



asi-journal-rzd.ru

АВТОМАТИКА СВЯЗЬ ИНФОРМАТИКА

9

2026



Издается
с 1923 года

2 Площадка новых технологий



6 Стрелочный электропривод как основа обеспечения безопасности движения поездов

26 Каналы управления беспилотными объектами на основе технологий MESH и сетей 5G NTN



Обращение

Дорогие друзья, коллеги!

В сентябре в образовательных учреждениях страны, в том числе в отраслевых вузах, начался очередной учебный год. Наши университеты наряду с подготовкой высококвалифицированных кадров, способных успешно трудиться в условиях масштабной цифровой трансформации, внедрения на железных дорогах технических средств и технологий нового поколения, вносят большой вклад в развитие науки, фундаментальных и прикладных знаний, нацеленных на совершенствование транспортной сферы.

Характерная для вузовской науки связь с учебным процессом и реальным производством создает надежную взаимосвязь между академической средой и практикой, ускоряет внедрение инноваций, способствует повышению качества подготовки кадров, развитию творческой инициативы студентов и аспирантов, их активному участию в поиске нестандартных инженерных решений.

ОАО «РЖД» активно поддерживает наращивание научного потенциала университетов, создание в них передовых инженерных школ и научных центров. Поощряется научная деятельность молодых исследователей, в частности за счет предоставления грантов, организации различного рода конкурсов научно-технических идей и разработок. Научные силы вузов привлекаются к реализации всех наукоемких проектов компании, в том числе таких знаковых, как создание высокоскоростных магистралей, квантовых коммуникаций, цифровых сервисов и технологий.

Всестороннее участие вузовских ученых в инновационном развитии Российских железных дорог систематически отражается на страницах отраслевых журналов ОАО «РЖД».

Познавательного чтения!



Валерий Танаев,
заместитель генерального директора —
главный инженер ОАО «РЖД»



Обложка
Станция Сарепта Приволжской дороги
(фото Антипова Д.А.)

9 Сентябрь 2026

Ежемесячный научно-теоретический
и производственно-технический журнал

Содержание

PRO//Движение.Экспо

Площадка новых технологий. *Наумова Д.В.*.....2

Безопасность движения

Стрелочный электропривод как основа обеспечения безопасности движения поездов. *Гапанович В.А., Розенберг Е.Н.*.....6

Новая техника и технология

Совершенствование защиты фидеров электропитания от импульсных перенапряжений. *Светлов В.И., Солюлёв М.М., Мишин П.А.*.....9

Совершенствование защиты от перенапряжений видеонаблюдения, квантовой сети и связи. *Костюков А.В., Ожиганов Н.В., Солюлёв М.М.*.....15

Риск-ориентированная оценка грозовой опасности для устройств ЖАТ. *Соловьев А.Д.*.....19

Сокращение времени восстановления устройств ЖАТ с применением технологии дополненной реальности. *Башаркин М.В., Исайчева А.Г., Хозяинова Е.А.*.....23

Телекоммуникации

Каналы управления беспилотными объектами на основе технологий MESH и сетей 5G NTN. *Антонов А.А., Журавлёва Л.М., Кузьмин В.С., Стретий А.Ю.*.....26

Цифровые технологии

Задачи и перспективы роботизации на железнодорожном транспорте. *Зажигалкин А.В., Вечеров К.О., Охотников А.Л.*.....30

В трудовых коллективах

Сквозь века и расстояния. *Ансимов Н.И., Забрускова Е.Н.*.....35

Лучшие на сети. *Соболева Ж.В.*.....38

За рубежом

Новости.....39

2



6



23



35



ПЛОЩАДКА НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В Нижнем Новгороде состоялась международная научно-практическая конференция и выставка «PRO//Движение. Транспортные системы управления». Мероприятие объединило руководителей железнодорожной отрасли, разработчиков и ученых из России и других стран. В течение нескольких дней участники обсуждали внедрение цифровых технологий, искусственного интеллекта и инновационных подходов в управлении транспортом.

■ Открывая пленарное заседание, посвященное современным тенденциям развития систем управления движением, первый заместитель генерального директора ОАО «РЖД» **С.А. Кобзев** отметил, что имеющиеся сегодня достижения состоялись благодаря тому, что компания постоянно работает в направлении развития новых технологий и применения их в своей повседневной деятельности.

В качестве примера внедрения эффективных инновационных решений спикер привел проект «Цифровая железнодорожная станция», реализуемый в пилотном режиме на станции Челябинск-Главный Южно-Уральской дороги. Автоматизация, цифровизация и роботизация ускоряют сортировочный процесс, а безлюдные технологии освобождают от тяжелой и опасной работы осмотрщиков вагонов, путейцев, составителей поездов, регулировщиков скорости. При этом цифровые системы допускают значительно меньше ошибок или сбоев в сравнении с персоналом. Поэтому модули ЦЖС в ближайшие годы будут тиражированы на все основные сортировочные станции сети.

Сегодня все большую роль приобретает технология виртуальной сцепки, позволяющая сокращать интервал попутного следования поездов. С ее помощью на Восточном полигоне перевозится дополнительный объем грузов по существующей инфраструктуре. Пока виртуальная сцепка применяется в промышленном масштабе на электровозах «Ермак», водящих грузовые составы по восточным маршрутам Транссиба. Однако необходимым для ее внедрения оборудованием уже оснащены первые два тепловоза 3ТЭ28, работающие на БАМе.

В данный момент прорабатывается вопрос внедрения виртуальной сцепки на направлении Центр – Юг, в том числе и в пассажирском движении. Это позволит уже в 2028 г. увеличить размер пассажирского движения между Москвой и Адлером на шесть пар поездов в сутки, а грузовых (на линии Лихая – Батайск – Тимашевская – порты Азово-Черноморского бассейна) – на семь пар поездов.

Среди прорывных проектов, выводящих компанию и страну в целом на новый технологический уровень, С.А. Кобзев выделил строительство инфраструктуры и подвижного состава ВСМ, внедрение искусственного интеллекта во все сферы перевозочного процесса, а также создание квантовой экосистемы. Сейчас на железной дороге работает сертифицированная квантовая сеть протяженностью почти 8 тыс. км, которая надежно обеспечивает конфиденциальность информации.

Управляющий директор Дивизиона ЖАТ ГК «Нацпроектстрой» **К.Д. Хромушкин** подчеркнул,

что превентивная работа в части локализации производства обеспечила компаниям НПС практически полную независимость от иностранных поставщиков. Холдинг развивает собственную технологическую платформу, куда входят системы управления движением, средства автоматизации, программное обеспечение и аппаратные комплексы на собственной элементной базе.

Платформенный подход к построению инфраструктуры управления движением поездов позволяет оперативно масштабировать разработки, одновременно обеспечивая их совместимость и независимость от зарубежных технологий.

В числе ключевых отраслевых тенденций спикер назвал системный переход от автоматизации процессов к их интеллектуализации. При этом он отметил важность развития отечественных нейросетей: именно это позволит формировать системы, которым можно доверять при принятии решений.

Выступление генерального ди-



На пленарной сессии



На стенде ГК «Нацпроектстрой»

ректора АО «НИИАС» **А.И. Долгого** касалось перехода к высокотехнологичным проектам интенсивного развития в ОАО «РЖД». В условиях ограниченных инвестиционных ресурсов такие проекты позволяют увеличивать пропускную способность и объемы перевозок без масштабной перестройки всей инфраструктуры.

Проведенные институтом исследования и моделирование показали возможности сокращения межпоездных интервалов за счет современных систем интервального регулирования и точечных изменений в действующей инфраструктуре.

Еще одним примером интенсивного развития является новая концепция управления перевозочным процессом в реальном времени. Для этого АО «НИИАС» развивает сразу несколько взаимосвязанных технологий: Альфа-Модель перевозок, ГИД НП и Цифровую железнодорожную станцию. Их объединяет общий принцип — планирование и корректирование работы сети на основе актуальных и достоверных данных.

На примере Цифровой железнодорожной станции в Челябинске уже формируется сквозной контур: непрерывный сбор данных — интеллектуальное планирование и контроль — роботизированное исполнение.

Таким образом, появляется возможность точно и быстро считать себестоимость перевозки любой вагоноотправки и, как следствие этого, пересматриваются сами принципы оперативного управления. По словам докладчика, новая модель перевозок — это важней-

ший источник эффективности как для компании, так и для клиентов, а значит, и для страны в целом.

Подробнее об Альфа-Модели на сессии «Цифровое движение. Совершенствование процессов управления движением» рассказала заместитель генерального директора АО «НИИАС» **И.Р. Гургенидзе**.

Альфа-Модель РЖД научит искусственный интеллект управлять движением поездов. Главная цель разработки — оптимизация перевозочного процесса.

Данные в Альфа-Модель поступают в режиме реального времени и в цифровом виде от различных автоматизированных систем, часть из которых уже есть на железных дорогах. Сейчас специалисты работают над созданием модуля «Импульс». Он позволит прогнозировать развитие ситуации с конкретной вагонной отправкой и при отклонении от графика сможет ее скорректировать.

Десять электропоездов «Ласточка» оснастят системами автоматического управления третьего уровня (УАЗ) в текущем году. Об этом на пленарной сессии «Беспилотные системы и малолучные технологии» сообщил заместитель генерального директора — директор Санкт-Петербургского филиала АО «НИИАС» **П.Д. Мыльников**.

Масштабирование технологии стало возможным благодаря успешному завершению подконтрольной эксплуатации электропоезда «Ласточка» с третьим уровнем автоматизации на Московском центральном кольце. Поезд самостоятельно осуществляет движение на основе рабо-

ты ИИ, а машинист находится в кабине для контроля, открытия/закрытия дверей и перехвата управления у робота на случай экстренного реагирования. Состав выполнил больше 3,5 тыс. рейсов, преодолев с пассажирами почти 200 тыс. км.

«Это дало возможность осознать ключевые особенности размещения блоков сенсоров технического зрения. Относительно требований техзадания нам удалось улучшить показатели надежности в 20 раз. Сейчас фиксируется не более одного ложного срабатывания на 200 км, а машинисты практически не вмешиваются в работу системы», — отметил **П.Д. Мыльников**.

Опыт внедрения оборудования на подвижном составе для беспилотного движения на МЦК станет основой для применения технологии в магистральном и высокоскоростном движении. Так, технологии технического зрения будут применяться на первом поезде для высокоскоростной магистрали Москва — Санкт-Петербург. В будущем, при условии обеспечения линии комплексами по обнаружению препятствий, поезд для ВСМ также может стать беспилотным.

Начальник Центральной станции связи **В.Э. Вохмянин** рассказал о начале испытаний первых образцов терминалов спутниковой связи для поездов в ходе сессии «Телекоммуникационные системы для железнодорожной отрасли». Устройства планируется устанавливать на пассажирские и скоростные составы. Вскоре специалисты получат первые результаты тести-



Презентация АО «НИИАС» антропоморфного робота (слева) и блоков сенсоров технического зрения (справа)

рования технических образцов. В ОАО «РЖД» рассчитывают, что новая технология позволит обеспечить устойчивую связь в любой точке маршрута, в том числе для пассажиров дальнего следования.

Выступление заместителя начальника комплекса – начальника сектора широкополосных радиоэлектронных систем АО «НИИАС» **А.В. Шурдака** было посвящено обеспечению устойчивой радиосвязи с поездом, который движется со скоростью до 400 км/ч.

Для высокоскоростной магистрали Москва – Санкт-Петербург создается технологическая радиоподсистема на базе LTE TDD 1800. Она должна обеспечивать передачу данных для систем управления движением, оперативно-технологическую голосовую связь и другие критически важные сервисы.

Высокая скорость ставит перед разработчиками особые задачи. Среди них: компенсация эффекта Доплера и быстрое переключение абонентского оборудования между базовыми станциями без потери связи. Для проверки решений в институте создан специальный стенд, который имитирует движение поезда со скоростью до 400 км/ч, воспроизводя изменение уровня сигнала и доплеровский сдвиг частоты.

На сессии «На цифровой волне. Развитие современных систем интервального регулирования» первый заместитель генерального директора АО «ЭЛТЕЗА» **Е.В. Павлов** представил комплексный подход и международный опыт компании по внедрению технических решений. Среди

них: микропроцессорные централизации, автоматические и полуавтоматические блокировки, системы интервального регулирования движения поездов на базе радиоканала, а также системы управления верхнего уровня TMS (ИСУПП), в том числе с централизованным автоведением и автодиспетчером. Предлагаемые решения позволяют не только увеличить пропускную способность линии за счет сокращения интервала движения поездов до 3–4 мин (а в перспективе до 2–3 мин), но и оптимизировать эксплуатационные издержки.

Начальник научно-технического комплекса систем управления и обеспечения безопасности движения поездов АО «НИИАС» **А.В. Марков** сообщил о начале опытной эксплуатации на сети пологой стрелки Российской системы управления движением поездов, которую внедряют на высокоскоростной магистрали Москва –

Санкт-Петербург. Эта полностью отечественная разработка будет регулировать движение высокоскоростных поездов без участия человека, автоматически учитывая состояние инфраструктуры и погодные условия. Специалисты института уже включили в постоянную эксплуатацию рельсовую цепь повышенной длины на участке Смоленск – Красный Бор, а также протестировали локомотивное устройство безопасности СОБ-400.

Участники сессии «Я, робот. Перспективы развития робототехники для железнодорожного транспорта» обсудили роботизацию в ОАО «РЖД» и основные направления ее совершенствования. Заместитель генерального директора АО «НИИАС» **А.Е. Хатламаджиян** отметил, что к 2030 г. холдинг «РЖД» планирует разработать и внедрить в производственные процессы более полутысячи роботов. На конец прошлого года



В зоне выставки

железнодорожники использовали 11 роботов, к концу этого года их будет уже 55. В дальнейшем стоит задача выйти на темпы более ста единиц в год. Роботов создают в рамках проекта Цифровая железнодорожная станция.

При этом компания планирует создать отраслевой центр обучения роботов. Как показал анализ, более половины исследованных бизнес-процессов РЖД целесообразно решать на базе универсальной робототехнической платформы на основе физического искусственного интеллекта. Железнодорожные роботы не обязательно должны копировать человека. Их можно создавать на колесном или гусеничном шасси, адаптируя морфологию под конкретные производственные задачи.

Помимо обширной деловой программы, все дни конференции работала масштабная выставка. На ней были продемонстрированы новейшие научные разработки, основанные на цифровых решениях и искусственном интеллекте. На стенде ОАО «РЖД» были продемонстрированы макет системы беспилотного движения на БАМе, интерактивная панель цифровой железнодорожной станции, рабочее место оператора-машиниста беспилотного поезда.

ГК «Нацпроектстрой» представила собственные интеллектуальные решения для рельсового транспорта. В их числе «умный переезд», который распознает

препятствия на путях с помощью нейросети; технология цифровой увязки микропроцессорной централизации с системой автоведения, реализованная на станции Слюдянка-2 Восточно-Сибирской дороги; диспетчерская централизация с модулем предиктивной аналитики, предназначенная для управления участками любой длины и труднодоступными станциями; промышленные компьютеры собственного производства и светодиодные светооптические системы.

Также в экспозицию вошли разработки компаний НПС для высокоскоростных магистралей: Платформа 2.0 для цифровизации управления движением и электропривод ПВ-ЭЛ для стрелок ВСМ марки 1/25, самых больших в России.

АО «НИИАС» презентовал разрабатываемую систему радионавигации, которая позволяет определять местоположение поезда с помощью наземной LTE-инфраструктуры. Бортовое устройство определения местоположения БУР принимает сигналы от инфраструктурных радиомодулей, а система СРН на их основе определяет координаты поезда. Такой подход позволяет создать наземный контур позиционирования, не зависящий от спутниковой навигации.

Еще один экспонат – модульная радиостанция передачи речи РМ1-Р. Она предназначена для связи машиниста высокоскорост-

ного электропоезда с дежурными по станциям и диспетчерами.

Большой интерес у посетителей вызвали робот-расцепщик и многоцелевой антропоморфный робот Наума. С его помощью специалисты АО «НИИАС» изучают, какие функции человека на железной дороге в перспективе можно передать антропоморфным роботам и как интегрировать их в реальные технологические процессы.

Потенциальных направлений много: работа в вагонных депо, на сортировочных станциях и в терминально-складских комплексах, техническое обслуживание вагонов, экипировка пассажирских вагонов и др.

Кроме того, институт представил блоки сенсоров системы технического зрения для серийного оснащения высокоавтоматизированных поездов «Ласточка». Они предназначены для эксплуатации в поезде с третьим уровнем автоматизации (УАЗ/GoA3). Оборудование включает блок с четырьмя видеокамерами, два лидара с дальностью распознавания объектов инфраструктуры и обнаружения препятствий до 450–500 м, а также тепловизор с дальностью до 1,5 км.

Научно-практическая конференция стала дискуссионной площадкой и источником инициатив, которые в будущем могут найти дальнейшее применение в прикладных проектах, нормативных решениях и технологических разработках.

НАУМОВА Д.В.

30 лет

НПС // **1520 СИГНАЛ**

700+
Станций

15000+
Стрелок

Создаем Цифровое Будущее

Москва, ул. Лётчика Бабушкина, вл. 1, стр. 2
Тел.: +7 (495) 901-15-20
www.1520signal.ru

СТРЕЛОЧНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД КАК ОСНОВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ



ГАПАНОВИЧ
Валентин Александрович,
президент Ассоциации
«Объединение производителей
железнодорожной техники»,
канд. техн. наук,
Москва, Россия



РОЗЕНБЕРГ
Ефим Наумович,
АО «Научно-исследовательский
и проектно-конструкторский
институт информатизации,
автоматизации и связи на
железнодорожном транспорте»
(АО «НИИАС»), первый заме-
ститель генерального директо-
ра, д-р техн. наук, профессор,
Москва, Россия

При реализации высокоскоростного движения требования обеспечения безопасности движения выходят на принципиально новый, более высокий уровень и становятся возможными только при системном применении инструментов методологии RAMS. Ее основные положения изложены в Международных стандартах IEC 62278-I:2025 «Железные дороги. Технические условия и демонстрация надежности, эксплуатационной готовности, ремонтпригодности и безопасности (RAMS). Часть 1. Общий процесс RAMS» и IEC 62278-II:2025 «Железнодорожные приложения. Спецификация и демонстрация надежности, доступности, ремонтпригодности и безопасности (RAMS). Часть 2. Системный подход к безопасности».

■ Стрелочный привод (рис. 1) является одним из наиболее ответственных и критически важных элементов железнодорожной инфраструктуры. В практике работ ОАО «РЖД» комплексная оценка по уровню риска механических и электронных устройств, включая программирование, только начинается. Ключевые требования и показатели надежности представлены на рис. 2. Для стрелочных переводов, установленных на линиях высокоскоростного движения, в международной практике используется понятие «полнота безопасности» (Safety Integrity Level, SIL) как количественная мера, определяющая вероятность отказа системы, который может привести к аварии. Для ключевого элемента управления стрелочным переводом – электропривода, установлен четвертый (наивысший) уровень полноты безопасности (SIL4), полностью исключающий вероятность опасного отказа.

Назначение уровня полноты безопасности SIL4 для стрелочно-го перевода BCM в соответствии с требованиями указанного стан-

дарты можно представить в виде следующих шагов.

Шаг 1. Анализ опасностей на уровне системы:

устанавливается целевой уровень SIL для всей функции безопасности через определение тяжести последствий, к которым может привести отказ функции перевода стрелки.

Шаг 2. Распределение требований по подсистемам:

электронная часть управления

(контроллер) проектируется с высокой степенью отказоустойчивости с применением стандартов EN 50129 для аппаратного обеспечения и EN 50128 для программного;

датчики контроля являются частью архитектуры управления, обеспечивающие обратную связь (подтверждение того, что система зафиксирована в нужном положении).

Шаг 3. Сертификация по SIL4:
электродвигатель привода (как



РИС. 1

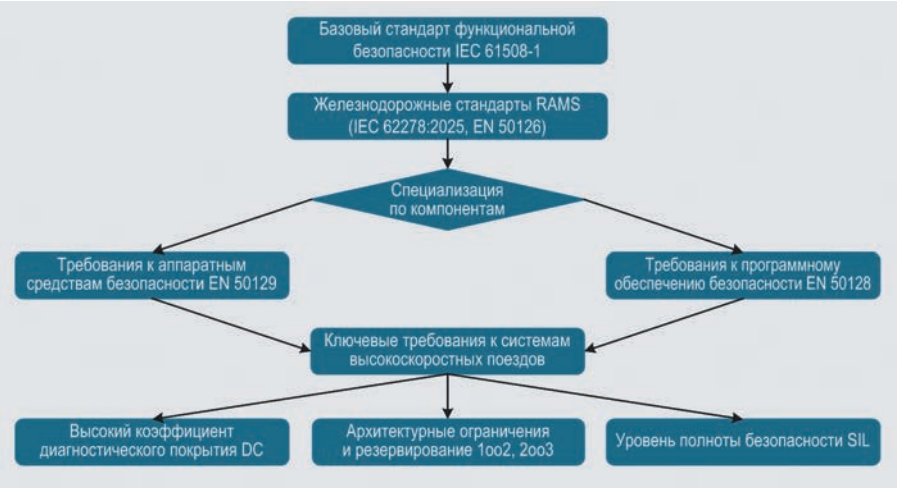


РИС. 2

электромеханическое устройство) не получает «SIL сертификат», его показатели отказоустойчивости и надежности учитываются в общем расчете безопасности системы, если для них не отработаны отдельные показатели риска по модели «нагрузка-прочность».

Шаг 4. Назначение SIL для компонентов:

датчики или логические контроллеры могут иметь сертификаты SIL2 или SIL3, а итоговый уровень полноты безопасности системы SIL4 достигается за счет архитектуры (резервирование 1oo2 или 2oo3).

Описание и логика работы архитектур приведены на рис. 3.

Таким образом, процесс назначения полноты безопасности стрелочного перевода состоит из анализа рисков, распределения требований, выбора и сертификации компонентов, архитектурного резервирования.

Отметим, что требования к стрелочному переводу (механической части) и стрелочному электроприводу (система управления) для инфраструктуры высокоскоростного движения имеют разную природу, но неразрывно связаны между собой. Перевод является физическим объектом, к которому предъявляются повышенные требования по прочностным характеристикам и геометрическим параметрам, а электропривод обеспечивает управление и контроль на основании соответствующих стандартов. Система управления стрелочным переводом, включающая в себя электропривод, датчики различных типов и контроллеры, должна гарантированно обеспечивать перевод стрелки в соответствующее положение с надежной фиксацией, исключающей нахождение в опасном (для поезда) состоянии. Это обеспечивается выполнением требований

функциональной безопасности. Базовый стандарт по функциональной безопасности электрических, электронных и программируемых электронных систем ГОСТ-Р МЭК 61508. Основная идея стандарта заключается в том, что безопасность должна быть встроена в систему на этапе проектирования, где кроме оценки компонентов оцениваются процессы создания системы.

Ключевой целью стандарта является обеспечение выполнения системами электронной/электрической функции безопасности. Причем риски при их отказе должны быть сведены к приемлемому уровню, т.е. такому уровню риска, который считается достигнутым с учетом корректных условий и при котором дополнительные затраты на его дальнейшее снижение не оправданы. Это является компромиссом между уровнем безопасности и ресурсами, которые можно выделить на его обеспечение.

Стандарт выводит следующие базовые понятия.

Уровни полноты безопасности (SIL1–SIL4) количественно определяют надежность функции безопасности.

Жизненный цикл безопасности определяет этапы, которые необходимо пройти, чтобы гарантировать безопасность системы.

Количественные показатели – вероятность отказа по требованию PFD_{avg} и вероятность опасного отказа в час.

Стандарт ГОСТ Р МЭК 61508, состоящий из семи частей и международных стандартов IEC 62279:2015 (ГОСТ-Р МЭК 62279:2016), опреде-

Целевой уровень SIL	Типовая архитектура (сокращение)	Описание и логика работы	Практический пример в системе управления
SIL1	1oo1 (1 out of 1)	Одиночный канал. Без резервирования. Высокие требования к качеству компонентов и диагностике.	Простой датчик или привод с высокой собственной надежностью, где отказ маловероятен, а последствия минимальны.
SIL 2	1oo1D (1 out of 1 with Diagnostics)	Одиночный канал, но с расширенной внутренней диагностикой (DC > 90 %). Диагностика обнаруживает большинство отказов и переводит систему в безопасное состояние.	Контроллер с функцией самопроверки памяти, процессора и цепей ввода/вывода. При обнаружении сбоя инициируется аварийная остановка.
SIL 2 / SIL 3	1oo2 (1 out of 2)	Два параллельных канала. Система срабатывает, если сработал хотя бы один канал. Высокая доступность, но есть риск ложного срабатывания.	Два независимых датчика. Если один показывает опасное значение – система останавливается. Используется, когда ложная остановка менее критична, чем пропуск опасности.
SIL 3 / SIL 4	2oo3 (2 out of 3)	Три параллельных канала. Система срабатывает, если сработали как минимум два канала. Оптимальный баланс: отказоустойчивость (один канал может отказать) + защита от ложных срабатываний.	Три процессорных модуля в системе управления движением поезда. Решение принимается по большинству, что исключает остановку из-за сбоя в одном модуле.
SIL 4	2oo4 (2 out of 4) и другие комбинации	Высшая степень резервирования и отказоустойчивости. Может включать несколько уровней резервирования (аппаратное, временное, функциональное).	Критичные системы на АЭС или системы автоматического торможения поездов (например, ETCS Level 2). Часто сочетает дублированные контроллеры, работающие по схеме 2oo4, с независимыми цепями питания и датчиками.

РИС. 3



РИС. 4

ляет жизненный цикл разработки программного обеспечения (требования, проектирование, кодирование, тестирование), методы и инструменты которого должны применяться в зависимости от требуемого уровня безопасности (SIL). Стандарт устанавливает требования к документированию, верификации и валидации программного обеспечения.

Стандарт IEC 62425:2025 (EN 50129:2018) устанавливает требования к архитектуре и конструкции аппаратной части, определяет методы доказательства безопасности (Safety Case, анализ FMEA), вводит количественные показатели отказов (PFD/PFH), требование к отказоустойчивости и безопасности, а также определяет процедуры для получения разрешения на ввод системы в эксплуатацию.

Оба стандарта работают совместно. Программное обеспечение не может быть безопасным, если оно работает на ненадлежащих технических системах («железе») и наоборот.

При реализации проектов высокоскоростного движения со скоростями до 400 км/ч выполнение требований функциональной безопасности с назначением соответствующего уровня полноты (SIL4) (уровень полноты безопасности 4 (УПБ4) по российскому классификатору) является обязательным условием обеспечения безопасности движения, и в первую очередь применительно для стрелочных переводов. В качестве примера можно привести требование к уровню полноты безопасности SIL к стрелочному контроллеру системы управления.

Приведем отдельные ключевые технологические аспекты.

Аппаратное резервирование и диверсификация:

двойное модульное построение или тройное модульное резервирование (TMP) 2002 или 2003, обеспечивающее непрерывную работу в случае отказа одного из процессоров;

разнотипные вычислительные блоки или асинхронная работа однотипных устройств для выявления сбоев;

резервные датчики.

Отказоустойчивая логика и контрольные механизмы:

обнаружение и переход на резервирование в режиме реального времени обеспечивается логической схемой и контрольными таймерами;

перевод системы в безопасное состояние осуществляется при выявлении отказа;

отказоустойчивость обеспечивается в том числе при отключении питания переходом в безопасное состояние.

Операционная система реального времени:

контроллер работает на определенной системе реального времени, сертифицированной на уровень полноты безопасности SIL4;

более перспективный вариант применения в системе жесткой логики или программируемых контроллеров, где объем тестирования значительно меньше, чем в микропроцессорах;

программное обеспечение разрабатывается с использованием проектного подхода на основе сертифицированных моделей и проверяется с помощью формальных методов, математически доказывающих корректность работы.

Программное обеспечение должно пройти модульное, интеграционное и системное тестирование, включая моделирование сбоев и долгосрочную проверку надежности.

Коммуникационные интерфейсы – взаимодействие с системами сигнализации осуществляется через резервируемые протоколы с использованием каналов связи, соответствующих требованиям сертификации с криптографической проверкой целостности (ETB, SSCP).

Для системы управления также должен быть выполнен анализ опасностей и рисков (HARA) для выявления и классификации рисков, анализ видов и последствий отказов (FMEA), анализ дерева отказов (FTA), которые обеспечивают устойчивость ко всем прогнозируемым отказам.

Помимо соответствия стандартам для обеспечения требуемого уровня безопасности движения поездов при прохождении по стрелочным переводам должны быть применены такие технологии, как непрерывный мониторинг за счет установки датчиков контроля критических параметров, в том числе и на основе анализа кривой тока электродвигателя при переводе стрелки, датчиков ускорений и др. Схема непрерывного контроля критических параметров представлена на рис. 4.

По данным иностранных источников для многоприводных систем стрелочных переводов ВСМ каждый электропривод требует отдельного контроля, а в целом один высокоскоростной стрелочный перевод может быть оснащен 40 и более датчиками, что учтено в российском варианте УПК УПС.

По мере инновационного развития систем ЖАТ и активного внедрения цифровизации одной из новых тенденций в этой сфере инфраструктуры стали периферийные вычисления, диагностика с помощью искусственного интеллекта с повышением уровня киберзащитности.

Перспективные системы должны поддерживать удаленное обновление программного обеспечения, цифровые двойники для технического обслуживания и стандартизованные интерфейсы для подключения к различным железнодорожным сетям независимо от производителя. Применение средств информационной безопасности в контуре функциональной безопасности должно по уровню SIL соответствовать уровню защиты объектов (МЭК 62859).

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАЩИТЫ ФИДЕРОВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ



СВЕТЛОВ
Владислав Игоревич,
АО «Хакель», Дивизион по
работе с отраслевыми заказ-
чиками, железнодорожная
отрасль, руководитель направ-
ления, Санкт-Петербург, Россия



СОЛЮЛЁВ
Михаил Михайлович,
АО «Хакель», Дивизион по
работе с отраслевыми заказ-
чиками, железнодорожная
отрасль, главный специалист,
Санкт-Петербург, Россия



МИШИН
Павел Андреевич,
АО «Хакель», директор
направления Элек-
тронные компоненты,
Санкт-Петербург, Россия

Служба автоматики и телемеханики Октябрьской ДИ в 2014 г. поставила перед АО «Хакель» задачу защиты оборудования ДЦ на станции Громова от грозовых и коммутационных импульсных перенапряжений. В первую очередь специалистам нужно было решить задачу по защите оборудования со стороны фидеров электропитания. Таким решением стал щиток защиты от импульсных перенапряжений оборудования ЭЦ малых станций со стороны двух трехфазных фидеров электропитания, организованных по системе заземления TN-C от воздействия опасных импульсных перенапряжений ЩЗИП.ЖАТ-ЩВПУ-IP30-УХЛ4.

■ Согласно действующим типовым решениям для защиты фидеров питания ЭЦ применяются разрядники типа РВН-0,5 МНУ1, GZA или их аналоги. Однако они имеют недостатки, среди которых высокое напряжение статического пробоя (например, для РВН-0,5 оно составляет 2,3–2,7 кВ), что приводит к высокому уровню остаточного напряжения и большой, так называемой мертвой зоне. Другими словами разрядник не реагирует на довольно высокий уровень перенапряжений (< 2,3 кВ), который может быть опасным для защищаемого оборудования. Вторым недостатком этих разрядников – недостаточная пропускная способность импульсных токов. Эти устройства не соответствуют устройствам защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) класса испытаний I [1], так как не рассчитаны на молниевые токи с длиной импульса 10/350 мкс. Именно такие УЗИП должны применяться со стороны внешних линий, находящихся в зоне молниезащиты $O_{A(B)}$ [2], т.е. в зоне воздействия молниевых токов или электромагнитного поля молнии. Это в полной мере относится и к объектам железнодорожной инфраструктуры [3, 4].

Для защиты фидеров типа TN-C типовым реше-

нием является применение УЗИП ограничивающего типа на основе варисторов. Устройства при этом включаются в цепь фаза/земля, т.е. параллельно к каждому фазному проводнику защищаемого фидера.

Так как УЗИП могут пропускать через себя импульсные токи большой энергии, специалисты АО «Хакель» всегда рекомендовали размещать устройства в отдельных металлических щитках в целях обеспечения пожарной безопасности защищаемого оборудования и самих объектов. Компания почти 20 лет производит специальные щитки защиты от импульсных перенапряжений ЩЗИП® на основе УЗИП собственного производства, а также принимает участие в качестве консультанта в разработке нормативной документации в области молниезащиты. Требования по размещению УЗИП в отдельных металлических конструктивах нашли отражение в отраслевой железнодорожной нормативной документации [4].

Учитывая, что фидеры электропитания постов ЭЦ малых станций однотипны, было предложено решение в виде типового щитка защиты ЩЗИП.ЖАТ-ЩВПУ-IP30-УХЛ4, который можно применять

на любой станции. Выбор УЗИП и схемы защиты ЩЗИП был сделан с учетом требований отраслевой железнодорожной нормативной документации [3–5].

Первоначально схема была реализована на основе комплекта модульных однополюсных УЗИП ввода питания (FV1-FV6) ГСА12 ВВ 230 1+0 С, подключаемых на каждую фазу и состоящих из устройства (модуля) класса испытаний I+II [1] ограничивающего типа на базе варистора – ГСА12 ВВ 230 и базового элемента типа ГСА ВВ 1 С.

Все защитные устройства являются приборами многократного действия при условии, что воздействия на них не превышают нормативные. Выбор их типа был обусловлен максимально ожидаемым уровнем импульсных воздействий для воздушного ввода кабеля электропитания в здание поста ЭЦ в расчете на каждый провод в 9 кА 10/350 мкс [5]. Указанный тип УЗИП рассчитан на пропускание импульсных токов до 12,5 кА (10/350 мкс).

При работе устройств защиты на базе варистора избыточная энергия импульса рассеивается в виде тепла, что приводит к его нагреву. Поэтому УЗИП, применяемые на объектах железнодорожной инфраструктуры, должны быть пожаробезопасны, а ограничивающего типа – оснащены терморасцепителями [3].

Отметим, что все УЗИП ограничивающего и комбинированного типов в линейке Хакель оснащены терморасцепителями. При срабатывании терморасцепителя происходит отключение УЗИП от защищаемой линии и переключается контакт дистанционной сигнализации (DS). С помощью этого контакта реализуется сигнализация неисправного

состояния: местная (в виде красной лампочки на дверце щитка) и дистанционная (в виде «сухого» контакта в системе диспетчерского контроля).

Так как посты ЭЦ должны быть обеспечены гарантированным электропитанием, то УЗИП вводных устройств также должны выполнять это требование в любом режиме работы. В связи с этим внешнее электроснабжение должно быть защищено от аварийных режимов работы самих УЗИП (пробоя) аппаратами токовой защиты [3].

Обеспечить одновременно непрерывность электроснабжения и непрерывность защиты – непростая задача. Для этого токовая защита должна соответствовать двум противоречивым требованиям – с одной стороны соблюдать селективность по номинальному току с вышестоящей токовой защитой, с другой – выдерживать импульсный ток, протекающий через устройства защиты, и не отключаться.

В параметрах УЗИП низковольтных распределительных систем приведен номинал защитного предохранителя, включаемый в его цепь, который выдерживает номинальный импульсный ток. Так, для применяемого в данном решении УЗИП указан номинал предохранителя 160 А. Однако применение такого предохранителя не гарантирует селективность с токовой защитой КТП во всех случаях. Кроме того, номинал токовой защиты должен быть минимально возможным, так как ток аварийного режима УЗИП может быть кратно ниже указанного номинала предохранителя (единицы ампер).

Решением может стать автоматический выключатель (автомат). Однако необходимо понимать стойкость автоматов к импульсным токам, ведь

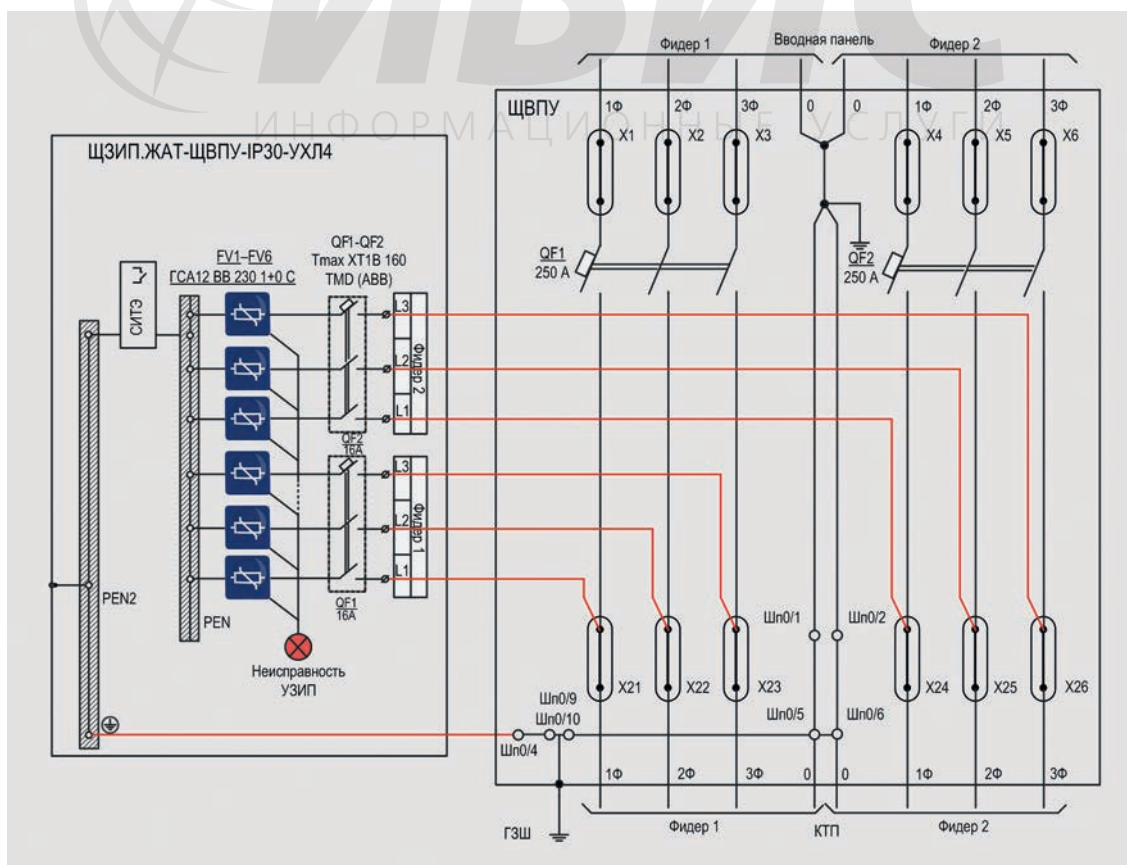
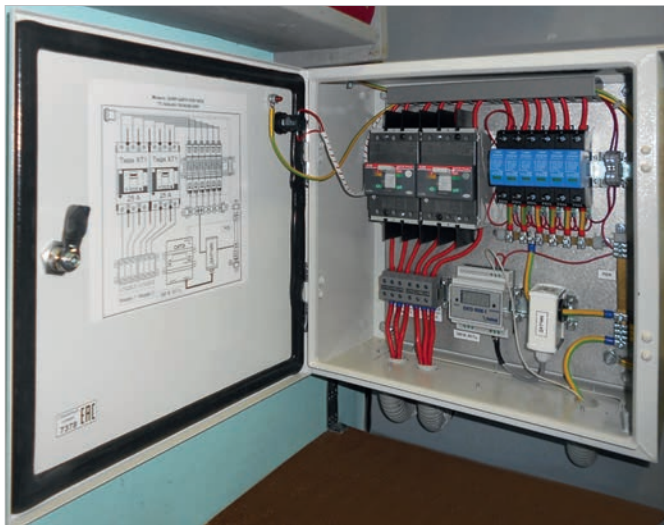


Схема защиты и подключения первого варианта ЩЗИП.ЖАТ-ЩВПУ-IP30-УХЛ4



ЩЗИП.ЖАТ-ЩВПУ-IP30-УХЛ4 на станции Громово

производители, как правило, такого параметра не указывают. В связи с этим компания «Хакель» в собственной испытательной лаборатории провела испытания автоматов различных типов. В результате было выяснено, что в качестве токовой защиты УЗИП вводных устройств можно использовать только автоматы в литом корпусе, причем даже минимального номинала. В итоге было решено применять автоматы серии TmaX ABB. В данном щитке были применены выключатели самого низкого номинала 16 А.

Дополнительно в ЩЗИП.ЖАТ-ЩВПУ-IP30-УХЛ4 применен счетчик импульсов тока типа СИТЭ-100К-1 для фиксации импульсов тока, проходящих в цепи УЗИП. Это позволяет оценить нагрузку на УЗИП и принять решение об их проверке по фактическому состоянию.

Размещение и подключение ЩЗИП необходимо производить на границе зон молниезащиты $0_{A(B)} - 1 [2, 6]$ поста ЭЦ. Обычно такой границей является точка подключения кабелей питания в вводном устройстве здания. Для действующих постов ЭЦ такими типовыми вводными устройствами обычно являются щиты выключения электропитания ЩВП и ЩВПУ, т.е. ЩЗИП подключается к вводным клеммам ЩВП(У). При этом разрядники в ЩВП(У) изымаются.

Конструктивно ЩЗИП представляет собой металлический корпус с дверцей. Габариты щитка подобраны таким образом (ширина 400 мм соответствует глубине щита ЩВПУ), что его можно закрепить на боковой стенке ЩВПУ. Такой способ установки обеспечивает наименьшую длину соединительных проводов.

Для подключения ЩЗИП в состав монтажного комплекта включены: набор из шести фазных соединительных проводников и одного заземляющего проводника длиной 2 м с наконечниками под болтовые клеммы ЩВП(У), два отрезка гофротрубы для перехода из корпуса ЩЗИП в корпус ЩВП(У) и три дополнительных сальника для ввода проводников в боковую стенку ЩВП(У).

Монтажный набор позволяет специалистам дистанций подключать ЩЗИП в течение примерно 4 ч без перерыва движения поездов и специальных инструментов.

Применение ЩЗИП.ЖАТ-ЩВПУ-IP30-УХЛ4 наряду с другими устройствами защиты на станции Громово Октябрьской дороги дало положительный результат. Число повреждений вследствие грозовой активности резко снизилось. При этом защита была установлена на меньшей части внешних цепей ЭЦ. Аналогичные щитки также были установлены на станциях Кузема, Ковда и Пергуба Октябрьской дороги.

Компания продолжила совершенствование ЩЗИП.ЖАТ-ЩВПУ-IP30-УХЛ4 с учетом замечаний экспертов и опыта эксплуатации. В 2022 г. разработаны и утверждены Технические решения по защите оборудования ЖАТ [7], в рамках которых был создан второй вариант ЩЗИП с некоторыми конструктивными и схемными усовершенствованиями.

Конструктивно внутреннее пространство ЩЗИП разделили металлической перегородкой на две секции (для 1-го и 2-го фидеров), что позволило повысить пожарную безопасность щитка. Кроме того, в его конструкции предусмотрели возможность перевешивания дверцы на левую сторону в случае затруднения доступа.

Практика показывает, что в процессе эксплуатации обслуживающий персонал может отключать автоматический выключатель в ЩЗИП, оставляя фидеры без защиты. Для исключения подобной ситуации помимо сигнализации неисправного состояния УЗИП на дверцу щитка выведена сигнализация включения фидеров. Когда подключены фидеры и автоматические выключатели в ЩЗИП, на дверце горят соответствующие зеленые лампочки. Дополнительно контроль состояния УЗИП и фидеров выведен на дистанционную сигнализацию, что позволяет подключить ЩЗИП к диспетчерскому контролю.

Кроме этого, был модернизирован счетчик импульсов СИТЭ, что повысило устойчивость его работы и предотвратило несанкционированный сброс показаний.

Второй вариант ЩЗИП.ЖАТ-ЩВПУ-IP30-УХЛ4 был изготовлен и установлен на участке с автономной тягой станции Хийтола в рамках проведения опытной эксплуатации Технические решений [7] в октябре 2023 г. Станция была выбрана не случайно. Там неоднократно отмечались случаи выхода из строя оборудования практически в каждый грозовой сезон.

По состоянию на июнь месяц текущего года можно сказать, что модернизированный ЩЗИП.ЖАТ-ЩВПУ-IP30-УХЛ4 на станции Хийтола успешно выдержал несколько грозовых сезонов. За это время выхода из строя защищаемого оборудования и УЗИП допущено не было. Счетчик импульсов щитка исправно фиксирует как грозовые, так коммутационные перенапряжения. На начало прошлого года уже было зафиксировано 29 импульсов, что говорит о высокой интенсивности воздействий на фидеры электропитания практически круглый год.

После десятилетней эксплуатации первого ЩЗИП.ЖАТ-ЩВПУ-IP30-УХЛ4 можно подвести некоторые итоги. На всех станциях, где были установлены устройства, зафиксировано снижение числа выхода из строя устройств ЖАТ по причине воздействия атмосферных и коммутационных перенапряжений. Кроме того, на стативах перестали перегорать предохранители в различных цепях. Само по себе перегорание предохранителя – небольшое повреждение, однако, оно может приводить к серьезным последствиям (нарушению графика движения поездов, вы-

езду механика на место, если это удаленный объект и др.). Например, на станции Хийтола прекратились случаи выхода из строя блоков БС-ДА дешифраторных ячеек, которые внешними цепями связаны только по фидерам электропитания.

В отношении применения УЗИП ограничивающего типа для вводных устройств на железной дороге существует определенное предубеждение: варисторы постепенно деградируют и со временем потребуются их замена. Необходимо отметить, что деградация варисторов происходит вследствие длительных перенапряжений и интенсивных импульсных воздействий. В этом случае варисторные УЗИП становятся уязвимыми: увеличение токов утечки может оказывать влияние на работу защищаемого оборудования.

Для изучения этого вопроса специалисты АО «Хакель» в феврале прошлого года провели на станции Громово контрольную проверку классификационного напряжения УЗИП в ЩЗИП.ЖАТ-ЩВПУ-IP30-УХЛ4. Проверка выявила, что все устройства были в норме. Это доказывает, что в нормальных условиях эксплуатации УЗИП на базе варисторов могут прослужить достаточно долго.

Тем не менее, выход из строя варисторных УЗИП в составе вводных устройств случается. Всего за время эксплуатации ЩЗИП.ЖАТ-ЩВПУ-IP30-УХЛ4 из строя вышло два УЗИП (на станциях Кузема и Ковда в 2018 г.) из 30 по фидерам электропитания. Этот факт нацеливает наших специалистов улучшить ситуацию. В первую очередь были проанализированы оба случая. Выяснилось, что возможными причинами выхода из строя УЗИП могли стать:

- перекосы напряжения, превышающие максимальное длительное рабочее напряжение УЗИП ($U_c = 275 \text{ В}$);

- воздействие импульса тока, превышающего пропускную способность УЗИП ($I_{\text{imp}} = 12,5 \text{ кА}$);

- воздействие серии импульсов тока, при которых варистор не успевает остыть и перегревается, даже если каждый отдельный импульс не превышает его пропускной способности.

УЗИП подбираются с запасом по пропускной способности и появление столь больших импульсных токов в питающих фидерах крайне маловероятно. Поэтому наиболее вероятными причинами выхода из строя УЗИП являются большие перекосы напряжения или серии импульсов вследствие многократных ударов молний. Проблема в том, что условия, в которых работают УЗИП, совсем не идеальны и не всегда укладываются в нормативные допуски.

Учитывая эти моменты, АО «Хакель» разработало новую версию щитка ЩЗИП.ЖАТ-ЩВПУ-IP30-УХЛ4, в который были внесены важные улучшения.

Для повышения долговечности УЗИП специалисты компании разработали новое устройство ГСА123 ВР 350 С, рабочий элемент которого изготовлен по технологии комбинированной защиты (ТКЗ). В ее основе лежит последовательное соединение газонаполненного разрядника и оксидно-цинкового варистора.

В нормальном режиме эксплуатации газонаполненный разрядник находится в непроводящем состоянии и практически полностью изолирует варистор от рабочего напряжения сети, исключая токи утечки и связанные с ними процессы старения. При возникновении импульсного перенапряжения разрядник переходит в проводящее состояние, а варистор обеспечивает возврат разрядника в исходное состояние быстрым гашением сопровождающего тока, близкого к току короткого замыкания. Таким образом, комбинированная схема объединяет характерный для варистора низкий уровень напряжения защиты при сохранении качества электроэнергии с высокой эксплуатационной надежностью и отсутствием токов утечки, характерных для газонаполненных разрядников.

Основные характеристики ГСА123 ВР 350 С: высокая пропускная способность импульсного тока ($I_{\text{imp}} = 25 \text{ кА } 10/350 \text{ мкс}$), что создает большой запас прочности при серии импульсных воздействий; максимальное длительное рабочее напряжение до 350 В АС;



Второй вариант ЩЗИП.ЖАТ-ЩВПУ-IP30-УХЛ4 на станции Хийтола

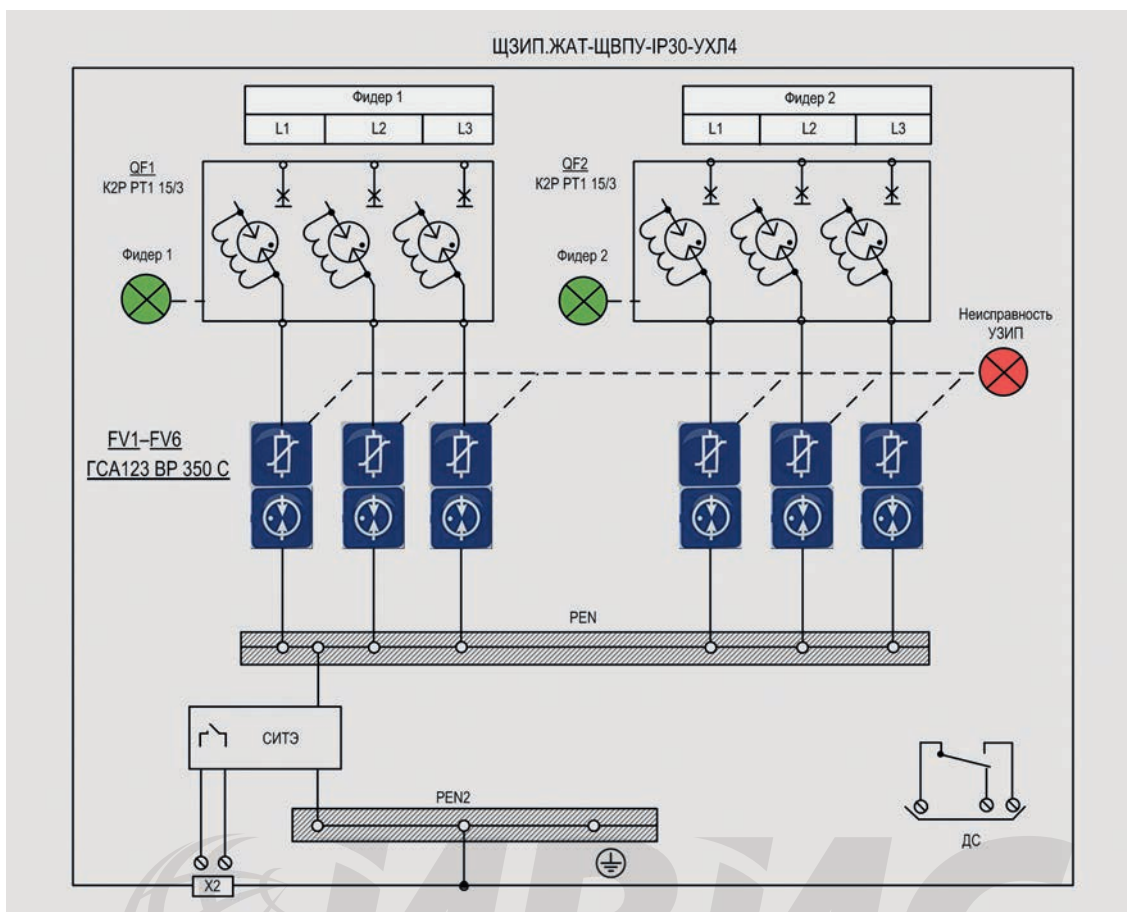


Схема модернизированного ЩЗИП.ЖАТ-ЩВПУ-IP30-УХЛ4

стойкость к временным перенапряжениям до 500 В/ 5 с;

отсутствие сопровождающих токов, что позволяет применять их для мощных фидеров с большими токами короткого замыкания (свыше 3 кА);

уровень напряжения защиты 1,5 кВ при I_{imp} , что

незначительно выше, чем у УЗИП ограничивающего типа на основе варисторов.

Совершенствование устройств защиты от импульсных перенапряжений в компании основано не только на анализе опыта эксплуатации, но и на результатах комплексных лабораторных испытаний. Собственная испытательная база позволяет проводить исследования, направленные на подтверждение долговечности, надежности и безопасности разрабатываемых устройств, а также оценивать эффективность новых технических решений на этапе их разработки.

Для подтверждения долговечности применяемых варисторов собственного производства в лаборатории проводятся испытания на безотказность с использованием специализированного оборудования. Испытания выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ IEC 61643-331 и позволяют моделировать процессы старения оксидно-цинковых варисторов в контролируемых условиях температуры, влажности и электрической нагрузки. В течение стандартного цикла продолжительностью 1000 ч в автоматическом режиме контролируются токи утечки, напряжение и изменение электрических характеристик варисторов, что позволяет объективно оценивать их долговременную стабильность, надежность и прогнозируемый ресурс эксплуатации.

Не менее важным этапом является проверка тепловой стабильности УЗИП. Для этого проводятся испытания в соответствии с требованиями ГОСТ IEC 61643-11-2013, в ходе которых моделируются аварийные режимы, сопровождающиеся перегревом варистора вследствие длительных перенапряжений



Выставочный вариант нового ЩЗИП.ЖАТ-ЩВПУ-IP30-УХЛ4

или развития внутренних повреждений. Испытания подтверждают способность встроенного терморасцепителя своевременно отключать УЗИП до достижения опасного теплового состояния, обеспечивая безопасную эксплуатацию устройства и предотвращая риск возникновения пожароопасной ситуации.

Использование автоматических выключателей серии TmaX ABB в качестве токовой защиты УЗИП стало невозможным ввиду отсутствия официальных поставок. В продуктовой линейке компании появилась новинка – устройство безопасного отключения серии K2P RT. Это специальный автоматический выключатель для применения в цепи УЗИП. Важным свойством этих устройств является стойкость к большому импульсному току и относительно небольшой номинальный ток 3 А при времени срабатывания менее 0,1 с, т.е. теперь достаточно аварийного тока утечки УЗИП в 3 А (против 16 А) в течение 0,1 с, чтобы отключить их от фидера. В ЩЗИП.ЖАТ-ЩВПУ-IP30-УХЛ4 применены трехфазные устройства K2P RT1 15/3 с импульсной стойкостью 15 кА 10/350 мкс. В данном случае устройство безопасного отключения подбиралось исходя из максимально ожидаемых импульсных токов в 9 кА 10/350 мкс [5].

В систему дистанционной сигнализации выведен полный контакт аварийного реле AP, которое обесточивается при неисправности УЗИП или отключении 1-го фидера.

Новый ЩЗИП.ЖАТ-ЩВПУ-IP30-УХЛ4 наряду с другими разработками компания «Хакель» представила на международной выставке железнодорожной техники и технологий PRO//ДВИЖЕНИЕ.ЭКСПО – 2025 в Санкт-Петербурге.

Компания также разработала новую версию счетчика импульсов тока K2P СИТЭ 3.0, которым будет комплектоваться ЩЗИП.ЖАТ-ЩВПУ-IP30-УХЛ4. Новый счетчик позволяет регистрировать не только факт прохождения импульсного тока через УЗИП, но и его амплитуду, длительность и время события с записью в энергонезависимую память. Вся эта информация выводится на дисплей устройства, что позволяет проводить анализ регистрируемых событий и связывать их с внешними событиями (удары молний, переключения, аварии и другие проявления в хозяйстве электроснабжения).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ ИЕС 61643-11-2013 «Устройства защиты от перенапряжений низковольтные. Часть 11. Устройства защиты от перенапряжений, подсоединенные к низковольтным системам распределения электроэнергии. Требования и методы испытаний».
2. ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010 «Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 1. Общие принципы».
3. Концепция комплексной защиты технических средств и объектов железнодорожной инфраструктуры от воздействия атмосферных и коммутационных перенапряжений и влияний тягового тока.
4. Методические указания по применению устройств защиты от перенапряжения в устройствах ЖАТ. №1225/ЦДИ.
5. СТО РЖД 08.024-2015 «Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Требования к характеристикам испытательных импульсов воздействий».
6. ГОСТ Р МЭК 62305-4-2016 «Защита от молнии. Часть 4. Защита электрических и электронных систем внутри зданий и сооружений».
7. Технические решения «Щитки защиты от импульсных перенапряжений оборудования железнодорожной автоматики и телемеханики ЩЗИП.ЖАТ внутреннего и наружного компактного размещения» РБНМ.468249.001-ТР.Д1.ВНР.

УСТРОЙСТВА для защиты оборудования железнодорожной инфраструктуры

ГСА123 ВР 350 | СИЛОВЫЕ КОМБИНИРОВАННОГО ТИПА
ТУ 3428-015-79740390-2016



УЗИП серии ГСА123 ВР 350, ТУ 3428-015-79740390-2016 комбинированного типа на основе оксидно-цинковых варисторов и газонаполненного разрядника. Класс испытаний УЗИП I, II, III согласно ГОСТ ИЕС 61643-11.

$U_c = 350/250$ В АС/DC, $I_{imp}(10/350) = 25$ кА.

Защита изолированных цепей ЖАТ постоянного и переменного тока с высокими требованиями по функциональной безопасности и подверженным воздействиям молниевых и тяговых токов для защиты:

- фидеров электропитания, где возможны временные перенапряжения ($U_{toу}$) до 350 В АС в течении времени свыше 5 с или до 500 В АС в течении времени до 5 с;
- изолированных цепей с контролем изоляции от продольных (провод/земля) перенапряжений.

Технические характеристики:

- Максимальное длительное рабочее напряжение $U_c = 350/250$ В АС/DC.
- Отведение импульсов тока $I_{imp}(10/350) = 25$ кА.
- Уровень напряжения защиты при I_{imp} $U_p < 1500$ В.
- Варисторные секции снабжены терморасцепителем для отключения аварийного тока через УЗИП, снабжены сухими контактами.



Производитель АО «Хакель»
8 (812) 207-47-05, 8 (800) 333-28-29
info@k2el.ru www.k2el.ru
Ключевой Компонент®



КЛЮЧЕВОЙ
КОМПОНЕНТ

УБО серии K2P RT1 | устройства
безопасного отключения
ТУ 3428-002-79740390-2007



Устройство безопасного отключения K2P RT1 25/1, ТУ 3428-002-79740390-2007 представляет собой специальный автоматический разъединитель, предназначенный для отключения токов короткого замыкания в цепи УЗИП класса испытаний I, II+II, III по ГОСТ ИЕС 61643-11 при возможных повреждениях данного УЗИП. Устройство K2P RT1 25/1 решает две задачи, связанные с эксплуатацией УЗИП в цепях питания:

- выдерживает указанные импульсные токи $I_{imp}(10/350) = 25$ кА, что позволяет без повреждений и отключений цепи работать установленному УЗИП;
- отключает токи КЗ в цепи УЗИП, обеспечивая при этом селективность работы с вышестоящим аппаратом защиты от сверхтока за счет настройки расцепителя на отключение при $I_{k<0.1 Q} = 3$ А.

Данный функционал обеспечивается за счет параллельной установки в одном корпусе электромагнитного расцепителя, отвечающего за защиту от сверхтоков, и газонаполненного разрядника, который без повреждений проводит импульсный ток в момент работы УЗИП.



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ, КВАНТОВОЙ СЕТИ И СВЯЗИ



КОСТЮКОВ
Александр Владимирович,
Ростовский государственный
университет путей сообщения,
заведующий кафедрой
«Электроэнергетика и
электромеханика транспорта»,
доцент, д-р техн. наук,
г. Ростов-на-Дону, Россия



ОЖИГАНОВ
Николай Васильевич,
ОАО «РЖД», Северо-Кавказ-
ская дирекция по энергообес-
печению, Дорожная электро-
техническая лаборатория,
ведущий инженер,
г. Ростов-на-Дону, Россия



СОЛЮЛЁВ
Михаил Михайлович,
АО «Хакель», Дивизион
по работе с отраслевыми
заказчиками, железно-
дорожная отрасль,
главный специалист,
Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова: низковольтные линии, вводно-распределительные устройства, шкафы электропитания, импульсные перенапряжения, помехозащищенность, средства видеонаблюдения, нетяговые потребители

Аннотация. В статье рассматриваются основные причины повреждений средств видео-наблюдения на сети железных дорог. Установлено, что основная часть отказов связана с отсутствием в низковольтных вводно-распределительных устройствах защиты от импульсных перенапряжений, а также от неблагоприятных погодных и атмосферных явлений. При проектировании вводно-распределительных шкафов для питания устройств автоматики, видеонаблюдения, квантовых сетей от высоковольтных железнодорожных линий не учитывается специфика работы систем электроснабжения электрических железных дорог. Кроме этого, следует обратить внимание на компоновку электрооборудования. Для решения данной проблемы предлагается использовать двухступенчатую схему защиты от импульсных перенапряжений с фильтрами высокочастотных помех, а также пересмотреть нормативную базу в соответствии с требованиями безопасности и надежности при эксплуатации и обслуживании устройств электроснабжения нетяговых потребителей.

■ Средства обеспечения безопасности объектов и системы видеонаблюдения с контролем территории получают все большее распространение на железнодорожном транспорте. На отдельных объектах инфраструктуры и станциях используются дополнительные средства радиоэлектронной борьбы (РЭБ) и мониторинга воздушного пространства. Все объекты железнодорожного транспорта, в том числе объекты энергетической инфраструктуры, которые обеспечивают

энергоснабжение вспомогательных устройств безопасности, относятся к объектам первой категории надежности электроснабжения.

При эксплуатации объектов железнодорожной инфраструктуры выявилась недостаточная помехозащищенность низковольтных линий электропитания от железнодорожных сетей нетягового электроснабжения. Эти объекты находятся в сложной электромагнитной обстановке и подвергаются не только обычным помехам, но и комму-

тационным и грозовым импульсным перенапряжениям. Энергия таких импульсов многократно превышает уровень микросекундных импульсных помех большой энергии (МИП) по ГОСТ Р 51317.4.5-99.

Чтобы избежать терминологической путаницы отметим, что речь идет о другой категории воздействий, требующей применения специальных устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП), регулируемых стандартами серий ГОСТ Р МЭК 62305 и ГОСТ

IEC 61643. Основные источники таких перенапряжений – высоковольтные линии нетягового и тягового электроснабжения, а также прямые, близкие и удаленные удары молний в воздушные линии и тяговую сеть. Все эти воздействия в конечном счете оказывают влияние на низковольтные линии электропитания [1].

При проектировании и электроснабжении «специальных установок» – устройств безопасности объектов железнодорожной инфраструктуры, следует обратить внимание на содержание нормативных документов.

В разделе 7 Правил устройства электроустановок (ПУЭ) «Электрооборудование специальных установок» не упомянуты электроустановки железнодорожного транспорта. Однако в п. 1.1.1 отмечается, что отдельные требования ПУЭ могут применяться для электроустановок, не оговоренных в разделе 7, если они аналогичны по исполнению и условиям работы. В любом случае при устройстве специальных электроустановок необходимо руководствоваться общегосударственными требованиями по электробезопасности и общепринятой практикой технического исполнения.

На железнодорожном транспорте вопросам защиты от перенапряжений в низковольтных сетях уделяется особое внимание. Много работ проводится в этой области, что подтверждает содержание нормативной базы хозяйства автоматики и телемеханики. При проектировании электроустановок для других инфраструктур железнодорожной отрасли требуется уточнение при использовании нормативных документов.

На Северо-Кавказской дороге при анализе характера и причин повреждения оборудования систем видеонаблюдения было установлено, что низковольтные шкафы электропитания согласно рабочей проектной документации не оснащены устройствами защиты от поперечных и продольных перенапряжений [2]. Схема вводно-распределительного устройства (ВРУ) электропитания видеонаблюдения, предусмотренного в проектной документации, приведена на рис. 1.

Вводные шкафы имеют устройства автоматического включения резерва (АВР) для питания от двух источников и выполнены по типовому проекту общепромышленных

электроустановок без учета специфики электропитания от железнодорожных высоковольтных линий. В проектной документации в разделе «Общие указания» сказано, что при выполнении проекта применяется нормативная документация для промышленных предприятий, жилых и общественных зданий. При этом ссылки на нормативные документы железнодорожного транспорта отсутствуют. В качестве ВРУ используется низковольтное комплектное устройство (производство ЭМЗ г. Ставрополь), предназначенное для общепромышленного оборудования.

Все последующие проекты «Технические средства обеспечения транспортной безопасности железнодорожной станции» не учитывают специфику работы электрических железных дорог и не используют ранее разработанные нормативные требования подразделений железнодорожной автоматики.

Анализ причин повреждений средств видеонаблюдения на полигоне дороги показал, что их основная часть связана с отсутствием в низковольтных ВРУ устройств защиты от импульсных перенапряжений. Микропроцессорное оборудование видеосистем подвергается воздействию повышенной помехоэмиссии в высоковольтной линии нетягового электроснабжения, а также неблагоприятных атмосферных явлений, таких как гололед [1, 2]. При этом устройстве ЖАТ, питаемые от тех же линий и оснащенные защитой от перенапряжений в соответствии с нормативными документами ОАО «РЖД», характеризуются наименьшим числом повреждений.

Отметим, что полностью все вопросы пока не решены, и повреждения продолжают происходить, в том числе из-за несовершенства нормативной базы и применяемых средств защиты. Однако на сегодняшний день предпринимаются меры по их устранению.

На участках с электротягой переменного тока вдоль железной дороги проложены линии с напряжением 6, 10 или 27,5 кВ системы «два провода – рельс» (ДПР). Протяженность этих линий может составлять десятки километров, они проходят по регионам с повышенной грозовой активностью, а также подвержены электромагнитному влиянию контактной сети.

Другой особенностью этих линий является наличие большого

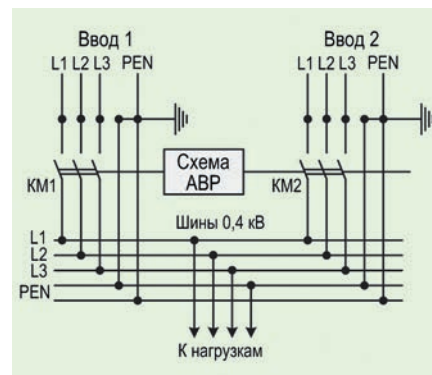


РИС. 1

числа высоковольтных линейных разъединителей и подключенных однофазных и трехфазных трансформаторов с резко-переменными нагрузками и неравномерной загруженностью фаз. При оперативных переключениях на этих линиях возникают сложные электромагнитные процессы, импульсные или квазистационарные резонансные перенапряжения.

При электропитании от комплектной трансформаторной подстанции (КТП) системы ДПР кроме внутренних коммутационных или внешних грозовых перенапряжений в низковольтную сеть может быть «вынос потенциала» тяговой рельсовой сети. Схема основных силовых цепей КТП ДПР приведена на рис. 2.

Между выносным заземлителем низковольтной сети и рабочим заземлением обмотки с напряжением 27,5 кВ устанавливается искровой промежуток многократного действия (ИПМ). Напряжение срабаты-

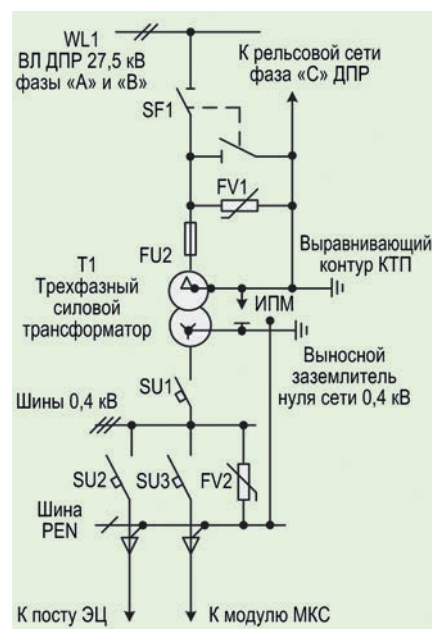


РИС. 2

вания ИПМ составляет 800–1200 В. Контроль за состоянием ИПМ осуществляет хозяйство электроснабжения три раза в год. В остальное время о состоянии ИПМ можно судить по косвенным признакам. При пробое ИПМ в низковольтную сеть может попадать потенциал и блуждающий ток из рельсов. При этом в точке замыкания на рельс контактной сети переменного тока или ДПР может возникать потенциал до 3,5 кВ.

Проблемы на границе эксплуатационной ответственности между поставщиками и потребителями электроэнергии вызваны именно отсутствием нормативных требований для электроустановок железнодорожного транспорта, тем, что не учитывается специфика работы транспортной отрасли в общегосударственных нормативах.

Конструктивное исполнение вводных силовых шкафов устройств электропитания железнодорожной автоматики, видеонаблюдения, квантовой сети и связи не соответствует общепринятой практике компоновки данного типа оборудования и требованиям Правил устройства электроустановок (ПУЭ).

В п. 4.1.8 ПУЭ указано, что аппараты и приборы защиты требуется размещать так, чтобы возникающие при их эксплуатации дуга и искрение не могли причинять вред обслуживающему персоналу, повреждать и воспламенять находящиеся рядом объекты, вызывать замыкания на корпус и землю. Поэтому приборы защиты от перенапряжений следует размещать в отдельном отсеке или в защитном кожухе.



РИС. 3

На постах ЭЦ данные приборы располагают практически без защиты внизу вводных силовых устройств ЩВП, ЩВПУ, ВУФ. При возникновении аварийных ситуаций и разрушений вводов электрическая дуга поднимается вверх, выводя из строя устройства защиты и дистанционного управления. В общем шкафу располагается все оборудование устройств ввода и других особо ответственных потребителей железнодорожного транспорта.

Этот вопрос решается в новых системах МПЦ, а также отражен в обновленной нормативной документации хозяйства автоматики и телемеханики (в частности в «Методических указаниях по применению устройств защиты от перенапряжений в устройствах ЖАТ» № 1225/ЦДИ). В 2014 г. была принята «Концепция комплексной защиты технических средств и объектов железнодорожной инфраструктуры от воздействия атмосферных и коммутационных перенапряжений и влияний тягового тока». Повышенное внимание уделяют устройствам электропитания модулей магистральных квантовых сетей (МКС).

Компоновка вводно-распределительного устройства модуля МКС представлена на рис. 3. Данная конструкция шкафа распределительного устройства пригодна только для слаботочных устройств, но не для трехфазных электрических сетей, при аварийных режимах которых токи короткого замыкания могут достигать сотни ампер. При проектировании данных распределительных устройств МКС не учитываются вопросы пожарной безопасности и электробезопасности, также не решена проблема безопасного аварийного отключения при возникновении нештатных ситуаций.

Общая методика компоновки вводно-распределительных устройств (ВРУ) хозяйства связи нарушает требования ПУЭ-7 в части ввода силовых кабелей, которые не имеют гальванической развязки и находятся в пределах одного силового шкафа, не имея между собой разделительных перегородок. Более того, проводники силовых цепей и цепей управления проложены практически в одной линии без использования огнестойкого покрытия.

Однако особую опасность представляет то, что вводы силовых кабелей расположены снизу (см. рис. 3). Это противоречит общепринятой

практике для вводно-распределительных устройств промышленных силовых установок, которая предусматривает ввод силовых кабелей сверху. Верхнее расположение вводов имеет то преимущество, что при отключении и проведении работ по ремонту и обслуживанию ВРУ отсутствует возможность падения токопроводящего инструмента или детали на высоковольтные вводы, что исключает вероятность возникновения аварийной ситуации и несчастного случая.

Следует также учесть, что при компоновке силовых шкафов отсутствуют наружные ручки выключателя фидера. При возгорании и задымлении в модуле ручное отключение электропитания ручкоятками автоматических выключателей, расположенных вблизи токопроводящих частей силового шкафа, опасно для персонала. Разработаны и на практике давно используются конструкции электрооборудования, в которых для ручного отключения на наружной металлической дверце силового шкафа имеются прорези для рукояток автоматических выключателей.

Был проведен анализ причин выхода из строя устройств ответственных потребителей от перенапряжений. Среди них можно выделить следующие:

- применение на ВЛ разрядников с крутым фронтом срабатывания, которые вызывают повторную генерацию импульсов в низковольтной сети аппаратурой с индуктивными накопителями электроэнергии;

- недостаточная пропускная способность импульсного тока устройств защиты от перенапряжений для аппаратуры с микропроцессорной элементной базой;

- несогласованность каскадов защиты от перенапряжений по ходу передачи электроэнергии от высоковольтной к низковольтной сети;

- несовершенство конструкции силовых ВРУ особо ответственных потребителей, отсутствие в конструкции шкафа пространственного разделения приборов защиты от перенапряжений и низковольтных электрических цепей [3].

Одним из неблагоприятных фактов является то, что при срабатывании устройств высоковольтной защиты от перенапряжений за всеми каскадами защиты в низковольтных цепях с накопителями электроэнергии образуются вторичные импульсы большой

мощности. Источниками образования таких импульсов являются устройства в виде катушек с сердечником, которые имеют большое индуктивное сопротивление. Например, на постах электрической централизации это – изолирующие разделительные трансформаторы, преобразователи частоты, а также зарядные устройства.

Практика показывает, что импульсы крутого фронта образуются после срабатывания вентилярных разрядников. Характеристика длинно-искровых разрядников в значительной степени зависит от внешнего воздействия окружающей среды. Более стабильные и благоприятные характеристики имеют ограничители перенапряжений.

Сравнительная характеристика разрядника и ограничителя перенапряжений (выравнивателя) приведена на рис. 4. При появлении импульса перенапряжения ($U_{пер}$) через время срабатывания ($t_{ср}$) напряжение снижается до остаточного ($U_{ост}$) и потом восстанавливается в течение времени ($t_{вос}$). При срабатывании разрядника и восстановлении напряжения образуются импульсы крутого фронта большой энергии ($U_{имп}$). На эти импульсы реагируют накопители электромагнитной энергии и генерируют вторичные импульсы в локальных цепях низкого напряжения и электронных приборах.

Для защиты оборудования в цепях «провод–провод» рекомендуется использовать УЗИП ограничивающего типа на основе варистора. Чтобы обеспечить пожарную безопасность, такие УЗИП должны быть оснащены тепловой защитой (терморасцепителями), срабатывающей при перегреве варистора. Все ведущие производители УЗИП оснащают свои устройства такой защитой.

Правила технической эксплуата-

ции железных дорог Российской Федерации (ПТЭ) от 23.06.2022 № 250 п.120 требуют, чтобы в точках подключения нагрузки обеспечивалась селективность защиты устройств систем электроснабжения электрических железных дорог и оборудования потребителей от токов короткого замыкания, перенапряжений, включая атмосферные и коммутационные.

Согласно принципу «координации изоляции» на каждом уровне напряжения средства защиты должны сохранять оборудование при различных неблагоприятных воздействиях, которые могут приводить к авариям, износу и выходу из строя элементов конструкции. Остаточные импульсы должны гаситься на следующем каскаде защиты.

Особенно это важно для установок с микропроцессорной техникой. Для них рекомендуется использовать двухступенчатую схему защиты от импульсных перенапряжений с УЗИП и фильтрами высокочастотных помех. В такой схеме первый каскад УЗИП отводит энергию импульсных перенапряжений большой мощности, а второй – обеспечивает низкий уровень остаточного перенапряжения, безопасный для микропроцессорной техники. При этом чувствительное оборудование защищается также от помех, находящихся вне зоны действия УЗИП.

Ступени защиты должны быть согласованы (сначала срабатывает первая, затем вторая). Согласование достигается либо разнесением ступеней на расстояние не менее 10 м по длине проводников, либо, если это невозможно, с помощью разделительных дросселей для импульсного тока, создающих эквивалентную индуктивность, имитирующую необходимую длину проводников.

УЗИП второго каскада могут быть совмещены с помехопода-

вляющими фильтрами в одном устройстве и должны размещаться как можно ближе к защищаемому оборудованию. Такие решения доступны у отечественного производителя АО «Хакель».

Принимая во внимание значимость МКС, включение их в национальную программу «Цифровая экономика РФ», а также контроль за бесперебойной работой квантовой сети ОАО «РЖД», следует обратить внимание на необходимость совершенствования устройств систем электроснабжения МКС. Для этого в первую очередь надо актуализировать нормативную базу, которая будет соответствовать требованиям безопасности и надежности при эксплуатации и обслуживании данных устройств.

Также необходимо особо отметить, что отсутствие в ПУЭ требований для электроустановок железнодорожного транспорта не означает, что при разработке конструкции новых устройств электропитания нетягового электроснабжения, а особенно квантовой сети, можно допустить игнорирование уже имеющегося огромного практического опыта использования общепромышленного оборудования с адаптацией к железнодорожной специфике [3].

В связи с разработкой проекта первой редакции СП «Железнодорожная автоматика и телемеханика. Правила проектирования» взамен СП 235.1326000.2015 предлагается внести корректировки по совершенствованию защит электропитания постов ЭЦ. Имеется необходимость унификации нормативных требований по проектированию электропитания особо ответственных потребителей, получающих электроэнергию от высоковольтных железнодорожных линий, взяв за основу ПУЭ и опыт хозяйства автоматики и телемеханики.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Костюков А.В., Ожиганов Н.В. Анализ источников электропитания устройств ЖАТ при электротяге постоянного тока. // Автоматика, связь, информатика. 2025. № 11. С. 13–15.
2. Костюков А.В., Древалев А.А., Ожиганов Н.В. // Совершенствование средств защиты систем видеонаблюдения и безопасности // Железнодорожный транспорт. 2025. № 12. С. 33–35.
3. Ожиганов Н.В., Попов А.А. // Совершенствование токовых защит электропитания постов ЭЦ // Автоматика, связь, информатика. 2025. № 4. С. 26–28.

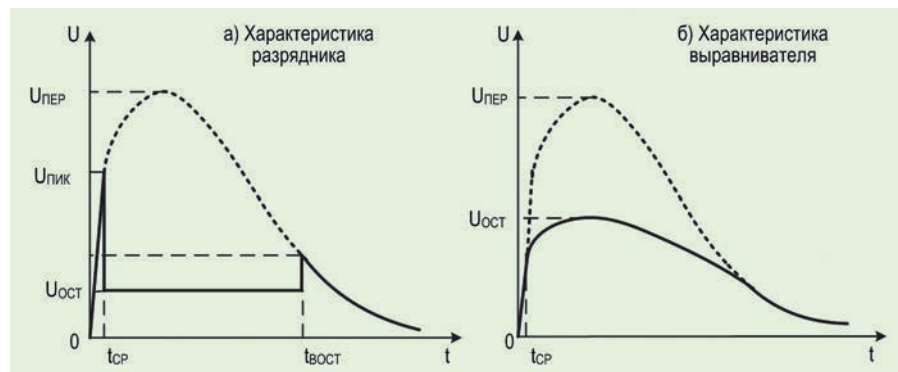


РИС. 4

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ОЦЕНКА ГРОЗОВОЙ ОПАСНОСТИ ДЛЯ УСТРОЙСТВ ЖАТ



СОЛОВЬЕВ

Александр Дмитриевич,
Петербургский государственный
университет путей сообщения
Императора Александра I,
кафедра «Автоматика
и телемеханика на железных
дорогах», аспирант,
Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова: грозовая опасность, грозовые перенапряжения, железнодорожная автоматика и телемеханика, молниезащита

Аннотация. В статье рассматривается проблема оценки грозовой опасности для устройств ЖАТ. Показано, что использование только абсолютных показателей (количества грозовых дней, отказов, поврежденных приборов и поврежденных средств защиты) не позволяет в полной мере определить фактическую уязвимость объектов железнодорожной инфраструктуры. Для более объективной оценки предложен риск-ориентированный подход, основанный на совместном учете частоты возникновения отказов и тяжести их последствий. Введены коэффициенты относительной опасности грозы и относительной опасности отказа, интегральный показатель грозового риска, а также дополнительные показатели, характеризующие нагрузку на средства защиты и остаточное повреждение аппаратуры. Предложена матрица классификации объектов железнодорожной автоматики и телемеханики по уровню грозовой уязвимости.

■ Устройства железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) напрямую влияют на безопасность движения поездов и устойчивость перевозочного процесса [1]. Одним из опасных внешних воздействий для таких устройств являются грозовые перенапряжения [2].

На практике последствия таких воздействий проявляются в повреждении полупроводниковых элементов, обмоток реле и трансформаторов, блоков питания, путевых приемников, устройств защиты от перенапряжений и другой аппаратуры ЖАТ [3]. При этом оценить реальный уровень грозовой опасности только по числу грозовых дней невозможно. Большое количество гроз не всегда приводит к большому количеству отказов, а сравнительно небольшое число отказов может сопровождаться значительными повреждениями аппаратуры.

Анализ эксплуатационных материалов за длительный период

наблюдения показывает, что отказы устройств ЖАТ, вызванные воздействием грозовых перенапряжений, имеют устойчивый и повторяющийся характер. Это свидетельствует о том, что проблема грозовых воздействий не сводится к единичным аварийным случаям, а является системным фактором, который необходимо учитывать при проектировании, эксплуатации и модернизации объектов ЖАТ.

ОГРАНИЧЕННОСТЬ АБСОЛЮТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ГРОЗОВОЙ ОПАСНОСТИ

■ При анализе грозовой опасности для устройств ЖАТ обычно рассматриваются четыре группы исходных данных: количество грозовых дней, количество отказов, число поврежденных приборов и количество поврежденных средств защиты. Обозначим их соответственно через M_i , N_i , L_i , S_i , где индекс i соответствует конкретной дистанции, станции,

перегону или иному анализируемому объекту.

Количество грозовых дней показывает природную активность, но не говорит о том, насколько хорошо объект защищен. Количество отказов отражает эксплуатационные последствия, но не учитывает, сколько грозовых дней было зафиксировано. Количество поврежденных приборов показывает масштаб ущерба, но не объясняет, возник он из-за большого числа отказов или из-за высокой тяжести каждого отдельного отказа. Количество поврежденных средств защиты показывает нагрузку на средства защиты, но само по себе не отвечает на вопрос, была ли защита эффективной.

Именно поэтому абсолютные показатели полезны только как первый уровень анализа. Они позволяют увидеть масштаб проблемы, но не позволяют корректно сравнивать между собой разные

объекты. Например, дистанция с большим количеством грозовых дней может иметь низкую фактическую повреждаемость, если защита работает эффективно. В то же время объект с небольшим числом грозовых дней может быть крайне уязвимым, если почти каждое грозовое воздействие приводит к отказу.

В выполненном анализе [4] отмечалось, что в пределах одной и той же дистанции показатели грозовой активности, числа отказов, поврежденных приборов и средств защиты могут существенно различаться. Это показывает, что простое сопоставление числа гроз и числа отказов недостаточно для оценки эффективности защиты.

Для более корректного анализа необходимо связать исходные показатели между собой. Такой подход позволяет перейти от вопроса о количестве гроз и отказов к более важному: «Как часто грозы приводят к отказам, насколько тяжелыми являются последствия отказов и какие объекты требуют первоочередного усиления молниезащиты?».

ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ ГРОВОЙ ОПАСНОСТИ

■ Первым показателем, позволяющим перейти от абсолютного числа грозовых дней к оценке их фактической опасности для аппаратуры, является коэффициент относительной опасности грозы:

$$K_{ог,i} = \frac{N_i}{M_i}, \quad (1)$$

где $K_{ог,i}$ – коэффициент относительной опасности грозы для i -го объекта;

N_i – количество отказов устройств ЖАТ, вызванных грозовыми перенапряжениями;

M_i – количество грозовых дней.

Этот показатель отвечает на простой вопрос: «Сколько отказов приходится на один грозовый день?». Если значение $K_{ог}$ высокое, значит даже небольшое количество грозовых дней часто приводит к отказам. Если значение низкое, значит грозовая активность есть, но она сравнительно редко переходит в повреждение или нарушение работы устройств ЖАТ.

Именно этот показатель по-

зволяет различать две ситуации: территория с высокой грозовой активностью и территория с высокой опасностью гроз для аппаратуры. Эти понятия не всегда совпадают.

Второй показатель характеризует не частоту отказов, а тяжесть их последствий. Он называется коэффициентом относительной опасности отказа и рассчитывается по формуле:

$$C_{оо,i} = \frac{L_i}{N_i}, \quad (2)$$

где $C_{оо,i}$ – коэффициент относительной опасности отказа;

L_i – количество поврежденных приборов;

N_i – количество отказов.

Этот показатель отвечает на другой вопрос: «Сколько поврежденных приборов приходится на один отказ?». Если значение $C_{оо,i}$ высокое, значит даже один отказ сопровождается значительным повреждением аппаратуры. Такая ситуация может указывать на недостаточную эффективность средств защиты, неудовлетворительное состояние заземляющих устройств, неблагоприятные грунтовые условия, неудачную координацию защитных аппаратов или наличие нескольких путей проникновения перенапряжений.

Если значение $C_{оо,i}$ низкое, это говорит о том, что последствия отказов локализуются, а повреждение аппаратуры не приобретает массового характера.

Таким образом, коэффициенты $K_{ог}$ и $C_{оо}$ описывают разные стороны грозовой опасности. Первый показывает частоту возникновения отказов при грозе, второй – тяжесть последствий этих отказов. Для совместной оценки двух составляющих вводится интегральный показатель грозового риска:

$$R_i = K_{ог,i} \cdot C_{оо,i} \quad (3)$$

Подставляя выражения для $K_{ог}$ и $C_{оо}$, получим:

$$R_i = \frac{L_i}{N_i}. \quad (4)$$

Следовательно, интегральный показатель грозового риска показывает, сколько поврежденных приборов приходится на один грозовый день. Этот результат важен тем, что объединяет две

составляющие опасности. С одной стороны, грозовое воздействие должно привести к отказу, с другой – отказ должен иметь определенную тяжесть. Если обе составляющие велики, объект оказывается в зоне повышенного риска. В инженерном смысле показатель R_i можно рассматривать как ожидаемый технический ущерб от одного грозового дня. Чем выше его значение, тем больше оснований рассматривать объект как приоритетный для модернизации молниезащиты.

Для практического применения важно не только рассчитать показатели для одного объекта, но и сравнить их со средним уровнем по полигону, дистанции или группе объектов. Средний уровень отказов на один грозовый день можно определить выражением:

$$\lambda_0 = \frac{\sum_{i=1}^m N_i}{\sum_{i=1}^m M_i}, \quad (5)$$

где m – количество анализируемых объектов.

Средняя тяжесть отказа определяется как

$$u_0 = \frac{\sum_{i=1}^m L_i}{\sum_{i=1}^m N_i}. \quad (6)$$

Эти два значения позволяют понять, является ли конкретный объект лучше или хуже среднего уровня. Для этого вводится нормированный коэффициент относительной опасности грозы:

$$K^*_{ог,i} = \frac{K_{ог,i}}{\lambda_0}. \quad (7)$$

Если $K^*_{ог,i} > 1$, то грозы на данном объекте чаще приводят к отказам, чем в среднем по рассматриваемой группе.

Если $K^*_{ог,i} < 1$, то ситуация лучше среднего уровня.

Аналогично вводится нормированный коэффициент относительной опасности отказа:

$$C^*_{оо,i} = \frac{C_{оо,i}}{u_0}. \quad (8)$$

Если $C^*_{оо,i} > 1$, то последствия отказов тяжелее среднего уровня. Если $C^*_{оо,i} < 1$, то повреждения

Зона	Условия	Характеристика объекта	Вывод
I	$K_{ог}^* < 1, C_{оо}^* < 1$	Низкая частота отказов и низкая тяжесть последствий	Достаточен плановый контроль состояния средств защиты и заземления
II	$K_{ог}^* > 1, C_{оо}^* < 1$	Грозы часто приводят к отказам, но повреждения аппаратуры ограничены	Требуются мероприятия по снижению вероятности возникновения отказов
III	$K_{ог}^* < 1, C_{оо}^* > 1$	Отказы возникают сравнительно редко, но сопровождаются значительными повреждениями	Требуется повышение эффективности локализации перенапряжений и защиты аппаратуры
IV	$K_{ог}^* > 1, C_{оо}^* > 1$	Высокая частота отказов и высокая тяжесть последствий	Требуется первоочередная модернизация молниезащиты

при отказах менее значительны. Именно нормированные показатели удобно использовать для классификации объектов по уровню грозовой уязвимости.

КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ПО УРОВНЮ ГРОЗОВОЙ УЯЗВИМОСТИ

■ Для того чтобы результаты расчета были понятны не только исследователю, но и инженеру-проектировщику, эксплуатационному персоналу или специалисту по защите устройств ЖАТ предлагается использовать матрицу грозовой уязвимости. Она основана на совместном анализе двух нормированных показателей: $K_{ог,i}^*$, характеризующего относительную частоту возникновения отказов, и $C_{оо,i}^*$, характеризующего относительную тяжесть последствий отказа. Классификация объектов ЖАТ по уровню грозовой уязвимости показана в таблице.

Объекты зоны I характеризуются относительно благоприятной ситуацией. Для них достаточно планового контроля состояния средств защиты, проверки заземляющих устройств и периодического анализа эксплуатационной статистики.

Объекты зоны II требуют мероприятий, направленных прежде всего на снижение вероятности возникновения отказов. Здесь необходимо анализировать состояние заземления, вводов питания, цепей электропитания, рельсовых цепей, кабельных и линейных цепей. Если грозы часто приводят к отказам, но повреждение аппаратуры остается ограниченным, это означает, что защитные устройства или сама структура объекта частично сдерживают последствия, однако причина частого возникновения отказов сохраняется.

Объекты зоны III требуют дру-

го подхода. В них отказы происходят не так часто, но каждый отказ сопровождается значительным повреждением аппаратуры. Поэтому основное внимание должно быть направлено на снижение тяжести последствий: улучшение локализации перенапряжений, повышение энергетической стойкости средств защиты, корректную координацию УЗИП и предотвращение распространения перенапряжения во внутренние цепи аппаратуры.

Наиболее опасной является зона IV. В нее попадают объекты, где грозы часто приводят к отказам, а сами отказы сопровождаются тяжелыми последствиями. Такие объекты должны рассматриваться как первоочередные при модернизации молниезащиты.

Предложенная матрица удобна тем, что переводит численные значения коэффициентов в инженерные решения. Она показывает не только то, что объект является неблагоприятным, но и объясняет почему (из-за высокой частоты отказов, высокой тяжести повреждений или сочетания этих факторов).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ПРИ ВЫБОРЕ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

■ Одного анализа поврежденных приборов недостаточно. Важно также понимать, как ведут себя сами средства защиты. Если защитные аппараты повреждаются, но при этом предотвращают повреждение основной аппаратуры, такую ситуацию можно рассматривать как частично допустимую. Если же одновременно повреждаются и средства защиты, и приборы ЖАТ, это указывает на недостаточность применяемой системы защиты.

Для оценки нагрузки на защит-

ные устройства можно использовать коэффициент защитной нагрузки:

$$K_{зн,i} = \frac{S_i}{N_i}, \quad (9)$$

где S_i – количество поврежденных средств защиты.

Этот показатель указывает, сколько поврежденных средств защиты приходится на один отказ. Его высокое значение может говорить о том, что средства защиты активно принимают на себя энергию импульсного воздействия. Однако сам по себе он не является однозначно положительным: массовое повреждение защитных аппаратов может также свидетельствовать об их недостаточной энергетической стойкости.

Для оценки остаточного ущерба аппаратуре после работы или повреждения средств защиты может использоваться коэффициент остаточного повреждения:

$$K_{оп,i} = \frac{L_i}{(S_i + 1)}. \quad (10)$$

Добавление единицы в знаменатель необходимо для тех случаев, когда поврежденных средств защиты не зафиксировано. Этот показатель говорит о том, сколько поврежденных приборов приходится на одно поврежденное средство защиты. Чем выше значение $K_{оп}$, тем больше остаточный ущерб, причиненный аппаратуре, и тем ниже фактическая эффективность защитных мероприятий.

Совместное использование $K_{зн}$ и $K_{оп}$ позволяет различать две ситуации. В первом случае средства защиты повреждаются, но основная аппаратура сохраняется. Во втором случае средства защиты повреждаются вместе с аппаратурой, что является неблагоприятным признаком и требует пересмотра схемы защиты.

Предложенная система показателей может использоваться на разных уровнях анализа: для сравнения дистанций между собой, оценки отдельных станций, анализа перегонов, релейных шкафов, вводов питания, объектов электрической централизации, релейно-процессорной централизации, микропроцессорной централизации и перегонных систем.

Главное практическое значение методики заключается в том, что она позволяет отказаться от одинакового подхода ко всем объектам. На практике объекты ЖАТ различаются по значимости, стоимости оборудования, числу защищаемых устройств, типу системы, состоянию заземления, грозовой активности и последствиям возможного отказа.

Небольшая станция с малым количеством устройств и низким уровнем грозовой опасности не требует такого же объема дорогостоящих защитных мероприятий, как крупная станция, пост электрической централизации, релейно-процессорная централизация, микропроцессорная централизация или участок с высокой плотностью отказов от атмосферных перенапряжений. Поэтому уровень молниезащиты должен определяться не только формальным наличием объекта, но и его фактической грозовой уязвимостью.

Для объектов с низкими значениями $K_{ог,i}^*$, $C_{оо,i}^*$ и R достаточно типовых мероприятий и планового контроля. Для объектов с повышенной частотой отказов требуется снижение вероятности возникновения повреждений. Для объектов с высокой тяжестью последствий необходимо усиливать защиту аппаратуры и предотвращать распространение перенапряжений во внутренние цепи. Для объектов, попадающих в зону IV, требуется комплексная модернизация молниезащиты.

К таким мероприятиям могут относиться улучшение параметров заземляющих устройств, установка дополнительных средств защиты от перенапряжений, каскадная координация защитных аппаратов, защита вводов питания, выравнивание потенциалов, повышение импульсной стойкости аппаратуры и организация защищенных подходов к наиболее ответственным объектам ЖАТ.

Предложенная методика не заменяет детальное электромагнитное моделирование грозовых процессов. Ее задача – определить, где проблема наиболее выражена и какие объекты должны рассматриваться в первую очередь. После этого для выбранных объектов может выполняться математическое моделирование волновых процессов, расчет параметров защитных устройств и

оценка эффективности конкретных технических решений.

Перспективным направлением дальнейших исследований является применение предложенной методики к детализированным данным по отдельным объектам ЖАТ, а также ее совместное использование с математическими моделями распространения грозовых перенапряжений в воздушных и кабельных линиях, рельсовых цепях и вводах питания.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: учебное пособие для специалистов / В.В. Сапожников, В.В. Сапожников, Д.В. Ефанов, В.И. Шаманов. – Москва: УМЦ ЖДТ, 2017. – 318 с.

2. Соловьев, А.Д. Волновые процессы при воздействии молнии в высоковольтной линии автоблокировки 10 кВ / А.Д. Соловьев, А.Д. Манаков // Автоматика на транспорте. – 2026. – Т. 12, № 1. – С. 56–72. – DOI 10.20295/2412-9186-2026-12-01-56-72. – EDN LEQTWD.

3. Манаков, А. Д. Воздействие перенапряжений на устройства железнодорожной автоматики и телемеханики АО «Узбекистон темир йуллари» / А. Д. Манаков, А. А. Рахмонбердиев // Автоматика на транспорте. – 2019. – Т. 5, № 3. – С. 338–355. – DOI: 10.20295/2412-9186-2019-5-3-338-355.

4. Соловьев, А. Д. Анализ воздействия атмосферных перенапряжений на устройства железнодорожной автоматики и телемеханики / А. Д. Соловьев, А. Д. Манаков // Автоматика на транспорте. – 2025. – Т. 11, № 4. – С. 287–302. – DOI: 10.20295/2412-9186-2025-11-04-287-302.

Подписка на бумажную версию журнала «АВТОМАТИКА, СВЯЗЬ, ИНФОРМАТИКА» на второе полугодие 2026 г.



Для оформления подписки через Почту России (можно на 1 месяц) достаточно перейти по ссылке <https://podpiska.pochta.ru/press/P5063>, заполнить заявку на получение журнала на домашний адрес, до востребования или через почтовый ящик и оплатить подписку онлайн. Стоимость одного номера 545,52 руб., 2-е полугодие 2026 г. 3273,12 руб.



Оформить онлайн подписку также можно через наш сайт www.asi-journal-rzd.ru в разделе «Подписка».

Наши авторы и читатели могут также приобрести номера журналов по перечислению **с самовывозом** из Центра научно-технической информации и библиотек – филиала ОАО «РЖД» (ул. Новая Басманная, д. 4–6, стр. 2).

Стоимость одного экземпляра для физ. лиц **447,70 руб. с учетом НДС**
для юр. лиц **740,30 руб. с учетом НДС**

Для оформления счета для покупки журналов обращайтесь в ЦНТИБ по телефонам:

+7 (499) 262-81-58, +7 (499) 262-54-29



СОКРАЩЕНИЕ ВРЕМЕНИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВ ЖАТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ



БАШАРКИН

Максим Викторович,

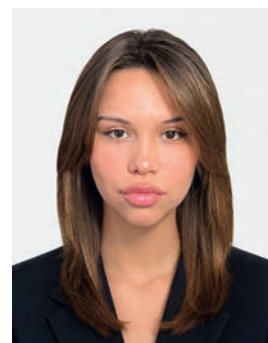
Приволжский государственный университет путей сообщения, кафедра «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте», доцент, канд. техн. наук, г. Самара, Россия



ИСАЙЧЕВА

Алевтина Геннадьевна,

Приволжский государственный университет путей сообщения, кафедра «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте», доцент, канд. техн. наук, г. Самара, Россия



ХОЗЯИНОВА

Евгения Алексеевна,

Приволжский государственный университет путей сообщения, ведущий специалист, г. Самара, Россия

Ключевые слова: устройства ЖАТ, отказ, восстановление работоспособности технических средств, AR, дополненная реальность, система поддержки принятия решений

Аннотация. В статье рассмотрен подход к сокращению времени восстановления работоспособности устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) за счет применения системы поддержки принятия решений. Для предоставления эксплуатационному персоналу контекстных подсказок предлагается использовать технологию дополненной реальности, позволяющую отображать последовательность диагностических операций и рекомендации по дальнейшим действиям. Реализация предложенного подхода позволит сократить время поиска и устранения отказов, снизить вероятность ошибочных действий и повысить качество технического обслуживания устройств ЖАТ.

■ Своевременное определение предотказных состояний устройств ЖАТ является важной задачей, определяющей устойчивость перевозочного процесса. Совершенствование организации технического обслуживания и ремонта устройств ЖАТ, а также внедрение систем технического диагностирования и мониторинга (СТДМ) способствуют решению этой задачи, благодаря чему отмечается снижение числа отказов. Вместе с тем из-за неполного охвата параметров, контролируемых СТДМ ЖАТ, а также вследствие некачественного выполнения технологических процессов, полное исключение отказов в настоящее время не представляется возможным.

Таким образом, актуальной задачей становится минимизация времени восстановления работоспособности технических средств $t_{\text{в}}$, которое определяется в общем случае как сумма времени оповещения об отказе $t_{\text{оп}}$, времени следования к отказавшему устрой-

ству $t_{\text{пр}}$, времени поиска неисправности $t_{\text{н}}$, времени устранения неисправности t_{yc} [1]:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{н}} + t_{\text{yc}} \rightarrow \min \quad (1)$$

Будем считать, что $t_{\text{оп}} \rightarrow 0$, а $t_{\text{пр}} \rightarrow t_{\text{пр}}^{\min}$, тогда минимизация времени $t_{\text{в}}$ достигается за счет выполнения условий:

$$\begin{cases} t_{\text{н}} \rightarrow t_{\text{н}}^{\min} \\ t_{\text{yc}} \rightarrow t_{\text{yc}}^{\min} \end{cases} \quad (2)$$

При высоком уровне теоретической подготовки, наличии практических навыков устранения отказов и достаточной стрессоустойчивости эксплуатационного персонала условия (2), как правило, выполняются. Однако при скрытых и перемежающихся отказах сохраняется риск невыполнения указанных условий.

Вопросу сокращения времени восстановления работоспособного состояния устройств ЖАТ посвящены

работы [2–6]. Целью настоящей работы является разработка концепции системы поддержки принятия решений, обеспечивающей контекстное сопровождение эксплуатационного персонала при поиске и устранении отказов устройств ЖАТ с использованием технологии дополненной реальности.

Предложенные подходы в совокупности с данными, поступающими от системы технического диагностирования и мониторинга устройств ЖАТ (СТДМ ЖАТ), а также с учетом Сборника методик и алгоритмов поиска и устранения неисправностей в устройствах СЦБ позволяют сформировать ядро системы поддержки принятия решений (СППР), предназначенной для эксплуатационного персонала дистанций СЦБ и инфраструктуры (рис. 1).

Стоит отметить, что система должна быть адаптивной и учитывать индивидуальные особенности каждого из участков: элементную базу систем управления движением поездов, наличие или отсутствие СТДМ ЖАТ, возможные расхождения информации, содержащейся в технической документации с фактическими данными.

Персонализация СППР позволит сделать ее эффективной в процессе эксплуатации, однако для максимально возможного сокращения времени поиска и устранения отказов следует учитывать эргономику системы. СППР должна представлять собой интеллектуальный программно-технический комплекс, обеспечивающий формирование контекстных подсказок для эксплуатационного персонала в процессе восстановления работоспособности технических средств. Контекстные подсказки играют роль рекомендаций, формируемых на основе совокупного анализа признаков отказа, результатов измерений, текущего состояния устройств, а также ранее накопленных эксплуатационных данных.

Такой подход переводит СППР из категории справочно-информационной платформы в категорию системы, которая выполняет роль активного помощника, направляющего работника к следующему диагностическому действию. Ключевое отличие проактивной СППР заключается в том, что временем t_n и t_{np} управляет сама система, а не человек. Это позволит оказывать дополнительную методическую поддержку эксплуатационному персоналу, имеющему ограниченный практический опыт, при выполнении работ в пределах установленной квалификации и должностных полномочий. Предлагаемая концепция СППР имеет особую актуальность с учетом омоложения кадрового состава и зачисления в штат дистанций СЦБ электромехаников, более приспособленных к работе с наглядными материалами [7].

Практическая реализация программной части СППР возможна на базе АРМ-ШН, однако необходимость в постоянном обращении к смартфону для получения подсказок увеличит затрачиваемое на поиск и устранение отказа время. Наиболее эффективным в этом случае является вариант, при котором рекомендации передаются работнику параллельно с проведением измерений.

Авторами предлагается использовать для отображения информации очки дополненной реальности (AR-очки). В этом случае эксплуатационный персонал получает подсказки непосредственно в поле зрения: наименование проверяемого элемента, места подключения измерительных приборов, последовательность диагностических операций, нормативные значения параметров и дальнейшие действия в зависимости



РИС. 1

от полученного результата. Это обеспечивает непрерывность взаимодействия эксплуатационного персонала с обследуемым объектом и одновременно с СППР. Электромеханик видит реальные элементы устройства и одновременно получает наложенные на них цифровые подсказки, что ускоряет восприятие поступающих данных и способствует правильному выбору следующего шага проверки.

Концептуальная визуализация применения технологии дополненной реальности при диагностировании устройств ЖАТ представлена на рис. 2.

Функционирование СППР, помимо выдачи подсказок, предусматривает регистрацию сведений об измеренных значениях параметров диагностируемых устройств. Ввод информации возможен как посредством голосовой команды, так и через кнопки на оправе очков. В случае использования таких измерительных приборов, как МИР-Ш или ЭТАЛОН-Ш возможна автоматическая передача информации в систему. Тем самым реализуется замкнутый цикл «измерение – передача данных в СППР – анализ полученной информации – подсказка – следующее измерение», позволяющий сократить время поиска неисправности и снизить вероятность ошибочных действий.

Следует отметить, что предлагаемый подход не отменяет значение профессиональной подготовки и опыта эксплуатационного персонала, а напротив повышает их эффективность, т.е. СППР рассматривается как инструмент интеллектуального сопровождения эксплуатационного персонала. Для опытного электромеханика она способна служить средством ускорения поиска отказа за счет оперативного предоставления релевантной информации, а молодому специалисту такая система становится цифровым наставником, помогающим соблюдать правильную последовательность действий и избегать типовых ошибок. Таким образом, внедрение системы позволяет не только сократить время восстановления работоспособности технических средств, но и повысить качество выполнения технологических операций.



РИС. 2

Предложенная в настоящей работе концепция СППР с применением технологии дополненной реальности, по мнению авторов, является наиболее перспективной благодаря форме представления рекомендаций эксплуатационному персоналу, позволяющей передавать подсказки непосредственно в процессе проведения измерений и выполнения восстановительных действий. Реализация указанной системы способна стать одним из направлений повышения эффективности технической эксплуатации устройств ЖАТ и сокращения времени восстановления их работоспособности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дмитренко, И.Е. Техническая диагностика и автоконтроль систем железнодорожной автоматики и телемеханики / И.Е. Дмитренко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Транспорт, 1986. – 144 с.
2. Оценка качества технической эксплуатации систем железнодорожной автоматики и телемеханики / А.В. Горелик, Н.А. Тарадин, А.С. Веселова, Д.В. Солдатов // Автоматика на транспорте. – 2017. – Т. 3, № 3. – С. 319–334.
3. Статистический метод планирования резерва времени

на устранение отказов систем железнодорожной автоматики / Н.В. Бугреев, А.В. Горелик, Д.Н. Болотский, А.В. Орлов // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 3 (93). – С. 138–142.

4. Булавский, П.Е. Моделирование и оценка времени поиска и устранения отказов систем железнодорожной автоматики и телемеханики с помощью сетей Петри / П.Е. Булавский, О.К. Ваисов, И.Н. Быстров // Автоматика на транспорте. – 2019. – Т. 5, № 4. – С. 478–492. – DOI 10.20295/2412-9186-2019-5-4-478-492.

5. Булавский, П.Е. Моделирование и оценка времени поиска неисправностей в системах интервального регулирования движения поездов на базе иерархических цветных сетей Петри / П.Е. Булавский, О.К. Ваисов // Автоматика на транспорте. – 2020. – Т. 6, № 3. – С. 356–376. – DOI 10.20295/2412-9186-2020-6-3-356-376.

6. Применение самообучаемых систем для решения задач поиска отказов на железной дороге / Е.А. Благовещенская, С.В. Бочкарев, Н.В. Груздев, Д.В. Зуев // Интеллектуальные технологии на транспорте. – 2020. – № 1 (21). – С. 47–55.

7. Визуализация карт технологического процесса. В.С. Мазилкин, А.Г. Исайчева, А.А. Суторма, М.В. Башаркин // Автоматика, связь, информатика. 2022. № 8. С. 36–38. DOI 10.34649/AT.2022.8.8.007.

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ ПРИВГУПС: 50 ЛЕТ ИСТОРИИ

■ Первый набор студентов КИИТ на специальность АТС состоялся в 1974 г. Архивные документы свидетельствуют, что для качественной подготовки специалистов в области СЦБ требовалось создание новых структурных подразделений института, способных комплексно решать задачи подготовки инженеров транспорта. В соответствии с приказом заместителя Министра путей сообщения СССР от 14.06.1976 г. в институте был организован Электротехнический факультет, в состав которого вошли пять кафедр и подготавливающее отделение.

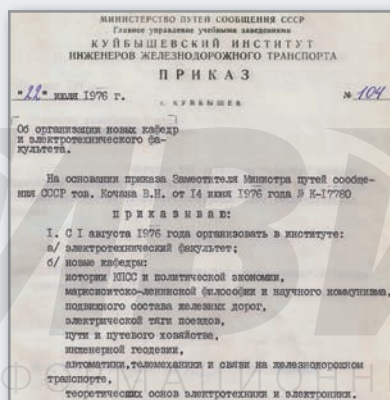
Тем же приказом кафедра автоматики, связи и вычислительной техники была упразднена, а с 1 августа создана кафедра «АТС». С этого времени Электротехнический факультет и кафедра АТС уже 50 лет ведут общую историю подготовки кадров для железнодорожной отрасли страны.

Первым деканом факультета был назначен канд. техн. наук А.М. Веселов. Кафедру АТС возглавил канд. техн. наук В.Б. Гуменников, руководивший ею более 40 лет. В первоначальный состав кафедры вошли А.М. Веселов, В.И. Панарин, Е.Н. Федоров и В.Б. Леушин.

Молодым преподавателям Е.Н. Федорову и В.Б. Леушину предстояло развивать собственные научные направления. Им пришлось фактически с нуля создавать кафедру и формировать ее лабораторную базу. Стенды, изготовленные ими совместно со студентами, бережно сохраняются в аудиториях и поддерживаются в рабочем состоянии. Научные исследования В.Б. Леушина стали основой для дальнейших работ его учеников.

Развитие факультета и кафедр во многом было связано с открытием новых специальностей, научных лабораторий и центров. В 1988 г. была открыта специальность и одноименная кафедра «Электроснабжение железных дорог», в 2000 г. – специальность «Информационные системы», а в 2007 г. – «Метрология и метрологическое обеспечение».

С открытием направления по метрологии на кафедре АТС начала формироваться научная школа



канд. техн. наук, доцента В.Г. Волика. Разработанные им научные подходы к автоматизации диагностирования напольных устройств СЦБ получили практическое воплощение в проектах.

В настоящее время на кафедре успешно работает научная школа профессора Е.М. Тарасова «Инвариантные и распознающие системы на железнодорожном транспорте».

На кафедре ЭСЖТ развивается научная школа профессора А.Н. Митрофанова «Энергоэффективность транспортировки, распределения и использования энергетических ресурсов».

Традиции научной школы А.Н. Митрофанова развивают его ученики М.А. Гаранин и Е.В. Добрынин, руководящие молодыми исследователями.

Внеучебная работа факультета представлена общественными объединениями: профсоюзной организацией сотрудников и студентов, строительными отрядами «1520», «Линия связи» и «Мегавольт», студенческим театром эстрадных миниатюр «Короткое замыкание», танцевальным коллективом «Парадокс» и др. В 2026 г. организован студенческий отряд проводников «Импульс».

В условиях быстро меняющихся технологий к выпускникам предъявляются высокие требования. На факультете студенты осваивают различные роли – от монтажа электронных компонентов до программирования микроконтроллеров – и решают прикладные задачи диагностики устройств автоматики и электрооборудования. Апробируется интернет-платформа для объединения студентов по научным интересам и их участия в совместных проектах.

Факультет динамично развивается: успешно работает аспирантура, в рамках научных школ готовятся докторские диссертации. Молодые ученые и студенты побеждают в научных конкурсах, участвуют в Олимпиаде дипломных проектов Росжелдора и Всероссийском инженерном конкурсе, получают грантовую поддержку ОАО «РЖД».

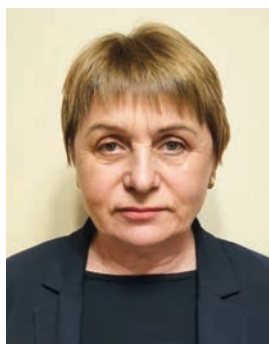
БЛИНКОВА Светлана Александровна,
декан электротехнического факультета,
канд. техн. наук, доцент

КАНАЛЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ОБЪЕКТАМИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ MESH И СЕТЕЙ 5G NTN



АНТОНОВ

Антон Анатольевич,
Российский университет
транспорта РУТ (МИИТ), заве-
дующий кафедрой «Автоматика,
телемеханика и связь на
железнодорожном транспорте»,
доцент, канд. техн. наук,
Москва, Россия



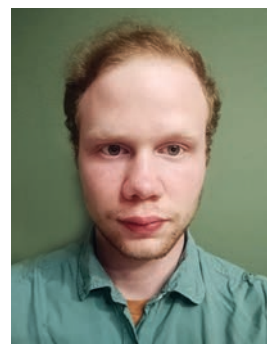
ЖУРАВЛЁВА

Любовь Михайловна,
Российский университет
транспорта РУТ (МИИТ),
профессор кафедры
«Автоматика, телемеханика
и связь на железнодорожном
транспорте», д-р техн. наук,
Москва, Россия



КУЗЬМИН

Владислав Сергеевич,
Российский университет
транспорта РУТ (МИИТ),
кафедра «Автоматика,
телемеханика и связь на
железнодорожном транспорте»,
доцент, канд. техн. наук,
Москва, Россия



СТРЕТИЙ

Александр Юрьевич,
Российский университет
транспорта РУТ (МИИТ),
кафедра «Автоматика,
телемеханика и связь на же-
лезнодорожном транспорте»,
аспирант, Москва, Россия

Ключевые слова: беспилотные объекты, каналы управления, мониторинг, MESH-сеть, технология 5G NTN

Аннотация. Применение беспилотных объектов для мониторинга территорий, удаленных от центра управления, требует решения вопросов организации надежной связи между источником информации и оператором. При этом главная задача заключается в обеспечении живучести и дальности каналов в условиях действия радиопомех. Проблема особенно актуальна в случае использования множества («роя») БПЛА, работа между которыми должна быть координирована. Решить эту задачу можно с помощью технологии MESH, в основе которой лежит принцип ретрансляции информации от одного узла к другому. Эффективным способом борьбы с преднамеренными помехами может быть метод псевдослучайного изменения несущих частот в MESH-сети. Главное – это поиск оптимального соотношения между количеством узлов БПЛА и числом несущих частот, которое определяет доступность сети.

■ Беспилотные объекты выполняют большое число функций в разных областях хозяйственной деятельности. Наиболее важными из них являются мониторинг окружающей среды, формирование телекоммуникационных сетей в качестве базовых станций или ретрансляторов, доставка грузов, эвакуация пострадавших при чрезвычайных происшествиях и др.

Как известно, беспилотные объекты управляются дистанционно оператором или действуют автономно по заранее заданному алгоритму. Причем к беспилотным объектам также относится железнодорожный транспорт, курсирующий в автономном режиме. Для управления ими требуется надежная связь, устойчивая к различным электромагнитным воздействиям. Создание беспроводных каналов управления имеет

особую актуальность для функционирования беспилотных объектов.

ВАРИАНТЫ КАНАЛОВ СВЯЗИ С БЕСПИЛОТНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

■ Сложность организации каналов связи с беспилотными объектами заключается в том, что они могут перемещаться с достаточно высокой скоростью и по непредсказуемой траектории на расстояния в сотни километров.

Можно использовать различные физические среды, например, свет ИК-диапазона, распространяющийся в атмосфере или оптическое волокно, сети спутниковой и сотовой связи в радиодиапазоне и др. Как показал анализ [1–4], достичь требуемых

дальности, качества и доступности связи возможно только с помощью радиоканалов, например, в диапазонах УВЧ, СВЧ. Так, посредством приемо-передатчиков с квадратурной амплитудной модуляцией можно установить устойчивую связь с подвижными объектами в дециметровом диапазоне на 10 км, в метровом – 60 км.

Однако действие радиосвязи нередко сопряжено с трудностями, вызванными сложной электромагнитной обстановкой, дефицитом частот, а также воздействием преднамеренных помех. Для нейтрализации устройств радиоэлектронной борьбы (РЭБ), мешающих работе радиосвязи, требуются специальные способы противодействия РЭБ, например, с помощью псевдослучайного изменения несущих частот приемо-передатчиков или перехода на другой диапазон. Борьба с РЭБ особенно актуальна в случае массового применения БПЛА для выполнения общей цели, например, мониторинга безопасности на большой территории. В этом варианте целесообразна реализация таких современных технологий, как MESH и гибридные сети 5G NTN [5, 6].

Схема удаленного мониторинга безопасности движения поездов с помощью MESH-сети, состоящей из «роя» БПЛА, приспособленного для видеосъемки, представлена в качестве примера на рис. 1. На схеме условно приняты следующие обозначения: 1 – MESH-сеть из БПЛА, 2 – главный узел MESH-сети, 3 – спутник, 4 – оптическая межспутниковая связь в ИК-диапазоне, 5 – вышка сотовой связи, 6 – коммутатор доступа, 7 – оператор мониторинга, 8 – подвижной состав, 9 – удаленный участок мониторинга безопасности движения поездов.

Наблюдение с помощью «роя» беспилотных аппаратов за динамически изменяющейся обстановкой не только в близлежащей окрестности, но и на удаленных участках позволяет получить полную видеоинформацию о движении поездов. Предполагается, что собранный с каждого сектора наблюдения материал передается по цепочке БПЛА на главный узел MESH-сети, оборудованный абонентским терминалом для связи с космическим аппаратом низкоорбитальной группировки «Рассвет». Затем радиосигнал со спутника с помощью связевой аппаратуры, совместимой со стандартом 5G, поступает на специальный наземный терминал, установленный на вышке сото-

вой связи. Через коммутатор доступа сотовой связи информация доставляется диспетчеру (оператору сети MESH). Вышки сотовой связи, выполняющие также функции наземной спутниковой станции, могут быть частью сети поездной радиосвязи, по которой производится управление движением поездов.

Оптическая межспутниковая связь дает возможность увеличить расстояние между MESH-сетью и центром управления до нескольких тысяч километров, что повышает безопасность оператора мониторинга. Об актуальности развития гибридных сетей спутниковой и сотовой связи 5G NTN говорится в Стратегии развития телекоммуникационной отрасли до 2030 г. [7]. Активные работы по развертыванию гибридных сетей и спутниковой низкоорбитальной группировки «Рассвет» начались в 2025 г. [8].

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ MESH-СЕТИ

■ Выбор способа передачи сигналов управления беспилотными объектами определяется условиями функционирования и протяженностью канала, выделенным диапазоном частот, заданными показателями качества, типом беспилотного объекта (наземным, воздушным и др.). Как уже упоминалось, в настоящее время для формирования сети связи с БПЛА распространение получила технология MESH. С помощью MESH-сети осуществляется координация работы радиоканалов БПЛА. Это одноранговая ячеистая сеть, в которой все устройства соединены между собой напрямую или через соседние узлы. Для беспилотных объектов MESH-сеть обеспечивает связь и координацию между БПЛА, а также с оператором через главный узел (такой же беспилотник, но с расширенными функциями).

К достоинствам технологии MESH относятся: способность сети самоорганизовываться (определять маршруты, расширяться за счет новых узлов, создавать резервные пути передачи информации), низкое энергопотребление (возможность работать с различными датчиками «батарейного» типа, например оптическими и инфракрасными сенсорами), сниженная зависимость от других систем связи (возможность работать как самостоятельно, так и совместно с внешними сетями, в том числе спутниковыми). Особую актуальность сегодня приобретает технология гибридной спутниковой сети 5G NTN (Non-Terrestrial Networks), позволяющая организовать связь с оператором, находящимся за сотни и тысячи километров от места мониторинга.

Таким образом, технология MESH способствует созданию беспроводной сети, в которой несколько беспилотных объектов, объединяясь друг с другом, создают максимальное покрытие территории. С помощью искусственного интеллекта беспилотные объекты организуют полностью связанную телекоммуникационную сеть путем ретрансляции сигналов между двумя ближайшими БПЛА в пределах дальности действия радиоканала. Цель переопределенных – передача информации от каждого беспилотного объекта на главный узел (БПЛА), который с помощью гибридных сетей спутниковой и мобильной связи доставляет ее оператору.

Одним из основных вопросов живучести MESH-сети на основе радиосвязи является способность противостоять помехам от РЭБ. Как уже отмечалось, один из способов борьбы с мешающим электромагнитным воздействием заключается в псевдослучайной смене

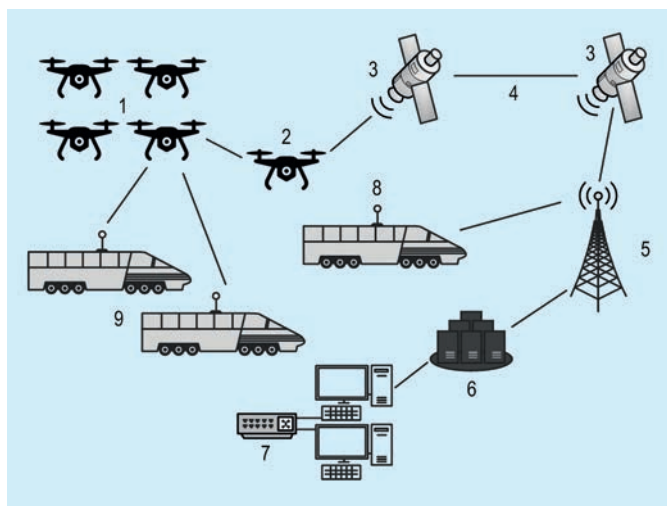


РИС. 1

несущих частот у каждого БПЛА, входящего в общую MESH-сеть. Такая смена частот может происходить сразу у всех беспилотников синхронизированно по команде от главного узла. Причем несущая частота может быть одинаковой у всех БПЛА, что создаст максимальную доступность связи для каждого из них.

Однако в случае совпадения частот помехи от РЭБ и несущей сигнала сеть будет менее защищена от действий РЭБ. Вероятность такого события зависит от количества несущих и диапазона частот РЭБ. Более защищенным вариантом будет тот, в котором каждый радиомодем MESH-сети выбирает несущую частоту псевдослучайным образом самостоятельно. Вероятность образования канала связи в этом случае определяется минимальным числом БПЛА, у которых совпали частоты, и количеством несущих, запрограммированных для работы в сети. Можно предположить, что по закону Парето сеть сможет выполнить задачу передачи информации на 80 % (удовлетворительный результат работы сети) при условии, что у 20 % БПЛА совпадут несущие частоты.

Определим вероятность такого события $P_{\text{сов}}$ для разного количества несущих и БПЛА в MESH-сети. Вероятность того, что из общего количества БПЛА, равного k , несущие частоты совпадут у l беспилотников ($l = 0, 1, 2, k$), можно оценить с помощью формулы Бернулли [9]:

$$P_{\text{сов}} = C_k^l \cdot P_n^l \cdot (1 - P_n)^{k-l},$$

где $C_k^l = k! / (l!(k-l)!)$;

P_n – вероятность появления какой-либо частоты из общего числа возможных n , вырабатываемых случайным (равновероятным) образом генератором несущих.

Кривые зависимости вероятности совпадения несущих $P_{\text{сов}} = f(k)$ у 20 % БПЛА от общего количества k для разного числа частот n представлены на рис. 2.

Из рисунка видно: чем больше частот n , тем меньше вероятность того, что у 20 % БПЛА совпадут несущие, но выше защита от РЭБ (тем меньше вероятность, что устройство преднамеренных помех «угадает» рабочую частоту в MESH-сети). Общая тенденция снижения вероятности при росте числа БПЛА сохраняется для любых значений k , рассчитанных в пределах до 100.

Представляют интерес зависимости $P_{\text{сов}} = f(n)$ вероятности совпадения частот от общего числа n для разного количества k (БПЛА). Они имеют явно выраженный максимум (вероятности совпадения), величина которого зависит от числа беспилотников k (рис. 3). Таким образом, построенные кривые зависимости вероятности совпадения от количества несущих показывают наличие оптимального соотношения между числом частот n и количеством БПЛА k . Причем меньшему числу k соответствует большее значение вероятности $P_{\text{сов}}$ (легче достигается совпадение несущих частот).

Графики (см. рис. 3) означают, что для любого значения k можно выбрать оптимальное число несущих n , которое обеспечит наибольшую вероятность совпадения частот в MESH-сети.

Рассчитанные вероятности совпадения $P_{\text{сов}}$ имеют небольшие значения и соответствуют коэффициенту доступности канала K_d , хотя для систем связи необходимо иметь величину K_d не менее 0,99. Однако полученные результаты K_d не означают, что в MESH-сети способ псевдослучайного изменения

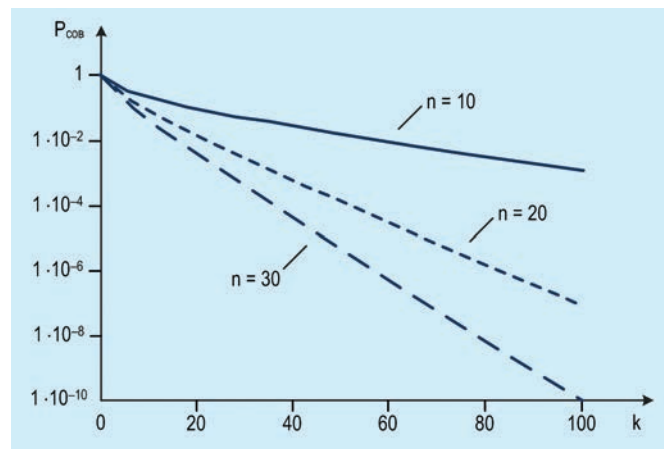


РИС. 2

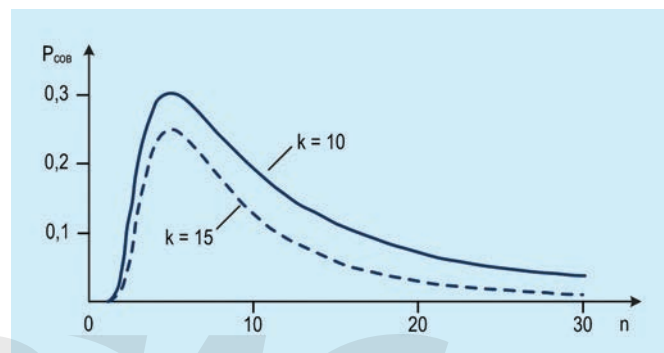


РИС. 3

несущих частот не пригоден для борьбы с преднамеренными помехами. Ведь MESH-сеть работает по принципу ретрансляции сигналов от одного БПЛА к другому, где конечным пунктом служит главный узел сети, связанный, например, с гибридной сетью 5G NTN. Поэтому для работы сети достаточно, чтобы совпадали частоты хотя бы у двух БПЛА.

Возможность восстановления работоспособности с помощью подключений соседних узлов – одно из главных преимуществ технологии MESH. Ретрансляции сигналов между БПЛА способствуют расширению сети связи и поэтому технология MESH может быть эффективна для борьбы с РЭБ и востребована в случае необходимости увеличения размеров территории мониторинга.

Другим важным условием успешной работы MESH-сети является наличие расстояния между БПЛА в пределах радиуса действия радиоканала r (величина r зависит от диапазона рабочих частот). Допустим, что множество («рой») БПЛА, осуществляющих мониторинг территории, представляет собой пуассоновское поле точек с постоянной плотностью $\lambda = k/S$,

где k – число БПЛА;

S – площадь территории.

Масштабы территории мониторинга определяются числом БПЛА, размерами и скоростью их перемещения. Вероятность того, что расстояние от любой точки (БПЛА) поля до ближайшей к ней соседней точки (БПЛА), находящейся в зоне действия радиосвязи, окажется меньше предельно допустимой дальности радиоканала r (что означает, канал работает), вычисляется путем интегрирования закона Рэлея в пределах от 0 до r [10].

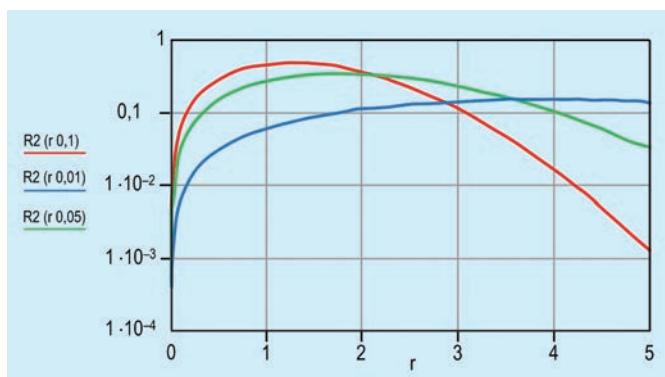


РИС. 4

Зависимости $P = f(r)$ вероятности установления связи между двумя БПЛА для трех значений плотности пуассоновского поля λ : $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$, означающих нахождение в радиусе 4 км 5 БПЛА ($\lambda_1 = 0,1$); 3 БПЛА ($\lambda_2 = 0,05$) и 1 БПЛА ($\lambda_3 = 0,01$), изображены на рис. 4. Эта зависимость носит нелинейный характер: вначале она возрастает до максимума, который соответствует определенной величине r для каждой плотности λ , затем падает с ростом расстояния между БПЛА.

Чем выше плотность пуассоновского поля λ , тем выше вероятность установления надежного канала связи между двумя БПЛА, а, следовательно, и всей MESH-сети. Так, для плотности $\lambda_1 = 0,1$ наиболее вероятное расстояние между БПЛА достигает 1,5 км. Такое значение r обеспечит устойчивый канал связи в дециметровом и метровом диапазонах частот.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ГИБРИДНОЙ СЕТИ 5G NTN

■ Как уже отмечалось, канал связи из «роя» БПЛА по технологии MESH-сети реализуется с помощью гибридной технологии 5G NTN. Предполагается, что главный узел (БПЛА) соединен с помощью специального абонентского терминала с сетью низкоорбитальной спутниковой группировки «Рассвет» (см. рис. 1), на спутниках которой приемо-передатчики построены по технологии 5G NTN.

Технология 5G NTN предназначена для интеграции неназемных сетей (спутников, высотных платформ, беспилотников) в архитектуру наземных телекоммуникаций 5G для расширения зоны покрытия, повышения надежности и поддержки различных сервисов.

Рассмотрим основные особенности гибридной технологии 5G NTN. Так, для космических аппаратов на низкой (LEO) и средней (MEO) околоземных орбитах высокая скорость движения спутников требует адаптации управления конусами радиолучей, учета влияния эффекта Доплера, изменений задержки распространения сигнала. Кроме того, имеют место значительные вариации временных задержек, а также эффекты ближнего поля, причина которых связана с более крупными размерами ячеек в спутниковых сетях NTN по сравнению с наземной сотовой связью.

Достоинством технологии 5G NTN является ее способность интеграции с наземными сетями. Например, с помощью специальных шлюзов происходит подключение к ядру наземной сети 5G с использованием тех же процедур соединения (NR). Это – комплекс технических действий, обеспечивающих установление соединения между мобильным устройством и сетью сотовой связи (синхронизация мобильного устройства

с базовой станцией, получение информации о конфигурации канала случайного доступа и других параметрах, необходимых для дальнейшего взаимодействия). Наличие такого технического комплекса позволяет мобильным устройствам свободно перемещаться между наземными (TN) и неназемными (NTN) сетями, способствует поддержке широкополосной связи, оптимизации производительности терминалов и емкости в восходящем канале. Планируемые диапазоны частот технологии 5G NTN: для L-band n255 частоты 1626,5–1660,5 МГц (восходящий канал), 1525–1559 МГц (нисходящий канал); для S-band n256 соответственно 1980–2010 МГц (восходящий), 2170–2200 МГц (нисходящий).

Сочетание БПЛА (в качестве ретрансляторов или базовых станций) и технологии гибридных сетей 5G NTN позволяет создавать глобальную инфраструктуру связи с зоной покрытия в несколько тысяч км, высокой скоростью передачи информации, надежностью и поддержкой современных средств телекоммуникации. С помощью оптической (лазерной) межспутниковой связи, предусмотренной в спутниковой группировке «Рассвет», космические аппараты обмениваются трафиком на скоростях до 10 Гбит/с на дистанциях около 1000 км. Высота орбиты спутников составляет около 800 км, что позволяет каждому из них охватить значительную площадь.

В заключение следует отметить, что оптимальный вариант организации надежных каналов с беспилотными объектами, обеспечивающих необходимую дальность и живучесть связи, заключается в комбинировании различных технологий (сотовых и спутниковых сетей) и способов передачи сигналов (в радио и оптическом диапазонах длин волн).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Комбинированные каналы связи с беспилотными объектами. Л.М. Журавлёва, А.В. Горелик, С.С. Алиев, А.Ю. Стретий, Ле Ван Хунг // Телекоммуникации. 2025. № 9. С. 18–27. EDN:AIQLPH.
2. Усовершенствованный канал связи с БПЛА. Л.М. Журавлёва, А.В. Горелик, А.А. Антонов, А.Ю. Стретий // Автоматика, связь, информатика. 2025. № 7. С. 11–13. DOI: 10.62994/AT.2025.7.7.003 EDN:YLQFKM.
3. Системы связи на базе атмосферных ИК-каналов и беспилотных летательных аппаратов. Л.М. Журавлёва, А.В. Горелик, Н.М. Легкий, А.А. Бороздин // Автоматика, связь, информатика. 2026 № 2. С. 9–13. DOI: 10.62994/AT.2026.2.2.002 EDN:BNXMBW.
4. Каналы спутниковой связи с беспилотными летательными аппаратами / Л.М. Журавлёва, А.В. Горелик, Н.М. Легкий, Д.А. Абакумов // Успехи современной радиоэлектроники. 2025. № 12. С. 6–12. EDN:YZPKER.
5. Попков Г.В. MESH-сети: перспективы развития, возможные применения // Проблемы информатики. 2012. № 3 (15). С. 74–79. EDN:PCRCLR.
6. Шепелев, Бабин А.И., Коротков М.В. Интеграция неназемной связи (NTN) с 5G и выше // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2024. № 4. С. 31–35. EDN:BOOWUL.
7. Стратегия развития отрасли связи Российской Федерации на период до 2035 : утв. Распоряжением Правительства РФ от 24.11.2023 № 3339-р.
8. Космический интернет: зачем Россия запускает систему «Рассвет» // Sibnet.ru : сайт. 2025. 23 янв. URL: <https://info.sibnet.ru/article/674059/>.
9. Теория передачи сигналов на железнодорожном транспорте / Г.В. Горелов, А.Ф. Фомин, А.А. Волков, В.К. Котов. М.: Транспорт, 1999. 415 с.
10. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. М.: Радио и связь, 1983. 414 с.

ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РОБОТИЗАЦИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ



ЗАЖИГАЛКИН
Александр Владимирович,
Ассоциация «Транспортная наука», директор, д-р экон. наук,
Москва, Россия



ВЕЧЕРОВ
Кирилл Олегович,
Ассоциация «Транспортная наука», технический директор,
Москва, Россия



ОХОТНИКОВ
Андрей Леонидович,
Российский университет транспорта (МИИТ), заместитель директора Центра обеспечения и экспертиз научно-исследовательских проектов и программ развития транспортной отрасли, Москва, Россия

Ключевые слова: роботы, коботы, биоморфные роботы, робототехнический комплекс, беспилотная авиационная система, киберфизическая система

Аннотация. В статье рассмотрены преимущества внедрения роботизированных систем в производственную деятельность ОАО «РЖД». Проведен анализ текущих проектов и выбраны перспективные направления автоматизации рутинных операций на железнодорожном транспорте. Описано влияние внедрения роботов на эффективность и безопасность эксплуатации. Приведены примеры роботизации на зарубежных железных дорогах. Представлены варианты применения биоморфных роботов и беспилотных авиационных систем. Указаны основные направления внедрения робототехнических комплексов и коботов на ближайшие годы.

■ Роботизированное обслуживание железных дорог в последние годы перестало быть футуристической идеей – процесс уже происходит. Целью данной статьи является анализ действующих нормативных документов и способов реализации робототехнических систем и устройств на сети ОАО «РЖД» с учетом лучших отечественных и мировых практик. Для этого оценим характеристики жизненного цикла роботов и обоснуем приоритеты их внедрения в технологические процессы.

В основе анализа использованы технологический, научно-технический и финансово-экономический аспекты. При этом учтены факторы неопределенности – источники рисков, такие как:

- отсутствие системы требований к роботам, необходимым для инфраструктуры ОАО «РЖД» с учетом диапазона условий их применения;

- не определен окончательно потенциал и возможности рынка отечественной робототехники;

- значительный разброс уровней технологической готовности отечественных изделий робототехники;

- незрелость нормативно-технического обеспечения стадий жизненного цикла роботов;

- слабая унификация и интероперабельность базовых модулей робототехники;

- недостаточный технологический суверенитет, особенно радиоэлектронных комплектующих и элементной базы компонентов роботов;

- непрозрачность статистических данных о роботизации в отечественной транспортной отрасли.

С целью выполнения Указа Президента России «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» в ОАО «РЖД» предусмотрено проектирование и создание высокотехнологичной продукции, основанной на применении интеллектуальных производственных решений, роботизированных и высокопроизводительных вычислительных систем, результатов обработки больших объемов данных, технологий машинного обучения и искусственного интеллекта.

Для этого формируется Федеральный закон «О робототехнике и автономных (беспилотных) системах в Российской Федерации» и «Концепция разработки и внедрения робототехнических систем и устройств на инфраструктуре ОАО «РЖД» до 2035 г. (с прогнозом

Производственные процессы	Объекты роботизации
Управление процессами перевозок	
Организация маневровой работы	Автономные маневровые локомотивы, робот-авторасцепщик вагонов на сортировочной горке, роботизированный подтягиватель вагонов на механизированных сортировочных горках
Управление движением поездов	Автономные магистральные локомотивы для пассажирского и грузового обращения (поезд-дрон)
Безопасность движения поездов	Инфраструктурные системы технического зрения, использование БАС в зонах особой важности (на базе дронапорта)
Управление тяговым подвижным составом	
Организация проведения комиссионных осмотров состава	Биоморфный робот-собака для осмотра экипажной части локомотива
Техническое обслуживание и экипировка состава	Робот-заправщик тепловозов
Развитие, содержание и ремонт инфраструктуры	
Текущее содержание пути	Робот-сигналист, робот-геодезист (геолог), робот для закрепления железнодорожного пути
Организация неразрушающего контроля рельсов	Роботизированные съемные тележки-дефектоскопы
Осмотры, обследования текущего состояния объектов путевого хозяйства, полосы отвода	Роботизированные мобильные комплексы для мониторинга состояния обустройств инфраструктуры, робот для опашки полосы отвода, роботизированные машины для очистки пути от снега
Обслуживание элементов верхнего строения пути (ВСП)	Робототехнический мобильный комплекс для проверки плотности прижатия остриек к рамным рельсам, робот для наплавки и шлифовки крестовин стрелочных переводов (остряки и усовики)
Технический надзор за подрядными организациями, обеспечение их работы	Биоморфный робот-собака (инспектор)
Техническое обслуживание грузовых вагонов	Биоморфный робот-собака для осмотра ходовой части, выявления трещин в литых деталях, отпуска тормозов, соединения рукавов
Допуск вагонов на инфраструктуру ОАО «РЖД»	Биоморфный робот-собака для осмотра ходовой части
Оценка состояния инфраструктуры с использованием мобильных средств диагностики	Роботизированные съемные путеизмерительные тележки, БАС
Осмотр искусственных сооружений и земляного полотна	Борьба с растительностью и проверка целостности элементов инфраструктуры с помощью автономных станций, тележек, робота-косилки, агродрона
Транспортная безопасность и меры пожарной охраны объектов	Системный Check-UP состояния объектов биоморфным роботом-собакой; профилактика и автоматический риск-анализ
	Применение БАС для осмотра и анализа аварийных ситуаций (пожаров, ЧС и др.)
Съемка продольного профиля железнодорожного пути и выполнение камеральных работ	Возможность работы в агрессивной среде в любой нестандартной ситуации на инфраструктуре
Погрузка РШР, стрелочных переводов, плетей бесстыкового пути на подвижной состав	Роботизированные геодезические тележки для инструментальной проверки продольных профилей и расположения пути в плане
	Роботизированные погрузчики
Пассажирские перевозки в пригородном сообщении	
Управление движением поездов	Автономный моторвагонный подвижной состав (Ласточка)
Техническое обслуживание подвижного состава	Биоморфный робот-собака для осмотра экипажной части МВПС
Безопасность пассажирских платформ	Биоморфный робот для осмотра платформ на предмет возгораний и оставления опасных предметов
Скоростные и высокоскоростные пассажирские перевозки	
Обслуживание пассажиров	Роботы-доставщики еды и продукции
Техническое обслуживание поездов	Биоморфный робот-собака для осмотра экипажной части
Управление вокзальными комплексами	
Организация обслуживания пассажиров на вокзалах	Робот-носильщик багажа
Обеспечение санитарно-технического состояния зданий и сооружений	Робот-дезинфектор помещений вокзальных комплексов (на основе робостанции самообслуживания и др.)
Развитие и разработка автоматизированных систем предоставления услуг на вокзалах	Медицинский робот-консультант, робот-доставщик еды, напитков и др.
Ремонт и техническое обслуживание пассажирского подвижного состава	
Очистка пассажирских вагонов	Робот-пылесос, робот-мойщик вагонов на базе робостанции
Техническое обслуживание пассажирских и почтово-багажных вагонов	Биоморфный робот-собака для осмотра ходовых частей вагонов
Осмотры пассажирского подвижного состава перед отправкой в рейс	Биоморфный робот-собака для инспектирования готовности вагонов
Терминально-складской комплекс	
Погрузочно-разгрузочные работы	Роботизированная контейнерная площадка, экзоскелет как промежуточный этап перехода к полной роботизации, складские автономные роботы для погрузки-разгрузки
Хранение грузов на открытых площадках и в крытых складах	Роботизированный склад (конвейер) для хранения и учета грузов, роботы-платформы для перемещения груза на складе
Услуги «первой» и «последней мили»	Беспилотная роботизированная техника (автономные грузовики и контейнеровозы и др.)

до 2050 г.)». В Концепции намечено реализовать текущие задачи роботизации, которые включают:

автоматизацию работ по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава путем введения роботизированных систем, что позволит снизить трудозатраты, повысить точность выполнения операций и сократить время простоя оборудования;

автоматизацию сортировочных, участковых и грузовых станций, направленную на изменение характера труда персонала, вывод человека из опасных зон и повышение эффективности выполнения повторяющихся производственных процессов [1];

разработку и внедрение интеллектуальных систем управления движением поездов на основе искусственного интеллекта и машинного обучения, которые будут способствовать оптимизации использования инфраструктуры, сокращению времени в пути и повышению энергоэффективности и пропускной способности железнодорожных линий [2];

интеграцию роботов и автоматических систем с корпоративными информационными системами ОАО «РЖД», что обеспечит оперативность и точность принятия управленческих решений, оптимизирует экономические процессы [3];

использование беспилотных авиационных систем (БАС) в задачах анализа состояния железнодорожных объектов.

Для решения этих задач в ОАО «РЖД» определено, что в ближайшие 5–10 лет робототехнические устройства возможно применить более чем в 50 технологических операциях, связанных прежде всего с вредными или опасными условиями, а также человеческим фактором. Основные направления роботизации и варианты их реализации указаны в табл. 1.

■ **Робототехнические комплексы на базе биоморфных платформ.** Роботы на четырех конечностях с усовершенствованными измерительными датчиками и искусственным интеллектом обеспечивают более безопасный, быстрый и точный осмотр железнодорожных объектов. Они оперативно выявляют проблемы, сокращают время простоя и обеспечивают бесперебойную работу железнодорожных перевозок. В отличие от колесных или гусеничных роботов, четвероногие биоморфные роботы способны перемещаться по пересеченной местности, подниматься по лестницам, рельсам и работать в стесненных пространствах.

К основным элементам, для которых возможно применение биоморфных роботов, относятся:

рельсовые пути – обнаружение трещин, смещений и дефектов рельсов в режиме реального времени;

подвижной состав – визуальный осмотр ходовой части, обнаружение утечек, внутренний осмотр;

верхнее строение пути и растительность – обнаружение аномалий и разрастания зеленых насаждений; мосты и туннели – контрольное перемещение по закрытым и труднодоступным местам;

отдаленные и опасные районы – проведение проверок в зонах повышенного риска (сели, камнепады); сортировочные депо, горки и подъездные пути – оценка состояния и автоматическое патрулирование.

Рассмотрим основные виды роботов с четырьмя независимыми управляемыми опорами с суставами, которые отличаются мобильностью, надежностью и одновременно могут применяться на различных направлениях производственного процесса на транспорте.

Робот с минимальным набором оборудования (рис. 1) предназначен для обнаружения трещин, смещений и дефектов рельсов в режиме реального времени. Его грузоподъемность достигает 12 кг. Он имеет высокую скорость перемещения (до 3,7 м/с), максимальный угол подъема 40° (легко справляется с наклонными поверхностями), широкоугольный 4D-лидар, благодаря которому осуществляется точное картографирование, обнаружение препятствий и автоматическая навигация.

Робот с оптимальным набором оборудования (рис. 2) обеспечивает усиленный контроль и мониторинг. Прочная конструкция со степенью защиты IP67 подходит для балласта, неустойчивых поверхностей и уклонов до 45°. Максимальная дальность прыжка составляет 1,6 м, за счет чего возможно преодоление разрывов в рельсах и небольших препятствий. Скорость перемещения робота достигает 6 м/с, грузоподъемность выдерживает вес до 120 кг в положении стоя и до 40 кг при ходьбе. Навигация основана на ИИ, имеется лидар, камеры глубины и оптические камеры для интеллектуального контроля. Выполняется предобработка данных с помощью ИИ, обнаружение аномалий и анализ данных в режиме реального времени.

Робот с дополнительным инспекционным оборудованием (рис. 3) осуществляет детальный визуальный контроль. Датчики тепловидения (тепловизоры) обнаруживают перегретые компоненты и отслеживают проблемы в железнодорожной инфраструктуре. Лазерные сканеры LiDAR обеспечивают детальное картографирование, а дополнительные датчики позволяют обнаруживать опасные утечки топлива, газов, опасных грузов.

Роботы, оснащенные полным набором сенсоров (лидары, камеры, ультразвуковые датчики, тепловизо-



РИС. 1



РИС. 2



РИС. 3

Таблица 2

Проблема	Преимущества применения четвероногого робота
Рискованные и опасные проверки	Сокращает время пребывания человека в опасных условиях и выполнения задач с высоким риском
Высокие затраты и простои	Снижает количество имущества и эксплуатационные расходы
Ограниченный доступ	Способен добираться до труднодоступных мест в тоннелях, на мостах, в водопроводных трубах, на насыпях и др.
Человеческий фактор	Использует высокоточные датчики на базе искусственного интеллекта для надежного и объективного сбора данных
Медленные ручные проверки	Увеличивает скорость и частоту проверок

ры и др.), способны самостоятельно ориентироваться в пространстве, распознавать объекты и адаптироваться к изменениям в окружающей обстановке. Основные задачи, решаемые с помощью биоморфных роботов на четырех конечностях, приведены в табл. 2.

■ **Роботы в производственных железнодорожных процессах.** Перспективы роботизации на железнодорожном транспорте включают возможность замены людей на технологических операциях, связанных с вредными или опасными факторами. В частности, роботы могут выполнять расцепку вагонов, отпуск тормозов, коммерческий осмотр подвижного состава, заправку локомотивов и заливку цистерн, разгрузку сыпучих материалов из полувагонов, очистку и промывку подвижного состава, сортировку груза. Они также пригодны для работ в опасных для людей местах, при ликвидации чрезвычайных ситуаций, ремонте верхнего строения пути.

Следует отметить, что большое внимание уделяется разработке и внедрению робототехнических комплексов для обслуживания подвижного состава. В настоящее время уже запущен в действие робот для отпуска автоматических тормозов грузовых вагонов в парке приема. Его применение позволяет повысить пропускную способность на 4,6 %, а время обработки состава сократить на 50 %.

В стадии разработки находятся: робот для открытия/закрытия люков, обеспечивающий автоматическую разгрузку сыпучих материалов из полувагонов; робот-заправщик для налива цистерн, в комплекс которого встроен специальный модуль обеспечения безопасности для точной подачи цистерн на эстакаду и предотвращения разлива топлива; а также робот для обслуживания рельсовых креплений.

■ **Примеры роботизации за рубежом.** В Индии система мониторинга в режиме реального времени обнаруживает аномалии: дефекты путей, оползни, а также необычные вибрации. Искусственный интеллект на базе предиктивной аналитики запускает оповещение и инициирует автоматические меры безопасности, предотвращая несчастные случаи [4]. Например, если датчики обнаружат на пути оползень, искусственный интеллект автоматически подаст сигнал поездам сбавить ход или остановиться и тем самым предотвратит ЧП.

В Китае применяется быстрое обнаружение роботом винтов рельсового крепежа в процессе их технического обслуживания, осуществляемое на основе машинного зрения с использованием глубокого обучения [5]. Для робота разработан метод быстрого обнаружения крепежных винтов на основе изображений. Основой является облегченная модель FSS-YOLO на базе YOLOv5n. Результаты экспериментов показывают, что предложен-

ный метод значительно улучшает производительность и демонстрирует высокую точность с меньшими затратами на вычисления.

Кроме того, в Китае получен опыт применения интеллектуального робота для укладки на поддоны грузов на участках высокоскоростной железной дороги Харбин – Далянь. Использован метод пространственного управления интеллектуального робота-укладчика, способного работать через диспетчеризацию высокоскоростных поездов на основе

ситуационной аналитики. Метод включает изменение времени прибытия поездов и порядок их отправления. Анализ позволяет говорить о высокой точности и эффективности работы этого метода.

В рамках научно-технического проекта провинции Сычуань и Ибинь для энергоэффективного и интеллектуального обслуживания железнодорожной линии предложено использовать автономные технологии, интернет вещей, искусственный интеллект для роботов [6]. Изучается взаимодействие этих устройств с существующей инфраструктурой и рассматриваются возможности самодиагностики, обеспечиваемые интеграцией устройств с такими функциями, как сбор данных, связь и вычисления. При этом, используя сетевой уровень в архитектуре интернета вещей в качестве связующего звена, можно объединить механические устройства на физическом уровне с различными периферийными алгоритмами на прикладном уровне.

Важное исследование проведено в Корейском научно-исследовательском институте железных дорог для изучения опыта использования диагностических БАС на ВСМ [7]. Устройства технического зрения, прикрепленные к беспилотным летательным аппаратам, используются для измерения трещин на железнодорожных мостах, построенных для высокоскоростных поездов. Были проанализированы характеристики ветра и его влияние на тягу БАС. Установлено, что максимальная скорость ветра линейно уменьшается по мере удаления от корпуса поезда. Тяга БАС увеличивается до 20 и 60 % за счет ветра, вызванного поездом, при прохождении впереди и сзади вагонов скоростного поезда соответственно. Ранее влияние ветра, создаваемого поездами, на диагностические беспилотные летательные аппараты вблизи железнодорожных мостов не изучалось.

Повышенную производительность кросс-докинга в сочетании беспилотных транспортных средств с вилочными погрузчиками показал опыт применения роботизированных средств для логистики грузов в Канаде [8]. Замена вилочных погрузчиков на самоуправляемые транспортные средства (SDV) обеспечила высокую эффективность. Разработанная имитационная модель для двух вариантов погрузки-выгрузки, один из которых полностью ручной, а другой содержит смесь вилочных погрузчиков и SDV, оценивается положительно для второго варианта. Теперь товары для клиентов доставляются практически в режиме «точно в срок», без хранения запасов в кросс-доках. Показатели производительности погрузки-выгрузки определяются и высоко оценены с помощью моделирования.

Подводя итог, следует отметить, что несмотря на повсеместную автоматизацию опасных и сложных ра-

бот, полная замена людей роботами невозможна. Ведь технологии, как правило, создают новые категории рабочих мест, одновременно устраняя предыдущие. Наиболее вероятным исходом может стать более тесная коллаборация людей и роботов (коботов): машины будут выполнять повторяющиеся или опасные операции, а люди сосредоточатся на творческой, стратегической и межличностной работе, требующей уникальных человеческих способностей.

Робототехника и автоматизация представляют собой одну из самых значительных технологических трансформаций в истории, сравнимую с промышленной революцией. Для бизнеса эти технологии открывают беспрецедентные возможности повышения производительности, качества и безопасности. Для работников они создают как проблемы, связанные с изменением должностных обязанностей, так и возможности для более значимой работы, поскольку машины берут на себя выполнение повторяющихся задач.

Ключом к успешному преодолению технологического сдвига является разумная реализация, учитывающая не только технические возможности, но и человеческий фактор. Наиболее эффективные системы робототехники и автоматизации расширяют возможности человека, а не просто заменяют его, создавая среду для совместной работы, в которой технологии и люди дополняют друг друга. В перспективе, прогресс в области искусственного интеллекта, материаловедения и вычислительных технологий приведет к значительному расширению функциональных возможностей и областей применения робототехники и автоматизированных систем [9].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Классификация режимов работы железнодорожной станции на основе реальных данных «от колеса» / А.И. Долгий, А.Е. Хатламаджиян, И.А. Ольгейзер, А.В. Суханов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2025. № 1(97). С. 58–68. DOI:10.46973/0201-727X_2025_1_58. EDN:JCNLYJ.
2. Охотников А.Л., Цветков В.Я., Козлов А.В. Алгоритмы транспортных киберфизических систем // Железнодорожный транспорт. 2021. № 12. С. 49–53. EDN:KJWWMQ.
3. Миньковская М.В. Расширение политики цифровизации в экономических процессах России // Проблемы искусственного интеллекта. 2024. № 1(32). С. 75–93. EDN:JLKZGF.
4. Идентификация критических состояний технологических процессов на основе методов предиктивной аналитики / С.М. Ковалев, А.В. Суханов, И.А. Ольгейзер, К.И. Корниенко // Автоматика и телемеханика. 2023. № 4. С. 115–130. DOI: 10.31857/S0005231023040074. EDN:QIGFPH.
5. Fast rail fastener screw detection for vision-based fastener screw maintenance robot using deep learning. / Cai, Y.; He, M.; Tao, Q.; Xia, J.; Zhong, F.; Zhou, H. // Applied Science. 2024. Vol. 14. Art N 3716. DOI:10.3390/app14093716.
6. Sustainable and smart rail transit based on advanced self-powered sensing technology / Tang, H. et al. // iScience. 2022. Vol. 27, Iss. 12. Art. No 111306. DOI:10.1016/j.isci.2024.111306.
7. Effect of high-speed train-induced wind on trackside UAV Thrust near railway bridge / Hyuk-Jin Yoon, Su-Hwan Yun, Dae-Hyun Kim, Jae Hee Kim, Bong-Kwan Cho, Gi-Gun Lee, Soon-Eung Park, Young-Chul Kim // Applied Science. 2022. Vol. 10(10). Art. No 3495. DOI:10.3390/app10103495.
8. Natarajan S., Bookbinder J. Enhanced cross-dock productivity: combining self-driving vehicles with forklifts // Advances in Logistics Engineeringnt. 2024. July 17. P. 112–265. DOI: 10.5772/intechopen.1005502.
9. Охотников А.Л., Зажигалкин А.В. Обзор ключевых технологий робототехники // Проблемы искусственного интеллекта. 2025. № 1(36). С. 141–155. DOI:10.24412/2413-7383-141-155. EDN:YRDWLG.

СТАЛКЕР 15-34 КОМПЛЕКС ТРАССОПОИСКОВЫЙ

ПРИЕМНИК ПТ-34

Интеллектуальная компенсация бокового смещения – новый уровень точности определения глубины даже в стороне от трассы

- Встроенный GPS-/ГЛОНАСС-модуль: авто-геопривязка для интеграции в ГИС
- Высокоточное позиционирование (до 1 см) совместно с RTK-планшетом PrinCe LT700H
- Использование смартфона вместо внешнего GPS-трекера
- Время работы – до 20 ч
- Диапазон рабочих температур: от –30 до +50 °C

Новые частоты:

- Активный режим: 83 и 200 кГц
- Пассивный режим: 9–100 кГц («Радио-2»)

ГЕНЕРАТОР ГТ-15

- Частоты генератора: 273, 526, 1024, 8928 Гц, 33 и 83 кГц
- Увеличенное время автономной работы от LiFePo-аккумулятора – 6 ч
- Индикация величины напряжения и выходного тока для оценки качества подключения к линии
- Встроенный индуктор обеспечивает наведение сигнала 33 и 83 кГц
- Бесконтактная подача поискового сигнала при помощи передающих клещей КИ-50 и КИ-100 от 1 до 33 кГц
- Увеличенная ниша для хранения аксессуаров

Поиск и диагностика подземных коммуникаций: высокая точность и функциональность

Мощность и ток до 15 Вт и 0,8 А

RTK-планшет

Гарантия 24 месяца

Связь с ПК через Bluetooth

Степень защиты IP54

СТАЛКЕР ПМ-3 МАРКЕРОИСКАТЕЛЬ

Обнаружение положения и глубины залегания всех типов пассивных и интеллектуальных (ID) маркеров

- Запись/чтение данных из интеллектуальных маркеров
- Высокоточное позиционирование (до 1 см) совместно с RTK-планшетом PrinCe LT700H
- Время непрерывной работы от Li-ion аккумуляторов – 9 ч
- Определение глубины залегания маркера (в зависимости от типа маркера – до 2,5 м)
- Режим сканирования: поиск одновременно до четырех маркеров различного типа
- Привязка к GPS-координатам

RTK-планшет

ПАССИВНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ МАРКЕРЫ СЕРИИ «МП»

Шаровые, самовыравнивающиеся маркеры серии «МП» предназначены для маркировки места положения подземных коммуникаций и обнаруживаются с помощью маркероискателей «Сталкер»

- Глубина обнаружения – до 1,8 м
- Диаметр сферы – 110 мм
- Расчетный срок службы – до 50 лет
- Вес (не более) – 0,23 кг

РАДИО-СЕРВИС

426000, г. Ижевск, а/я 10047, ул. Пушкинская, 268, тел.: (3412)43-91-44, факс: (3412) 43-92-63, e-mail: office@radio-service.ru, www.radio-service.ru

На правах рекламы

СКВОЗЬ ВЕКА И РАССТОЯНИЯ



АНСИМОВ
Николай Игоревич,
ОАО «РЖД», Юго-Вос-
точная ДИ, Балашовская
дистанция СЦБ, начальник
участка производства,
г. Балашов, Россия



ЗАБРУСКОВА
Елена Николаевна,
заместитель председате-
ля узлового совета ветер-
анов станции Балашов,
г. Балашов, Россия

В прошлом году Балашовской дистанции СЦБ Юго-Восточной ДИ исполнилось 105 лет. Ее создание непосредственно связано с развитием Балашовского железнодорожного узла. В 1920 г. прошлого столетия на совещании губернских и уездных исполкомов было принято решение организовать самостоятельную дистанцию в Балашове с установленными границами обслуживания от станции Балашов до станции Камышин.

■ До 1930 г. дистанция носила название «7 участок службы связи и электротехники».

К середине 30-х гг. эксплуатационная длина Балашовской дистанции сигнализации и связи увеличилась с 269 до 382 км, штат работников составлял 50 человек. В новом административном здании была смонтирована телефонная станция на 320 номеров и междугородная станция, установлен двухкратный симплексный телеграфный аппарат Бодо (для связи с Саратовом) и семь аппаратов Морзе.

В эти годы была сдана в эксплуатацию механическая централизация с 52 стрелками и 27 постоянными сигналами, а также смонтирована полуавтоматическая блокировка на участках Хопёр – Балашов – Пост 211 км – Пост 463 км. Малогабаритные системы Трегера заменили жезловые аппараты Вебб-Томпсона.

Во время Великой Отечественной войны станция Балашов занимала важное стратегическое положение. При одной из авиационных бомбардировок была повреждена линия связи от станции Поворино до Сталинграда, вследствие чего связь с Москвой прекратилась. В кратчайшие сроки балашовские связисты Н. Найдёнов, М. Костров под руководством инспектора МПС Зарецкого организовали связь Бодо через Камышенское направление и, используя линию связи Волжского речного пароходства, сумели ор-

ганизовать бесперебойную связь между Москвой и Сталинградом. За это товарищ Зарецкий был представлен к наивысшей государственной награде – Орденом Ленина.

В 1942 г. Управление Юго-Восточной железной дороги эвакуировали на станцию Балашов. На долю дистанции выпала очень ответственная и тяжелая миссия по организации поезда специального формирования для фронта.

В 1958 г. Балашовская дистанция сигнализации и связи включена в состав Приволжской дороги, приняв на обслуживание участок от станции Хопёр до станции Ртищево. Эксплуатационная длина участка достигла 433 км.

1965 г. стал годом полной реконструкции предприятия. В связи с электрификацией участка Ртищево – Балашов – Поворино устройства СЦБ и связи были мо-

дернизированы, а также внедрены новые системы:

включена в действие новая частотно-кодовая автоблокировка с локомотивной сигнализацией и автоостопом протяженностью 200 км; воздушные линии связи заменены на кабельные линии с укладкой магистрального кабеля;

включена новая поездная радиосвязь;

сдана в эксплуатацию высокочастотная телефонная связь;

электрической централизацией оборудованы станции Балашов и Хопёр, в ЭЦ включены 119 стрелочных переводов;

на линейных станциях у ДСП установлены коммутаторы КСС-19, это дало возможность дежурным по станции вести переговоры с любыми пунктами перегона и станциями, а также с промежуточными станциями и диспетчерами;

автоматической сигнализацией оборудованы 26 железнодорожных переездов;

станции Балашов и Хопёр оборудованы двухсторонней парковой радиосвязью и маневровой радиосвязью.

В период с 1967 по 1969 гг. коллектив дистанции своими силами выполнил громадную работу по строительству ЭЦ – 116 стрелок на всех станциях от Ртищево до Поворино, тем самым была увеличена пропускная способность с 80 до 120 и более пар поездов в сутки. По итогам работы за 1969 г. Балашовской дистанции присуж-



Слева направо: электромеханики Д.А. Бакланов, С.Ф. Тамахин и главный инженер дистанции В.И. Христенко во время пусконаладочных работ на станции Родничок, 1990-е гг.

дено Красное Знамя управления Приволжской дороги.

С начала 1970-х гг. на Балашовском узле широко внедряется хозяйственный способ строительства жилых домов для железнодорожников, в том числе и их собственными силами. Практически ежегодно идет массовая модернизация технической части средств связи и аппаратуры.

В 2015 г. в ходе капитального ремонта устройств автоблокировки на перегоне Кардаил – Путевой Пост 391 км были заменены релейные шкафы, а проходные и предупредительные светофоры оборудованы светодиодными светооптическими системами.

Предприятие переживало неоднократные преобразования. Одно из последних – передача РТУ Балашовского и Поворинского узлов в состав Грязинской дистанции СЦБ с ремонтным профилем деятельности. В зону обслуживания Балашовской дистанции при этом вошел участок Поворино – Борисоглебск – Жердевка.

Сегодня протяженность дистанции составляет более 446 км, оснащенность – 158 техн. ед., оборудованных автоблокировкой. В электрическую централизацию включены 634 стрелки. В зоне ее обслуживания находятся 28 станций и 63 переезда.

В текущем году для повышения безопасности движения поездов и надежности устройств ЖАТ силами работников выполнен ряд работ:

- выведена из эксплуатации аппаратура ЖАТ с истекшим назначенным сроком службы;

- заменены реле ИМВШ и ИВГ на ИВГ-Ц на перегонах;

- заменены трансформаторы в путевых ящиках ТРЦ типа ПОБС-2 на



В.И. Христенко и Е.Н. Забурскова

- герметизированные типа ПОБС-2Г; установлен модернизированный узел сочленения релейный блок-став в маршрутах по главным путям станций;

- заменены наземные соединительные кабельные муфты на подземные;

- установлены сигнализаторы заземления (СЗИЦ-Д, ИСИ, АК-СИ-КЛ);

- заменены рельсовые цепи с применением выравнивателей УЗП1-500;

- заменены стрелочные электроприводы на новые и отремонтированные;

- заменены дроссель-трансформаторы, расположенные в зоне I и на участках неблагоприятного профиля пути на перегоне и главных путях станции (ДТ-150 и 2ДТ-300 на ДТ-1МГ1-300, 2ДТ-1МГ1-300, Д1-МГ1-450);

- заменены линзовые светофорные головки переездных светофоров на светодиодные и светофоры в целом;

- реализованы технические решения по демонтажу релейных шкафов входных сигналов.

За техническими достижениями и высокими производственными показателями всегда стоят люди – главное достояние каждого предприятия. На данный момент в дистанции работают 103 человека с высшим и средним профессиональным образованием.

С 2002 г. дистанцию возглавляет В.И. Христенко. Как руководитель, он опирается на три кита: инженерную этику, уважение к людям, а также традиции и историю железнодорожного транспорта. Его основное правило: за каждым решением всегда стоит безопасность, а не сиюминутная выгода. Он поддерживает в коллективе железную дисциплину без самодурства и бережное отношение к квалифицированным кадрам. При этом Владимир Иванович призывает своих коллег опираться на многолетний опыт ветеранов и вдохновляет коллектив трудиться честно и ответственно.

В дистанции 15 руководителей среднего звена. Это профессионалы своего дела и опытные работники хозяйства автоматики и телемеханики. Своим ежедневным трудом они обеспечивают безаварийную и надежную работу устройств ЖАТ.

Старший электромеханик А.И. Щемелев 36 лет работает в дистанции. 23 года из них Александр Иванович руководит бригадой по обслуживанию устройств ЭЦ станции Балашов-пассажирский. Он – опытный наставник, участник и победитель конкурсов профессионального мастерства.

Стоит отметить, что на протяжении всей своей истории дистанция являлась «кузницей» управленческого кадрового резерва. Ее бывшие начальники М.И. Калтел-



Старший электромеханик С.А. Кочарян в процессе пусконаладочных работ на путевом посту Ольшанка



Во время технических мероприятий на станции Андреевка



Работники цеха СЦБ-2



Профориентационная экскурсия для школьников

кин и А.В. Апаров впоследствии входили в руководящий состав Юго-Западной дороги и Главного управления сигнализации и связи соответственно.

Бывший заместитель начальника дистанции А.В. Фролкин позже стал начальником службы сигнализации и связи Юго-Восточной дороги.

Заместитель начальника дистанции А.Г. Бакланов был первым заместителем начальника службы автоматики, телемеханики и связи Юго-Восточной дороги.

Дистанция и сегодня продолжает растить высокопрофессиональные кадры. В.В. Балакирев, трудовая деятельность которого начиналась в дистанции, в настоящее время возглавляет службу автоматики и телемеханики Юго-Восточной ДИ.

Заместитель начальника дистанции С.В. Книгин переведен на должность начальника Грязинской дистанции СЦБ Юго-Восточной ДИ.

Работники дистанции постоянно повышают свою квалификацию во время проведения технической учебы, при изучении обучающих курсов в системе СДО, во время посещения учебных центров профессиональных квалификаций.

Большое внимание на предприятии уделяется рационализаторской деятельности. Работниками внедрено немало предложений, имеющих значительный экономический и технологический эффекты в обслуживании устройств СЦБ. Среди них можно отметить:

модернизацию схемы включения световой индикации щитка управления переездом типа ЩПС-УЗП для охраняемых переездов, расположенных на двухпутных перегонах (автор – Н.И. Ансимов);

изменение схемы дешифрации рельсовых цепей участков удаления станций путем замены схемы включения дешифраторных ячеек типа ДЯ-ЗБ (с блоком ДБ) на схему включения блоков типа БС-ДА, БК-ДА, изменение схемы кодирования маршрутов отправления станции Балашов-Пассажирский (авторы – Н.И. Ансимов, А.И. Щемелев);

изготовление стеллажа для размещения инструментов, СИЗ, АВЗ в модульных помещениях-кладовых (авторы – А.В. Бадиков, А.А. Шачнев);

замена ламп накаливания выносного табло ДСП станции Поворино типа КМ24 на светодиодные лампы (автор – М.Ю. Решетников).

Среди бригад наибольшую активность в рационализаторской деятельности проявляет цех № 23 (бригада по обслуживанию устройств СЦБ Грибановка – 667 км – Борисоглебск – 686 км) под руководством старшего электро-механика С.В. Неумывакина, который не раз удостоивался почетного звания «Инженер года». Ему же принадлежат рацпредложения «Восстановление работоспособности дизель-генераторного аппарата ДГА типа 1Э-8Р» и «Изготовление теплообменника для ДГА типа 1Э-8Р».

На протяжении многих лет одним из лучших рационализаторов на дороге был старший электромеханик В.М. Салазников – обладатель звания «Лучший рационализатор железнодорожного транспорта».

Многие члены коллектива отмечены отраслевыми и дорожными наградами. Среди них Почетные железнодорожники В.И. Христенко, А.Я. Агапов, А.А. Домнышев, Ф.А. Радченко, Д.Н. Хлебников.

Электромеханик А.А. Лапин предотвратил серьезную угрозу безопасности движения поездов на станции Кардаил. Приказом начальника Юго-Восточной дороги он награжден знаком «За безопасность движения».

Есть у предприятия и свои трудовые династии. Среди них: семьи В.С. Попова, Н.М. Найдёнова, М.С. Зильбермана, А.А. Домнышева. Общий трудовой стаж каждой семьи составляет более 100 лет.

Дружный и трудолюбивый коллектив дистанции, опираясь на опыт и достижения предшествующих поколений, с оптимизмом и решимостью смотрит вперед. А главное, что есть у каждого его члена – это самоотдача любимому делу, высокая работоспособность и преданность своей профессии!



Коллектив дистанции



СОБОЛЕВА
Жанна Владимировна,
ОАО «РЖД», Центральная станция
связи, Воронежская дирекция
связи, технический отдел,
начальник, г. Воронеж, Россия

ЛУЧШИЕ НА СЕТИ

Ремонтно-восстановительная бригада Воронежского регионального центра связи Воронежской дирекции связи под руководством старшего электромеханика И.А. Муртазина признана лучшей на сети по итогам работы за 2025 г. Бригада участка производства Поворинского узла обслуживает устройства связи и радиосвязи на участке протяженностью 210 км. В зоне ее ответственности находятся восемь станций.

■ В состав бригады входит семь человек. Многие годы ей руководил Анатолий Давыдович Муртазин, который воспитал себе достойную смену. Несколько лет назад коллектив возглавил его сын – Игорь Анатольевич. С ним во главе бригада продолжает отлично выполнять возложенные на нее задачи.

Среди трудовых достижений бригады нельзя не отметить выполнение монтажа и настройки диагностических комплексов МДК на станции Павловск-Воронежский Юго-Восточной дороги. При выполнении данных работ реализованы функции мониторинга состояния оборудования и кабельных сетей, обеспечивающих надежность устройств электросвязи и безопасность движения на участке, где осуществляется погрузка и перевозка значительных объемов щебня.

Работники осуществили обустройство узлов связи на двух разъездах участка обслуживания с последующим переносом оборудования электросвязи. В транспортабельных модулях произведен монтаж устройств связи и радио, перевод нагрузки выполнен без перерыва связи и потери клиентских сервисов.

К юбилею Юго-Восточной дороги (160 лет) коллектив бригады завершил модернизацию сети оперативно-технологической связи на участках Бутурлиновка – Павловск и Бутурлиновка – Калач, в ходе которой выполнена замена устаревшего обо-

рудования СК-300 на современные цифровые коммутационные станции СМК-30 КС. Данное событие ознаменовало собой полный переход в организации оперативно-технологической связи на одноплатное оборудование отечественного производства на полигоне всей дороги. Это позволяет повысить надежность сети ОТС, в том числе с точки зрения обеспечения информационной безопасности.

Кроме того, работники бригады – активные рационализаторы. За последние несколько лет они внедрили 17 рационализаторских предложений с экономическим эффектом около 600 тыс. руб. Их проекты, в частности, связаны с защитой от несанкционированного доступа к мачтам радиосвязи и повышением скорости выполнения монтажных работ.

Говоря об организации работы, И.А. Муртазин отмечает, что все члены бригады имеют свой участок обслуживания, а при необходимости выполнения важных и объемных задач весь коллектив, как один, берется за дело: «Ф.В. Зозулин, Н.П. Скворцов, С.С. Холошин, Ю.В. Лепехин, А.Д. Муртазин и В.А. Муртазина – это те люди, на которых можно положиться, они своим профессионализмом доказывают мушкетерский принцип «один за всех и все за одного».

По мнению работников, сплоченность и взаимовыручка вкупе с точностью постановки задач непосредственным руководителем помогают бригаде добиваться высоких результатов.

Увлечения в свободное от работы время у членов коллектива довольно разнообразные. Н.П. Скворцов, С.С. Холошин и И.А. Муртазин предпочитают рыбалку, В.А. Муртазина увлекается садоводством, Ю.В. Лепехин – радиолюбитель, а Ф.В. Зозулин изготавливает модели парусных кораблей по старинным чертежам. Хобби позволяют им перезагрузиться и дают вдохновение и силы для новых трудовых достижений.

«Самое главное в нашей работе – это позитивный настрой, ответственность, взаимопонимание и уважение, сохранение традиций и никогда не останавливаться на достигнутом!», – подчеркивает руководитель бригады.



Бригада И.А. Муртазина

НОВОСТИ

КИТАЙ

■ В Китае введены в эксплуатацию высокоскоростные магистрали Ухань – Ичан, Сиань – Яньань и Ханчжоу – Цюйчжоу, рассчитанные на скорость движения поездов 350 км/ч. Таким образом, общая протяженность национальной сети ВСМ превысила 50 тыс. км. По этому показателю железные дороги Китая уже достаточно давно превосходят остальные страны мира.

Магистраль Ухань – Ичан длиной 314 км с восемью станциями вошла в состав высокоскоростной железной дороги Шанхай – Чунцин – Чэнду. Время в пути между Уханем и Ичаном сократилось на 34 мин и теперь составляет 69 мин.

ВСМ Сиань – Яньань протяженностью 299 км с 10 станциями введена в эксплуатацию в провинции Шэньси. Поездка между этими городами занимает около 1 ч (ранее – примерно 2 ч 30 мин).

Открытие ВСМ Ханчжоу – Цюйчжоу позволило значительно сократить время в пути между этими городами провинции Чжэцзян. Протяженность новой магистрали с шестью станциями составляет около 131 км.

Источник: www.zdmira.com

АВСТРИЯ

■ Австрийские компании InnoFreight и Voestalpine Tubulars представили контейнер для перевозки водорода. В нем возможно транспортировать баллоны с водородом, сжатым под давлением до 500 бар.

Один 40-футовый контейнер позволяет перевезти до 475 кг водорода в 48 баллонах диаметром 193,68 мм и длиной до 10,8 м, всего же на сдвоенной 80-футовой платформе в два яруса могут быть размещены четыре контейнера с 1900 кг водорода. Контейнеры H2Tainer допускают транспортировку железнодорожным (в два яруса) и автомобильным транспортом (в один ярус).



В оборудовании контейнера используются бесшовные трубы с особыми резьбовыми соединениями VAhyper. Модульное исполнение контейнера допускает замену отдельных труб и их неразрушающую диагностику, что позволяет увеличить срок службы контейнера за пределы 20 лет.

Источник: www.innofreight.com

КАЗАХСТАН

■ Дирекция магистральной сети – филиал железных дорог Казахстана (ҚТЖ) – открыла Проектно-конструкторское бюро инфраструктуры (ПКБ), которое объединяет проектировщиков, инженеров, аналитиков и технологов.

ПКБ будет выполнять весь комплекс работ по проектированию, сопровождению строительства и реализации инфраструктурных проектов, а также проводить научно-исследовательскую и конструкторскую деятельность.

Здесь будут разрабатываться проектные решения, проводиться обследования объектов, выполняться инженерные расчеты и создаваться инновационные технические решения для инфраструктуры.

Источник: www.railways.kz

ABSTRACTS

On improving surge protection for video surveillance, quantum networks, and communications

ALEXANDER V. KOSTYUKOV, Rostov State Transport University, Department of «Power Engineering and Electromechanics of Transport», Head of the Department, Associate Professor, Doctor of Technical Sciences, Rostov on Don, Russia

NIKOLAI V. OZHIGANOV, JSC «RZD», North Caucasus Directorate for Energy Supply, Road Electrical Engineering Laboratory, Leading Engineer, Rostov on Don, Russia, 79185036934@yandex.ru

MIKHAIL M. SOLYULYOV, JSC «Khakel», Division for working with industry customers, railway industry, chief specialist, Saint Petersburg, Russia, SolyulevMM@hakel.ru

Keywords: low voltage lines, input distribution devices, power supply cabinets, surge overvoltage, noise immunity, video surveillance systems, non traction consumers

Abstract. The article examines the main causes of damage to video surveillance systems on railway networks. It has been established that the majority of failures are due to the lack of protection against surge overvoltages, as well as adverse weather and atmospheric phenomena, in low voltage input and distribution devices. When designing input and distribution cabinets to supply automation devices, video surveillance systems, and quantum networks from high voltage railway lines, the specifics of the operation of power supply systems for electric railways are not taken into account. In addition, attention should be paid to the layout of the electrical equipment. To address this problem, it is proposed to use a two stage surge protection scheme with high frequency interference filters, as well as to revise the regulatory framework in accordance with the safety and reliability requirements for the operation and maintenance of power supply devices for non traction consumers.

Risk-based assessment of lightning hazard for harvester devices

ALEXANDR D. SOLOVYOV, St. Petersburg State University of Railway Transport Emperor Alexander I, Department of Automation and Telemechanics on Railways, Postgraduate student, Saint Petersburg, Russia, Solovyov.01@mail.ru, SPIN-код: 9131-3419

Keywords: lightning hazard, lightning overvoltages, railway automation and remote control, lightning protection

Abstract. The paper addresses the problem of assessing lightning hazard for railway automation and remote control devices. It is shown that the use of absolute indicators only – such as the number of thunderstorm days, failures, damaged devices and damaged surge protection devices – does not fully determine the actual vulnerability of railway infrastructure facilities. For a more objective assessment, a risk-oriented approach is proposed, based on the joint consideration of failure frequency and severity of consequences. The relative lightning hazard coefficient, the relative failure hazard coefficient, the integral lightning risk indicator, as well as additional indicators characterizing the load on surge protection devices and residual equipment damage, are introduced. A classification matrix for railway automation and remote control facilities according to their level of lightning vulnerability is proposed. The developed approach can be used to rank railway signalling divisions, stations and track sections according to the severity of lightning effects, as well as to justify an individual selection of lightning protection measures.

Reducing the restoration time of railway automation and telecontrol devices using augmented reality

MAKSIM V. BASHARKIN, Volga State Transport University (VSTU), Associate professor of the department «Automation, telemechanics and communication on railway transport», PhD in Engineering, Samara, Russia, m.basharkin@samgups.ru, SPIN-код: 4524-6426



ALEVTINA G. ISAICHEVA, Volga State Transport University (VSTU), Associate professor of the department «Automation, telemechanics and communication on railway transport», PhD in Engineering, Samara, Russia, isaycheva@samgups.ru, SPIN-код: 9587-2547

EVGENIA A. KHOZYAINOVA, Volga State Transport University (VSTU), lead specialist, Samara, Russia, ev.khozyainova16@mail.ru

Keywords: railway automation and telecontrol devices, failure, restoration of equipment functionality, AR, augmented reality, decision support system

Abstract. This article examines an approach to reducing the downtime of railway automation and telemechanics (RAT) devices through the use of a decision support system. To provide operational personnel with context-sensitive prompts, the article proposes using augmented reality technology, which allows for the display of a sequence of diagnostic operations and recommendations for further actions. Implementing the proposed approach will reduce the time required to locate and resolve failures, lower the probability of errors, and improve the quality of maintenance for RAT devices.

Drone control channels based on MESH technologies and 5G NTN hybrid networks

ANTON A. ANTONOV, Russian University of Transport (MIIT), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Automation, Telemechanics and Communications in Railway Transport, Moscow, Russia, ant-a-antonov@yandex.ru

LYUBOV M. ZHURAVLEVA, Russian University of Transport (MIIT), Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automation, Telemechanics and Communications in Railway Transport, Moscow, Russia, zlubov@mail.ru

VLADISLAV S. KUZMIN, Russian University of Transport (MIIT), Department of Automation, Telemechanics and Communications in Railway Transport, Associate Professor, PhD in Engineering, Moscow, Russia, vs.kuzmin@bk.ru, SPIN-код: 6104-1809

ALEXANDER Y. STRETY, Russian University of Transport (MIIT), Department of Automation, Telemechanics and Communications in Railway Transport, PhD student, Moscow, Russia, strety00@mail.ru

Keywords: unmanned objects, control channels, monitoring, MESH network, 5G NTN technology

Abstract. The use of unmanned objects to create monitoring systems for areas remote from the control center requires solving the issues of organizing reliable communication for data exchange between the source of information and the operator. The main issues are ensuring the necessary survivability and range of channels in the presence of radio interference. This task is especially relevant when using a swarm of UAVs, which must be coordinated with each other. This task can be solved using MESH technology. The advantage of MESH technology is the principle of relaying information from one node to another. This allows for the expansion of the monitoring area by adding additional UAVs, and also increases the network's survivability in the event of a physical loss of an UAV or communication disruption between nodes due to interference. An effective way to combat intentional interference is to use a pseudo-random method of changing the carrier frequencies in the MESH network. To improve the availability of channels, it is necessary to calculate the optimal ratio between the number of nodes (UAVs) and the number of carriers used in the MESH network. The maximum allowable distance between the nodes of the MESH network is also an important consideration. This can be achieved by determining the optimal density of UAVs in the monitoring area. Hybrid 5G NTN networks, which combine the principles of cellular and satellite communication, can provide the maximum distance between the MESH network and the monitoring control center. The use of modern MESH technologies and hybrid 5G NTN networks to organize UAV control channels in remote monitoring systems will allow for the coverage of the Arctic zones and territories of the Far East.

Tasks and prospects of robotization in russian railways

ALEXANDR V. ZASHIGALKIN, «Transport Science», Director of the Association, Doctor of Economics, Moscow, Russia, zashigalkin@mail.ru, ORCID: 0009-0002-1953-4101

KIRILL O. VECHEROV, «Transport Science», Technical Director of the Association, Moscow, Russia, vecherov_k@mail.ru, ORCID: 0009-0001-4349-9505

ANDREY L. OKHOTNIKOV, Russian University of Transport (MIIT), Deputy Director of Center, Federal State Institution of Higher Education, Moscow, Russia, ohotspb@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2863-5863

Keywords: robots, cobots, biomorphic robots, robotic complex, unmanned aircraft system, cyberphysical system

Abstract. The article examines the current trends, trends, advantages and prospects of introducing robotic systems into the operational activities of Russian Railways. The beginning of the study of this area is connected with the formation of the "Concept for the development and implementation of robotic systems and devices on the infrastructure of Russian Railways until 2035 (with a forecast until 2050)." Attention is paid to the analysis of current projects aimed at automating routine processes. The impact of the introduction of robots on the efficiency and safety of railway transport operation is described. Successful examples of robotization on the railway in the world are given. Application options for biomorphic four-legged robots and unmanned aircraft systems are described. The main prospects for the introduction of robotic complexes and cobots in the coming years are indicated.

Главный редактор: Филюшкина Т.А.

Редакционная коллегия:

Аношкин В.В.; Безродный Б.Ф., д-р техн. наук;
Воронин В.А.; Вохмянин В.Э.; Долгий А.И., канд. техн. наук;
Кайнов В.М., канд. техн. наук; Канаев А.К., д-р техн. наук;
Кобзев С.А.; Назимова С.А.; Насонов Г.Ф.;
Никитин А.Б., д-р техн. наук; Орехов Э.Г.; Перотина Г.А.;
Розенберг Е.Н., д-р техн. наук;
Розенберг И.Н., д-р техн. наук; Семион К.В.; Сиделев П.С.;
Танаев В.Ф.; Трясов М.С., канд. техн. наук;
Хромушкин К.Д., канд. техн. наук; Чаркин Е.И.

Редакционный совет:

Балакирев В.В.; Бубнов В.Ю.;
Гершвальд А.С., д-р техн. наук; Гоман Е.А.;
Горбунов А.Е., канд. техн. наук;
Горелик А.В., д-р техн. наук; Ефанов Д.В., д-р техн. наук;
Журавлёва Л.М., д-р техн. наук; Лисин С.Ю.; Петренко Ф.В.;
Петров А.И.; Поменков Д.М., канд. техн. наук;
Сансызбаев М.А.; Сергеечев Н.А.; Солдатенков Е.Г.;
Талалаев В.И., канд. техн. наук; Ушакова А.С.;
Черномазов А.В.; Шабельников А.Н., д-р техн. наук;
Шаманов В.И., д-р техн. наук;
Шубинский И.Б., д-р техн. наук

Журнал включен в базы данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) и Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science, а также в актуальную версию Единого государственного перечня научных изданий – «Белый список»

Решением Президиума ВАК Минобрнауки России от 27 января 2016 г. журнал «Автоматика, связь, информатика» включен в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий

Использование и любое воспроизведение на страницах интернет-сайтов, печатных изданий материалов, опубликованных в журнале, разрешается только с письменного согласия редакции

Мнение редакции может не совпадать с точкой зрения авторов

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-21833 от 07.09.05

Адрес редакции: 107174, Москва, ул. Новая Басманная, д. 4–6, стр. 2

E-mail: asi-rzd@mail.ru, www.asi-journal-rzd.ru

Телефоны: +7 (985) 774-07-31; +7 (499) 262-16-44; +7 (499) 262-54-29.

Подписано в печать 31.08.2026. Формат 60x88 1/8. Усл. печ. л. 6,84. Усл. кр.-отт. 8,00. Уч.-изд. л. 10,1. Зак. 26185

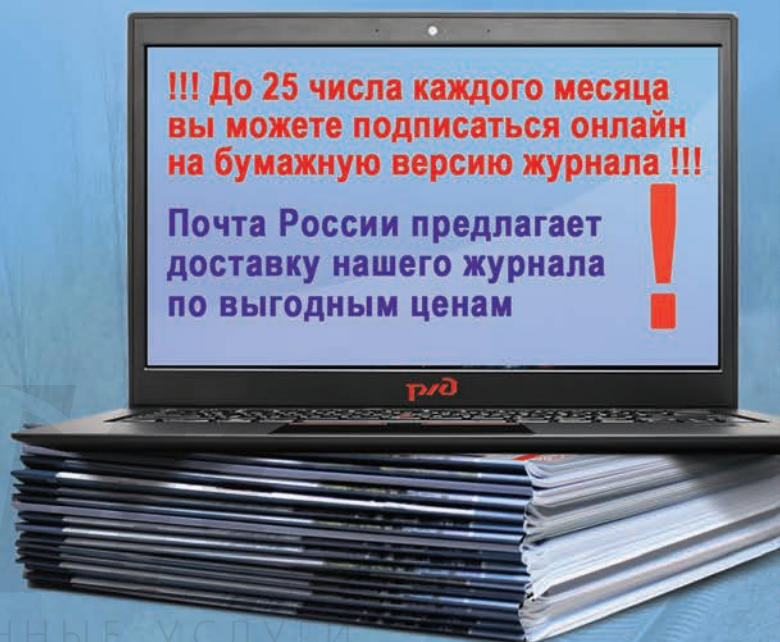
Отпечатано в типографии ЗАО «Алгоритм+» 420044, г. Казань, пр. Ямашева, д. 36

© Москва «Автоматика, связь, информатика», 2026

ЖУРНАЛ «АСИ» приглашает к сотрудничеству!

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Журнал «Автоматика, связь, информатика» более 100 лет является единственным источником полезной информации в области железнодорожной автоматики, телемеханики, связи, вычислительной техники, информатизации транспорта.



Свидетельством его высокого научно-технического уровня является то, что он входит в перечень ведущих периодических изданий, публикация в которых учитывается при защите докторской и кандидатской диссертаций Высшей аттестационной комиссией (ВАК) Министерства образования и науки РФ, а также в базу данных «Russian Science Citation Index» (RSCI), доступ к которой осуществляется через платформу Web of Science. Журнал включен в актуальную версию Единого государственного перечня научных изданий – «Белый список»

Адрес редакции:
107174, Москва,
ул. Новая Басманная,
д. 4-6, стр. 2

Телефоны:
+7 (985) 774-07-31
+7 (499) 262-16-44
+7 (499) 262-54-29



Для оформления онлайн-подписки достаточно перейти по ссылке <https://podpiska.pochta.ru/press/П5063>, заполнить заявку на получение журнала на домашний адрес, до востребования или через почтовый ящик и оплатить ее

Оформить онлайн-подписку также можно через наш сайт www.asi-journal-rzd.ru в разделе «Подписка»



Электронную версию отдельных статей журнала можно приобрести на сайте Научной электронной библиотеки http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7655

Оформить подписку на электронную версию журнала можно на сайте ООО «Агентство «Книга-Сервис» http://akc.ru/itm/avtomatika-svy_az-informatika/



Рекламно-информационное сотрудничество — эффективная поддержка в продвижении вашего бизнеса



Наши отраслевые журналы ориентированы на широкий круг читателей — от руководителей и специалистов до студентов и учащихся железнодорожных учебных заведений.

- Журнал «Железнодорожный транспорт» издается с 1826 г.
- Журнал «Путь и путевое хозяйство» издается с января 1957 г.
- Журнал «Локомотив» издается с 1957 г.
- Журнал «Вагоны и вагонное хозяйство» издается с 2005 г.
- Журнал «Железные дороги мира» издается с 1961 г.
- Журнал «Автоматика, связь, информатика» издается с 1923 г.

Нас читают во всех регионах России, в десятках стран ближнего и дальнего зарубежья, на предприятиях магистрального и промышленного железнодорожного транспорта.

Наше сотрудничество будет полезным для налаживания взаимовыгодных контактов, деловых партнерских отношений.

**По вопросам размещения рекламы
обращаться в ЦНТИБ ОАО «РЖД»**

Телефон: (499) 262-54-29

E-mail: berezinazhv@center.rzd.ru

Почтовый адрес: 107078, г. Москва, Новая Басманная, д. 4–6, стр. 2

