечения эксплуатационной безопасности потенциально опасных объектов решаются по принципу, что если удовлетворены действующие нормативы [1, 2], то специальный количественный анализ безопасности уже не требуется [3, 4, 5]. Это привело к тому, что для анализа каждой Н/Ш ситуации с тяжелыми последствиями создаются специальные комиссии и разрабатываются необходимые ремонтно-восстановительные мероприятия.

В риск-ориентированном подходе [5, 8] изначально решается задача оценки достижения заданных (приемлемых) рисков возможных отказов, разрушений и аварий с нанесением вреда человеку, технике и окружающей среде. С этой целью совершенствуется нормативно-методическая база, предусматривающая в частности:

- применение современных методов анализа нагруженности, характеристик сопротивления усталости и живучести несущих конструкций и ответственных деталей ПС;
- разработку критериев безопасности по условиям прочности, долговечности и рисков;
- моделирование экстремальных и аварийных условий и видов нагружения объекта;
- моделирование совместных и отдельных компонентов и видов (механических, тепловых и др.) воздействий на исследуемые объекты;
- включение в ТЗ и ТЭО требований, безопасности критически важных объектов в нештатных (запроектных) условиях.

Утверждается, что в результате могут быть достигнуты приемлемые риски эксплуатации потенциально опасных и критически важных узлов и деталей ПС, что может способствовать повышению безопасности движения на железнодорожном транспорте.

3. Рассмотрение результатов работы «Интеграция радиоканалов передачи данных цифровой широкополосной системы на основе стандарта LTE в систему МАЛС» (ЦЖС Челябинск-Главный)

26 марта 2025 г. состоялось заседания секции № 6 Научно-технического совета АО «НИИАС» «Системы телекоммуникаций и передачи данных».

3.1. Захаровым А.В. представлена информация о ходе работы по теме «Интеграция радиоканалов передачи данных цифровой широкополосной системы на основе >>>

стандарта LTE в систему МАЛС», которая проводится в рамках модуля 16 проекта «Цифровая железнодорожная станция». До участников заседания доведено, что система LTE на станции Челябинск-Главный построена и организована в соответствии с проектом «Модернизация радиосвязи на ст. Челябинск», выполненным ГТСС в 2019 г. Строительство сети было завершено в 2022 г. Ядро системы реализовано на базе программно-аппаратных средств компании Nokia. Базовые станции (eNB) компании Хайтера. С 2022 года компания Nokia не обеспечивает поддержку работы поставленного в ОАО «РЖД» оборудования.

В ходе выполнения данной работы в части средств связи разработаны:

- Разделы в Частное техническое задание на ПАК МАЛС LTE», утверждено № 340 от 24.11.2023;
- Технические решения на ПАК МАЛС-LTE по обеспечению работы системы МАЛС на станции Челябинск-Главный Южно-Уральской железной дороги с использованием радиоканалов передачи данных цифровой широкополосной системы на основе стандарта LTE, утверждены № 401 от 23.12.2023;
- Рабочая документация «УВК СУ МАЛС с использованием радиоканала передачи данных цифровой широкополосной системы на основе стандарта LTE», утверждена № 440 от 29.12.2023;
- Проекты оборудования локомотивов серии ТЭМ7А и ЧМЭЗ, утверждена 15.12.2023 и 22.12.2023;
- Инструкция о порядке пользования бортовым радиооборудованием системы маневровой автоматической локомотивной сигнализации на станции Челябинск-Главный, утверждена 16.05.2024;
- Программа и методика предварительных испытаний, утверждена № 400 от 30.10.2024.

При проведении работ по интеграции МАЛС в LTE в декабре 2023 года по требованиям ЦСС, была определена необходимость по разработке отдельного документа, определяющего конфигурации для выполнения настроек для всех сервисов ЦЖС, предусматривающих использование системы LTE для организации каналов передачи данных, включая МАЛС, ЕЛМТ, Автомашинист.

В связи с организацией сети СПД ОТН ЦЖС на ст. Челябинск-Главный работу по внедрению сервиса МАЛС решено было разбить на два этапа – для работы через ВСТ СПД и для работы через СПД ОТН ЦЖС (в связи с различными сроками сдачи работ по МАЛС и СПД ОТН ЦЖС). Для обеспечения работы сервиса МАЛС в рамках 1 этапа с системой LTE через существующее оборудование ВСТ СПД институтом разработаны и согласованы с ЦСС «Временные технические решения по организации совместной работы системы МАЛС с использованием сети LTE при обеспечении взаимодействия по сети передачи данных ВСТ СПД на станции Челябинск-Главный Южно-Уральской железной дороги».

В ноябре 2024 при подготовке к предварительным испытаниям АО «НИИАС» обеспечил привлечение компании, специализирующейся на технической поддержке оборудования Nokia для проведения необходимых настроек ядра LTE в соответствии с положениями временных ТР, включая настройку APN (точки доступа), привязку SIM карт, конфигурирование подсистем ядра LTE для обслуживания APN МАЛС, настройку маршрутизаторов основного и резервного ядра LTE для обеспечения информационного обмена по сети ВСТ СПД с УВК МАЛС.

С 02 декабря по 25 декабря 2024 года на ст. Челябинск-Главный проводились предварительные испытания ПАК МАЛС-LTE. В ходе данных испытаний выявлены замечания, в связи с которыми был отложен ввод ПАК МАЛС-LTE в опытную эксплуатацию.

Докладчиком отмечено, что в январе – феврале 2025 года проведены мероприятия по устранению выявленных замечаний. В период с 11.03 по 20.03.2025 на ст. Челябинск-Главный предъявлены результаты устранения замечаний, а именно:

- Привести в соответствие схему и монтаж в части VIP NetCoordinator. Откорректирован документ «Рабочая документация» НАБП.468369.601.РТ. РД на 1-й этап утверждена ЦТЕХ;
- Предоставить схему электропитания устройств СКЗИ. Технические условия на подключение от НГЧ и НС получены 13.03.2025. Представлена временная схема НАБП.468369.600.РТ.2.
- Обеспечить выполнение п.3.1.3.1. ПМИ1. Не проходят ping от резервного канала МАЛС.

Устранено;

- Актуализировать паспорт сервиса ПАК МАЛС-LTE в сети ВСТСПД (временный). Устранено, утверждён №ЦССТР-242 20.12.2024;
- Актуализировать технические решения по организации работы МАЛС с использованием сети LTE. Временные ТР направлены для согласования и утверждения в ЦСС;
- Выявить причину и устранить некорректную работу радиостанции при хендвере. ЦСС устранены сбои на базе 3 (PCI 5, 6);
- Выявить причину и устранить некорректную работу при переключении на резервный канал и обратно при аварии на транспортной сети, а также восстановления при этом работы канала. Устранено путем настроек HW и изменения схемы подключения. Испытано при проведении испытаний СЗИ 14.03.2025;
- Выявить источник и устранить трафик с QCI=9, которого нет в трафике МАЛС. При испытаниях 14.03.2025 при просмотре логов трафика с QCI=9 не выявлено;
- Устранить множественное количество установлений RRC соединений и defaultbearer за короткие промежутки времени. После устранения сбоев на базе 3 сообщения не повторялись.

В настоящее время готовится полный комплект документов для проведения комиссии по определению готовности опытного образца ПАК МАЛС LTE к вводу в опытную эксплуатацию. Планируемые сроки запуска ПАК МАЛС LTE в опытную эксплуатацию – 31.03.2025.

На заседании заслушан и принят к сведению доклад Шаповалова В.В. о разработке в рамках проекта «Цифровая железнодорожная станция» эксплуатационной модели ЦЖС, а также о реализации системы мониторинга и диагностики инфраструктуры.

По итогам заседания решено организовать и провести опытную эксплуатацию ПАК МАЛС LTE, а также на этапе опытной эксплуатации проверить возможность увеличения количества обслуживаемых локомотивов в системе LTE для реализации МАЛС и ЕЛМТ.

4. Техничко-экономические проблемы роботизации и методологии их решения, в том числе для железнодорожной отрасли

27 марта 2025 года на базе АО «НИИАС» состоялось заседание Научного совета по робототехнике и мехатронике Российской академии наук, под председательством академика РАН Феликса Леонидовича Черноусько, посвященное технико-экономическим проблемам роботизации и методологии их решения, в том числе для железнодорожной отрасли. Мероприятие прошло в гибридном формате и собрало более 100 участников.



В приветственном слове генеральный директор АО «НИИАС» Александр Игоревич Долгий подчеркнул, что ОАО «РЖД» является одной из ведущих государственных компаний, занимающихся вопросами внедрения робототехники. По его словам, ключевым условием внедрения робототехнических комплексов является обоснование их технико-экономической эффективности.

Председатель Научного совета, академик РАН Феликс Леонидович Черноусько отметил, что ОАО «РЖД» может стать полигоном для обкатки технологий внедрения, а АО «НИИАС» — ведущим институтом, реализующим задачи роботизации в компании.

С докладами выступили:

- Алексей Кононов, главный эксперт Центра роботизации технологических процессов АО «НИИАС», осветивший актуальность технико-экономического обоснования внедрения робототехники применительно к ОАО «РЖД»;
- Игорь Благодарящев, начальник отделения мониторинга программ беспилотных авиационных систем ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н. Е. Жуковского», представивший существующие подходы к оценке эффективности беспилотных систем;
- Иван Ермолов, заместитель директора Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, поделился опытом роботизации промышленности.
- Директор Ассоциации транспортной науки Александр Зажигалкин, отметивший важность объединения науки и производства, а также необходимость стандартизации роботов и методологии технико-экономического обоснования их внедрения.

4.1. Тема: «Актуальность проблемы технико-экономической оценки внедрения робототехники на российских железных дорогах»

Докладчик: **Алексей Федорович Кононов** – главный эксперт по робототехнике Центра роботизации и технологических процессов, заместитель руководителя Национального центра развития технологий и базовых элементов робототехники Фонда перспективных исследований.

Алексей Федорович отметил, что при внедрении инноваций, включая роботизацию, ключевым фактором остается экономическая эффективность. В своем выступлении он рассмотрел исторические аспекты развития промышленной робототехники, текущее состояние отрасли и перспективы ее применения на российских железных дорогах.

История промышленной робототехники началась в середине XX века. В 1954 году американский инженер Джордж Девол подал заявку на патент, который был одобрен через семь лет. К этому времени его разработка уже использовалась на заводе General Motors для автоматизации литейного производства. В 1970-х годах с появлением микропроцессоров роботы стали программируемыми, что значительно снизило затраты на их перенастройку. Советский Союз также активно развивал это направление: в 1971 году был создан первый отечественный промышленный робот, а государственные документы того времени уже ставили задачи, актуальные и сегодня, – замену тяжелого и опасного труда автоматизированными системами.

Сегодня робототехника демонстрирует устойчивый рост. По данным Международной федерации робототехники, в 2023 году в мире эксплуатировалось более четырех миллионов промышленных роботов. Наибольший потенциал для их внедрения наблюдается в транспортной и логистической сферах, опережая даже медицину и сельское хозяйство.

Однако Россия пока отстает от мировых лидеров. Согласно указу Президента № УК-309, страна должна войти в ТОП-25 по плотности роботизации к 2030 году, но текущий показатель – всего 19 роботов на 10 тысяч работников при среднемировом уровне 151.



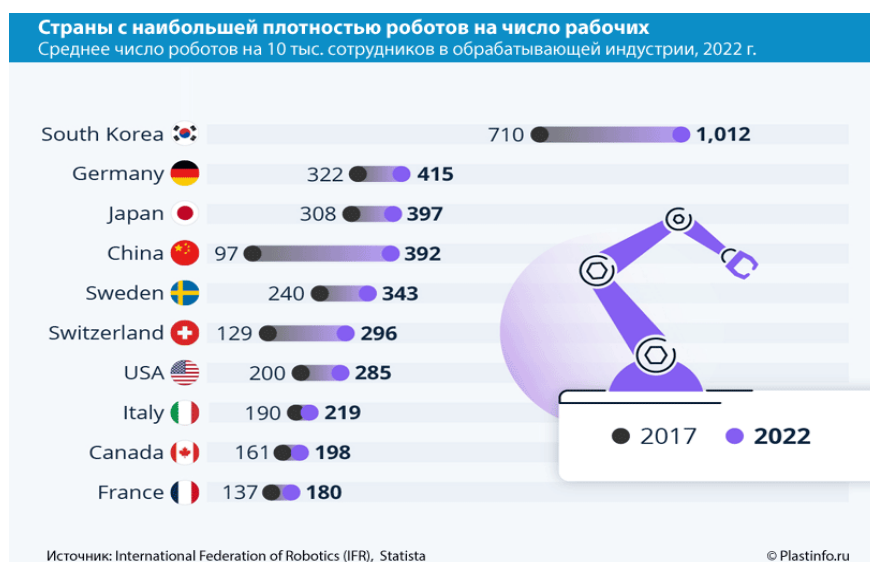


Рис. 4 – Страны с наибольшей плотностью роботов на число рабочих. Среднее число роботов на 10 тыс. сотрудников в обрабатывающей промышленности, 2022 г.

Особое внимание в докладе уделено роботизации на РЖД. Железные дороги представляют собой перспективную отрасль для внедрения автоматизированных систем. Например, на крупных сортировочных станциях, таких как Инская, Лужская и Свердловская, десятки путей работают в круглосуточном режиме, требуя сложной диспетчеризации грузопотоков. Уже выявлено более 30 технологических операций, где ручной труд можно заменить роботизированными решениями, включая расцепку вагонов – опасную и малопродуктивную работу.

Основная проблема заключается в комплексной оценке научно-технических, технологических и экономических аспектов внедрения робототехники. Для ее решения предложены различные подходы, включая экспертный анализ, структурное моделирование процессов и метод «бережливой робототехники», который позволяет оценивать эффективность через анализ прибыли, рисков, сроков окупаемости и технической готовности.

В заключение Алексей Федорович подчеркнул, что роботизация РЖД – сложный, но неизбежный процесс. У России есть около десяти лет для решения кадрового кризиса и технологического перевооружения. Ключевым условием успеха станет грамотная оценка экономической эффективности на каждом этапе внедрения. Для этого необходимо разработать методологию оценки жизненного цикла робототехнических систем и совместно с НИАС проработать тематику промышленных государственных заданий, что позволит привлечь дополнительное финансирование и ускорить внедрение инноваций.

Основной тезис обсуждения сводился к необходимости тщательного экономического обоснования перед определением приоритетов роботизации. Было отмечено, что без такого анализа возможны серьезные ошибки с далеко идущими последствиями.

В ходе дискуссии выделились два подхода к оценке экономической целесообразности. Первый, более традиционный, основан на сравнении затрат на заработную плату высвобождаемого персонала со стоимостью разработки и эксплуатации роботов. Однако участники отметили ограниченность этого метода, так как он не учитывает множество скрытых факторов. Второй, более перспективный риск-ориентированный подход, фокусируется на минимизации потенциальных рисков, включая непредвиденные расходы на обслуживание и модернизацию.

Особое внимание было уделено практическому опыту роботизации сортировочных станций. Участники подчеркнули сложность автоматизации этих объектов из-за многообразия технологических процессов и необходимости взаимодействия различных систем. При этом была отмечена особая важность роботизации опасных для человека операций, таких как расцепка вагонов.

В ходе обсуждения возник вопрос о методологии оценки эффективности на разных этапах жизненного цикла робототехнических систем. Было констатировано отсутствие >>>

универсальных подходов, особенно для предприятий разного масштаба. Участники отметили, что большинство существующих решений разрабатывалось под конкретные задачи, преимущественно в автомобильной промышленности.

Отдельная часть дискуссии была посвящена перспективам роботизации погрузочно-разгрузочных работ. Несмотря на рост контейнерных перевозок, участники сошлись во мнении, что автоматизация этих процессов остается актуальной, особенно в свете изменения транспортных потоков. Были рассмотрены различные технологические решения, включая паллетирующих роботов и системы автоматизированного управления кранами.

В заключительной части обсуждения участники затронули вопрос о границах роботизации. Было отмечено, что не все операции целесообразно автоматизировать на текущем этапе. В качестве примера привели обслуживание пассажиров, где человеческий фактор остается важным элементом сервиса. В то же время были выделены перспективные направления, такие как контроль состояния пути и устранение мелких неисправностей, где роботы могут быть особенно эффективны.

Дискуссия показала, что процесс роботизации железных дорог требует комплексного подхода, учитывающего не только технологические возможности, но и экономические факторы, а также готовность инфраструктуры к внедрению новых решений.

4.2. Игорь Владимирович Благодарящев, Начальник отделения департамента беспилотных авиационных систем ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского» сделал доклад «Существующие подходы к технико-экономическому обоснованию и оценке беспилотных авиационных систем гражданского назначения».

Игорь Владимирович в своем выступлении он подчеркнул, что терминологическая база в этой области окончательно сформировалась лишь в 2023 году, когда были законодательно закреплены ключевые определения.

Особое внимание докладчик уделил нормативному регулированию отрасли. С 2024 года в России реализуется национальный проект по развитию беспилотной авиации, включающий пять основных направлений: стимулирование спроса, разработку и стандартизацию техники, развитие инфраструктуры, обеспечение безопасности и подготовку кадров. При этом для систем массой свыше 30 кг предусмотрена обязательная сертификация, что создает определенные трудности для производителей.

В практической части выступления были рассмотрены различные сферы применения беспилотников - от геодезической съемки до экологического мониторинга и ликвидации ЧС. В настоящее время в государственном реестре учтено более 120 тысяч дронов, причем большинство тяжелых аппаратов используются в сельском хозяйстве.

Основной проблемой докладчик назвал отсутствие унифицированной методики технико-экономического обоснования. Традиционный подход, основанный на расчете стоимости летного часа, не всегда применим к беспилотникам из-за их принципиальных отличий от пилотируемой авиации. В качестве альтернативы предлагается рассматривать интегрированные авиационные системы, учитывающие не только технические параметры, но и потребности конкретных отраслей.

В заключение Игорь Владимирович выделил ключевые проблемы отрасли: отсутствие выделенных частот для управления дронами, сложности сертификации и недостаточную надежность существующих систем. Особое внимание было уделено вопросу подготовки операторов, поскольку большинство аварий происходит именно из-за человеческого фактора.

Доклад завершился предложением систематизировать существующие подходы к оценке эффективности беспилотных систем и учитывать их при разработке нормативных документов.

В ходе обсуждения поднимались актуальные вопросы, связанные с развитием беспилотных авиационных систем. Основное внимание было сосредоточено на проблемах локализации производства компонентов при государственной поддержке и разработке адекватных методик оценки их эффективности.

Участники дискуссии отметили необходимость комплексного подхода к технико-экономическому обоснованию, выходящего за рамки простого анализа стоимости >>>

создания систем. Особый интерес вызвали ограничения традиционных методов расчета, в частности, применяемых при определении стоимости летного часа. Было подчеркнуто, что существующие методики не учитывают важные факторы, такие как подготовка специалистов и процедуры сертификации для тяжелых беспилотников.

Важной частью обсуждения стало уточнение терминологии, особенно понятия «эффективность» применительно к оценке беспилотных систем. Участники сошлись во мнении, что это понятие требует четкого определения для корректного анализа как эксплуатационных характеристик, так и практической ценности систем.

Отдельно рассматривались перспективы разработки математического аппарата для оценки эффективности в рамках национального проекта развития беспилотной авиации. При этом отмечалось, что текущие формулировки проекта решения требуют большей конкретности в определении исполнителей и содержания предлагаемых мер.

В заключение было отмечено, что создание комплексной методики оценки, учитывающей все этапы жизненного цикла беспилотных систем - от разработки до сертификации и эксплуатации, представляет собой важную и актуальную задачу, требующую консолидации усилий всех заинтересованных сторон.

4.3. В докладе «Взаимосвязь технико-экономического обоснования роботизации с нормативно-техническим регулированием» Александра Владимировича Зажигалкина, директора Ассоциации «Транспортная наука» обсуждались некоторые аспекты взаимосвязи нормативно-технического регулирования и технико-экономического обоснования в сфере роботизации, связанные с экономическими аспектами внедрения роботизированных систем, которые до сегодняшнего дня полностью не решены.

В докладе Александра Владимировича Зажигалкина, директора Ассоциации «Транспортная наука», рассматривалась взаимосвязь между технико-экономическим обоснованием роботизации и нормативно-техническим регулированием. Основное внимание было уделено нерешенным экономическим аспектам внедрения роботизированных систем.

Докладчик отметил недостаточную доказательную базу многих заявленных экономических эффектов от роботизации. В качестве примера были приведены два проекта автоматизации на КАМАЗе, где даже в условиях высокоразвитого автомобильного производства срок окупаемости оценивается в 7-9 лет. Это свидетельствует о сохраняющихся проблемах в экономическом обосновании роботизации.

В докладе подчеркивалась необходимость комплексного подхода к оценке эффективности, включающего:

- полный учет всех факторов затрат;
- расчет ключевых экономических показателей (рентабельность, точка безубыточности, срок окупаемости);
- анализ всего жизненного цикла проекта.

Особое внимание было уделено нормативной базе. Отмечено, что в России существует развитая система стандартизации в области робототехники (87 стандартов, из которых 30 разработаны еще в СССР). Однако для железнодорожной отрасли специальные стандарты пока отсутствуют.

Докладчик предложил три основных направления работы:

1. Разработку программы роботизации для железнодорожного транспорта
2. Создание методологии оценки экономической эффективности
3. Разработку отраслевых стандартов

В ходе обсуждения поднимались вопросы финансирования разработки нормативных документов. Отмечена необходимость государственной поддержки этого процесса, особенно на начальных этапах внедрения новых технологий. >>>

В заключение было подчеркнуто, что оценка эффективности роботизации требует учета:

- отраслевой специфики;
- всех видов эффектов (экономических, технологических, социальных);
- полного жизненного цикла систем;
- внешних экономических факторов (например, процентных ставок).

Доклад завершился констатацией необходимости разработки комплексной методологии оценки эффективности роботизации с учетом особенностей железнодорожной отрасли.

В ходе обсуждения доклада был поднят важный вопрос о разработке методики оценки роботизированных систем, особенно в контексте дефицита кадров по ключевым специальностям. Участники дискуссии отметили острую необходимость формализации новых критериев оценки робототехнических комплексов, учитывающих современные вызовы на рынке труда.

Особое внимание было уделено проблеме кадрового дефицита в таких регионах, как Урал и Дальний Восток, где наблюдается нехватка рабочих специальностей, включая помощников машинистов и токарей. В связи с этим предлагалось учитывать в технико-экономическом обосновании не только прямые затраты на замену человеческого труда, но и риски, связанные с физическим отсутствием работников.

Эксперты предложили оценивать такие риски через возможные последствия:

- невыполнение технологических операций;
- угрозы безопасности;
- экономические потери;
- нарушение производственных процессов.

В качестве примера был приведен проект автоматизации движения «Ласточки» по Московскому кольцу, где уже реализован третий уровень автоматизации. Отмечено, что несмотря на техническую готовность к полной автоматизации, сохраняются психологические барьеры, требующие постепенного внедрения изменений.

Участники обсуждения подчеркнули важность сокращения сроков окупаемости подобных проектов до 5 лет, что соответствует современным экономическим реалиям и требованиям инвесторов. Было отмечено, что более длительные сроки окупаемости существенно снижают вероятность реализации проектов, если они не имеют статуса национально значимых.

В заключение была выражена готовность поддержать разработку новых методик оценки, которые бы учитывали как экономические, так и социальные аспекты внедрения роботизированных систем в условиях кадрового дефицита и современных технологических вызовов.

4.4. Доклад **Ивана Леонидовича Щерболова**, заместителя директора Института проблем механики Российской академии наук, был посвящен анализу опыта роботизации промышленного производства и выявлению ключевых проблем в этой области. Основой для выступления послужили материалы обсуждения на круглом столе в Совете Федерации, где рассматривались причины медленного внедрения роботизированных систем в российскую промышленность.

В своем выступлении докладчик подробно остановился на нескольких принципиально важных аспектах. Было отмечено, что внедрение роботизированных систем часто позволяет не просто автоматизировать существующие технологические процессы, но и коренным образом изменить подход к выполнению производственных операций. В качестве иллюстрации приводился пример военной сферы, где применение беспилотных летательных аппаратов открыло принципиально новые возможности выполнения боевых задач.

Значительное внимание было уделено вопросам производительности и кадрового обеспечения. Докладчик привел показательный пример с мясокомбинатом, где автоматизированная упаковочная линия работала лишь на четверть проектной мощности из-за неучтенных ручных операций на смежных участках производства. Особый акцент был сделан на психологических аспектах работы с автоматизированным оборудованием – оператор промышленного робота или станка с числовым программным управлением воспринимается современными выпускниками вузов как более привлекательная должность по сравнению с традиционными рабочими профессиями. >>>

Рассматривая технические аспекты роботизации, докладчик подчеркнул важное преимущество промышленных роботов – их способность к переналадке и повторному использованию для выполнения различных функций. Однако при этом было отмечено, что российское производство робототехнических комплексов остается мелкосерийным, а зависимость от импортных компонентов, особенно приводов и датчиков, продолжает оставаться критически важным фактором.

В докладе были обозначены системные проблемы развития робототехники в России. Среди них – отсутствие единого координирующего органа, аналогичного существующим в авиационной и судостроительной отраслях, острый дефицит квалифицированных специалистов по разработке и внедрению роботизированных систем, а также сложности интеграции новых технологий в существующие производственные процессы и стандарты. Особо отмечалась консервативность некоторых отраслевых стандартов, создающая дополнительные барьеры для внедрения инновационных решений.

Значительная часть выступления была посвящена вопросам подготовки кадров. Докладчик предложил расширять образовательные программы не только для будущих специалистов по робототехнике, но и для технологов, экономистов и других специалистов, которым необходимо понимать возможности и ограничения автоматизированных систем. Была отмечена важность развития среднего специального образования в этой перспективной области.

В качестве положительного примера организационного подхода к внедрению роботизированных технологий приводился опыт корпорации «Ростех», где создан специализированный Центр роботизированных технологий. Этот центр занимается комплексной работой – от аудита промышленных предприятий и разработки решений до подготовки специалистов по работе с автоматизированным оборудованием.

В заключительной части доклада были сформулированы ключевые рекомендации. Среди них – необходимость четкого определения приоритетов внедрения с реалистичными сроками реализации, развитие специализированных образовательных программ, ориентированных на потребности конкретных отраслей, использование механизмов совместного финансирования научных исследований, а также постепенное наращивание компетенций, начиная с относительно простых технологических операций.

В ходе последовавшего обсуждения участники особо подчеркивали важность комплексного учета как экономических, так и технологических факторов при внедрении роботизированных систем. Значительное внимание было уделено вопросам импортозамещения и практическому опыту использования автоматизированных инспекционно-измерительных систем на железнодорожном транспорте.

В обсуждении был затронут вопрос о возможности использования робототехнических систем при проведении строительных и восстановительных работ, что особенно актуально в современных условиях. Основное внимание уделено вопросам безопасности персонала при работе в экстремальных условиях, а также проблемам кадрового дефицита.

Международный опыт, в частности французской группы «Интра», демонстрирует широкий спектр применяемых решений – от миниатюрных роботов до тяжелой транспортной техники. В свое время мы детально прорабатывали вопросы демонтажа атомных объектов с использованием инженерной и транспортной техники, учитывая радиационную обстановку и необходимость сортировки материалов.

Особый интерес представляет направление 3D-печати в строительстве. Российские специалисты являются одними из мировых лидеров в области стационарных бетонных принтеров. Однако еще более перспективными видятся мобильные роботизированные системы, способные работать в недетерминированных условиях и выполнять различные строительные операции.

Отмечено, что в ходе исследований был разработан уникальный подход к роботизации существующей техники. Вместо создания узкоспециализированных беспилотных машин с низким коэффициентом использования, мы предложили модульные решения для переоборудования обычной техники в роботизированные комплексы. Этот подход был успешно апробирован на экскаваторной и бульдозерной технике, показав значительное снижение затрат по сравнению с разработкой специализированных роботов.



Для оценки эффективности таких систем была разработана комплексная методика, учитывающая:

- вероятность безотказной работы;
- коэффициент технического совершенства;
- влияние на общую стоимость работ;
- риски выполнения технологических требований.

Особое внимание, как было отмечено, следует уделять вопросам функциональной безопасности, которая требует специальных подходов при сертификации робототехнических комплексов. В этом контексте важную роль играют стандарты ГОСТ Р 61508, устанавливающие требования к функциональной безопасности программно-аппаратных средств.

Обсуждение выявило необходимость поэтапного подхода к внедрению автономных систем. Перспективным представляется создание гибридных решений, сочетающих элементы автономности с возможностью телеуправления. Это позволяет постепенно накапливать данные для обучения систем искусственного интеллекта, одновременно обеспечивая безопасность и надежность работы.

Важным аспектом является стандартизация систем связи для управления робототехническими комплексами. Унификация интерфейсов и протоколов позволит упростить интеграцию различных систем в единую инфраструктуру.

Практический опыт внедрения инновационных решений показывает, что ключевым фактором часто становится нормативное регулирование. Существующие стандарты и регламенты, разработанные для традиционных технологий, могут создавать барьеры для внедрения новых подходов. В этой связи особую важность приобретает работа по актуализации нормативной базы с учетом современных технологических возможностей.

В заключение было отмечено, что комплексный подход к роботизации, учитывающий как технологические, так и экономические аспекты, позволяет находить эффективные решения для самых сложных задач. Особенно это актуально для работ в экстремальных условиях, где использование робототехники не только повышает эффективность, но и обеспечивает безопасность персонала.

5. Обеспечение функциональной безопасности проекта Цифровая железнодорожная станция

22 апреля 2025 г. состоялось заседание секции № 4 Научно-технического совета АО «НИИАС» «Системы автоматизации технологических процессов в инфраструктурном комплексе (включая сортировочный комплекс)» по теме: «Обеспечение функциональной безопасности проекта Цифровая железнодорожная станция».

Общие вопросы безопасности комплексных проектов в области железнодорожного транспорта являются критически важными для обеспечения надежности и эффективности работы систем. Хатламаджиян Агоп Ервандович (заместитель генерального директора АО «НИИАС», кандидат технических наук), подчеркивает значимость функциональной безопасности как ключевого свойства объектов железнодорожного транспорта. Функциональная безопасность определяется как способность системы выполнять требуемые функции безопасности при всех предусмотренных условиях в течение заданного периода времени. Однако предъявление таких требований ко всей цифровой железнодорожной станции (ЦЖС) может привести к значительному усложнению структуры конечных модулей.

Для решения этой проблемы был принят подход, основанный на релейно-процессорных централизациях. В рамках этого подхода функционал системы реализуется программными средствами, к которым не предъявляются требования функциональной безопасности, а сама безопасность обеспечивается нижним уровнем — релейными схемами. Такой метод позволил сконцентрировать требования функциональной безопасности на пяти ключевых модулях из двадцати четырех, которые получили название Контуров безопасности. На сегодняшний день для всех этих модулей разработаны доказательства безопасности на этапе разработки.

Среди них выделяются модули, отвечающие за закрепление, автоматическое



управление движением поездов (МАЛС, Автомашинист), контроль и управление (КСАУ СП, ИКАР ОГ), радиотехнические комплексы (РТК) и заграждение в сортировочном парке.

Обеспечение функциональной безопасности ЦЖС требует учета различных факторов, которые могут привести к её нарушению. К ним относятся случайные отказы, отказы устройств, искажение информации, внешние воздействия, ошибки при проектировании и эксплуатации. Для подтверждения безопасности модулей ЦЖС используются доказательства безопасности (ДБ), а также единые стандарты защиты передаваемой информации. Важную роль играют разрабатываемые диаграммы последовательностей, которые помогают визуализировать и анализировать процессы. Требования к безопасности подробно описаны в руководящих документах на модули ЦЖС, что обеспечивает их корректную эксплуатацию.

АО «НИИАС» продолжает работу по совершенствованию методов обеспечения функциональной безопасности, что способствует повышению надежности и безопасности железнодорожного транспорта в целом. Институт активно взаимодействует с партнерами и заинтересованными сторонами, предоставляя актуальную информацию через свой официальный сайт и контактные данные.

5.1. Сортировочный комплекс представляет собой высокотехнологичную систему, обеспечивающую автоматизацию управления технологическими процессами расформирования составов. Одним из ключевых элементов этой системы является Комплексная система автоматизации управления сортировочным процессом (КСАУ СП), разработанная под руководством Ольгейзера Ивана Александровича (первого заместителя директора Ростовского филиала АО «НИИАС», кандидата технических наук).

КСАУ СП включает в себя множество технических средств, таких как контрольно-диагностические комплексы, аппаратуру управления балочными заградительными устройствами, системы компьютерного зрения и другие компоненты. Эти устройства обеспечивают автоматизацию управления технологическим процессом, включая инновационные алгоритмы торможения отцепов, управление локомотивом, информационный обмен с АСУ ЦЖС, безопасный роспуск вагонов и контроль напольного оборудования.

Важным аспектом работы КСАУ СП является обеспечение функциональной безопасности. Согласно ГОСТ 33892-2016, интенсивность опасных отказов систем железнодорожной автоматики на сортировочных горках не должна превышать $(1,0 \times 10^{-6})$ 1/час. Критериями опасного отказа системы являются невыполнение условий безопасности, отклонение показателей за установленные нормы, выход системы в предельное состояние или выработка ложных сигналов.

Для анализа безопасности КСАУ СП была разработана модель работы системы в виде графа, учитывающая различные состояния подсистем, такие как отказ основного или резервного комплекта управления торможением, интерактивного горочного пульта или напольного оборудования. На основании этой модели был проведен расчет интенсивности опасных отказов. Учитывая интенсивности отказов составных устройств, таких как микроЭВМ, модули ввода-вывода и напольное оборудование, а также время восстановления системы, было определено, что среднее время до опасного отказа составляет 8 408 381 час. Таким образом, интенсивность опасного отказа КСАУ СП равна $(1,2 \times 10^{-7})$ 1/час, что значительно ниже требований ГОСТ.

Статистические данные подтверждают высокую надежность системы. КСАУ СП была введена в эксплуатацию в 2003 году и на сегодняшний день внедрена на 24 сортировочных горках. Например, на сортировочной горке Челябинск нечетный система работает с 2013 года, обрабатывая в среднем 4000 вагонов в сутки. За время эксплуатации здесь произошел только один опасный отказ в 2017 году. Аналогичная ситуация наблюдается на горке Красноярск-Восточный, где с 2006 года зафиксирован лишь один отказ в 2012 году. Суммарная наработка системы с учетом всех горочных стрелок составляет 7 053 990 часов, а интенсивность опасных отказов находится в пределах доверительного интервала до $(0,16 \times 10^{-6})$ до $(0,83 \times 10^{-6})$ 1/час при доверительной вероятности 0,85. Эти результаты подтверждают, что КСАУ СП соответствует требованиям безопасности.

Кроме того, в состав сортировочного комплекса входят современные устройства, такие как Устройство счета и контроля расцепа вагонов (УСКР), которое использует техническое



зрение для автоматического считывания подвижного состава любой конфигурации, и Комплекс компьютерного зрения для контроля занятости сортировочных путей (КЗСП), обеспечивающий мониторинг местоположения, скорости и динамики движения вагонов.

Аппаратура контроля и управления балочными заградительными устройствами (АКУ БЗУ) также вносит вклад в безопасность системы, обладая низкой интенсивностью опасных отказов. Модуль автоматического управления сортировочным процессом цифровой железнодорожной станции (М17 ЦЖС) интегрирует все компоненты, обеспечивая общую интенсивность отказов на уровне $(0,29 \times 10^{-6})$ 1/час на стрелку.

В заключение можно отметить, что КСАУ СП и сопутствующие системы демонстрируют высокую надежность и соответствие требованиям функциональной безопасности. Их внедрение позволяет минимизировать ручное вмешательство, автоматизировать процессы управления и контроля, а также обеспечивать безопасность работы сортировочных горок.

5.2. В докладе Попова П.А. «Методы обеспечения функциональной безопасности инновационных систем на примере СККСП» отмечено, что система СККСП (Стационарный комплекс контроля свободности пути) предназначена для автоматизации процессов маневровой работы на железнодорожных путях. Её основная задача — снижение влияния человеческого фактора при контроле свободности пути, особенно при движении вагонов вперед, а также исключение «мертвых зон» контроля. Система контролирует рельсовые цепи (PLI), которые не централизованы, что делает её критически важной для обеспечения безопасности.

Однако существующая проблема обеспечения безопасности связана с отсутствием четких требований в стандартах, а также сложностью анализа и тестирования алгоритмов. Большая часть системы построена на нейронных сетях, поведение которых можно описать только эмпирически, на основе конкретных данных. Для оценки полного диапазона промежуточных и выходных значений алгоритма требуются наборы данных, покрывающие все возможные ситуации. Кроме того, результат работы алгоритма сильно зависит от входной информации, что усложняет прогнозирование его поведения.

Возможные отказы системы включают опасные ситуации, такие как выдача статуса «свободно» для занятой рельсовой цепи, формирование некорректных статусов при неисправностях сенсоров или вычислителя, а также отказы защитных средств. Например, аппаратные отказы сенсоров (например, отключение камеры), задержки или искажение данных, а также ошибки в работе нейронных сетей (например, отсутствие объекта в обучающей выборке) могут привести к серьезным последствиям.

Система состоит из программной и аппаратной частей. Программная часть включает нейронные сети, классическое ПО и data-driven алгоритмы, а аппаратная часть представлена блоками вычислителя и сенсоров (камеры, лидары). Основные функции системы заключаются в формировании состояния контролируемых зон PLI, обнаружении объектов (вагонов, людей) и определении их зон нахождения (красная, желтая), а также в выдаче этой информации внешним системам, таким как ЦАМР (Центр автоматизации маневровой работы).

Для обеспечения безопасности система оснащена контролирующими функциями. К ним относятся контроль правильности формирования состояния элементов маршрута и прекращение выдачи ответственной информации внешним системам в случае обнаружения неисправностей. Функции безопасности вынесены в отдельный модуль ПО, который проектируется в соответствии с требованиями ГОСТ Р МЭК 61508-3. Этот модуль представляет собой вложенную машину состояний (конечный автомат), код которой генерируется в инструменте *itemis CREATE*.

Модуль безопасности принимает решения на основе метрик, которые сравниваются с заранее заданными граничными значениями. Например, метрика *data_quality* оценивает качество данных с сенсоров, *ntp_status* проверяет синхронизацию времени, а *delay* контролирует задержки в передаче данных. Для нейронных сетей используются метрики *detection_capability*, *semantic_capability* и *nn_quality*, которые оценивают их обнаруживающую способность и неопределенность предсказаний.

Работа системы безопасности организована по слоям. Первый слой проверяет синхронность шкал времени, затем оценивается качество входных данных, работа нейронных сетей, >>>

обнаруживающая способность и, наконец, проверяется вхождение объектов в зону рельсовой цепи. Если проверка на каком-либо слое не пройдена, система переходит в защитное состояние. В этом случае формируется статус «неизвестно» для проблемной зоны, а обмен данными с внешними системами прекращается.

Выход из защитного состояния возможен только по внешнему сигналу восстановления при условии, что входные данные соответствуют требованиям качества и поступают корректно на протяжении интервала восстановления (5 минут). Для проверки функциональной безопасности ПО применяются классические методы испытаний, включая тестирование при искусственном создании нештатных ситуаций, таких как отключение сервера времени или засвет камер прожектором.

Таким образом, СККСП представляет собой сложную систему, сочетающую современные технологии, такие как нейронные сети, с классическими методами обеспечения безопасности. Её многослойная архитектура и строгие требования к метрикам позволяют минимизировать риски опасных отказов и обеспечивать надежную работу в условиях реальной эксплуатации.

5.3. Доклад по безопасности работы с опасными грузами в сортировочном комплексе представил Соколов Владислав Николаевич (к.т.н., заместитель директора – главный инженер Ростовского филиала АО «НИИАС»). Докладчик отметил, что к опасным грузам относятся взрывчатые материалы (ВМ), сжатые и сжиженные углеводородные газы (СУГ), легковоспламеняющиеся жидкости и твердые вещества, а также окисляющиеся и ядовитые вещества. В случае возникновения аварий возможны такие опасные события, как взрыв, возгорание груза и подвижного состава, утечка ядовитых веществ и сход подвижного состава с рельсов. Последствия этих событий включают вред здоровью людей и окружающей среде, повреждение подвижного состава и инфраструктуры, а также полную или частичную утрату груза.

Последствия наступления опасного события разделяются на внутренние риски для работников железнодорожного транспорта и инфраструктуры, а также внешние риски для населения и инфраструктуры разных уровней. Уровни тяжести последствий классифицируются по ГОСТ Р 54505-2011: катастрофический (взрыв, гибель людей, ущерб свыше 5000 МРОТ), критический (возгорание, тяжкий вред здоровью, ущерб 1500–5000 МРОТ), незначительный (вред средней тяжести, ущерб 500–1500 МРОТ) и незначительный (легкий вред, ущерб менее 500 МРОТ).

Варианты принимаемых решений зависят от уровня риска. Уровни риска включают недопустимый (риск исключается), нежелательный (риск снижается), допустимый (риск принимается при невозможности снижения) и не принимаемый в расчет (риск контролируется с согласия руководства). Для каждого уровня предусмотрены меры обработки риска. Матрица рисков учитывает уровни тяжести последствий (незначительный, незначительный, критический, катастрофический) и уровни частоты (частое, вероятное, случайное, редкое, крайне редко, маловероятное). Это позволяет оценить риски и принимать соответствующие меры.

Представлен интегрированный комплекс автоматизации роспуска опасных грузов (ИКАР ОГ). Комплекс включает контроль готовности маршрута, управление тормозными средствами, контроль с помощью технического зрения и управление заграждением. Технология роспуска вагонов с опасными грузами 2 класса опасности основана на блокировании ручного вмешательства, расчете параметров движения, обнаружении отказов и обеспечении защитного отказа. Безопасность обеспечивается за счет блокирования ручного вмешательства, использования двух модулей контроля и управления, формирования команд на управление тормозными средствами, обнаружения отказов и остановки роспуска при неисправностях. Вероятность отказа системы автоматизации роспуска опасных грузов составляет 8×10^{-9} 1/ч, что соответствует высоким стандартам безопасности.

Аппаратура автоматизированного контроля и управления балочными заграждающими устройствами (АКУ БЗУ) позволяет дистанционно управлять заграждающими устройствами, предотвращать выход отцепов за границу пути и минимизировать человеческий фактор. Внедрение БЗУ повышает безопасность перевозочного процесса.

Управляемые точечные вагонные замедлители включают механизм привода, узел



электродвигателя и блок управления, обеспечивая точное торможение вагонов.

Вероятность отказа системы управления стрелками составляет $2,5 \times 10^{-5}$ 1/ч, системы управления балочными замедлителями – 1×10^{-5} 1/ч, точечного замедлителя – 8×10^{-6} 1/ч. Эти показатели соответствуют требованиям нормативных документов.

Анализ дерева событий показывает, что вероятность повреждения вагона с опасным грузом составляет $4,2 \times 10^{-8}$, что соответствует допустимым нормам безопасности. Основные этапы роспуска включают корректную работу системы управления маршрутами, замедлителями и точечными замедлителями.

Внедрение современных технологий, таких как ИКАР ОГ и АКУ БЗУ, позволяет минимизировать риски при работе с опасными грузами. Автоматизация процессов и резервирование систем управления обеспечивают высокий уровень безопасности. Вероятность отказов соответствует нормативным требованиям, что подтверждает эффективность предложенных решений.

5.4. Корниенко Константин Ильич (ведущий научный сотрудник ЦАТПИК, к.т.н.) представил доклад о функциональной безопасности комплекса автоматизированного закрепления, которая является критически важным аспектом обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте. Основные требования к функциональной безопасности регламентируются рядом стандартов, включая ГОСТ 33894 для систем железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) на станциях, ГОСТ 33893 для переездов, ГОСТ 33896 для диспетчерской централизации и ГОСТ 33895 для перегонов. Дополнительные требования к программному обеспечению и доказательству безопасности определяются стандартами СТО РЖД, такими как 1.19.007, 1.19.009 и 02.049.

Интенсивность опасных отказов для станционных систем ЖАТ должна быть не более 1×10^{-7} 1/ч для станций с числом централизованных стрелок до 22 и 1×10^{-9} 1/ч для станций с большим количеством стрелок. Эти требования направлены на минимизацию рисков, связанных с отказами оборудования.

Управление стационарными тормозными упорами осуществляется сигнальщиком с колонки местного управления после получения разрешения от дежурного по станции. Разрешение может быть выдано только при отсутствии маршрутов на путь и с пути, а также при отсутствии передачи пути на местное управление. Установка маршрутов возможна при контроле снятого положения упора, а в случае отказа сигнальщика от управления упором маршруты устанавливаются с контролем снятого положения или во вспомогательном режиме с исключением контроля упора.

Правила технической эксплуатации требуют закрепления подвижного состава на станционных путях для предотвращения самопроизвольного движения. На путях с уклоном более 0,0025 закрепление допускается только при наличии предохранительных устройств или стационарных средств закрепления. Для предотвращения опасных ситуаций используются устройства, такие как предохранительные тупики, охранные стрелки и стационарные закрепители.

Опасный отказ определяется как самопроизвольное движение закрепленного состава с выходом за границы пути, что может привести к столкновению. Для предотвращения таких отказов применяются комбинированные схемы, включающие устройства типа УТС-380, ДУЗС, ЗУБР или УЗС. Эти устройства обеспечивают защиту даже в случае движения состава, минимизируя последствия.

Функции безопасности распределены между различными системами: электрическая централизация контролирует управление устройствами закрепления, ПАК КУЗС обеспечивает диагностику и выдачу команд, а комплекс позиционирования предоставляет информацию о местоположении подвижного состава. Общая структурная схема комплекса включает такие компоненты, как Автомашинист, ПРИЦЕЛ, ЭЦ, УТС-380 и другие.

При проектировании необходимо исключить возможность выезда подвижного состава за границы пути, что достигается комбинированием различных устройств. Для дальнейшего повышения безопасности требуется разработка новых стандартов и методов контроля автоматизированных систем закрепления. >>>

В заключение отмечено, что обеспечение функциональной безопасности комплекса автоматизированного закрепления требует строгого соблюдения нормативных требований, применения надежных технических решений и постоянного совершенствования методов контроля. Это позволит минимизировать риски и обеспечить безопасность железнодорожных перевозок.

Обсуждение

Проведенные заседания и обсуждения по ключевым направлениям развития железнодорожной отрасли продемонстрировали, что современные вызовы требуют комплексного подхода, объединяющего инновационные технологии, научные исследования и практический опыт. Основные темы, рассмотренные в рамках дайджеста, отражают многогранность задач, стоящих перед отраслью, и подчеркивают необходимость междисциплинарного сотрудничества для их решения.

Одним из наиболее значимых аспектов стало обсуждение механизации и автоматизации процессов закрепления и заграждения подвижного состава в парках станций. Внедрение современных систем управления и позиционирования, таких как управляемые домкратовидные замедлители и балочные заграждающие устройства, позволяет значительно повысить безопасность и эффективность маневровой работы. Эти разработки не только минимизируют человеческий фактор, но и сокращают время выполнения операций, что особенно важно в условиях интенсивного грузопотока. Участники заседания отметили, что дальнейшее развитие этого направления требует тесного взаимодействия между научными институтами, производителями оборудования и эксплуатационными службами.

Не менее важной темой стало изучение надежности и ресурса элементов подвижного состава при циклическом нагружении. Постоянные динамические нагрузки, воздействующие на узлы и детали вагонов и локомотивов, приводят к постепенному износу, что требует разработки новых подходов к проектированию, обслуживанию и ремонту. Особое внимание было уделено риск-ориентированному подходу, который позволяет оценивать безопасность эксплуатации с учетом не только нормативных требований, но и реальных условий работы. Участники подчеркнули, что применение современных методов расчета и моделирования, таких как скорректированная линейная гипотеза суммирования усталостных повреждений, способствует повышению долговечности конструкций и снижению вероятности аварийных ситуаций.

Интеграция цифровых технологий в управление движением поездов, в частности внедрение широкополосной системы передачи данных на основе стандарта LTE в систему МАЛС, открывает новые перспективы для повышения пропускной способности и надежности железнодорожной инфраструктуры. Опыт реализации проекта на станции Челябинск-Главный показал, что успешное внедрение таких решений требует не только технической проработки, но и четкой координации между всеми участниками процесса. Несмотря на выявленные в ходе испытаний замечания, проект демонстрирует высокий потенциал для масштабирования на другие участки сети.

Технико-экономические проблемы роботизации железнодорожной отрасли также стали предметом активного обсуждения. Участники заседания отметили, что внедрение робототехнических комплексов сталкивается с рядом сложностей, включая высокие затраты на разработку, необходимость адаптации существующей инфраструктуры и дефицит квалифицированных кадров. Однако потенциал роботизации, особенно в таких областях, как сортировка вагонов и проведение опасных работ, невозможно переоценить. Ключевым условием успеха является разработка методик оценки экономической эффективности, учитывающих не только прямые затраты, но и долгосрочные выгоды, такие как повышение безопасности и снижение эксплуатационных расходов.

В представленных докладах рассматриваются также ключевые аспекты обеспечения функциональной безопасности в железнодорожном транспорте, включая автоматизацию управления, контроль технологических процессов и работу с опасными грузами. Особое

внимание уделено современным системам, таким как КСАУ СП, СККСП и ИКАР ОГ, которые демонстрируют высокую надежность и соответствие строгим нормативным требованиям. Эти системы позволяют минимизировать человеческий фактор, снизить вероятность отказов и обеспечить безопасность эксплуатации.

Заключение

Анализ докладов показывает, что основными направлениями развития являются внедрение инновационных технологий, таких как нейронные сети и компьютерное зрение, а также совершенствование стандартов и методов контроля. Комплексный подход, включающий резервирование систем, многослойную архитектуру безопасности и строгий мониторинг, способствует достижению высоких показателей надежности. Таким образом, представленные решения вносят значительный вклад в повышение безопасности и эффективности железнодорожного транспорта.

В целом, представленные материалы свидетельствуют о том, что железнодорожная отрасль находится на этапе активного технологического перевооружения. Внедрение инновационных решений требует не только научно-технической проработки, но и адаптации нормативной базы, подготовки кадров и развития инфраструктуры. Участники заседаний подчеркнули важность продолжения исследований в области автоматизации, цифровизации и роботизации, а также необходимость обмена опытом между научными учреждениями, промышленными предприятиями и эксплуатационными службами.

Очевидно, что дальнейшее развитие железнодорожного транспорта будет определяться способностью отрасли интегрировать передовые технологии, обеспечивая при этом безопасность, надежность и экономическую эффективность. Для достижения этих целей необходимо продолжать работу по совершенствованию методик оценки, разработке стандартов и укреплению межотраслевого сотрудничества. Только комплексный подход позволит реализовать потенциал инноваций и обеспечить устойчивое развитие железнодорожной отрасли в долгосрочной перспективе.

Список использованной литературы

1. ГОСТ Р 55513-2013 «Локомотивы. Требования к прочности и динамическим качествам». М.: Стандартинформ, 2014. – 72 с.
2. ГОСТ 33211-2014 Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. М.: Стандартинформ, 2016. – 53 с.
3. Обеспечение безопасной эксплуатации подвижного состава на основе стратегии управления ресурсом на этапах жизненного цикла /Оганьян Э.С., Коссов В.С., Волохов Г.М., Овечников М.Н., Гасюк А.С.// Железнодорожный транспорт, 2018. № 12. - С. 36 - 40.
4. Проблемы прочности, техногенной безопасности и конструкционного материаловедения / Под ред. Н.А. Махутова, Ю.Г. Матвиенко, А.Н. Романова. М.: ЛЕНАНД, 2018. – 720 с.
5. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Тематический блок «Безопасность железнодорожного транспорта» Раздел II. Техногенная безопасность железнодорожного транспорта: коллективная монография / Абросимов Н.В., Акимов В.А., Алешин А.В. [и др.]; науч. рук. чл.-корр. РАН Н.А. Махутов, –М.: МГОФ Знание, 2021. –488 с.
6. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. /Под ред. А.П. Гусенкова. –М.: Машиностроение, 1993 г. -364 с.
7. ГОСТ Р 57445-2017 Железнодорожные технические средства. Общие требования к методам определения ресурса. М. Стандартинформ, 2017. – 26 с.
8. Алгоритм снижения риска возникновения нештатных ситуаций на железнодорожном транспорте по условиям безопасности подвижного состава / Коссов В.С., Красюков Н.Ф., Оганьян Э.С., Волохов Г.М., Князев Д.А. Стр. 215 - 221 / Материалы третьей международной научно-технической конференции: «Железнодорожный подвижной состав: проблемы, решения, перспективы.»-. (г. Ташкент, 17 - 20 апреля 2024 г.). – Т.: ТГТУ, 2024. – 488 с.



9. Риск-ориентированный подход и критерии его использования при оценке безопасности перевозочного процесса на железнодорожном транспорте / Волохов Г.М., Оганьян Э.С., Лунин А.А., Князев Д.А., Красюков Н.Ф. Стр. 89 - 97 / Железнодорожный подвижной состав: проблемы, решения, перспективы: материалы Третьей Международной научно-технической конференции (Ташкент, 17–20 апреля 2024 г.). – Т.: ТГТУ, 2024. – 488 с.
-