

**АВТОМАТИКА  
СВЯЗЬ  
ИНФОРМАТИКА**

**АСИ**

ЖУРНАЛ ИЗДАЁТСЯ С 1923 ГОДА

**В НОМЕРЕ:**

**20 ЛЕТ СОЕДИНЯЯ  
ТРАДИЦИИ  
И ИННОВАЦИИ**

**стр. 4**

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ  
ТЕХНОЛОГИИ OTN  
НА СЕТИ СВЯЗИ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**стр. 15**



**РЖД**

**4 (2025) АПРЕЛЬ**

Ежемесячный научно-теоретический  
и производственно-технический журнал  
ОАО «Российские железные дороги»



# НАГРАДЫ РЖД

■ ОАО «РЖД» стало лауреатом национальной премии «Лидеры ответственного бизнеса – 2024». Церемония награждения прошла на Съезде Российского союза промышленников и предпринимателей.

Среди достижений компании было отмечено несколько значимых проектов:



кадров для экономики, внедрению социальных инноваций и обеспечивают технологический суверенитет».

Эксперты отметили вклад ОАО «РЖД» в реализацию нацпроекта «Образование». Реализованы две инициативы: *система непрерывного обучения и развития молодежи*. Она включает взаимодействие компании с учебными



«План мероприятий по проведению в 2023 г. в ОАО «РЖД» *Года здоровья*». Это программа, направленная на укрепление здоровья сотрудников и популяризацию здорового образа жизни, в рамках которой в 2023 г. было проведено более 11,8 тыс. мероприятий, охвативших около 7,3 млн человек;

«*Стратегия научно-технологического развития холдинга РЖД до 2025 г. и на перспективу до 2030 г.*». Она включает развитие ВСМ Москва – Санкт-Петербург, создание сети квантовой связи, развитие Центрального железнодорожного узла и многое другое;

«*Программа развития человеческого капитала до 2025 г.*». Программа направлена на обеспечение компании квалифицированными и мотивированными работниками. Она охватывает около 4 млн человек, включая сотрудников, их семьи и ветеранов, обеспечивая доступ к социальной инфраструктуре (детские сады, школы и поликлиники);

«*Мероприятия по соблюдению Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях в ОАО «РЖД» 2020–2028 гг.*». Компания первой в стране реализует комплекс мероприятий по обезвреживанию опасных отходов, включая более 270 т отработанных конденсаторов с трихлорбифенилом, на специализированном полигоне в Саратовской области.

■ ОАО «РЖД» во второй раз удостоено премии «Наш вклад». Это первая российская премия, которая оценивает участие бизнеса и некоммерческих организаций в достижении национальных целей и реализации задач национальных проектов.

В конкурсном отборе приняли участие компании, занимающиеся проектами в области устойчивого развития, благотворительности, а также социального маркетинга. Организаторы получили 759 заявок со всей страны. Однако экспертный отбор прошли 550 проектов, представленных 252 организациями.

Как отметил на церемонии награждения заместитель председателя Правительства РФ А.В. Новак: «Мы видим растущий интерес к социальным инициативам. Финалисты премии активно помогают развитию регионов, созданию инфраструктуры, подготовке квалифицированных

заверениями, реализацию профориентационных мероприятий для потенциальных работников и активности для действующих молодых специалистов;

*проект «Профессионалитет»*. При поддержке ОАО «РЖД» в отраслевых учреждениях среднего профессионального образования создаются образовательно-производственные кластеры для практико-ориентированного обучения будущих железнодорожников.

Также наградой была отмечена Западно-Сибирская дорога. Магистраль реализует проекты в сфере волонтерства («Семь граней души» и «С добром по пути»), а также проводит «Уроки о важном». Они посвящены патриотическому воспитанию и обучению безопасному поведению на железной дороге.



ОАО «РЖД» и Западно-Сибирская дорога вошли в топ-10 лучших компаний и получили статус «Партнер национальных проектов России».

Стоит отметить, что в прошлом году ОАО «РЖД» было удостоено премии «Наш вклад» за реализацию инициатив, предусмотренных нацпроектами «Жилье и городская среда», «Здравоохранение» и «Образование». Кроме того, за вклад в реализацию нацпроектов «Демография» и «Экология» награжден БФ «Почет».

НАУМОВА Д.В.

**Новая техника и технология**

Новиков А.В., Канухин К.А., Кобзев В.А., Лазарев Д.С.  
Актуализация инструкции по технической эксплуатации устройств и систем СЦБ сортировочных горок ..... 2

**20 ЛЕТ СОЕДИНЯЯ  
ТРАДИЦИИ  
И ИННОВАЦИИ**

**СТР. 4**



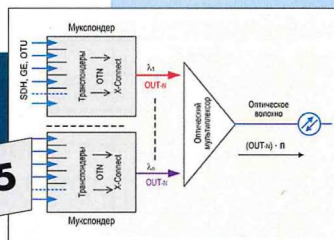
Кузьмин В.С., Стряпкин Л.И., Кильганов И.Е.  
Анализ условий возникновения опасных отказов рельсовых цепей в режиме АЛС ..... 6

**Телекоммуникации**

Шурдак А.В., Урусов Р.В., Чесноков А.Д., Ермаков А.О.  
Математическое моделирование радиоканала DMR для ВСМ ..... 11

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ  
ТЕХНОЛОГИИ OTN НА СЕТИ СВЯЗИ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**СТР. 15**



Шмытинский В.В., Глушко В.П.

Немцов Ю.В.  
Комплекс для мониторинга и тестирования сетей подвижной радиосвязи ..... 18

**Бережливое производство**

Сиделев П.С., Акопян И.А.  
Стремиться к эталону, тиражируя лучшее ..... 22

Подворный П.В., Вавкин К.Ю.  
Оптимизация производственных процессов и уход от потерь ... 24

**Суждения, мнения**

Ожиганов Н.В., Попов А.А.  
Совершенствование токовых защит электропитания постов ЭЦ ..... 26

**Информационные технологии**

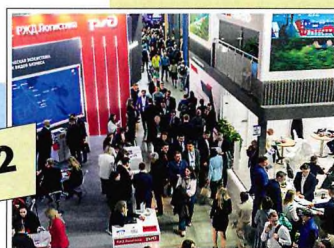
Запольская Е.В.  
Выбор методов для предиктивной аналитики технического состояния электропоезда ..... 29

**Информация**

В мире цифровых технологий ..... 31

**СТРЕМЛЕНИЕ  
К «БЕСШОВНОМУ»  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ**

**СТР. 32**



Наумова Д.В.

Идея ОАО «РЖД» ..... 34

**Подготовка кадров**

Апенько С.Н., Давыдов А.И., Елизаров Д.А., Лукаш А.В.  
Модель компетенций специалиста в области информационной безопасности на транспорте ..... 35

**За рубежом**

Новости ..... 38

Наумова Д.В.  
Награды РЖД ..... 2 стр. обл.

Наумова Д.В.  
Изобретательская деятельность как путь к инновациям ..... 3 стр. обл.

На 1-й стр. обложки: фото предоставлено службой корпоративных коммуникаций Восточно-Сибирской дороги

**4 (2025)  
АПРЕЛЬ**

Ежемесячный научно-теоретический и производственно-технический журнал ОАО «Российские железные дороги»



ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1923 ГОДА

Журнал включен в базы данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) и Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science

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

© Москва «Автоматика, связь, информатика» 2025

**НОВИКОВ**

**Андрей Викторович,**  
ОАО «РЖД», Проектно-кон-  
структорское бюро по  
инфраструктуре, отделение  
автоматики и телемеханики,  
главный инженер отделения,  
Москва, Россия

**КАНУХИН**

**Кирилл Александрович,**  
ОАО «РЖД», Проектно-кон-  
структорское бюро по инфра-  
структуре, отдел горочных  
систем и оборудования,  
начальник отдела, Москва,  
Россия

**КОБЗЕВ**

**Валерий Анатольевич,**  
ОАО «РЖД», Проектно-кон-  
структорское бюро по инфра-  
структуре, отдел горочных  
систем и оборудования, тех-  
нолог, д-р техн. наук, Москва,  
Россия

**ЛАЗАРЕВ**

**Дмитрий Станиславович,**  
ОАО «РЖД», Проектно-кон-  
структорское бюро по инфра-  
структуре, отдел горочных  
систем и оборудования,  
технолог, Москва, Россия

УДК 656.212.5  
DOI: 10.62994/AT.2025.4.4.001

# АКТУАЛИЗАЦИЯ ИНСТРУКЦИИ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ СЦБ СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОК

**Ключевые слова:** инструкция, устройства и системы СЦБ сортировочных горок, техническая эксплуатация, качество функционирования и обслуживания, инновационные устройства, основные рабочие параметры, Цифровая железнодорожная станция

**Аннотация.** В статье дано описание внесенных изменений в Инструкцию по технической эксплуатации устройств и систем сигнализации, централизации и блокировки сортировочных горок. В обновленной редакции появились требования к качеству функционирования и обслуживания, сведения о параметрах и дополнениях к технической эксплуатации, об инновационных устройствах, внедряемых в рамках проекта «Цифровая железнодорожная станция». Кроме этого, раскрыта значимость внесенных изменений, даны рекомендации по практическому применению новой редакции Инструкции в структурных подразделениях Центральной дирекции инфраструктуры.

■ Устройства и системы СЦБ сортировочных горок, как известно, могут обеспечивать бесперебойное функционирование и безопасность роспуска составов только при поддержании исправного технического состояния и своевременном устранении нарушений их нормальной работы. Технические требования и меры по обеспечению необходимого качества функционирования устройств горочной механизации и автоматизации от включения их в эксплуатацию до реконструкции или замены содержатся в Инструкции по технической эксплуатации устройств и систем сигнализации, централизации и блокировки сортировочных горок.

В связи с постоянным совершенствованием технологии эксплуатации и обслуживания существующих устройств и вводом в эксплуатацию инновационных систем содержание упомянутой Инструкции должно периодически актуализироваться.

Очередная актуализация Инструкции выполнена в прошлом году специалистами Проектно-конструкторского бюро по инфраструктуре – филиала ОАО «РЖД». Теперь ее действие распространяется не только на механизированные и автоматизированные, но и на немеханизированные сортировочные горки малой мощности, в связи с чем в Инструкции дано следующее определение немеханизированных сортировочных горок: «немеханизированная сортировочная горка – сортировочная горка малой мощности, предназначенная для формирования, расформирования составов и накопления вагонов в сортировочном парке, регулирование скорости скатывания отцепов на которой осуществляется тормозными башмаками».

Инструкция также дополнена требованиями к нормативам обслуживания полуавтоматических башмаконакладывателей системы Пачеса, еще применяемых на тормозных участках некоторых сортировочных горок малой мощности для установки тормозных башмаков на рельс. Отмечено, что проверка технического состояния таких устройств должна производиться в соответствии с требованиями утвержденной эксплуатационной документации. Рекомендуемый перечень и величины проверяемых параметров их работы приведены в табл. 1.

Кроме этого, подлежат проверке:  
надежность крепления одного конца корпуса башмаконакладывателя к шпалам, другого – к опорной стойке;

надежность установки на рельс тормозных баш-

Таблица 1

Наименование проверяемого параметра	Величина
Расстояние по горизонтали от внутренней грани головки рельса до бортика башмака, мм	120 ±1
Расстояние по вертикали от уровня головки рельса до втулки накладывающего рычага, мм	60–70
Вертикальный износ рельса, мм, не более	5,0
Зазор между подошвой рельса и прокладкой, мм, не более	8,0
Угол наклона кассеты по отношению к рельсам (5 градусов в сторону направления движения отцепа), град, не более	5
Ширина шпальных ящиков, мм, не менее	400

Таблица 2

Обозначение команды управления	Положение замедлителя	Диапазон изменения давления для исполнения, МПа
P	расторможен	0
T 0,5	ступень 1	0,08 ±0,03
T 1	ступень 2	0,16 ±0,03
T 1,5	ступень 3	0,24 ±0,03
T 2	ступень 4	0,32 ±0,03
T 2,5	ступень 5	0,40 ±0,03
T 3	ступень 6	0,48 ±0,03
T 3,5	ступень 7	0,56 ±0,03
T 4	ступень 8	0,65 (и выше)

маков и безопасность пропуска локомотива по тормозным позициям;

состояние пути в зоне установки башмаконакладывателя.

В связи с тем, что на сортировочных горках кроме традиционных устройств в последнее время интенсивно внедряются инновационные устройства горочной механизации, Инструкция дополнена требованиями к рекомендуемым параметрам их работы. Так, для инновационного воздухопоборника с электронной управляющей аппаратурой типа ВУПЗ-А введен рекомендуемый диапазон изменения давления сжатого воздуха по ступеням торможения вагонного замедлителя (табл. 2).

Инструкция также дополнена сведениями об инновационных балочных заграждающих устройствах с дистанционным управлением. Они предназначены для установки в конце путей сортировочного парка с целью предупреждения несанкционированного выхода вагонов за пределы сортировочного парка или сортировочно-отправочных путей. Сведения о контролируемых в процессе эксплуатации рабочих параметрах таких устройств, внедряемых в рамках программы «Цифровая железнодорожная станция», приведены в табл. 3.

Инструкция дополнена расширенным перечнем блоков, аппаратуры и испытательного оборудования, применяемого на сортировочных горках, с указанием периодичности технического обслуживания. Особо отмечено, что техническое обслуживание и контроль параметров их работы должны производиться в порядке, предусмотренном в разделе «Техническое обслуживание» эксплуатационной документации или в другом технологическом документе, утверждаемом Управлением автоматики и телемеханики ЦДИ.

Несмотря на то, что техническое обслуживание и ремонт на месте эксплуатации устройств и систем СЦБ механизированных, автоматизированных и немеханизированных сортировочных горок выполняется, как правило, силами линейного штата, к отдельным видам работ по контролю их технического состояния и техническому обслуживанию в соответствии с актуализированной Инструкцией рекомендовано привлекать на договорной основе работников сервисных центров или специализированных организаций, а также заводов-изготовителей оборудования и разработчиков систем.

К таким работам относятся:

мониторинг и диагностирование систем, имеющих в своем составе аппаратно-программные комплексы;

Таблица 3

Наименование рабочего параметра	Нормативное значение
Удельная погашаемая энергетическая высота для вагона весом 90 т на 1 м длины тормозных шин, м.э.в., не менее	0,02
Усилие нажатия тормозных шин, тс (кН), не более	7,5 (73,55)
Усилие удержания, приходящееся на одну тележку вагона, тс (кН), не менее	3,5 (34,32)
Рабочая скорость входа вагона в заторможенное устройство при формировании состава, м/с, не более	1,4
Масса отцепя, останавливаемого устройством при рабочей скорости входа вагонов (1,4 м/с), т	450
Масса отцепя, удерживаемого устройством на уклоне 0,005, т	1000
Масса устройства полная, кг, не более	10000
Ширина колеи в пределах устройства, мм	1520 <sup>+8</sup> <sub>-4</sub>
Габаритные размеры, мм, не более	
общая длина	8500
длина по тормозным шинам	8000
ширина	4000
высота	500
Время срабатывания, с, не более	90
Возвышение над УГР в ЗП и ОП с учетом максимально возможного износа рельса, мм, не более	104
Размер между тормозной шиной и боковой гранью головки рельса:	
заторможенное положение, мм	25 ±1
отторможенное положение, мм, не менее	42
Тип ходового рельса в пределах устройства	P65
Радиус кривой, в которой можно устанавливать устройство, м, не менее	350

тестирование программного обеспечения и анализ работы аппаратно-программных комплексов;

корректировка и инсталляция прикладного программного обеспечения и баз данных аппаратно-программных комплексов;

техническое обслуживание и ремонт АРМ и аппаратно-программных средств;

проверка и настройка электронного оборудования;

техническое обслуживание устройств бесперебойного питания;

техническое обслуживание компрессоров, вагонных замедлителей;

техническое освидетельствование сосудов, работающих под давлением;

другие виды работ, согласованные Управлением автоматики и телемеханики ЦДИ.

С целью оптимизации производственных процессов технической эксплуатации устройств и систем СЦБ сортировочных горок актуализированная Инструкция по технической эксплуатации устройств и систем сигнализации, централизации и блокировки сортировочных горок утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 10 декабря 2024 г. № 3036/р и введена в действие с 1 января 2025 г. Начальникам дирекций инфраструктуры – структурных подразделений Центральной дирекции инфраструктуры предписано довести актуализированную Инструкцию до сведения причастных работников и организовать в установленном порядке ее изучение.

# 20 ЛЕТ СОЕДИНЯЯ ТРАДИЦИИ И ИННОВАЦИИ

АО «Объединенные электротехнические заводы» (АО «ЭЛТЕЗА») – ведущий производитель современных систем управления движением поездов и другой продукции железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) в России и СНГ. Компания была основана 8 апреля 2005 г. как дочернее предприятие ОАО «Российские железные дороги», а в настоящее время также входит в состав холдинга «Нацпроектстрой». Создание акционерного общества стало результатом объединения профильных заводов, ведущих свою историю с начала XX века, с целью повышения качества управления производственными процессами. За 20 лет компания достигла значительных результатов.

■ С момента основания АО «ЭЛТЕЗА» активно разрабатывает и внедряет цифровые системы управления движением поездов. В 2014 г., в рамках программы импортозамещения, началась работа над созданием первой отечественной микропроцессорной системы МПЦ-ЭЛ, оснащенной встроенной киберзащитой КСПК-ЭЛ, которая была введена в эксплуатацию на станции Избердей Юго-Восточной дороги. В настоящее время более 200 станций по всей стране находятся под ее управлением. Продукт получил свое развитие – в 2022 г. станция Пантелеево Северной дороги была оснащена микропроцессорной системой нового поколения МПЦ-ЭЛ-20.

Сегодня компания располагает мощной производственной базой, состоящей из шести производственных площадок – в Москве, Ельце, Армавире, Камышлове, Ленинградской области и Волгограде. Здесь трудятся свыше 3500

человек. Ассортимент продукции охватывает более 6 тыс. видов компонентов систем сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) и связи, формируя десятки высокотехнологичных решений для обеспечения безопасности и автоматизации управления железнодорожными дорогами.

АО «ЭЛТЕЗА» продолжает сохранять традиции столетних заводов. Благодаря централизации каждый завод-филиал смог обрести уникальную специализацию.

**Лосиноостровский электротехнический завод (ЛоЭТЗ, 1918 г.)** стал флагманом по производству микропроцессорных систем управления. Наличие полного цикла производства обеспечивает высокое качество готовой продукции. Завод ежегодно производит около 100 комплектов микропроцессорной централизации стрелок и светофоров МПЦ-ЭЛ, более 400 секций транспортабельных модулей, 7 тыс. тональных рельсовых цепей

блочного исполнения и 700 шкафов цифрового модуля контроля рельсовых цепей ЦМ КРЦ АР.

**Елецкий производственный комплекс – филиал Лосиноостровского электротехнического завода (ЕлПК, 1937 г.)** производит более 20 тыс. резисторов, 4 тыс. дроссель-трансформаторов, 3 тыс. комплектов аппаратуры связи и другой продукции, необходимой для эффективной работы железнодорожного транспорта.

**На Армавирском электромеханическом заводе (АЭМЗ, 1962 г.)** выпускается широкий ассортимент напольного оборудования. В год здесь производится свыше 4 тыс. стрелочных электроприводов, более 2 тыс. светофоров и указателей, а также шлагбаумы, башмаки колесосбрасывающие и другие изделия.

**На Волгоградском литейно-механическом заводе (ВЛМЗ, 1939 г.)** успешно освоено производство изделий из отечественных полимеров. В год



Изготовление печатных плат для рельсовых цепей



Сборка микропроцессорных систем



Станция Рижская, оснащенная МПЦ-ЭЛ

выпускается свыше 600 тыс. перемычек, 10 тыс. муфт, 18 тыс. путевых и кабельных ящиков и другой продукции.

**Камышловский электротехнический завод (КЭТЗ, 1960 г.)** является лидером в производстве релейной аппаратуры. Здесь ежегодно выпускается более 95 тыс. реле, 400 секций транспортных модулей, 1000 шкафов, стивы ЭЦ, блоки ЭЦ и другое оборудование.

**Северо-Западный производственный комплекс (СЗПК)** объединяет в себе опыт **Ленинградского электротехнического завода (1938 г.)** и **Гатчинских мастерских**. Производственные мощности позволяют выпускать ежегодно более 40 тыс. трансформаторов и реакторов, 10 тыс.

штепсельных и нештепсельных блоков, 4 тыс. дроссель-трансформаторов и дросселей и другое оборудование.

Кроме того, в АО «ЭЛТЕЗА» функционирует аккредитованный Испытательный центр железнодорожной автоматики и телемеханики (ИЦ ЖАТ), который охватывает более 750 методик испытаний на четырех площадках: двух в Армавире, одной в Камышловле и одной в Москве.

Продукция АО «ЭЛТЕЗА» используется на сети железных дорог России и СНГ. Она применяется при строительстве и реконструкции крупнейших федеральных и региональных объектов железнодорожного транспорта.

За свою многолетнюю историю компания реализовала десятки

инфраструктурных проектов, направленных на автоматизацию и безопасность железнодорожных перевозок. Среди них: модернизация Трансмонгольской, Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей, а также поставка оборудования для Ташкентского метрополитена, железных дорог Сербии, Московского транспортного узла, включая Московские центральные диаметры, метро и др. Поставки серийного оборудования на постоянной основе осуществляются в Азербайджан, Беларусь, Узбекистан, Казахстан, Киргизию, Монголию и Армению.

АО «ЭЛТЕЗА» является ярким примером того, как традиции и инновации могут эффективно сосуществовать и дополнять друг друга. Объединив ценные человеческие ресурсы с передовыми технологиями и наработками предыдущих поколений, этот научно-производственный центр не только сохраняет опыт, но и активно вносит вклад в развитие железнодорожной отрасли. Перспективы дальнейшего роста и модернизации компании обещают значительные достижения, что делает ее важным игроком на рынке и примером для других предприятий. Таким образом, АО «ЭЛТЕЗА» служит символом гармонии между прошлым и будущим, открывая новые горизонты для науки и производства.

*Подготовлено пресс-службой  
АО «ЭЛТЕЗА»*

[www.elteza.ru](http://www.elteza.ru)



**ИННОВАЦИЙ  
ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ  
И ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

**ЭЛТ ЭЗ**  
ОБЪЕДИНЕННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАВОДЫ

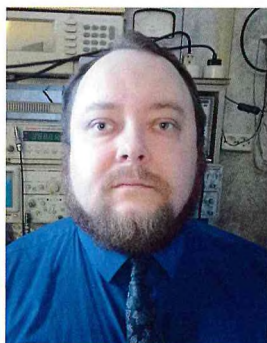


Реклама

# АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОПАСНЫХ ОТКАЗОВ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ В РЕЖИМЕ АЛС



**КУЗЬМИН**  
Владислав Сергеевич,  
Российский университет  
транспорта, кафедра  
«Автоматика, телемеханика  
и связь на железнодорожном  
транспорте», доцент, канд.  
техн. наук, Москва, Россия



**СТРЯПКИН**  
Леонид Игоревич,  
Российский университет  
транспорта, кафедра  
«Автоматика, телемеханика  
и связь на железнодорожном  
транспорте», старший  
преподаватель, Москва, Россия



**КИЛЬГАНОВ**  
Илья Евгеньевич,  
Российский университет  
транспорта, кафедра  
«Автоматика, телемеханика  
и связь на железнодорожном  
транспорте», студент,  
Москва, Россия

**Ключевые слова:** автоматическая локомотивная сигнализация, рельсовая цепь, локомотивный приемник, ложная свобода, опасный отказ, двойное шунтирование

**Аннотация.** Возникновение опасных отказов в низкочастотных, ограниченных изолирующими стыками рельсовых цепях большой эксплуатационной длины с локомотивным приемником представляет собой существенную угрозу безопасности движения поездов. Одной из причин их появления является протекание сигнального тока под приемными катушками единицы тягового подвижного состава, достаточного для срабатывания амплитудного детектора в составе бортовой аппаратуры при наличии перед ней в границах одной рельсовой линии переменного препятствия. Ранее с помощью метода направленных графов была получена схема замещения только для случая двойного шунтирования. При этом известные расчетные выражения не в полной мере учитывают влияние отраженных волн в рельсовой линии. В статье рассмотрены направленные графы для шунтового и контрольного режимов работы ограниченной рельсовой цепи с локомотивным приемником для определения значений коэффициентов передачи и поездных критериев по безопасности как для общего случая, так и при наихудших условиях. Приведены результаты моделирования условий возникновения опасных отказов для типовых схем низкочастотных ограниченных рельсовых цепей при наихудших условиях. Сформированы рекомендации по решению задач синтеза ограниченных рельсовых цепей с локомотивным приемником.

■ В большинстве эксплуатируемых в настоящее время систем интервального регулирования движения поездов для организации взаимодействия путевой инфраструктуры с основными устройствами безопасности используются канал «путь–локомотив» электрических рельсовых цепей. Особенностью такого канала является потенциальная возможность трансляции

приказа разрешения на движение (сигнала АЛС) к основному устройству безопасности при нахождении или возникновении перед ним в границах эксплуатационной длины той же рельсовой цепи переменного препятствия в виде излома одного рельса в одном месте или хотя бы одной колесной пары подвижного состава [1].



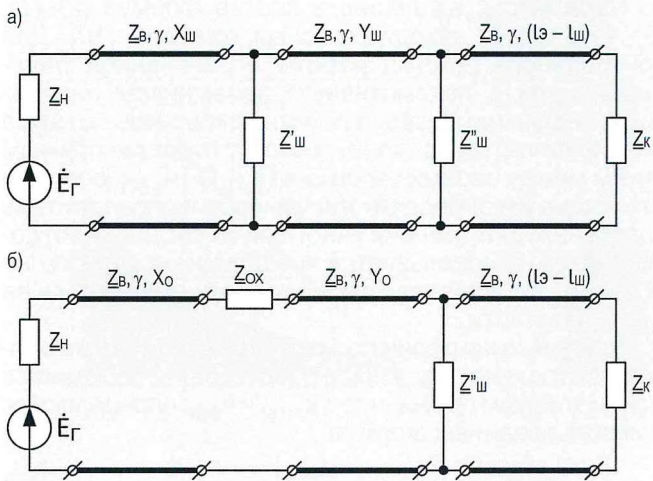


РИС. 1

Как указывается в ряде источников, ложная свобода рельсовых цепей с локомотивным приемником, вызванная эффектом двойного шунтирования, часто рассматривается в качестве одной из основных причин применения защитных блок-участков в системах интервального регулирования движения поездов. Это существенно снижает эксплуатационную эффективность последних [2]. Учитывая необходимость повышения эксплуатационной эффективности систем интервального регулирования движения поездов, а также влияние случаев возникновения двойного шунтирования на безопасность движения поездов, разрабатывались соответствующие технические и технологические решения [1, 3–5]. При этом теоретические работы, направленные на изучение условий возникновения ложной свободы рельсовых цепей с локомотивным приемником, а также формирование рекомендаций по использованию полученных результатов для повышения эксплуатационной эффективности перспективных систем интервального регулирования движения поездов, использующих ограниченные низкочастотные рельсовые цепи, встречаются достаточно редко [6, 7]. Недостатком

работы [6] является отсутствие результатов моделирования условий возникновения рассматриваемых опасных отказов на основе полученных расчетных выражений. В работе [7] приведен направленный граф только для случая двойного шунтирования. Кроме того, не приводятся расчетные выражения для определения значений поездных критериев по безопасности.

Таким образом, в качестве цели исследования выбрана разработка математического аппарата теории рельсовых цепей на базе метода направленных графов для определения условий возникновения опасных отказов в ограниченных низкочастотных рельсовых цепях с локомотивным приемником.

Теоретические сведения о применении метода направленных графов к решению задачи анализа рельсовых цепей изложены в работах [7–9]. С их учетом были разработаны схемы замещения для ограниченной рельсовой цепи с локомотивным приемником в шунтовом (а) и контрольном (б) режимах (рис. 1). На рисунках обозначено:

$E_r$  – ЭДС, наведенная на вторичной обмотке питающего элемента аппаратуры питающего конца рельсовой цепи;

$Z_H, Z_K$  – внутреннее сопротивление аппаратуры питающего и релейного концов рельсовой цепи соответственно;

$Z_B$  – волновое сопротивление линии;

$\gamma$  – коэффициент распространения волны в линии;

$X_ш$  – ордината места наложения первого поездного шунта, являющегося переменным препятствием, отсчитываемая относительно питающего конца рельсовой цепи;

$Y_ш$  – ордината места наложения поездного шунта, соответствующего рассматриваемому локомотивному приемнику, отсчитываемая относительно места наложения первого поездного шунта;

$X_0$  – ордината места обрыва рельсовой нити, отсчитываемая относительно питающего конца рельсовой цепи;

$Y_0$  – ордината места наложения поездного шунта, соответствующего рассматриваемому локомотивному приемнику, отсчитываемая относительно места наложения первого поездного шунта;

$l_э$  – эксплуатационная длина рассматриваемой рельсовой цепи;

$l_ш$  – ордината места наложения поездного шунта, соответствующего рассматриваемому локомотивному приемнику, отсчитываемая относительно питающего конца рельсовой цепи, для шунтового режима работы  $l_ш = X_ш + Y_ш$ , для контрольного режима работы  $l_ш = X_0 + Y_0$ ;

$Z'_ш$  – сопротивление первого поездного шунта, являющегося переменным препятствием;

$Z''_ш$  – сопротивление второго поездного шунта, соответствующего рассматриваемому локомотивному приемнику;

$Z_{ОХ}$  – эквивалентное сопротивление обрыва рельсовой нити.

Направленные графы для представленных схем замещения

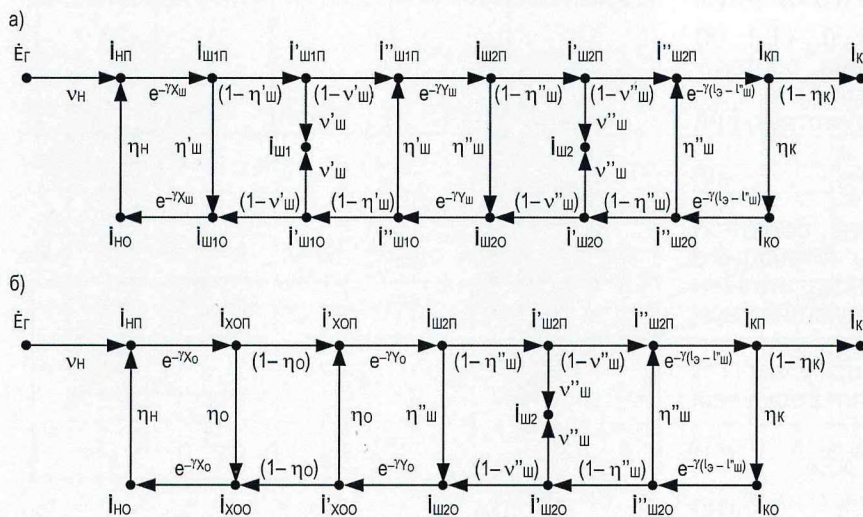


РИС. 2

в шунтовом (а) и контрольном (б) режимах представлены на рис. 2.

Величина силы тока  $I_{ПК2}$ , протекающего в рельсах под приемными катушками подвижного состава, для обоих направленных графов определяется с учетом формулы Мейсона по формуле:

$$I_{ПК2} = \frac{E_{Г}}{\Delta} \left[ \sum_{n=1}^N \dot{G}_n^{\Pi} \Delta_n^{\Pi} - \sum_{k=1}^K \dot{G}_k^{\circ} \Delta_k^{\circ} \right], \quad (1)$$

где  $\Delta$  – определитель графа;

$N$  – общее количество прямых путей между узлами направленного графа  $\dot{E}_{Г}$  и  $\dot{I}_{Ш2П}$  (для графов, приведенных на рис. 2, равно 1);

$\dot{G}_n^{\Pi}$  – коэффициент передачи, соответствующий  $n$ -му прямому пути между узлами  $\dot{E}_{Г}$  и  $\dot{I}_{Ш2П}$ ;

$\Delta_n^{\Pi}$  – определитель  $n$ -го минора графа;

$K$  – общее количество прямых путей между узлами направленного графа  $\dot{E}_{Г}$  и  $\dot{I}_{Ш2О}$  (для графов, приведенных на рис. 2, равно 2);

$\dot{G}_n^{\circ}$  – коэффициент передачи, соответствующий  $n$ -му прямому пути между узлами  $\dot{E}_{Г}$  и  $\dot{I}_{Ш2О}$ ;

$\Delta_k^{\circ}$  – определитель  $k$ -го минора графа.

В шунтовом режиме передаточные функции  $L_i$  для замкнутых контуров, соответствующих направленному графу, приведенному на рис. 2, а, могут быть определены с использованием формул:

$$L_1 = \eta_H \eta'_{Ш} e^{-2\gamma X_{Ш}}, \quad (2)$$

$$L_2 = \eta'_{Ш} \eta''_{Ш} e^{-2\gamma Y_{Ш}}, \quad (3)$$

$$L_3 = \eta''_{Ш} \eta_K e^{-2\gamma(L_3 - L_{Ш})}, \quad (4)$$

$$L_4 = \eta_H \eta''_{Ш} (1 - \eta'_{Ш})^2 (1 - v'_{Ш})^2 e^{-2\gamma L_{Ш}}, \quad (5)$$

$$L_5 = \eta'_{Ш} \eta_K (1 - \eta''_{Ш})^2 (1 - v''_{Ш})^2 e^{-2\gamma(L_3 - X_{Ш})}, \quad (6)$$

$$L_6 = \eta_H \eta_K (1 - \eta'_{Ш})^2 (1 - v'_{Ш})^2 (1 - \eta''_{Ш})^2 (1 - v''_{Ш})^2 e^{-2\gamma L_3}, \quad (7)$$

где  $\eta_H, \eta_K$  – коэффициент отражения от аппаратуры питающего и релейного конца рельсовой цепи соответственно;

$\eta'_{Ш}$  – коэффициент отражения от переменного препятствия в форме поездного шунта;

$\eta''_{Ш}$  – коэффициент отражения от поездного шунта рассматриваемой единицы тягового подвижного состава;

$v'_{Ш}, v''_{Ш}$  – коэффициент, определяющий распределение токов между первым и вторым поездным шунтом и линией соответственно.

Определитель графа, приведенного на рис. 2, а, рассчитывается по формуле:

$$\Delta = 1 - \sum_{i=1}^6 L_i + L_1 [L_2 (1 - L_3) + L_3 + L_5] + L_3 [L_2 + L_4]. \quad (8)$$

Единственный коэффициент передачи, соответствующий прямому пути между узлами  $\dot{E}_{Г}$  и  $\dot{I}_{Ш2П}$ , определяется по формуле (9), а соответствующий минор – по формуле (10):

$$\dot{G}_1^{\Pi} = v_H (1 - \eta'_{Ш})(1 - v'_{Ш}) e^{-\gamma L_{Ш}}, \quad (9)$$

$$\Delta_1^{\Pi} = 1 - L_3, \quad (10)$$

где  $v_H$  – коэффициент, равный величине, обратной входному сопротивлению аппаратуры питающего конца рельсовой цепи со стороны источника питания.

Коэффициенты передачи, соответствующие двум прямым путям между узлами  $\dot{E}_{Г}$  и  $\dot{I}_{Ш2О}$ , для контрольного режима определяются по формулам (11) и (12), а соответствующие миноры – по формулам (13) и (14):

$$\dot{G}_1^{\circ} = v_H \eta''_{Ш} (1 - \eta'_{Ш})(1 - v'_{Ш}) e^{-\gamma(X_{Ш} + Y_{Ш})}, \quad (11)$$

$$\dot{G}_2^{\circ} = v_H \eta_K (1 - \eta'_{Ш})(1 - v'_{Ш}) \times (1 - \eta''_{Ш})^2 (1 - v''_{Ш})^2 e^{-\gamma(L_3 - X_{Ш} - Y_{Ш})}, \quad (12)$$

$$\Delta_1^{\circ} = 1 - L_3, \quad (13)$$

$$\Delta_2^{\circ} = 1. \quad (14)$$

Параметры, входящие в состав формул (2)–(7), (9), (11) и (12) находятся по выражениям [10]. Для контрольного режима работы ограниченной рельсовой цепи с локомотивным приемником передаточные функции  $L_i$  для замкнутых контуров, а также коэффициенты передачи, соответствующие прямым путям между парами узлов  $\dot{E}_{Г}$  и  $\dot{I}_{Ш2П}$ ,  $\dot{E}_{Г}$  и  $\dot{I}_{Ш2О}$ , соответствующие им определители миноров и определитель графа находятся аналогично. При их составлении дополнительно используется коэффициент отражения волн  $\eta_0$  от эквивалентного сопротивления обрыва рельсовой нити.

Поездные критерии по безопасности для шунтового и контрольного режимов работы рельсовой цепи с локомотивным приемником  $K_{ЛШН}$  и  $K_{ЛОР}$  определяются с использованием формул:

$$K_{ЛШН} = \frac{|\dot{G}_{ЛПО}|}{N_A |\dot{G}_{ЛПОШН}|}, \quad (15)$$

$$K_{ЛОР} = \frac{|\dot{G}_{ЛПО}|}{N_A |\dot{G}_{ЛПОК}|}, \quad (16)$$

где  $\dot{G}_{ЛПОШН}, \dot{G}_{ЛПОК}, \dot{G}_{ЛПО}$  – коэффициент передачи между ЭДС, наведенной во вторичной обмотке питающего элемента, и током в рельсовой линии под приемными катушками рассматриваемого локомотивного приемника в шунтовом, контрольном и нормальном режимах работы рельсовой цепи с локомотивным приемником;

$N_A$  – аппаратный коэффициент, учитывающий разброс параметров аппаратуры и колебания напряжения источника питания.

Коэффициенты передачи  $\dot{G}_{ЛПОШН}, \dot{G}_{ЛПОК}$  и  $\dot{G}_{ЛПО}$  находятся при наихудших для режима АЛС условиях. Условия по безопасности выполняются, когда  $K_{ЛШН} > 1$  и  $K_{ЛОР} > 1$ .

Следует отметить, что приведенные формулы справедливы для общего случая, однако расчетные выражения для анализа при наихудших условиях

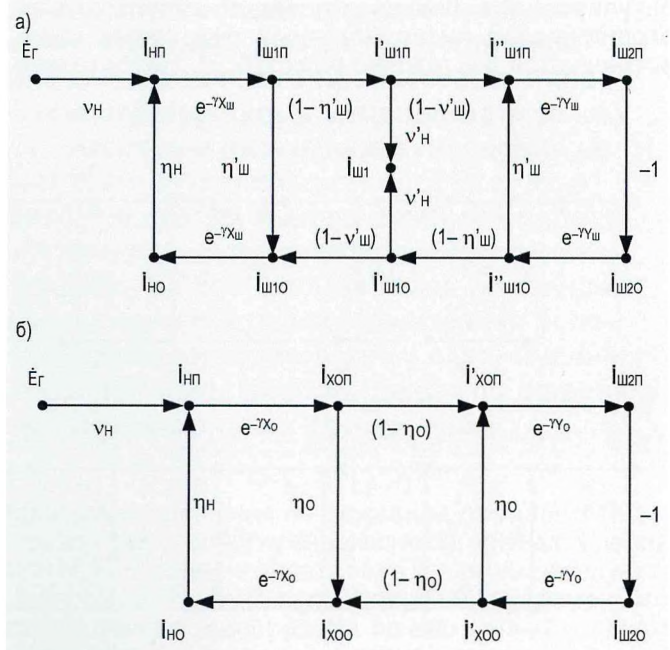


РИС. 3

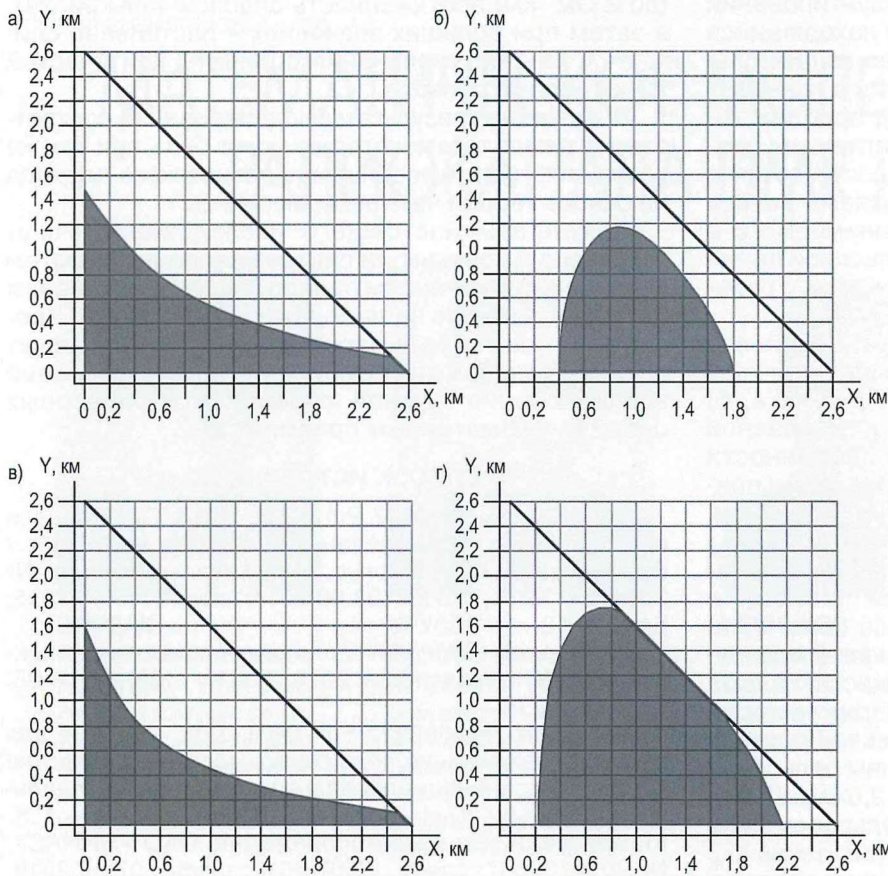


РИС. 4

могут быть упрощены. Наихудшими для оценки рассматриваемых поездных критериев по безопасности следует считать условия, когда сопротивление поездного шунта  $Z''_{ш}$  рассматриваемой единицы подвижного состава равно нулю. Для шунтового режима работы рельсовой цепи дополнительным наихудшим условием следует считать равенство сопротивления первого поездного шунта, являющегося переменным препятствием, нормативному значению. Направленные графы в шунтовом (а) и контрольном (б) режимах показаны на рис. 3.

Для анализа условий возникновения опасных от-

казов рельсовых цепей с локомотивным приемником был построен ряд характерных зависимостей. Графики зависимости расстояния между переменным препятствием и подвижным составом  $Y$  от расстояния от точки подключения аппаратуры питающего конца рельсовой цепи до ординаты местонахождения переменного препятствия  $X$  при сопротивлении изоляции, принимаемой в расчетах режима АЛС, показаны на рис. 4: в случае двойного шунтирования при несущей частоте 25 Гц (рис. 4, а); в случае излома рельса при несущей частоте 25 Гц (рис. 4, б); в случае двойного шунтирования при несущей частоте 50 Гц (рис. 4, в); в случае излома рельса при несущей частоте 50 Гц (рис. 4, г). Заливкой показана область значений  $Y$ , в границах которой величина поездных критериев по безопасности оказывается меньше или равна 1; ниже прямой линии, показанной черным цветом, находятся значения, соответствующие эксплуатационной длине рельсовой цепи 2,6 км.

Графики, описывающие влияние изменения величины нормативного сопротивления поездного шунта  $R_{шн}$  и принимаемого в расчетах значения сопротивления изоляции  $r_{и}$  рельсовой линии на протяженность опасных зон  $L_{Ош}$  и  $L_{Ок}$  для соответственно шунтового и контрольного режимов работы рельсовой цепи с локомотивным приемником при несущей частоте автоматической локомотивной сигнализации  $f_{н}$  25 и 50 Гц, представлены на рис. 5.

Из графиков следует, что с ростом частоты несущего сигнала АЛС растут и максимальные протяженности опасных зон  $L_{Ош}$  и  $L_{Ок}$  для соответственно шунтового и контрольного режимов работы рельсо-

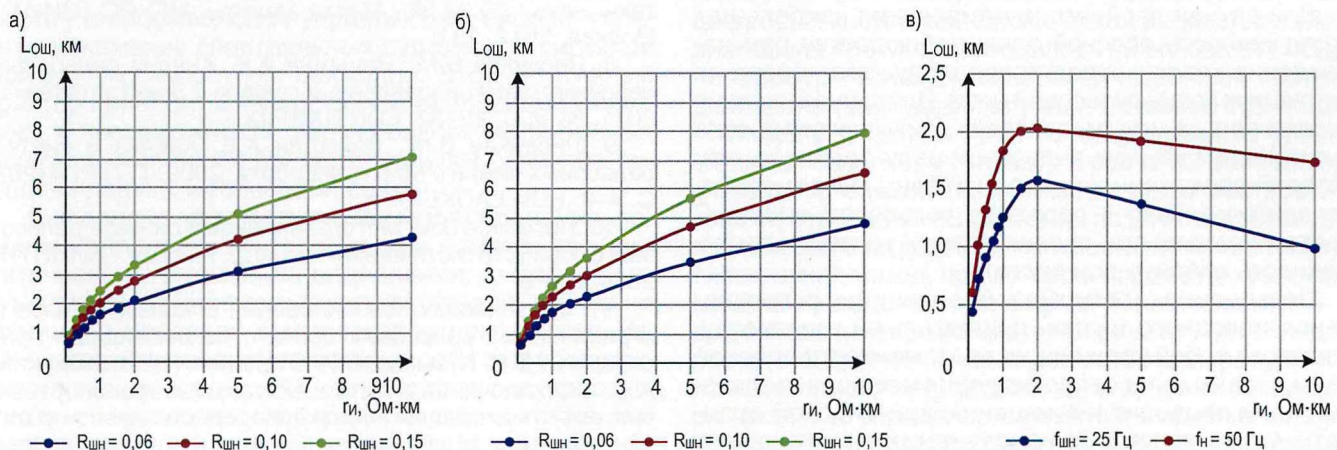


РИС. 5

вой цепи. Кроме того, при двойном шунтировании наихудшими являются условия, когда находящийся впереди шунт расположен на питающем конце рельсовой цепи, в то время как при наличии в границах рельсовой цепи излома рельса перед приближающимся подвижным составом с локомотивным приемником наибольшее значение  $L_{OK}$  достигается в некоторой критической координате излома рельса  $X_{OK}$ , которая с ростом величины принимаемого в расчетах сопротивления изоляции рельсовой линии смещается от питающего к релейному концу рельсовой цепи.

Следует отметить, что для случая двойного шунтирования изменение нормативной величины сопротивления поездного шунта (см. рис. 5, а, б) приводит к увеличению протяженности опасной зоны  $L_{OШ}$ . Также к увеличению протяженности опасной зоны  $L_{OШ}$  при двойном шунтировании приводит и рост величины сопротивления изоляции. Максимальная протяженность опасной зоны  $L_{OK}$  для случая нахождения между рассматриваемым подвижным составом и аппаратурой питающего конца рельсовой цепи излома рельса (рис. 5, в) растет с увеличением сопротивления изоляции до тех пор, пока сумма ординаты  $X_O$  места излома рельса и протяженности опасной зоны при некоторой величине сопротивления изоляции не станет равна протяженности эксплуатационной длины рельсовой цепи (в рассматриваемых примерах – 2,6 км). Далее с ростом сопротивления изоляции рельсовой цепи максимальная протяженность опасной зоны  $L_{OK}$  будет постепенно уменьшаться в связи с тем, что ордината  $X_O$  места излома рельса будет перемещаться все ближе к точке подключения аппаратуры релейного конца рельсовой цепи.

Следует отметить, что результаты моделирования, полученные с использованием метода направленных графов, соответствуют результатам, полученным авторами ранее с применением теории четырехполюсников [11].

По результатам проведенных работ были предложены аналитические выражения, обеспечивающие расчет условий возникновения опасных отказов в низкочастотных, ограниченных изолирующими стыками, рельсовых цепях с локомотивным приемником для общего случая и при наихудших условиях, а также соответствующие поездные критерии по безопасности.

Для случая двойного шунтирования наибольшая протяженность опасной зоны наблюдается при нахождении колесных пар впереди идущего поезда на питающем конце рельсовой цепи. Для случая наличия излома рельса между «головой» движущегося поезда и питающим концом рельсовой цепи ордината, при которой протяженность опасной зоны максимальна, находится близко к середине рельсовой линии. С ростом частоты при прочих равных условиях протяженность опасных зон растет.

Повышение нормативной величины сопротивления поездного шунта, принимаемой в расчетах, влечет за собой увеличение протяженности опасной зоны. Повышение сопротивления изоляции рельсовой цепи приводит к смещению критической ординаты места излома по направлению от питающего конца рельсовой цепи. При этом при малых величинах сопротивления изоляции рельсовой линии

(до 2 Ом · км) протяженность опасной зоны растет, а затем при больших значениях – постепенно снижается за счет увеличения ординаты критической точки излома рельсов.

Полученные результаты моделирования соответствуют результатам, которые могут быть при тех же условиях с использованием классического подхода на основе теории четырехполюсников.

Результаты настоящего исследования могут быть использованы при синтезе различных систем управления движением поездов на базе рельсовых цепей, в том числе на малодеятельных линиях. Кроме того, полученные расчетные выражения могут служить основой для выполнения анализа условий возникновения ложной свободности рельсовых цепей с локомотивным приемником.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Патент № 2550377 РФ, В61L 23/16. Система для интервального регулирования движения поездов : / В.В. Батраев, О.М. Кирпус, Г.К. Кисельгоф и др. № 2014125175/11; заявл. 23.06.2014; опубл. 10.05.2015; Бюл. № 13.
2. Линьков В.И. Методология разбивки на блок-участки // Мир транспорта. 2010. Т. 8, № 1 (29). С. 18–25. EDN:LMCKOF.
3. Патент № 2656922 РФ, В61L 1/00. Система для контроля нахождения подвижного состава на участке пути с неограниченными рельсовыми цепями тональной частоты / Ю.Н. Бордонос, С.В. Киселева, Г.К. Кисельгоф и др.; патентообладатель ОАО «НИИАС». № 2017123607; заявл. 05.07.2017; опубл. 07.06.2018; Бюл. № 16.
4. Патент № 2770040 РФ, В61L 27/04. Система интервального регулирования движения поездов / В.А. Воронин, С.И. Куваев, А.В. Марков и др.; патентообладатель АО «НИИАС». № 2021128833; заявл. 04.10.2021; опубл. 14.04.2022; Бюл. 11.
5. Патент № 2766015 РФ, В61L 3/20. Способ контроля состояния рельсовой линии и система интервального регулирования движения поездов на перегоне / А.И. Кузьмин, В.С. Миронов, И.А. Панферов и др.; патентообладатель АО «НИИАС». № 2021116698; заявл. 09.06.2021; опубл. 07.02.2022; Бюл. № 4.
6. Брылеев А.М., Котляренко Н.Ф. Электрические рельсовые цепи : учебное пособие. 2 изд. М.: Транспорт, 1970. 256 с.
7. Ваньшин, А.Е. Методы анализа и синтеза рельсовых цепей с временным контролем : автореферат дис. ... канд. техн. наук : 05.22.08 / Место защиты: МГУПС (МИИТ). Москва, 2012. 23 с.
8. Лисенков В.М., Ваньшин А.Е. Анализ рельсовых цепей методом направленных графов // Электротехника. 2011. № 8. С. 29–32. EDN:NXPJX.
9. Лисенков В.М., Ваньшин А.Е. Анализ и синтез рельсовых линий // Мир транспорта. 2009. Т. 7, № 4 (28). С. 4–9. EDN:LADKLT.
10. Лисенков В.М. Методы анализа и синтеза рельсовых цепей (статистический подход). Москва : ВИНТИ, 2014. 221 с.
11. Об условиях возникновения опасных отказов в ограниченных рельсовых цепях с локомотивным приемником / В.С. Кузьмин, Л.И. Стряпкин, Р.Е. Володькин, А.О. Филиппочкина // Интеллектуальные транспортные системы : материалы III Международной научно-практ. конференции. М.: Российский университет транспорта (МИИТ), 2024. С. 617–625. DOI: 10.30932/9785002446094-2024-617-625. EDN:WYZLJR.

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОКАНАЛА DMR ДЛЯ ВСМ



**ШУРДАК**  
Андрей Владимирович,  
АО «НИИАС», Научно-технический комплекс систем управления и обеспечения безопасности движения поездов, заместитель начальника, Москва, Россия



**УРУСОВ**  
Руслан Вякифович,  
АО «НИИАС», Научно-технический комплекс систем управления и обеспечения безопасности движения поездов, руководитель проекта сектора широкополосных радиоэлектронных систем, Москва, Россия



**ЧЕСНОКОВ**  
Андрей Дмитриевич,  
ОАО «РЖД», Центральная станция связи, главный инженер, Москва, Россия



**ЕРМАКОВ**  
Александр Олегович,  
ОАО «РЖД», Департамент технической политики, отдел комплексных научно-технических проектов и инфраструктуры, главный специалист, Москва, Россия

**Ключевые слова:** высокоскоростное движение, математическое моделирование радиолиний, радиоинтерфейсы, эффект Доплера, процедура хэндовера

**Аннотация.** В статье продолжается рассмотрение темы, начатой ранее [1], освещаются технические решения реализации технологического сегмента инфокоммуникационной системы инфраструктуры высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург (ВСЖМ-1). Эта подсистема создается в рамках опытно-технологической работы по плану научно-технического развития ОАО «РЖД». Приводятся результаты математического моделирования распространения радиоволн и работоспособности радиоканала технологии связи DMR диапазона частот 160 МГц при высокоскоростном движении поездов.

■ Основной проблемой в обеспечении надежных каналов связи, необходимых для выполнения технологических процессов эксплуатации ВСМ, включая работу информационно-управляющих систем, является искажение спектральных параметров сигналов при высокоскоростном движении. Этот негативный фактор приводит к некорректной реализации хэндовера и невозможности формирования непрерывных зон обслуживания с предоставлением сервисов передачи данных и голосовой связи.

Выполнено математическое моделирование, которое направлено на определение изменения энергетического потенциала радиолинии, выраженного спектральной эффективностью канала передачи данных в условиях высокоскоростного движения. Оно включало оценку протяженности зон обслуживания стационарных РЭС узкополосных цифровых систем технологической радиосвязи, а также моделирование процедуры хэндовера и влияния эффекта Доплера на узкополосный радиоканал DMR диапазона 160 МГц.

## ОЦЕНКА ПРОТЯЖЕННОСТИ ЗОН ОБСЛУЖИВАНИЯ СТАЦИОНАРНЫХ РЭС

■ Расчет зон обслуживания стационарных РЭС цифровых систем технологической радиосвязи DMR диапазона 160 МГц проводился на основании модели Окамуры-Хата [2] по верхней граничной частоте диапазона (наихудший случай), а именно 162 МГц.

Модель Окамуры-Хата по предсказанию уровня сигнала позволяет учитывать в расчетах ослабление сигнала, связанное с влиянием рельефа местности в зоне обслуживания. В системах подвижной связи для расчета влияния рельефа местности применяется статистический метод, при котором параметры рельефа (высота препятствий, их форма, наклон местности и др.) считаются случайными величинами. При этом для расчета энергетических параметров аппаратуры используется понятие усредненной медианной мощности сигнала. Оно определяется в антенне приемника в течение 50 % времени наблюдения в 50 % точек приема, находящихся на расстоянии  $d$  от передающей станции. Модель предсказания уровня сигнала в пределах

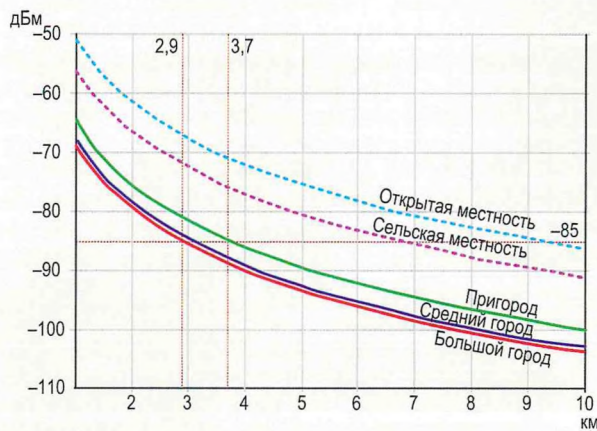


РИС. 1

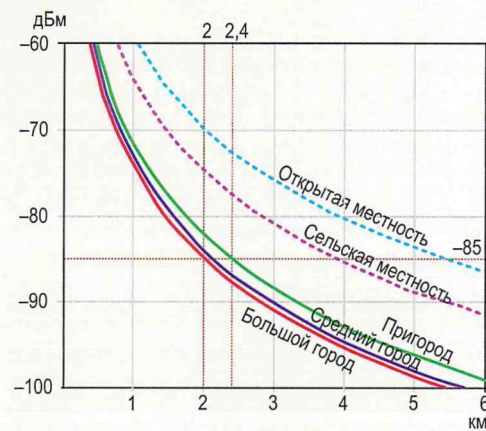


РИС. 2

соты основана на результатах многочисленных экспериментальных измерений и эмпирических формулах для расчета средних потерь сигнала при распространении радиоволны в пределах диапазона частот 150–1500 МГц для трассы протяженностью до 20 км с высотой антенн базовой станции (БС) 30–200 м и мобильной станции (МС) 1–10 м. Результаты расчета дальности радиосвязи для РЭС DMR диапазона 160 МГц с вероятностью 95 и 99 % для линий «вниз» представлены на рис. 1, 2 и в табл. 1.

#### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХЭНДОВЕРА

■ Операция хэндовер является ключевой функцией, определяющей мобильность абонентов в сетях подвижной связи. Она обеспечивает бесшовное перемещение абонентов из зоны действия одной базовой станции в зону действия другой с максимально возможной скоростью и низкой вероятностью потерь пакетов данных.

Для технологической сети DMR ОАО «РЖД» утверждено два алгоритма работы хэндовера – от базовой или от мобильной станции. При этом мобильная станция должна задерживать данные для отправки в радиоэфир, пока процедура хэндовера не будет завершена или пока данные не устареют.

**Хэндовер от базовой станции** осуществляется только при наличии данных о местоположении МС. Алгоритм работы таков: сервер, зная местоположение и направление движения МС и частоту ближайшей к ней БС, дает команду этой и следующей БС. Последняя выделяет МС слот. Причем от новой мобильной радиостанции базовая станция должна ожидать пакеты не менее 30 с. Текущая БС, завершив передачу пакета данных, передает на МС служебные пакеты с указанием частоты следующей БС и номера выделенного слота. По окончании передачи пакета данных, но не позднее чем через 30 с, МС переходит на новую частоту, дожидается синхропакета и начинает передачу следующего пакета в своем слоте. Если он не помечается как занятый, МС переходит к алгоритму регистрации на текущей БС.

**Хэндовер от мобильной станции** поддерживается двумя алгоритмами. Первый реализуется, если уровень от БС опускается ниже заданного порога RSSI или SNR, но при этом базовая станция не переходит на обслуживание по второму алгоритму из-за отсутствия межстанционной связи или если она не поддерживает второй алгоритм. Кроме того, второй алгоритм может быть затруднен из-за небольшого

временного интервала, выделенного на сканирование частот.

Действие по первому алгоритму выглядит следующим образом. МС, зафиксировав понижение принимаемого уровня ниже заданного, заканчивает передачу текущего пакета и начинает сканирование частот, полученных от БС в служебном информационном пакете. Если в заданном списке не найдена частота с приемлемым уровнем приема, МС переходит к сканированию всех задействованных частот. Определив БС с лучшим уровнем, МС регистрируется там и приступает к передаче данных.

Второму алгоритму присуща такая последовательность: данная МС во временных интервалах других МС осуществляет сканирование частот, полученных от БС в служебных информационных пакетах, и передает измеренные значения на БС в пакете со служебной информацией по хэндоверу. МС начинает передачу при снижении принимаемого уровня сигнала ниже заданного порога хэндовера или периодически, но не чаще одного раза в 10 с. Сервер или БС, решив, что МС выходит из зоны действия данной станции, определяет, к какой БС приближается МС и запрашивает у нее слот для МС. Получив слот, она передает на МС служебный пакет о возможности регистрации. Последняя переходит на заданную частоту и ожидает синхропакет. Получив его, МС проверяет ранее выделенный ей слот, помечает его как занятый и начинает передачу в соответствующем слоте. Если слот не помечен как занятый, МС переходит к

Таблица 1

Линии связи	Максимальная расчетная дальность радиосвязи и протяженность зоны обслуживания БС в зависимости от рельефа местности, км	Вероятность связи по месту и времени, %	Время прохождения поездом зоны обслуживания БС в зависимости от рельефа местности при скорости 400 км/ч, с
«вниз»(DL) «вверх»(UL) ЗОБС	2,9–3,7 2,9–3,7 5,8–7,4	95	52–67
«вниз»(DL) «вверх»(UL) ЗОБС	2–2,4 2–2,4 4–4,8	99	36–43

*Примечание.*  
Верхний предел расчетной дальности радиосвязи ограничивается рельефом местности типа «пригород»  
Протяженность зоны обслуживания БС определяется как удвоенное значение максимальной дальности радиосвязи на линии «вверх»

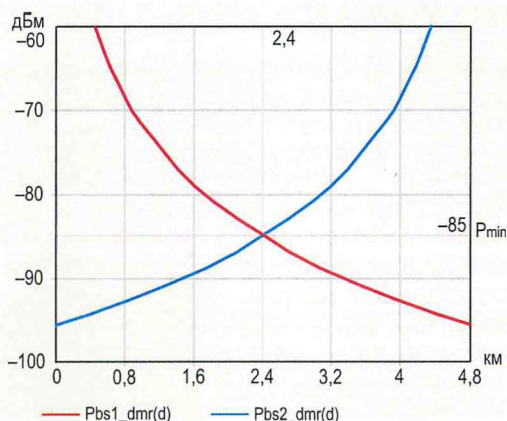


РИС. 3

регистрации на данной БС. Если МС не обнаруживает передачу пакета на частоте новой базовой станции или уровень приема ниже порога хэндовера, то МС переходит к поиску сети.

Изменение уровней сигналов от соседних БС DMR при проезде МС по участку с рельефом местности типа «пригород» представлен на рис. 3. Выполнение хэндовера от БС требует меньшего времени, чем от мобильной станции. В связи с этим на участках ВСМ целесообразно выполнение процедуры хэндовера по алгоритму от БС.

Таблица 2

Наименование параметра	Величина параметра
Полосы частот*, МГц	151,7125–154,0125 154,9875–156,0125
Шаг сетки частот, кГц	12,5
Тип доступа**	TDMA
Модуляция	4FSK
Мощность передатчика, не более, Вт	15
Относительная нестабильность частоты передатчика, не хуже	$10 \cdot 10^{-6}$
Максимальная погрешность частоты	$\pm 2$ ppm
Ширина полосы излучения передатчика на уровне -30 дБ, не более, кГц	11,8
Минимально допустимые уровни сигнала в МВ-диапазоне [2] для электрической автономной тяги переменного тока со скоростями движения более 160 км/ч, дБмкВ/дБм	22/-85
<i>Примечание.</i> * На участках ВСЖМ рассматривается возможность использования частотных номиналов в полосах 156,0125–158,0125 МГц и 160,6125–162,0375 МГц ** Согласно утвержденным ОАО «РЖД» протоколам работы	

Таблица 3

Наименование параметра	Сопоставление двухбитных комбинаций символов с отклонением 4FSK			
	Информационные биты		Символ	Девияция 4FSK, кГц
Индекс девиации 0,27	0	1	+3	+1,944
	0	0	+1	+0,648
	1	0	-1	-0,648
	1	1	-3	-1,944

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭФФЕКТА ДОПЛЕРА

■ Эффект Доплера заключается в изменении частоты излучаемого радиосигнала на стороне приемного устройства, связанного с движением источника излучения относительно приемника. При их сближении частота излучаемого радиосигнала повышается, при удалении – снижается. Величина изменения частоты излучаемого радиосигнала на стороне приемника представляет собой Доплеровское смещение  $f_d$ , вычисляемое по формуле:

$$f_d = f_c \frac{v}{c} \cos\theta,$$

где  $f_c$  – частота излучаемого сигнала, Гц;  
 $v$  – скорость движения источника излучения, м/с;  
 $c$  – скорость света  $\approx 3 \cdot 10^8$  м/с;  
 $\theta$  – угол отклонения направления вектора скорости движения источника излучения от направления на приемник.

Стандартом ETSI TS 102 361-1 установлено, что максимальная погрешность частоты передатчика (допустимое отклонение передаваемой несущей частоты от установленного значения) для диапазона 50–600 МГц, в который входит диапазон для систем железнодорожной радиосвязи 160 МГц, не должен превышать величину  $\pm 2$  ppm ( $2 \cdot 10^{-6}$  от базового показателя) при передаче как от базовой, так и от мобильной (абонентской) станций.

Для организации цифровой системы технологической радиосвязи стандарта DMR на участке высокоскоростной магистрали Москва – Санкт-Петербург рассматривается возможность применения частотных номиналов до 162 МГц. При этом оценку влияния эффекта Доплера на радиоканал DMR следует проводить именно для этого диапазона (наивысший номинал, наихудший случай).

Кроме того, стандартом ETSI TS 102 361-1 для радиоканала DMR определено применение модуляции 4FSK, обеспечивающей модуляцию посылкой – 4800 симв/с, при которой с каждым символом передается 2 бита информации. Максимальное отклонение символа от центра определяется как  $3h/2T$  ( $h$  – индекс девиации, установленный для модуляции 4FSK 0,27;  $T$  – длительность символа ( $1/4800$ ), с). Таким образом, отклонение символа от центра составляет 1,944 кГц. Основные технические характеристики радиointерфейсов РЭС технологической сети связи DMR в соответствии с Решением ГКРЧ N 09-03-01-1 и ГОСТ 33973-2016 представлены в табл. 2, сопоставление двухбитовых комбинаций символов с отклонением 4FSK – в табл. 3.

Учитывая уровень максимальной погрешности частоты передатчика, можно установить допустимые диапазоны погрешности отклонения передаваемых частот для двухбитовых комбинаций символов девиации 4FSK (погрешность модуляции 4FSK). Полосы детектирования радиосигналов символов двухбитовых комбинаций в зависимости от девиации 4FSK показаны на рис. 4.

Таким образом, при использовании номинала 162 МГц будут применяться следующие передаваемые частоты для двухбитовых комбинаций символов девиации 4FSK (модель спектра мощности сигнала без влияния эффекта Доплера представлена на рис. 5): «11» – 161 998 056; «10» – 161 999 352; «00» – 162 000 648; «01» – 162 001 944 Гц.

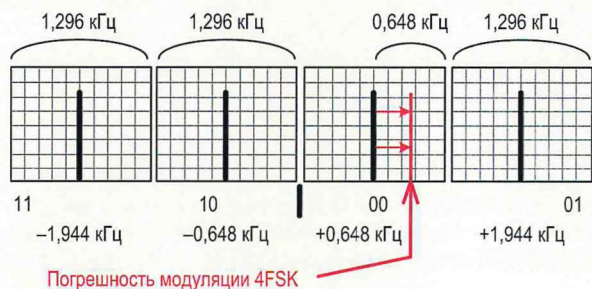


РИС. 4

При этом максимальная погрешность частоты ( $\pm 2$  ppm) для передаваемых частот составит: «11» –  $\pm 323.996$ ; «10» –  $\pm 323.998$ ; «00» –  $\pm 324.001$ ; «01» –  $\pm 324.004$  Гц.

Доплеровское смещение частоты при скорости движения 400 км/ч для передаваемых частот на стороне приемника достигает следующих величин:

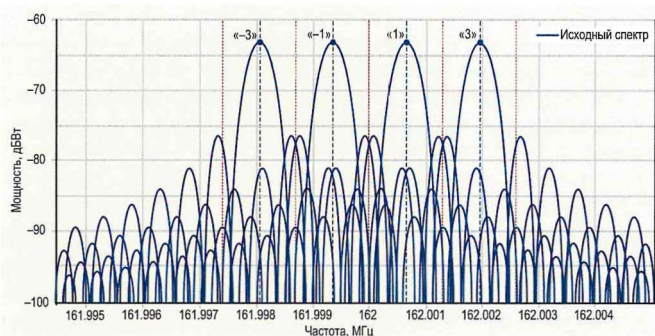


РИС. 5

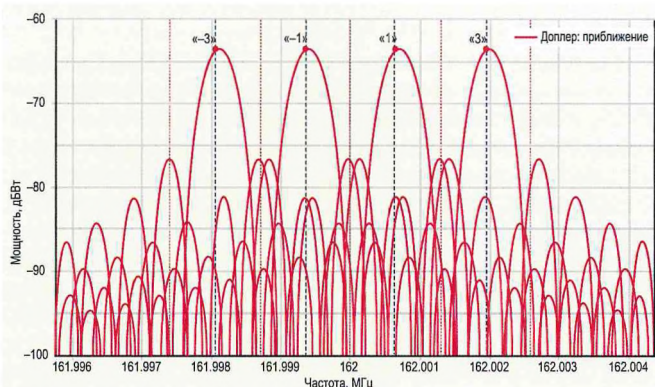


РИС. 6

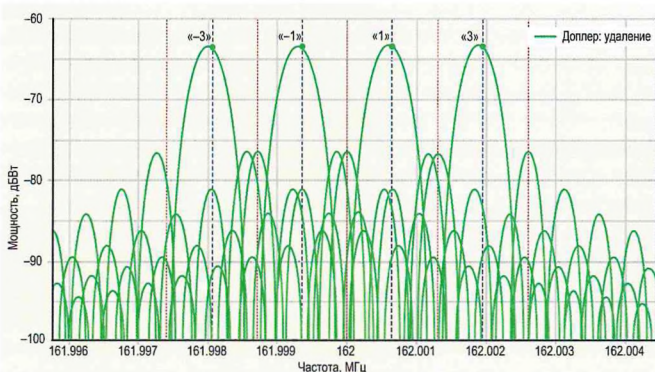


РИС. 7

«11» – 59.9993; «10» – 59.9997; «00» – 60.0002; «01» – 60.0007 Гц.

Принимаемые частоты с учетом Доплеровского смещения на скорости движения 400 км/ч на стороне приемника в случае сближения источника излучения и приемного устройства будут иметь такие значения: «11» – 161998116; «10» – 161999412; «00» – 162000708; «01» – 162002004 Гц. Модель спектра мощности сигнала в случае сближения приемного передающего устройства на скорости 400 км/ч представлена на рис. 6. Значения принимаемых частот для тех же условий, но в случае удаления источника излучения и приемного устройства составят: «11» – 161997996; «10» – 161999292; «00» – 162000588; «01» – 162001884 Гц. Модель спектра мощности сигнала в случае удаления приемного передающего устройства на скорости 400 км/ч показана на рис. 7.

Как следует из анализа модели (см. рис. 5–7) рассчитанные значения Доплеровского смещения частоты при скорости движения 400 км/ч не превышают значений максимальной погрешности частоты и не оказывают существенного влияния на качество приема сигналов DMR в силу пренебрежительно малого значения отклонения по сравнению со штатными отклонениями частот различных символов друг относительно друга (1296 Гц). При этом значения принимаемых частот не выходят за границы полосы детектирования радиосигналов символов двухбитовых комбинаций. Для цифровой частотной модуляции рассчитанные значения Доплеровского смещения частоты не приводят к существенным потерям в помехоустойчивости при использовании классического метода демодуляции через частотный детектор.

Одной из проблем, подлежащих исследованию в рамках компьютерного моделирования, является влияние быстрых замираний на качество передачи информации при высокоскоростном движении. Можно спрогнозировать результат, заключающийся в том, что при увеличении скорости передвижения объекта время когерентности канала уменьшится из-за увеличения скорости изменения структуры и расположения отражателей. В этом случае сигнал большее число раз изменит свое значение с условно низкого на условно высокий уровень в интервале передачи блока вокодера (360 мс), что эквивалентно эффекту разнесения при декодировании помехоустойчивого кода. При этом вероятность успешного декодирования кодового блока больше, чем в условиях меньшей скорости передвижения при большей длительности интервала когерентности канала, когда низкий уровень сигнала может продолжаться на протяжении целого блока.

Дальнейшую оценку работоспособности радиоканала DMR диапазона 160 МГц при высокоскоростном движении позволит выполнить компьютерное и полунатурное моделирование. Об этом будут подготовлены статьи для последующих публикаций.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шурдак А.В., Ермаков А.О., Новиков Д.Е., Романюк Д.А. Единое телекоммуникационное решение для ВСЖМ-1 // Автоматика, связь, информатика. 2024. № 7. С. 12–14. DOI: 10.62994/AT.2024.7.7.003
2. Феер К. Беспроводная связь. Методы модуляции и расширения спектра: Пер. с англ. / Под ред. В.И. Журавлева. – М.: Радио и связь, 2000. – 519 с.



# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ OTN НА СЕТИ СВЯЗИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА



**ШМЫТИНСКИЙ**  
**Виктор Викторович,**  
Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, кафедра «Электрическая связь», профессор, канд. техн. наук, Санкт-Петербург, Россия



**ГЛУШКО**  
**Валентин Петрович,**  
Петербургский Государственный университет путей сообщения императора Александра I, кафедра «Электрическая связь», доцент, канд. техн. наук, Санкт-Петербург, Россия

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, сеть электрической связи, системы передачи DWDM и CWDM, оптическая транспортная сеть

**Аннотация.** В статье проанализированы этапы и направления внедрения технологии OTN на сети связи железнодорожного транспорта. Ее особенностью является наличие магистральных каналов передачи данных большой протяженности и крупных телекоммуникационных узлов, предназначенных для перераспределения потоков информации, передаваемых с помощью сигналов разных форматов.

■ Магистральная цифровая сеть связи железных дорог строилась на основе технологии синхронной цифровой иерархии SDH (Synchronous Digital Hierarchy), которая полностью удовлетворяла потребности подразделений, обеспечивающих перевозочный процесс [1]. Эта технология, основанная на принципах временного разделения каналов TDM (Time Division Multiplexing), отвечает требованиям по надежности и управляемости трафика. Однако изначально она разрабатывалась для передачи голосового трафика и других видов синхронных данных, поэтому не вполне подходит для эффективной передачи пакетного трафика, такого как IP, Ethernet. Пакетный трафик является асинхронным и имеет переменную интенсивность. Для его размещения в фиксированных форматах SDH требуются дополнительные процедуры, в том числе GFP (Generic Framing Procedure) или виртуальные конкатенации (операции объединения двух или более объектов с сохранением порядка следования элементов). Это усложняет архитектуру преобразования сигналов, снижает эффек-

тивность использования каналов TDM и ограничивает допустимую скорость передачи данных.

Бурный рост трафика в сетях железнодорожной связи, обусловленный цифровизацией технологических процессов, использованием видеосервисов и повышением требований к их качеству, привел к тому, что для организации сетей передачи данных стали выделяться отдельные волокна кабеля.

Проблемы в пропускной способности волокна нет, однако есть ограничения в числе волокон в кабелях, проложенных вдоль железных дорог, и в организации единой системы управления разнородными системами передачи. Кроме того, построение магистральных сетей с пакетной передачей трафика на выделенных волокнах увеличивает время прохождения сигналов, вызванное дополнительными задержками при их обработке в промежуточных маршрутизаторах.

Проводимая в настоящее время на первичной сети модернизация, базирующаяся на применении аппаратуры спектрального разделения каналов WDM (Wavelength

Division Multiplexing), позволяет существенно повысить пропускную способность [2, 3, 4]. При этом количество спектральных каналов WDM в одном оптическом волокне может варьироваться от единиц до нескольких десятков.

Как известно, на магистральном уровне используется оборудование плотного спектрального мультиплексирования DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing), по спектральным каналам которого могут передаваться сигналы систем SDH уровня STM-4/16/64, пакетный трафик данных 1/10/100/100 G Ethernet [3]. На дорожном и региональном уровне применяется аппаратура разреженного или грубого спектрального мультиплексирования CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing), на оптических каналах которой располагаются тракты STM-1 (155 Мбит/с) и G Ethernet 1 Гб/с (реже 10 Гб/с). Благодаря этому технология WDM в десятки раз увеличила пропускную способность волокон и стала существенным шагом в повышении экономической эффективности сетей связи.

В первых системах передачи WDM каждый сигнал определенного формата передавался на отдельных длинах волн  $\lambda_1-\lambda_4$  (рис. 1), что зачастую снижало эффект от использования оптических каналов. При этом каждый оптический канал занят сигналом определенного формата и уровня, который после демультиплексирования в приемной части аппаратуры восстанавливается в ответной части клиентского оборудования. По сути, организуются каналы «точка-точка» без возможности перекрестной коммутации в узлах сети из-за разнородности передаваемого трафика на различных длинах волн.

Следующий шаг в развитии систем WDM связан с возможностью дополнительного форматирования передаваемых сигналов в стандартизованные структуры, не зависящие от форматов передачи трафика клиентских сигналов. Такие структуры цифровых оптических сигналов используются при построении оптических транспортных сетей OTN (Optical Transport Network), параметры которых стандартизованы рекомендацией ITU-T G.709 [4]. Структуры сигналов OTN формируются также, как транспортные модули STM (Synchronous Transport Module), путем упаковки оптических клиентских сигналов в блоки стандартной длины и добавления заголовков, обеспечивающих мониторинг и управление сигналами на своем, более верхнем по отношению к SDH и GEthernet, уровне. В заголовках на специальных позициях размещается информация, которая описывает тип передаваемого клиентского трафика, дает возможность контролировать его прохождение по сети с фиксацией отклонений от нормы. Подробности формирования структур OTN достаточно подробно описаны в технической литературе [4, 5].

В результате на выходе современных транспондеров сигналы формируются в оптические транспортные блоки OTU (Optical Transport Unit), которые затем передаются на мультиплексор и далее в линию в виде оптического канала OCh (Optical Channel). Каждый канал OCh использует отдельную длину волны в стандартизованном спектре DWDM.

Помимо заголовков структура оптического транспортного блока

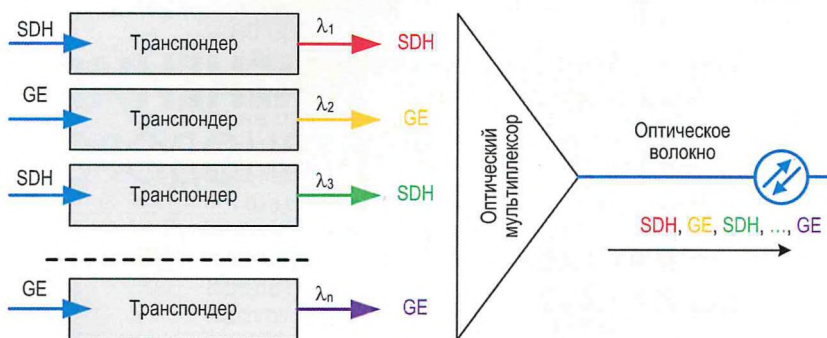


РИС. 1

OTU имеет эффективный алгоритм обнаружения и исправления ошибок в передаваемом сигнале FEC (Forward Error Correct) или алгоритм «прямой коррекции ошибок». Он добавляется в конце блока OTU, что позволяет приемнику декодировать FEC, обнаруживать и исправлять ошибки без необходимости повторной передачи блока. Этот алгоритм играет большую роль в поддержании надежности и качества передачи данных в оптических сетях. Он способствует минимизации влияния негативных факторов при передаче цифрового сигнала и дает возможность увеличить дальность передачи без дополнительной регенерации или усиления оптического сигнала.

Таким образом, применение принципов OTN в системах передачи DWDM обеспечивает получение стандартизованных форматов оптических сигналов в оптическом тракте, несмотря на разнородный клиентский трафик (рис. 2). Это создает сквозной контроль и управление организованным трактом, увеличивает дальность передачи за счет использования FEC. Кроме того, дает возможность осуществлять выделение на промежуточных станциях и распределение в узлах

оптических сигналов различных направлений связи путем распаковки транспортных блоков OTU разных уровней, не опускаясь до уровня клиентских сигналов.

Перечисленные особенности OTN несомненно востребованы в перспективной магистральной первичной сети связи железнодорожного транспорта, которая имеет линейно протяженную структуру с многочисленными рокадными соединениями и ответвлениями к региональным узлам.

Дальнейшее повышение эффективности использования каналов систем DWDM связано с возможностью мультиплексирования различных типов трафика (SDH, Ethernet, IP) в одном оптическом канале. В OTN стандартизованы пять скоростей передачи сигналов OTU-N (где N от 0 до 4): OTU-0 (1,25 Гбит/с), OTU-1 (2,5 Гбит/с), OTU-2 (10 Гбит/с), OTU-3 (40 Гбит/с) и OTU-4 (100 Гбит/с). При этом, как и в SDH, структуры нижнего уровня инкапсулируются в верхний уровень и, соответственно, структуры верхнего – в нижний. То есть различные типы клиентского трафика могут передаваться в одном оптическом канале, что повышает эффективность его использования.

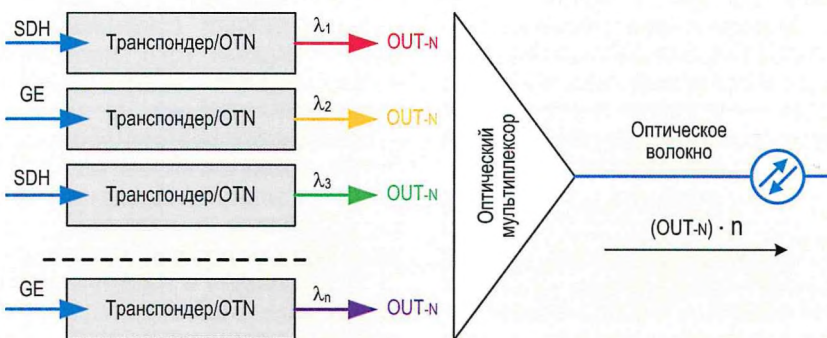


РИС. 2

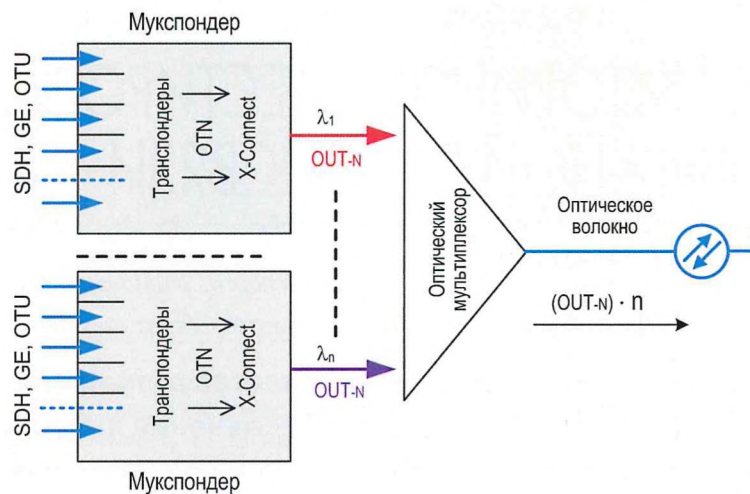


РИС. 3

Устройства, реализующие эти функции, называют мукспондерами (Muxponder (Multiplexer + Transponder) или агрегаторами). Мукспондер принимает несколько низкоскоростных клиентских сигналов, например 1 Гбит/с, 10 Гбит/с, различных форматов (SDH, Ethernet, низкоскоростной OTU), формирует из них общий сигнал в формате OTN (например, 40 Гбит/с, 100 Гбит/с) и передает его в оптический мультиплексор на одной из длин волн  $\lambda$  стандартизованного спектра DWDM.

Составной частью этих устройств является OTN-коммутатор (X-Connect), который осуществляет перераспределение трафика в формате OTN между клиентскими портами. Достоинство этого решения заключается в эффективном использовании полосы каждого оптического канала и уменьшении объема эксплуатируемого оборудования, так как один блок заменяет несколько транспондеров (рис. 3).

Ведущие производители магистрального оптического оборудования производят DWDM-системы, которые обеспечивают передачу до 96 каналов по одному волокну с полезной скоростью в каждом канале до 100 Гбит/с (OTU-4). Ведется разработка перспективных DWDM-систем [6, 7] в области увеличения количества каналов (до нескольких сотен) и увеличения скорости в каждом канале до 200 Гбит/с, 400 Гбит/с и более.

В нашем университете на кафедре «Электрическая связь» организован стенд для изучения принципов построения аппаратуры DWDM/OTN на базе оборудования «Волга», выпускаемого россий-

ской компанией [8]. Аппаратура полностью соответствует международным стандартам DWDM-систем, которые дополнены цифровой оболочкой OTN.

Контроль параметров базовых блоков и составных частей оборудования можно наблюдать в процессе выполнения лабораторных работ с помощью системы мониторинга/управления. В блоке управления фиксируются события, связанные с действиями оператора, формируется и хранится база данных параметров, собранных в процессе опроса блоков оборудования.

Использование форматов OTN в системах передачи DWDM в настоящее время является наиболее распространенным при проектировании волоконно-оптических линий. Это позволяет считать, что сети OTN развиваются и имеют долгосрочную перспективу применения. При этом к основным свойствам технологии OTN, которые определяют ее перспективность, относятся: эффективность использования ресурсов за счет мультиплексирования различных типов трафика в одном оптическом канале;

масштабируемость путем простого механизма добавления и выделения каналов без значительных изменений в инфраструктуре сети;

сквозной мониторинг и управление сетью, включая контроль качества передачи данных, диагностику и устранение неисправностей;

высокий уровень надежности благодаря встроенным механизмам защиты и восстановления;

совместимость с множеством протоколов передачи данных для интеграции в разнородные сети.

Дальнейшее развитие техноло-

гии OTN направлено на создание полностью оптических сетей с использованием OTN-коммутаторов как отдельных функциональных устройств. Благодаря этому можно будет управлять распределением трафика клиентских портов по транспортным направлениям на уровне OTN-форматов без распаковки до клиентского уровня, что обеспечит лучшее качество и уменьшит задержки цифровых сигналов, связанные с их обработкой в узловой оборудовании. При этом каждый клиентский порт не привязывается к высокоскоростному линейному порту (как в мукспондере), так как возможно подключение к любому из портов коммутатора через систему управления либо в автоматическом режиме в зависимости от загрузки каналов.

Для сети связи железнодорожного транспорта использование OTN-коммутаторов перспективно в промежуточных узлах магистральной транспортной сети. Это позволит динамически распределять по различным сетевым маршрутам множество низкоскоростных контейнеров OTN, сформированных на базе трафика различных технологических групп.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шмытинский В.В., Глушко В.П. Многоканальная связь на железнодорожном транспорте: учебное пособие. М.: УМЦ ЖДТ, 2019. 464 с.
2. Шмытинский В.В., Глушко В.П. Оборудование многоканальной связи на сети РЖД // Автоматика, связь, информатика. 2020. № 2. С. 28–32. DOI: 10.34649/AT.2020.2.2.006 EDN:GKLJGE.
3. Основные направления развития телекоммуникаций ОАО «РЖД» до 2025 года / ЦСС ОАО «РЖД». М., 2021. 111 с.
4. Листвин В.Н., Трещиков В.Н. DWDM-системы. М.: Техносфера, 2017. 352 с.
5. Фокин В.Г. Оптические системы передачи и транспортные сети: учебное пособие. М.: Эко-Трендз, 2008. 288 с.
6. Ибрагимов Р.З., Фокин В.Г. Проектирование современных оптических транспортных сетей связи. СПб.: Лань, 2023. 112 с.
7. Конышев В., Леонов А., Слепцов М. OTN в сетях связи: современные тенденции // Первая мила. 2016. № 8 (61). С. 50–55. EDN:XDNGOP.
8. Шмытинский В.В., Глушко В.П. Практические навыки изучения систем со спектральным разделением каналов // Автоматика, связь, информатика. 2024. № 8. С. 11–13. DOI: 10.62994/AT.2024.8.8.005 EDN:ZJWMIW.

# КОМПЛЕКС ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ТЕСТИРОВАНИЯ СЕТЕЙ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ



**НЕМЦОВ**  
Юрий Владимирович,  
Российский университет  
транспорта, передовая инженер-  
ная школа «Академия ВСМ»,  
доцент, Москва, Россия

**Ключевые слова:** высокоскоростной железнодорожный транспорт, мобильная связь, информационные сервисы на транспорте, радиоизмерения, система мониторинга

**Аннотация.** В статье обосновывается актуальность измерительных процедур для обеспечения качественной и стабильной подвижной радиотелефонной сети связи. Проведен краткий обзор систем радиоизмерений и оценки качества покрытий таких сетей. Предложена оригинальная концепция программно-аппаратного комплекса для проведения измерительных процедур, формирования отчетных материалов. Даны предложения и рекомендации по применению данного комплекса.

■ Проведение радиоизмерений и оценки качества радиопокрытия является одной из самых важных задач при проектировании сетей связи, а также при анализе их взаимного влияния.

Вместе с постоянным развитием сетей радиосвязи различного назначения совершенствуется измерительное оборудование, учитывающее новые технологии и обеспечивающее получение дополнительных измерительных параметров.

Повышение качества сетей подвижной радиотелефонной связи (ПРТС) на железнодорожных магистралях служит важным дополнением развития федеральных проектов в области транспорта. Так, в рамках создания высокоскоростного движения на железнодорожных дорогах предусмотрено строительство высокоскоростных магистралей (ВСМ), одной из которых является Санкт-Петербург – Москва.

Благодаря развитию высокоскоростного движения, а также стремительному росту телекоммуникационных и информационных технологий, появлению новых поколений подвижной связи функциональность радиосвязи стала заметно расширяться, и теперь она представляет собой так называемую цифровую трансформацию [1].

Сейчас радиосвязь на железнодорожном транспорте все чаще применяется не только для передачи телеметрической информации, но и для автоматического управления подвижным составом (автоведение). За счет использования радиоканала создаются новейшие системы интервального регулирования движения поездов (радиоблокировка), которые могут заменить рельсовые цепи. Планируется обеспечить пассажиров не только поездным мультимедийным порталом, но и бесперебойным высокоскоростным доступом в сеть интернет [2]. Развитие инфраструктуры сетей связи для деятельности железнодорожного транспорта повлечет за собой их мониторинг и контроль соблюдения необходимого уровня радиопокрытия.

В ранее опубликованном обзоре систем радиоизмерений ПРТС [3] были определены критерии для сравнения исследуемых систем: возможность записи log-файла, доступность, интерфейс, необходимые параметры для проведения анализа, возможность записи в формате файла для отображения географических данных kml, наличие тепловой карты в приложении, проведение измерений внутри здания, загрузка своей базы данных.

Некоторым системам радиоизмерений с применением мобильных устройств свойственна ограниченная функциональность для бесплатных версий. Профессиональные системы измерений по производительности и функционалу значительно превышают возможности, реализованные на мобильных устройствах. Однако при наличии внушительных аппаратных и программных средств для выполнения испытаний они имеют большую стоимость и при этом не всегда соответствуют требованиям российского законодательства в области связи.

Требования по созданию программно-аппаратного комплекса мониторинга и тестирования сетей ПРТС (далее – комплекс) можно разделить на три группы.

Первая группа требований (по техническому оснащению) должна предусматривать:

достаточную вычислительную мощность и производительность для снятия и обработки характеристик радиосигнала в целях проведения сеансов измерений нескольких операторов ПРТС;

устойчивое функционирование при высокой скорости движения (до 400 км/ч) и распределенную архитектуру для масштабирования;

имитацию действий пользо-

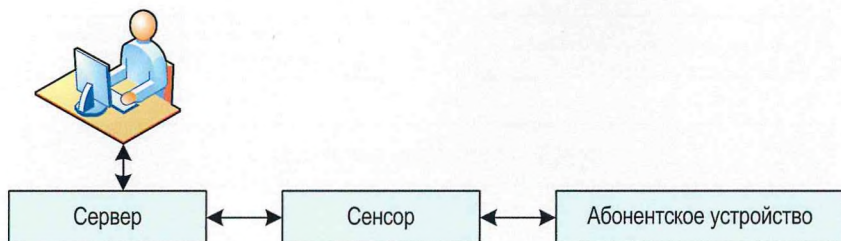


РИС. 1

вателей на абонентских устройствах.

При этом в состав комплекса должны входить (рис. 1): сервер – центральный элемент, агрегирующий и обрабатывающий результаты измерений; дистанционно управляемое абонентское устройство; сенсор для управления абонентским устройством, а также выполнения измерений и передачи результатов на сервер.

Вторая группа требований (по функциональному оснащению) должна учитывать:

выполнение измерительных процедур с привязкой к местоположению и единому времени с помощью сигналов спутниковых навигационных устройств ГЛОНАСС; мультипротокольную реализацию (поддержки сетевых протоколов ICMP, SNMP, SSH и др., достаточных для обмена данными и тестирования);

удобный графический интер-

фейс с настраиваемыми элементами стилизации, графиками и информационными панелями;

возможность выгрузки отчетных материалов в различных форматах.

Третья группа включает требования, касающиеся соблюдения законодательных норм и правил в области связи и обеспечения единства измерений. Для их реализации комплекс должен иметь средства измерений либо средства связи с измерительными функциями, метрологически обеспеченные и утвержденные в Российской Федерации, своевременно поверенные; соответствовать требованиям Постановления Правительства Российской Федерации № 1847 от 16.11.2020 «Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений». Кроме того, он должен функционировать под управ-

лением операционной системы и программным обеспечением, включенным в Единый реестр российских программ, а также содержать составные элементы из Единого реестра отечественной радиоэлектронной продукции.

Комплекс, учитывающий эти требования, может быть построен на основе системы контроля, мониторинга и управления трафиком (КМУТ) отечественного производителя. Его функциональная схема представлена на рис. 2.

Сервер обеспечивает получение, обработку и хранение данных с зондов периферийного узла, а также вывод графической информации для пользователя.

Зонд периферийного узла – это сенсор, выполняющий функции автоматизированного контроля параметров качества каналов связи и сбора дополнительной информации.

В состав программного обеспечения для сервера входит операционная система Astra Linux и специальное программное обеспечение для сервера [4] и зондов [5].

Абонентское устройство формирует сигналы для передачи или приема информации. В качестве такого устройства может быть использована ТВ-приставка на базе операционной системы Android для запуска тестов и приложений от лица пользователя.

Модем устанавливает соединение с сетью ПРТТС, осуществляет сбор характеристик радиосигнала.

Приемник навигационных сигналов обеспечивает связь с системой спутниковой навигации для синхронизации аппаратных платформ комплекса относительно национальной шкалы времени UTC (SU) и выполнения функции сервера времени, а также получения данных о координатах, скорости перемещения и высоте.

Дополнительными элементами комплекса могут быть внутренние и внешние антенны для модемов, сетевой коммутатор для проведения измерений от нескольких операторов ПРТТС.

Такой комплекс обеспечит регистрацию времени проведения измерений с привязкой шкалы времени к национальной шкале UTC (SU). Принцип действия комплекса основан на измерении и регистрации характеристик трафика в сети связи, его анализе с целью формирования статистических пара-

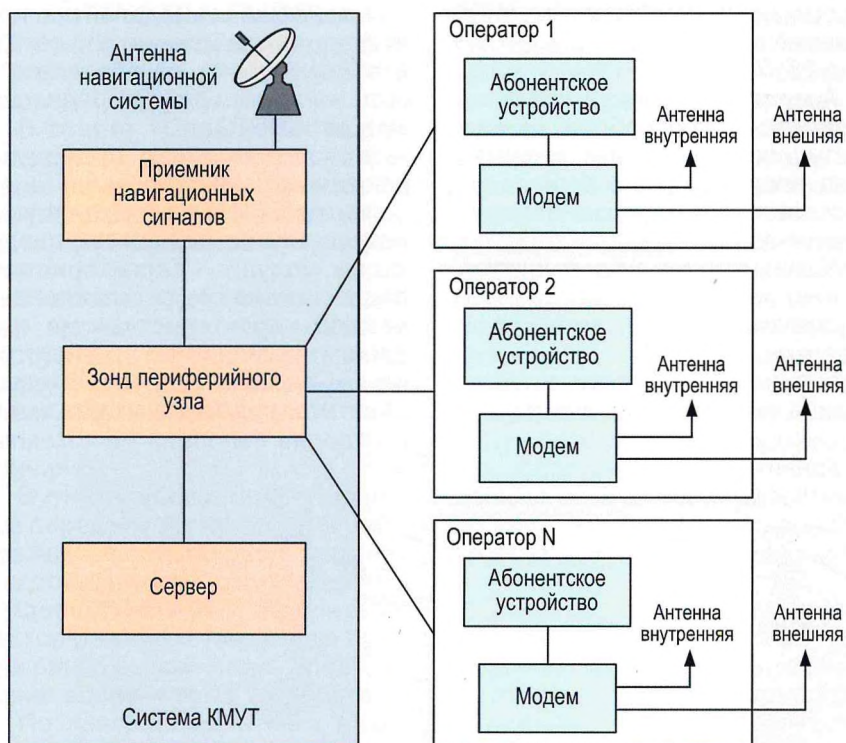


РИС. 2

метров сети. Средства измерений комплекса подключаются к сети ПРТС через модем. При измерении используется метод «подмешивания» тестового трафика в активные соединения. Алгоритм измерений, который может осуществлять комплекс, представлен на рис. 3.

По протоколу SSH или через AT-команды, выполняемые на модеме, собираются характеристики радиосигнала в зависимости от стандарта сети: название оператора, коды страны и сети (MCC и MNC), идентификатор зоны и соты (LAC и Cell ID), номер частотного канала ARFCN, код идентификации базовой станции BSIC, уровень принимаемого сигнала RSSI и пилотного сигнала RSCP, отношение сигнал/шум, идентификатор качества канала CQI и др.

Одновременно приемник навигационных сигналов передает информацию о текущей дате и времени, координатах местоположения, скорости перемещения и высоте над уровнем моря. Целесообразно получение параметров радиосигнала с модема частотой один раз в секунду. Эти параметры привязываются к данным, полученным с приемника навигационных сигналов. Вместе со снятием характеристик комплекс выполняет ряд измерительных процедур с интервалом один раз в пять минут. Полученные данные выводятся на интерфейс комплекса.

Измерительные процедуры включают в себя проверку доступности ресурсов с помощью инструментов сетевой диагностики ping и traceroute; тестирование прохождения маркированного трафика QoS (Quality of Service) с целью тестирования возможности предоставления приоритета в обслуживании; тестирование доступности приложений, сервисов или сетевых протоколов (HTTP, DNS и др.); доступность экстренных служб с абонентского устройства.



РИС. 3

Для выполнения этих процедур между комплексом и элементами сетевой инфраструктуры формируются информационные потоки (рис. 4). Синим цветом обозначен поток для мультимедийных приложений, стриминговых сервисов и видеоконференцсвязи. Данные сервисы имеют высокую потребность в приоритизации сетевых пакетов. Зеленым цветом выделен поток для сервера приложений, красным – поток для зонда периферийного узла. Образующийся канал связи между комплексом и зондом используется для измерения задержек прохождения пакетов, вариации задержек (джиттера), потерь пакетов, пропускной способности, а также приложений, которые могут быть критичны к нестабильности канала связи между наземным и бортовым сегментами сети ПРТС.

Аналитические процедуры предназначены для обработки данных, поступивших с модема и приемника навигационных сигналов, а также автоматического анализа полученных значений характеристик.

К этим процедурам относятся: анализ событий передачи обслуживания абонентского устройства в сети ПРТС;

анализ возможности осуществления экстренных вызовов;

определение причины отклонений или нарушений при проведении измерительных процедур (плохое качество радиопокрытия, неудачный процесс передачи обслуживания между базовыми станциями (хендовер), сбой на сети ПРТС, недоступность целевого узла).

Возможно использование математического аппарата для получения новых характеристик:

дополненный подход к оценке живучести как одного из показателей качества обслуживания абонентов сетей ПРТС;

анализ показателей качества обслуживания в процессе перемещения абонента и расчета показателя качества методом нечетких множеств;

модификация моделей расчета повторных требований при отказе в обслуживании от абонентов в сети железнодорожной радиосвязи и сети ПРТС.

Некоторые такие процедуры описаны в статье [6].

Интерфейс пользователя комплекса может содержать следующие модули: «Характеристики радиосигнала» с представлением каждой характеристики на графике; «Измерения»; «Аналитика»; «Отчеты»; «Карта». Следует отметить, что Карта может иметь

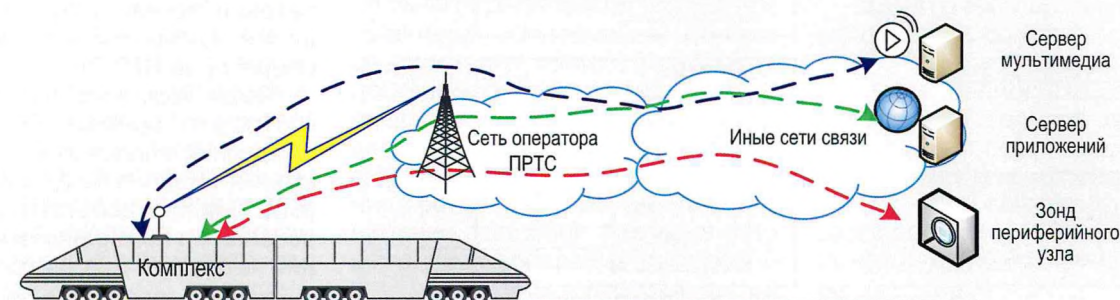


РИС. 4



РИС. 5

два слоя: первый – в каждой точке, отображаемой при наведении, выводится результат измерений; второй – привязка полученных результатов измерений к открытой карте базовых станций сетей ПРТС. Зная идентификаторы сети, базовых станций и сектора, возможно отобразить установление соединений в процессе движения с сетью оператора ПРТС. Пример реализации привязки полученных измерений к карте базовых станций показан на рис. 5.

В зависимости от полученных результатов возможны разные виды отчетов, в том числе: «Параметры радиосигнала», «Доступность сетевых протоколов», «Статистика процессов передачи обслуживания», «Доступность экстренных служб» и др.

В отчете «Параметры радиосигнала» в зависимости от времени измерения отображаются результаты, полученные от модема и приемника навигационных сигналов.

В отчете «Доступность сетевых протоколов» показывается доступность сетевых протоколов в зависимости от времени измерения. При недоступности определяется ее наиболее вероятная причина.

В отчете «Статистика процессов передачи обслуживания» отображается время обслуживания каждой базовой станции, типы хендверов, маркер возврата на сектор/базовую станцию, на которой ранее выполнялось обслуживание абонентского устройства.

По завершении отчета выводится информация о количестве событий смены сектора и контрол-

лера базовой станции, смены базовой станции, а также технологии сети ПРТС, как это выполняется в программе [7].

Отчет «Доступность экстренных служб» позволяет отобразить доступность экстренных служб по результатам выполненного мониторинга.

Для интерфейса комплекса возможно использовать три типа учетных записей с различными правами:

оператор может просматривать интерфейс системы, выполнять процедуры тестирования;

пользователь может не только просматривать интерфейс системы, выполнять тестирование, но и создавать отчеты, добавлять новых пользователей интерфейса; администратор, кроме уже перечисленных процедур, обладает возможностью просматривать расширенный журнал функционирования комплекса.

Основной задачей мониторинга радиосвязи остается обеспечение железнодорожных систем управления и технологических процессов телекоммуникационными услугами и ресурсами с требуемыми параметрами надежности, безопасности, производительности и функциональности, а также возможность развития и расширения номенклатуры сервисов и услуг для перевозчиков и пассажиров.

Таким образом, реализованный согласно указанным ранее требованиям комплекс мониторинга и тестирования сетей подвижной радиотелефонной связи на основе системы КМУТ позволяет эффективно решать функциональные за-

дачи в интересах железнодорожного (в том числе высокоскоростного) транспорта. Он располагает всеми возможностями, необходимыми для мониторинга сетей ПРТС, обработки результатов измерений и вывода информации.

Комплекс дает возможность анализа радиопокрытия, оценки качества сетей операторов и предоставляемых услуг ПРТС. Это позволяет получить результаты, которые могут быть использованы для улучшения качества предоставляемых услуг в зонах радиопокрытия железнодорожных магистралей, а также при модернизации и строительстве ПРТС вдоль железных дорог.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Стратегия развития отрасли связи Российской Федерации на период до 2035 года : Распоряжение Правительства Российской Федерации от 24 ноября 2023 г. № 3339-р
2. Об утверждении Стратегии научно-технологического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года (Белая книга) : распоряжение ОАО «РЖД» от 17 апреля 2018 г. № 769/р.
3. Обзор систем проведения радиоизмерений и оценки качества покрытия сетей мобильной связи / А.А. Прасолов, Р.С. Рощинский, А.С. Федоров, Д.М. Чудинов // Экономика и качество систем связи. 2023. № 4 (30). С. 85–102. EDN: NYQPGV.
4. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2019610385 РФ. ПО КМУТ («ЭХО-Центр») 2.0. / Т.Н. Ильина; правообладатель: ООО «Инженер Центр». № 2019610385; заявл. 27.09.2018; опубл. 10.01.2019; Бюл. № 1. 1 с.
5. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2019611104 РФ. ПО периферийного узла КМУТ («ЭХО-Зонд») 2.0. / Ильина Т.Н., Общество с ограниченной ответственностью «Контроль ИТ» № 2019611104; заявл. 27.09.18; опубл. 22.01.19; Бюл. № 2. 1 с.
6. Гуськова М.Ф., Немцов Ю.В. Исследование качества обслуживания абонентов при эстафетной передаче в цифровых сетях подвижной радиосвязи на железнодорожном транспорте // Качество, инновации, образование. 2023. – № 1(183). – С. 46–53. EDN: OOBVOS.
7. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2022613299 РФ. Программа для анализа и расчета показателей качества обслуживания абонентов цифровых сетей подвижной радиосвязи на железнодорожном транспорте / Немцов Ю.В.; Гуськова М.Ф. № 2022613299; заявл. 27.12.2021; опубл. 14.03.2022; Бюл. № 3. 1 с.

# СТРЕМИТЬСЯ К ЭТАЛОНУ, ТИРАЖИРУЯ ЛУЧШЕЕ



**СИДЕЛЕВ**  
Павел Сергеевич,  
ОАО «РЖД», Центральная  
дирекция инфраструктуры,  
Управление автоматики  
и телемеханики, главный  
инженер, Москва, Россия



**АКОПЯН**  
Инга Артуровна,  
ОАО «РЖД», Центральная  
дирекция инфраструктуры,  
Управление автоматики и  
телемеханики, экономист I  
категории, Москва, Россия

**Подразделения хозяйства автоматики и телемеханики в прошлом году реализовали 174 проекта бережливого производства, из них 58 % являются тиражируемыми, 24 % – функциональными, 17 % – multifunctionalными проектами. Экономический эффект от внедрения улучшений составил более 114 млн руб., что соответствует запланированному показателю.**

■ Наибольшей экономии затрат от внедрения проектов бережливого производства добились Северная и Московская дирекции инфраструктуры.

Реализованные в прошлом году проекты направлены на достижение таких экономических и технологических эффектов, как экономия средств на приобретение оборудования, сокращение расходов электроэнергии, организация работы по ремонту высвобожденного оборудования, снижение непроизводительных потерь, повышение надежности устройств ЖАТ.

Управлением автоматики и телемеханики подведены итоги II этапа конкурса по бережливому производству по трем номинациям.

В номинации «**Лучшее рабочее место по системе 5С**» победило рабочее место электромеханика бригады по ремонту релейной аппаратуры ШТЦ Московской ДИ.

Улучшение условий труда и рациональное исполь-

зование рабочего пространства способствует повышению производительности труда персонала и его безопасности. Участники конкурса по оптимизации рабочих мест по системе 5С используют разные методы выявления недостатков в их организации, среди которых «зона красных бирок», а также инструменты улучшения, таких как КАНБАН, визуализация и др.

Стандарт рабочего места электромеханика бригады по ремонту релейной аппаратуры представлен на рис. 1. Помимо грамотной организации рабочего пространства, важным фактором является его содержание в чистоте, своевременное устранение неисправностей оборудования, его диагностика и др.

В номинации «**Лучший функциональный проект**» первое место завоевал проект «Вывод контроля состояния переезда к дежурному по станции по АПК-ДК», реализованный в Лянгасовской дистанции СЦБ Горьковской ДИ.

Реализация проекта позволила получить эконо-

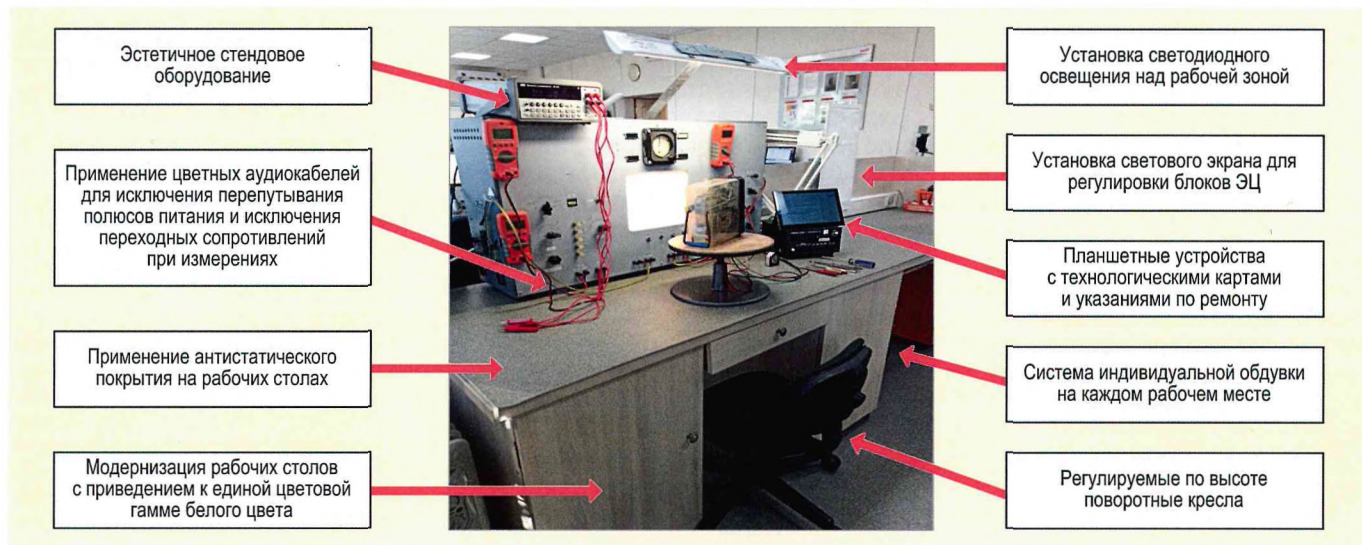


РИС. 1





РИС. 2



РИС. 3

мический эффект 484 тыс. руб. за счет сокращения эксплуатационных расходов на приобретение материалов для выполнения работ по приведению переездной автоматики к требованиям приказа Минтранса № 402 п.53, предусматривающего вывод контроля исправности переездной сигнализации к дежурному ближайшей с переездом станции. Оптимизация процесса контроля состояния переезда дежурным по станции по АПК-ДК представлена на рис. 2.

В номинации «**Лучший агитационный материал – графическая работа**» победителем стала работа Алтайской дистанции СЦБ Западно-Сибирской ДИ по теме «Инструменты бережливого производства для выявления и сокращения потерь».

В ноябре прошлого года на совещании Центрального проектного офиса были подведены итоги работы по приведению структурных подразделений ОАО «РЖД» к эталонному состоянию, основанному на принципах бережливого производства.

Волховстроевская дистанция СЦБ Октябрьской

дирекции инфраструктуры, ставшая пилотным структурным подразделением по приведению предприятия к эталонному состоянию на основе принципов бережливого производства, в 2023–2024 гг. успешно завершила данную работу и была признана эталонной. Пример улучшений по системе 5С представлен на рис. 3.

В текущем году деятельность по совершенствованию производственных процессов в хозяйстве автоматики и телемеханики будет продолжена. Намечено внедрить 197 проектов, более 60 % из них – тиражируемые. Экономический эффект от реализации проектов запланирован на сумму 113,3 млн руб. Кроме того, в качестве приоритетных задач определены: реализация личных проектов главных инженеров служб автоматики и телемеханики и тиражирование в дистанциях СЦБ всей сети методики приведения дистанций к эталонному состоянию на принципах бережливого производства, отработанной в Волховстроевской дистанции.

# ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И УХОД ОТ ПОТЕРЬ



**ПОДВОРНЫЙ**  
**Павел Валерьевич,**  
 ОАО «РЖД», Центральная станция связи, служба технологического обеспечения и промышленной безопасности, заместитель начальника службы – начальник отдела охраны труда и безопасности, канд. техн. наук, Москва, Россия



**ВАВКИН**  
**Константин Юрьевич,**  
 ОАО «РЖД», Центральная станция связи, служба технологического обеспечения и промышленной безопасности, ведущий инженер, Москва, Россия

**В прошлом году в Центральной станции связи реализован 141 проект бережливого производства, среди них 72 новых функциональных проекта и 68 – тиражируемых. При этом 80 проектов являются мультифункциональными. Внедрение улучшений в производственные процессы филиала позволило достичь экономии более 12 млн руб., что на 24 % больше запланированного показателя.**

■ Наиболее высоких результатов добились коллективы Ярославской, Московской и Воронежской дирекций связи. Каждая из них получила экономический эффект свыше 1 млн руб.

В дирекциях связи функционируют проектные офисы, а в региональных центрах связи оперативные рабочие группы (ОРГ), которые реализуют функциональные проекты в рамках предприятий, а также участвуют в мультифункциональных проектах (МФП). За прошедший год экономический эффект только от реализации МФП увеличился на 69 % по сравнению с предыдущим годом и составил 7,8 млн руб.

Из реализованных в прошлом году улучшений отметим проекты, рекомендованные к дальнейшему тиражированию.

«*Оптимизация процесса ремонта микротелефонной трубки на РС-46МЦ*» является мультифункциональным проектом команды Челябинского РЦС Челябинской дирекции связи. В процессе эксплуатации стационарных радиостанций поездной радиосвязи типа РС-46МЦ часто появляются дефекты пластиковых тангент микротелефонных трубок МТТ, входящих в комплект радиостанций. При этом изделие не подлежит ремонту, а завод-изготовитель

не поставляет тангенты отдельно. Соответственно, до реализации проекта при выходе из строя тангенты приходилось приобретать микротелефонные трубки МТТ в сборе.

Для обеспечения безотказной эксплуатации устройств электро-связи и непрерывной перевозочной деятельности, а также сокращения затрат старший электромеханик Челябинского РЦС А.Е. Мучкин предложил изготавливать пластиковые тангенты при помощи 3D-принтера с использованием PLA-пластика. Такие изделия обладают необходимыми техническими характеристиками, как и заводские тангенты МТТ. Кроме того, материал полностью нетоксичен, безопасен для человека и окружающей среды, так как при его изготовлении используются возобновляемые ресурсы.

Совместно с Челябинской детской железной дорогой разработан чертеж, выполнены пластиковые детали на 3D-принтере, а также проведена опытная эксплуатация оборудования с учетом монтажа изготовленных запчастей. Кроме того, в ходе реализации проекта бережливого производства были сокращены непроизводственные потери на доставку новых трубок МТТ.

«*Модернизация схемы электро-*

*питания 24 В дома связи*» – функциональный проект команды Сургутского РЦС Екатеринбургской дирекции связи. Существующая схема обеспечивала электропитание устройств связи 24 В с применением выпрямительного устройства ВУТ 31/250. С целью повышения энергоэффективности и надежности работы устройств связи были внесены изменения в схему электропитания путем включения двух преобразователей напряжения SD-150С-24 и исключения выпрямительного устройства ВУТ 31/250.

Функциональный проект Курганского РЦС Челябинской дирекции связи «*Организация «экосистемы» в комнате связи*» позволил исключить случаи привлечения дежурного по станции для проверки помещения связи при срабатывании охранно-пожарной сигнализации, а также сократить затраты на потребление электроэнергии.

Мультифункциональный проект «*Сокращение затрат на обслуживание аккумуляторных батарей*» реализован в Новосибирском РЦС Новосибирской дирекции связи. Для бесперебойной работы оборудования железнодорожной электросвязи используются аккумуляторные батареи различных производителей. При сравнении технических характеристик разных

видов аккумуляторных батарей для организации резерва электропитания АТС было предложено использование батареи Oerlikon в количестве 6 шт. Ранее резервное электропитание станции осуществлялось от 40 батарей другой марки. Сокращение количества батарей позволило не только снизить затраты на материалы, но и уменьшить объем отходов II класса.

Команда Архангельского РЦС Ярославской дирекции связи внедрила функциональный проект «Снижение затрат на метрологическое обслуживание средств измерений». Анализ перечня средств измерений для проведения поверки/калибровки в метрологических лабораториях выявил приборы, не требующие проведения таких работ. С Департаментом технической политики проведены мероприятия по исключению определенного типа средств измерений из планового метрологического обслуживания в лицензированных метрологических лабораториях. В результате эти средства измерений переведены в разряд индикаторов.

Мультифункциональный проект «Поддержание оптимального температурного режима в модулях связи» выполнен Мичуринским РЦС Воронежской дирекции связи. В ходе реализации проекта установлен температурный контроллер, который необходим для регулирования отопительных электронагревателей в зависимости от температуры окружающей среды. Автоматическая регулировка обогревательных элементов снизила риск возникновения пожароопасного состояния в помещении.

Проектные команды и работники ЦСС принимают активное

участие в ежегодном конкурсе ОАО «РЖД» по бережливому производству. Конкурс проводится в несколько этапов. На первом этапе региональные центры связи формируют заявки и направляют их в проектный офис дирекции связи. Конкурсные работы распределяются по номинациям: лучшие функциональный проект, рабочее место по системе 5С, агитационный материал, мультифункциональный проект, карта потока создания ценности.

На конкурс в номинации «**Лучшее рабочее место по системе 5С**» в прошлом году поступили 14 заявок. Все они были рассмотрены проектным офисом Центральной станции связи.

По итогам конкурса первое место заняла Калининградская дирекция связи, представившая улучшенное рабочее место инженера ЦТО. В команду проекта вошли начальник участка производства В.Г. Царевский и инженер Ю.С. Белецкая. В процессе реализации проекта были определены предметы для перемещения в «зону красных бирок» на 30 суток. Невостребованные за этот срок вещи были утилизированы.

Кроме этого, применение средств визуального управления позволило организовать удобное расположение необходимых для работы предметов и технических средств, составить график уборки рабочего места. После реализации проекта на рабочем месте инженера стало находиться минимум предметов и техники. Часть инвентаря расположилась в легкодоступных местах хранения и промаркирована, что повысило эффективность труда и исключило отвлечение работника от выполнения произ-

водственных задач. Рабочее место инженера ЦТО до и после реализации проекта представлено на рис. 1 и 2 соответственно.

В конкурсе на звание «**Лучший функциональный проект**» приняли участие все дирекции связи. Среди номинантов победителем стал проект Ижевского РЦС Нижегородской дирекции связи «Оптимизация расходов на источники внешних синхронизаций». В команду проекта вошли главный инженер РЦС И.Ф. Шафигуллин, первый заместитель начальника центра С.В. Рыбаков, ведущий инженер А.И. Кочетков и электромеханик М.С. Оболевцева. Цель проекта – оптимизировать затраты при оказании услуг предоставления опорных сигналов синхронизации в точках присоединения.

На момент реализации на двух станциях синхронизация была подключена от внешнего источника и оборудования, на третьей станции только от оборудования. Командой принято решение без ущерба функциональности оптимизировать каналы синхронизации.

Для участия в конкурсе в номинации «**Лучший агитационный материал**» в прошлом году от дирекции связи подано семь заявок. При подведении итогов финального этапа конкурса ОАО «РЖД» заявка Воронежской дирекции связи заняла почетное третье место. В команду проекта вошли начальник технического отдела Ж.В. Соболева и электромеханик А.А. Дикарева.

Агитационный материал направлен на развитие мотивации применения системы 5С и на ее визуализацию в офисном пространстве. Наглядно продемонстрировано соблюдение принципов системы 5С и приведены примеры неверных действий. Сделан акцент на том, что порядок на рабочем месте становится отправной точкой для поиска и устранения потерь и эффективной организации производственной деятельности. Это позволяет увидеть другие инструменты бережливого производства, что в итоге приводит к положительным изменениям.

Поздравляем всех участников проектов по бережливому производству с достигнутыми результатами и желаем дальнейших успехов в улучшении производственных процессов.



РИС. 1



РИС. 2

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТОКОВЫХ ЗАЩИТ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ПОСТОВ ЭЦ



**ОЖИГАНОВ**  
Николай Васильевич,  
ОАО «РЖД», Северо-Кавказская дирекция по энергообеспечению, ведущий инженер, г. Ростов-на-Дону, Россия



**ПОПОВ**  
Алексей Александрович,  
ОАО «РЖД», Северо-Кавказская дирекция по энергообеспечению, ведущий инженер Дорожной электротехнической лаборатории, г. Ростов-на-Дону, Россия

В Северо-Кавказскую дирекцию по энергообеспечению на рассмотрение поступил проект первой редакции свода правил (СП). Отмечая несомненные достоинства этого документа, на длительное время определяющего направление развития железнодорожной автоматики, нельзя не отметить, что некоторые положения, исходя из опыта эксплуатации устройств ЖАТ с микропроцессорной элементной базой, нуждаются в корректировке. Это касается не только места расположения исполнительных устройств защиты от сверхтока, защиты от перенапряжений, порядка расчета селективности защит, но и самого алгоритма по локализации и своевременности отключения электропитания при аварийной ситуации. Также, по мнению работников энергохозяйства, при составлении проектов строительства и разработки новых устройств ЖАТ необходимо более взвешенно оценивать реальные возможности сложившейся системы нетягового электроснабжения, особенно по показателям качества электроэнергии, получаемой от тяговых подстанций.

■ В связи с разработкой проекта первой редакции свода правил (СП) «Железнодорожная автоматика и телемеханика. Правила проектирования» взамен СП 235.1326000.2015 необходимо внести замечания по совершенствованию токовых защит электропитания постов ЭЦ. В разработанном проекте значительное внимание уделяется проблеме защиты от перенапряжений, но информация по защитах от сверхтока, возникающего от перегрузки или короткого замыкания, по-прежнему содержит архаичные, не оправдавшие себя технические решения.

Согласно проекту СП для электропитания служебно-технических зданий железнодорожной автоматики и телемеханики предусматривается две низковольтные кабельные линии от источников, допускающих подключение потребителей первой категории надежности. В качестве этих источников могут быть комплектные трансформаторные подстанции (КТП) системы нетягового электроснабжения железной дороги или трансформаторные подстанции (ТП) местных районных электрических сетей.

Электроснабжение служебно-технических зданий с оборудованием электрической централизации и систем интервального регулирования с централизованным размещением аппаратуры предусматривается от общих устройств электропитания с потребителями различной балансовой принадлежности. При этом к электропитанию допускается подключение потребителей всех категорий по надежности электроснабжения.

Электроснабжение узлов связи, совмещенных с постами ЭЦ, предусмотрено от отдельного вводного устройства (ВУ) или вводно-распределительного устройства (ВРУ). Для резервного электроснабжения используют один общий автоматизированный автоматический дизель-генератор (ДГА) или отдельный, только для устройств связи. Автоматизацию управления общего ДГА увязывают с вводной панелью поста ЭЦ, а отдельного – от своего ВУ или ВРУ.

Из этого следует, что согласно проекту СП на вводе питающих силовых кабелей с напряжением 220/380 В в служебно-техническом здании по-прежнему остается ВУ в виде архаичных ЦВГП, ЦВПУ, ВУФ или их аналогов, оснащенных защитами от перенапряжений, но не оснащенных первой ступенью защит от сверхтока, который возникает от перегрузки или короткого замыкания. Все применяемые сегодня ЦВГП, ЦВПУ, ВУФ оснащены коммутационными аппаратами для разрыва цепи электропитания только с ручным или дистанционным управлением, но они не имеют функцию автоматического отключения в аварийной ситуации.

Функция дистанционного отключения электропитания служебно-технических зданий передана на кнопку к дежурному по станции (ДСП) и находится под контролем неэлектротехнического персонала. Более того, отключение производится только на ВУ служебно-технических зданий, а не на шите 0,4 кВ источника электропитания, и питающий кабель остается под напряжением. Вследствие этого, при

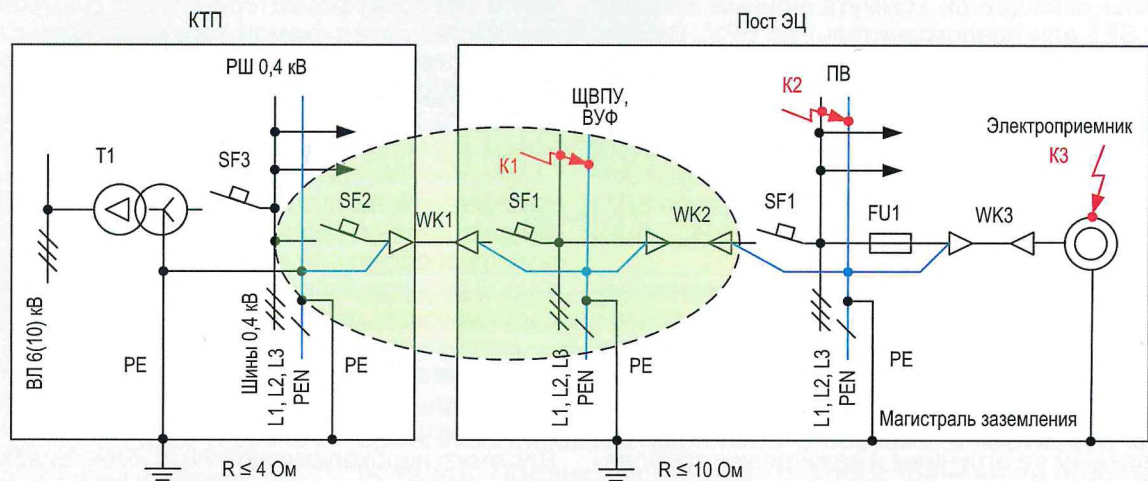


РИС. 1

возникновении пожара пожарная команда не может приступить к тушению, пока вручную не будут отключены питающие кабели на КТП или ТП.

Требуется решения проблема повышения пожаро-защищенности вводных устройств электропитания. Правила устройства электроустановок (ПУЭ-6) п.4.1.8 требуют такого расположения приборов защиты, чтобы возникающие в них при эксплуатации искры или электрические дуги не могли причинять вреда, воспламенять или повреждать окружающие предметы. Этим условиям не соответствует практика установки устройств от перенапряжений без защитных кожухов в одном общем отсеке ЩВП, ЩВПУ, ВУФ.

Еще более серьезной проблемой является то, что первая ступень токовых защит на постах ЭЦ расположена не на вводе питающего кабеля в служебно-техническое здание, а далее по ходу энергии на «вводной панели» (ПВ). Схема построения токовых защит поста ЭЦ приведена на рис. 1. На границе эксплуатационной ответственности на вводе низковольтного кабеля в ЩВП, ЩВПУ и ВУФ устанавливается коммутационный аппарат (автомат SF1), не оснащенный токовыми защитами. Вследствие этого основной защитой до ПВ оказываются токовые защиты на КТП, выбираемые на одну или две ступени выше по току срабатывания, чем первая на ПВ.

Целесообразность построения и сохранения при

модернизации устройств ЖАТ данного алгоритма работы токовых защит для специалистов-энергетиков других хозяйств железной дороги не понятна. Обращаем внимание, что Правила устройства электроустановок (ПУЭ-6) п.3.1.15 требуют установки аппаратов защиты, как правило, в местах сети, где сечение проводника уменьшается (по направлению к месту потребления электроэнергии) или где это необходимо для обеспечения чувствительности и селективности.

При установке первой ступени токовой защиты на ПВ получается, что фактически защита на КТП должна защищать значительный участок сети на посту ЭЦ. Несомненно, токовая защита на КТП должна выполнять функцию резервирования, но ток срабатывания и время отключения аварии у нее намного больше.

Если принять предложенный проект СП, то в служебно-технических зданиях возникнут сложности по созданию селективности токовых защит электропитания на КТП (ТП) и нескольких потребителей различной балансовой принадлежности.

Типовая схема низковольтного фидера объекта неягового электроснабжения (грузовой двор, служебно-техническое здание и др.) приведена на рис. 2. От КТП прокладывается низковольтный кабель до вводно-распределительного устройства (ВРУ) неягового потребителя. Для отключения короткого замыкания на ВРУ (точка К1) первой ступенью токо-

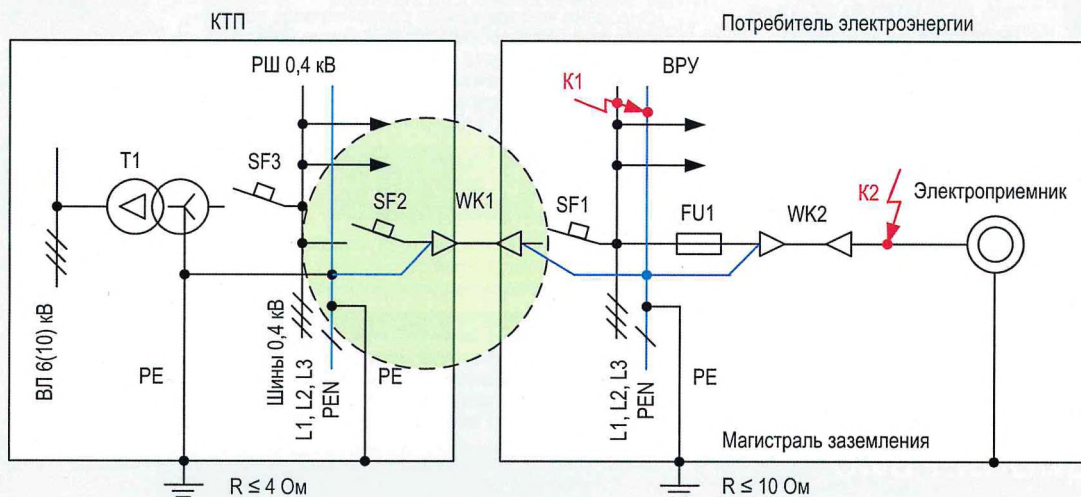


РИС. 2

вой защиты оснащается коммутационный аппарат (автомат SF1 или предохранитель) на ВРУ. Вторая (резервная) ступень токовой защиты при аварии на вводе у потребителя устанавливается на распределительном щите на КТП (автомат SF2).

Защита электроприемника в первую очередь обеспечивается предохранителем FU1 на отходящей к нему линии. Резервной защитой оказывается SF1. Так обеспечивается принцип резервирования и селективности токовых защит.

Необходима также корректировка методики расчетов токов однофазного короткого замыкания постов ЭЦ. Существующая методика расчета составлена в 2000 г. В 2003 г. вступила в действие гл. 1.7 Правил устройства электроустановок (ПУЭ) 7 редакции, принципиально меняющая выбор низковольтных токовых защит. Главным ее отличием и важнейшим требованием является обеспечение отключения аварийного сверхтока за время не более 5 с. Этим усложняются условия электро- и пожарной безопасности. В методике 2000 г. время отключения при появлении в цепи сверхтока не регламентируется. Необходимо привести методики к современной нормативной базе.

Как несомненное достоинство нового СП следует считать требование при выборе силовых трехфазных трансформаторов мощностью до 250 кВ·А применять нечетную схему соединения обмоток «звезда-зигзаг с нулем» или «треугольник-звезда с нулем». В трансформаторах нечетной группы соединения обмоток токи нулевой последовательности, возникающие вследствие несимметрии нагрузок или несимметрии питающего напряжения, замыкаются внутри обмоток.

Такой тип трансформаторов имеет следующие преимущества перед схемой «звезда-звезда с нулем»: сопротивление нулевой последовательности в несколько раз меньше, увеличивается ток однофазного короткого замыкания, что значительно уменьшает время отключения аварии;

фазное напряжение 220 В при несимметрии однофазных нагрузок по фазам трехфазной сети более стабильно, а следовательно, и лучше качество электроэнергии;

в выходном напряжении меньше гармонических составляющих непромышленной частоты; нагрев и гудение магнитопровода уменьшены.

Принимая требования новых СП необходимо учитывать, что ждет решения проблема переноса на ввод электропитания первой ступени токовых защит. Для этого необходимо заменить имеющиеся автоматические выключатели на ЩВП, ЩВПУ и на ВУФ на автоматы, выбранные по номинальному току нагрузки и по условию селективности защит на КТП. При этом возможно сохранение существующих коммутационных аппаратов на ПВ как резервных.

При разработке новых устройств электропитания, устанавливаемых на границе эксплуатационной ответственности хозяйств электроснабжения и железнодорожной автоматики, необходим комплексный подход с учетом опыта эксплуатации. Совершенствование СП «Железнодорожная автоматика и телемеханика. Правила проектирования» и пересмотр технических решений являются залогом появления новых, более надежных, устройств электропитания на долгую перспективу.

## ПЗФ-300

Измеритель параметров УЗО и сопротивления сети

Гарантия 36 месяцев



НОВИНКА!

- Проверка параметров общих и селективных УЗО типов А, АС с номинальными дифференциальными токами 10, 30, 100, 300 и 500 мА при протекании синусоидального и пульсирующего постоянного тока с углом задержки фазы 0, 90 и 135°;
- измерение полного сопротивления петли «фаза-нуль» и «фаза-фаза» от 0,01 до 300 Ом с вычислением прогнозируемого тока КЗ от 0,001 до 24 (41) кА;
- измерение сопротивления металlosвязи от 0,01 до 20 Ом;
- измерение напряжения переменного тока L-N от 10 до 450 В, L-PE и N-PE от 10 до 300 В;
- рабочие условия эксплуатации прибора от -15 до +55 °С.

### ОСОБЕННОСТИ:

- измерение напряжения прикосновения при протекании номинального дифференциального тока УЗО;
- проведение испытаний в автоматическом режиме по заранее выбранной программе;
- магнитный держатель;
- беспроводная связь с ПК (Bluetooth), память на 10 000 измерений;
- межповерочный интервал 2 года.



на правах рекламы



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



## Е6-31, Е6-31/1, Е6-32

Мегаомметры

Гарантия 24 месяца

- Индикация остаточного напряжения на объекте по окончании измерения;
- работа в условиях сильных помех.

Прибор	Е6-32	Е6-31	Е6-31/1
Измерение сопротивления изоляции	от 1 кОм до 300 ГОм		до 10 ГОм
Испытательные напряжения	от 50 до 2500 В с шагом 10 В	500, 1000, 2500 В	100, 250, 500, 1000 В

### ДОПОЛНИТЕЛЬНО ДЛЯ Е6-32:

- измерение классификационного напряжения ограничителей перенапряжения от 100 В до 1500 В;
- измерение напряжения пробоя разрядников от 100 В до 3000 В;
- измерение электрического сопротивления постоянному току (металлосвязь) от 0,01 Ом до 9,99 Ом;
- расчет коэффициента поляризации;
- измерение переходного сопротивления изоляционного покрытия трубопроводов согласно ГОСТ 9.602-2005;
- обработка данных в программе RS-Terminal®.



Е6-32: Связь с ПК через Bluetooth

## ИС-20, ИС-20/1

Измерители сопротивления заземления

Гарантия 24 месяца

- Измерение сопротивления заземления трех- или четырехпроводным методом;
- вычисление удельного сопротивления грунта в Ом/м.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНО ДЛЯ ИС-20/1:

- измерение сопротивления без вспомогательных электродов с применением двух клещей;
- измерение сопротивления единичного заземлителя в многоэлементной системе без разрыва цепи.





**ЗАПОЛЬСКАЯ**  
**Екатерина Владимировна,**  
 ОАО «РЖД», Проектно-кон-  
 структорско-технологическое  
 бюро по системам информа-  
 тизации – Центр цифровых  
 технологий, отдел управления  
 тяговыми ресурсами, техно-  
 лог, Москва, Россия

УДК 004.6  
 DOI: 10.62994/AT.2025.4.4.006

## ВЫБОР МЕТОДОВ ДЛЯ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА

**Ключевые слова:** техническое состояние, предиктивная аналитика, математическая модель, статистическое моделирование

**Аннотация.** В статье рассмотрены этапы разработки математической модели для предиктивной аналитики технического состояния тягового подвижного состава, в частности электропоездов. Проанализированы распространенные подходы к построению математической модели предиктивной аналитики для осуществления анализа технического состояния электропоездов. Сделан выбор в пользу сочетания кластерного анализа, байесовского анализа и анализа методом Маркова.

■ Математическое моделирование получило широкое применение во многих отраслях экономики, причем его характер и особенности зависят от конкретной задачи.

Математическое моделирование заключается в построении упрощенного описания в виде математических соотношений для замены оригинального объекта или явления в целях изучения и составления представления об исходном явлении [1]. При этом имитационное моделирование, как составляющая математического моделирования, предполагает создание образа системы в процессе анализа данных о ее поведении [2]. К методам имитационного моделирования относятся создание статистических моделей [3] и проведение исследования с использованием специализированных компьютерных программ и пакетов моделирования с учетом его различий в технологии. Выбор используемых методов определяется целями моделирования и условиями проведения исследования.

Перечисленные виды математического моделирования без указания остальных ветвей представлены на рисунке.

Математическая модель предиктивной аналитики технического состояния тягового подвижного состава (ТПС) по событиям на железной дороге разрабатывается для прогнозирования его дальнейшего развития на основе данных об истории операций и ремонтов ТПС. Для этой цели в статье ис-

пользованы теоретические методы – анализ и сравнение.

Математическая модель предиктивной аналитики технического состояния объекта железнодорожного транспорта представляет собой совокупность математических, в том числе статистических методов. Они применяются для оценки технического состояния исследуемого объекта и прогнозирования его возможных неисправностей или прочих интересующих явлений на основе анализа. Среди основных этапов построения модели можно выделить следующие.

**Сбор данных об исследуемом объекте.** Первая стадия включает подбор исторических сведений о характеристиках и работе объекта, а также архивную информацию о прошлых неисправностях, техническом состоянии и ремонтах объекта железнодорожного транспорта.

**Предобработка собранных дан-**

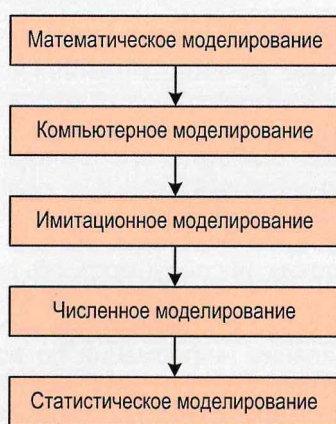
**ных.** На этой стадии сведения очищаются (исключаются некорректные данные в выборке, заполняются пропуски и др.), нормализуются и приводятся к единому формату, достаточному для анализа.

**Выбор признаков.** Из большого объема данных выбираются наиболее значимые параметры (признаки), которые влияют на техническое состояние исследуемого объекта. Это может быть достигнуто с помощью методов отбора признаков, например, путем использования специализированных программ или алгоритмов машинного обучения или экспертным анализом визуализированной информации.

**Построение модели.** На основе выбранных признаков строится статистическая математическая модель. Модели могут быть разнообразными в зависимости от целей исследования и характера используемых данных об объекте (регрессионные, деревья решений, модели на основе машинного обучения – случайные леса, градиентный бустинг, нейронные сети и др.).

**Обучение модели на основе машинного обучения.** Модель обучается на тренировочном наборе данных, где исследователем однозначно классифицируются возможные варианты технического состояния объекта как «нормальное» или «некорректное».

**Валидация модели.** Это проверка соответствия математической модели исследуемому реальному объекту. После обучения модель



проверяется для оценки ее точности и способности предсказывать состояние объекта. Используются критерии оценки качества, такие как точность, полнота и др.

**Прогнозирование.** На основе модели формируется прогноз технического состояния объекта.

**Корректировки и обновление модели.** Модель должна регулярно обновляться на основе новых данных, анализа работы модели и результатов диагностики для поддержания актуальности и точности работы.

**Визуализация и интерпретация результатов.** Результаты анализа представляются в удобном для восприятия визуальном формате, например, с помощью графиков, диаграмм и отчетов.

Применение предиктивной аналитики объекта железнодорожного транспорта, в частности ТПС на примере электропоездов, могло бы способствовать повышению надежности и эффективности эксплуатации, в том числе снижению затрат на их обслуживание.

Представленным этапам создания математической модели предшествует подбор методов визуализации данных в виде построения графиков и диаграмм для анализа и определения основных метрик (количественных признаков), характеризующих историю операций и ремонтов ТПС на примере электропоездов серий «Ласточка». Это необходимо для выявления трендов и паттернов в поведении исследуемых объектов и сравнения разных периодов эксплуатации ТПС. Уточнение, как и выбор метода для модели классификации данных, опирается на характер исследуемых данных, взятых за основу для построения прогноза.

В статье рассмотрен подготовительный этап анализа сведений из моторвагонной модели Автоматизированной системы оперативного управления перевозками (АСО-УП-3) [4] для работы соответствующей подсистемы предполагаемой Автоматизированной системы анализа работоспособности тягового подвижного состава железных дорог (АСАРТ) [5].

Сведения моторвагонной модели базы данных для определения метрик анализа можно визуализировать, например, графическими средствами систем MathCad и MatLab [6] или другими аналогами. В случае визуализации данных об

истории операций и ремонтов электропоездов серий «Ласточка» основной акцент может быть сделан на вариативность и наглядность графиков и диаграмм, что допускает выбор в пользу популярных средств типа Microsoft Excel.

Встроенные инструменты и функции Excel доступны для использования при визуализации больших объемов данных. Например, сводные таблицы позволяют агрегировать и обобщать большие объемы данных. На основе созданной таблицы строится сводная диаграмма или диаграммы одного или нескольких видов – столбчатая, линейная, круговая и др. Дополнительным условным форматированием можно выделять акценты для улучшения визуальной интерпретации больших данных. Таким образом, средства Excel предлагают разнообразие для анализа больших объемов данных и экспертного анализа информации.

Для последующей классификации и обработки данных доступен метод кластерного анализа, применяемый для группировки объектов на основе их характеристик. Подход предполагает выбор способа кластеризации, например, иерархическая кластеризация и число кластеров. Для группировки и классификации объектов исследования также широко используется модель «дерево решений», предполагающая бинарное последовательное разделение ветвей дерева. Для построения дерева решений в рамках машинного обучения можно воспользоваться специализированным пакетом в одном из доступных средств: Google Colab, Kaggle Kernels или Jupyter Notebook.

Распространенным инструментом для анализа статистических данных является байесовский анализ, предназначенный для оценки вероятности наступления ожидаемого состояния исследуемого объекта. Основывается метод на теореме Байеса, позволяющей определить вероятности на основе известных сведений.

Еще один распространенный метод – Марковские цепи. Анализ по модели Маркова предполагает построение переходов из одного состояния исследуемого объекта в другие с течением времени. Предполагается обязательное распределение информации по всем предусмотренным для анализа видам характеристик, например, для электропоездов: «норма», «ве-

роятность поломки», «в ремонте», «поломка» и другие сочетания. При данном подходе анализируются переходы между заданными маркерами по архивным данным, строятся матрицы переходов с возможными вероятностями. В результате составляется прогноз на дальнейшие вероятности технического состояния исследуемых объектов.

Рассмотренные методы анализа могут быть использованы совместно для создания комплексной предиктивной аналитики в сочетании с особенностями каждого подхода. При последовательном применении кластерный анализ может служить для сегментирования и классификации данных. Далее кластеры могут использоваться в виде входных параметров для проведения байесовского анализа, который учитывает неопределенности в анализе. Результаты могут быть использованы в модели Маркова, анализ по которой поможет предсказывать техническое состояние объекта во времени. Успешная интеграция этих методов способствует представлению достаточно качественного анализа технического состояния ТПС.

Таким образом, выбор методов анализа отталкивается от его цели и характеристик исходной информации. Сочетание нескольких близких подходов анализа данных может придать эффект наложения и усиления обработки истории операций и ремонтов электропоездов, обеспечивая комплексный взгляд на решение поставленных задач.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Максимова Н.Н. Математическое моделирование: учебно-методическое пособие. Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2019. 88 с.
2. Звонарев С.В. Основы математического моделирования: учебное пособие. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2019. 112 с.
3. Маликов Р.Ф. Основы математического моделирования: учебное пособие. 2 изд. М.: Юрайт, 2022. 403 с.
4. Полукарова Е.В., Корнеева Е.В. Ведение данных о МВПС в системе АСОУП-3 // Автоматика, связь, информатика. 2022. № 4. С. 21–22. DOI: 10.34649/AT.2022.4.4.005. EDN: NYWOTE.
5. Корнеева Е.В., Сидоренко В.Г. Синтез структурной схемы автоматизированной системы анализа работоспособности тягового подвижного состава железных дорог // Интеллектуальные транспортные системы: материалы Международной научно-практической конференции. М.: РУТ (МИИТ), 2022. С. 197–203. EDN: IDDSWA.



# В МИРЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

## РЖД ПЕРЕХОДЯТ НА ОТЕЧЕСТВЕННУЮ СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ

■ Перед РЖД стоит задача по формированию национального стандарта системы управления ресурсами (СУР) для крупных предприятий. Компания совместно с партнерами консолидировала функциональные и технологические требования главных заказчиков страны.

Система управления ресурсами нужна для эффективного управления производством, кадрами, финансами и другими активами крупного бизнеса. Ее внедрение оптимизирует ресурсы компании и значительно уменьшит затраты труда.

Во время пленарного заседания на АКПО-Конф заместитель генерального директора ОАО «РЖД» Е.И. Чаркин рассказал о статусе проекта. Он отметил, что ИТ-архитектура целевой импортонезависимой СУР ОАО «РЖД», стратегия перехода и дорожные карты уже утверждены. На данный момент разработаны 19 подсистем для ЕК АСУТР-2 (управление трудовыми ресурсами) и ЕК АСУФР-3 (финансы и ресурсы), создаются системы защиты информации, запущена первая очередь комплекса систем для управления контрактами и закупками (АС «Договоры», АС «Закупки»).

По словам Е.И. Чаркина, СУР для РЖД является системообразующей платформой, которой пользуются кадровые службы, бухгалтерия и другие подразделения компании. В настоящее время 223 тыс. пользователей СУР работают на отечественном ПО – это 85,77 % от общего числа.

К 2028 г. РЖД планирует завершить переход на отечественное ПО, а в текущем году – предоставить рынку возможность использовать модули, разработанные в сотрудничестве с партнерами. Система основана на открытой архитектуре, что позволит интегрировать любые решения, доступные на рынке, в общую систему.

Проектно-методологическая основа и технические

требования к СУР РЖД совместно с партнерами разрабатываются в рамках Национального центра компетенций (АНО «НЦК ИСУ»).

<https://rzdigital.ru/>

## ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПЛАТФОРМЫ IVA TECHNOLOGIES

■ Платформа видеоконференцсвязи (ВКС) IVA R введена в промышленную эксплуатацию в РЖД. Внедрение платформы длилось год, в течение которого была проведена масштабная интеграция с оборудованием и корпоративными сервисами компании. С ее помощью проведено более 11,5 тыс. мероприятий, обеспечено 400 тыс. подключений. Отечественное решение позволило РЖД оптимизировать затраты на коммуникационную инфраструктуру и повысить безопасность корпоративных переговоров.

Заместитель генерального директора ОАО «РЖД» Е.И. Чаркин оценил возможности платформы: «Система видеоконференцсвязи IVA R создана с учетом специфики РЖД: широкой географии, повышенных требований к устойчивой связи. Есть и понятные перспективы развития платформы: от инструмента для проведения онлайн-совещаний и вебинаров к многофункциональной системе, интегрированной в производственные процессы, такие как, видеоинвентаризация материальных ценностей, удаленные предрейсовые осмотры».

Особенностью проекта стало развертывание платформы IVA R в уникальном технологическом контуре. Для гарантии стабильной работы системы создана серверная инфраструктура с активным кластером.

Система поддерживает виртуальные переговорные комнаты, планирование встреч с интеграцией в MS Outlook, видеоконференции с гибкими настройками доступа, совместную работу с документами, интерактивную «белую доску», обмен файлами и др.

<https://rzdigital.ru/>

**ПОЗДРАВЛЯЕМ  
АО «ЭЛТЕЗА»  
С 20-ЛЕТИЕМ ЮБИЛЕЕМ!**

**НПС // 1520 СИГНАЛ**



**Благодарим за многолетнее сотрудничество,  
добросовестный труд, богатый опыт, высокий уровень  
профессионализма и ответственности!**

**Надеемся и дальше вместе создавать цифровое будущее!**

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

# СТРЕМЛЕНИЕ К «БЕСШОВНОМУ» ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ

В Москве состоялась 29-я международная выставка транспортно-логистических услуг, складского оборудования и технологий «TransRussia 2025». Около 600 компаний из России, Китая, Турции, Индии, Казахстана, Армении, Азербайджана, ОАЭ, Узбекистана и других стран представили транспортно-логистические услуги и презентовали складское оборудование на экспозиционной площадке.



■ Мероприятие открыла пленарная сессия «Транспортная связанность Евразии в новой архитектуре мирового логистического ландшафта». На ней спикеры обсудили реализацию национальных проектов, перевозки в Китай, развитие транспортных коридоров, меры по стимулированию экспорта и др.

Начал дискуссию заместитель министра транспорта РФ **А.Н. Шило**. Он подчеркнул, что в эпоху перемен важно иметь четкое целеполагание. К 2030 г. объемы перевозок по международным транспортным коридорам должны вырасти в 1,5 раза по сравнению с уровнем 2021 г., а экспорт несырьевых неэнергетических товаров должны увеличиться не менее чем на две трети от показателей 2023 г.

Ключевым является национальный проект «Эффективная транспортная система». В рамках его реализации была сформирована система администрирования, появились методики оценки достижения результатов. Завершается работа по корректировке дорожных карт по развитию МТК. Дополнения связаны с инфраструктурой, цифровизацией, нормотворчеством, взаимодействием с зарубежными партнерами.

Главным инфраструктурным проектом остается развитие железных дорог Восточного полигона, провозная мощность которого к 2032 г. должна вырасти

до 270 млн т. «Даже в сегодняшних сложных условиях ОАО «РЖД» взвешенно подошло к формированию инвестиционной программы. Ни один из важных проектов не остановлен. Идет проектирование, ведутся работы», – отметил А.Н. Шило.

Первый заместитель генерального директора ОАО «РЖД» **С.А. Павлов** отметил, что развитие инфраструктуры – неизменный приоритет компании.

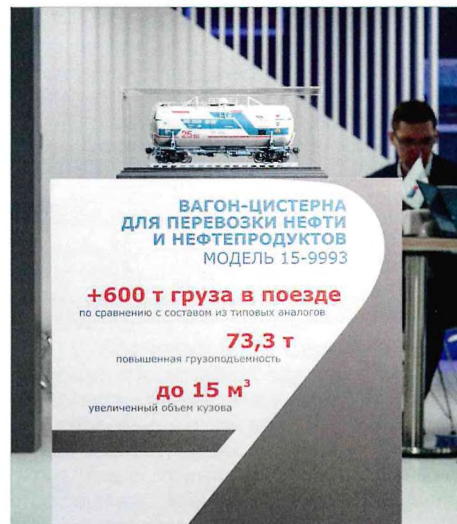
Кроме того, важным направлением на сегодняшний день является дальнейшее развитие грузоперевозок с Китаем. В прошлом году перевозки в сообщении с КНР достигли исторического максимума в 175 млн т. В текущем году этот тренд сохраняется. Перевезено уже более 30 млн т грузов, что на 9,3 % больше, чем за аналогичный период прошлого года.

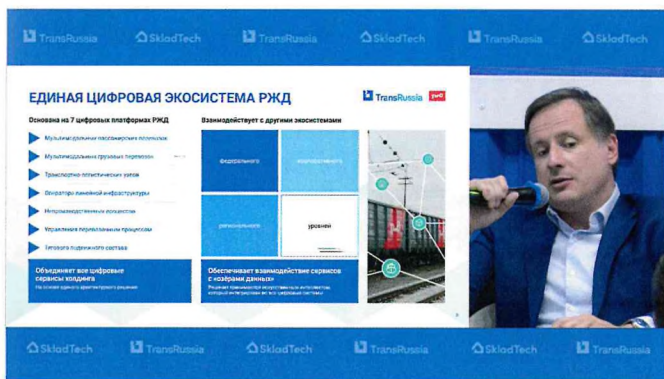
Рост международных перевозок на восточном направлении в том числе обеспечивается совместными усилиями с евразийскими партнерами, прежде всего железными дорогами Беларуси и Казахстана.

Возрастает роль Монголии как транзитного коридора между Россией и Китаем. В 2024 г. объем транспортировки по сети Улан-Баторской железной дороги достиг рекордной отметки в 33,4 млн т. К 2030 г. грузоперевозки планируется нарастить в 1,5 раза до 50 млн т.



На выставочной экспозиции





Выступление Е.И. Чаркина на сессии

Для развития и повышения привлекательности МТК «Север – Юг» будут дополнительно снижены тарифы на перевозки по восточной ветке коридора, проходящей через Россию, Казахстан, Туркменистан и Иран. Такое решение было принято на встрече представителей железнодорожных администраций четырех стран.

На выставке был представлен весь комплекс грузовых перевозок: железнодорожных, автомобильных, морских и воздушных. Участие в выставке приняли логистические и экспедиторские компании, портовые операторы, разработчики и поставщики ИТ-решений, таможенные брокеры, страховые компании.

Компания «Объединенная вагонная компания» представила вагоны нового поколения. Они отличаются увеличенным объемом кузова и повышенной грузоподъемностью. За счет улучшенных показателей прочности кузова и ходовой части достигнуто значительное увеличение срока их службы. При этом нормативный межремонтный период эксплуатации возрос практически вдвое.

В рамках деловой программы прошло шесть конференций и более 25 сессий. Спикеры обсудили развитие международной торговли и транспортных коридоров, меры господдержки, развитие мультимодальных контейнерных перевозок, национальный проект «Транспорт» и многое другое.

Дискуссионная сессия «ГИС ЭПД и «ГосЛог»: цифровая трансформация транспортной отрасли» была посвящена комплексному рассмотрению внедрения Государственной информационной системы электронных перевозочных документов (ГИС ЭПД) и ее роли в создании Национальной цифровой транспортно-логистической платформы «ГосЛог».

Участники сессии рассмотрели расширение функционала ГИС ЭПД на водный транспорт и мультимодальные перевозки, планируемое обязательное внедрение электронного документооборота для критических категорий грузов (опасные, зерно, и др.) с целью повышения прозрачности и эффективности, а также вклад ГИС ЭПД в формирование платформы «ГосЛог» для оптимизации логистических процессов, прогнозирования спроса на перевозки и интеграции с международными системами.

«Российские железные дороги развивают экосистемный подход при внедрении цифровых решений внутри компании и за ее контуром», – рассказал заместитель генерального директора ОАО «РЖД» **Е.И. Чаркин**.

Сегодня единая цифровая экосистема РЖД объединяет сервисы компании и включает семь циф-

ровых платформ: мультимодальных пассажирских перевозок, мультимодальных грузовых перевозок, транспортно-логистических узлов, тягового подвижного состава, оператора линейной инфраструктуры, непроизводственных процессов и управления перевозочным процессом.

Планируется, что к 2030 г. благодаря экосистемной интеграции информационных систем ОАО «РЖД» с государственными платформами и системами операторов разных видов транспорта будет выстроено «бесшовное» взаимодействие и мультимодальная логистика с участниками рынка транспортных услуг.

Успешным примером такого сотрудничества можно назвать стыковку железнодорожной системы «Электронная транспортная накладная» (АС ЭТРАН) и Государственной информационной системы электронных перевозочных документов (ГИС ЭПД).

Электронный обмен уже отработан между железнодорожным и автомобильным транспортом, планируется присоединение предприятий водного транспорта.

По словам Е.И. Чаркина, взаимодействие с клиентами является ключевым драйвером цифровизации холдинга. Сейчас взаимодействие с 90 % грузоотправителей происходит полностью на безбумажной основе. 81 % билетов на поезда дальнего следования продается в электронном виде.

Кроме того, ОАО «РЖД» готово делиться опытом и ресурсами в рамках создания Национальной цифровой транспортно-логистической платформы «ГосЛог» в части наполнения реестров, дизайна транспортных документов для импортных и экспортных операций, прослеживаемости грузов, сквозного обмена данных и электронного взаимодействия с зарубежными платформами.

Увлекательной получилась кейс-сессия «Как иностранные компании теперь работают с Россией. Из первых рук. Версия 2.0». Спикеры рассуждали о возможном взаимном открытии воздушного пространства и снятии технических ограничений, постепенном уменьшении грузоперевозок с новыми транзитными хабами, восстановлении российских операторов с дальнемагистральным грузовым флотом.

Представитель Узбекистана отметил, что логистическая отрасль его страны переживает этап активного роста и модернизации. Она имеет стратегическое положение для транзитных маршрутов между Азией и Европой, а ключевым фактором успешного развития логистической отрасли Узбекистана является сотрудничество с международными партнерами, в частности с Россией.

ОАО «РЖД» заключило несколько соглашений, в том числе, о взаимодействии в сфере развития контейнерных перевозок и развитии терминально-складской инфраструктуры с транспортной компанией FESCO и логистическим оператором ООО «ЛОГОПЕР».

Выставка «TransRussia 2025» стала наглядным подтверждением того, что логистическая отрасль России находится в активной фазе трансформации. Отечественные компании внедряют решения, способные конкурировать на глобальном уровне. Перемены становятся новой стабильностью, а адаптивность и инновации – главными инструментами успеха в современной логистике.

**НАУМОВА Д.В.**

# ИДЕЯ ОАО «РЖД»

В целях активизации рационализаторской деятельности и дальнейшего развития массовой творческой активности работников и технологического потенциала компании объявлен конкурс рационализаторских предложений «Идея ОАО «РЖД» – 2025». Организация конкурса осуществляется Центром инновационного развития – филиалом ОАО «РЖД».

■ Заявки на участие в конкурсе от подразделений аппарата управления, филиалов и структурных подразделений ОАО «РЖД» принимаются Центром инновационного развития до **12 мая 2025 г.** Форма заявки на участие в конкурсе и перечень необходимых документов установлены Положением о конкурсе (распоряжение ОАО «РЖД» № 2713/р от 20 октября 2022 г.).

В соответствии с Положением о конкурсе заявленные на конкурс рационализаторские предложения оцениваются по таким критериям, как сложность технического решения, инновационность, перспективность использования, качество оформления материалов.

Рационализаторское предложение – техническое или технологическое решение, являющееся новым и полезным для ОАО «РЖД», незначительно изменяющее конструкцию техники, используемую технологию, состав материала, направленное на достижение более высоких показателей деятельности ОАО «РЖД» за счет его применения в сравнении с ранее применявшимся решением или достижения того же результата более эффективным способом.

■ Конкурс проводится по категориям:

рационализаторские предложения, разработанные специалистами ОАО «РЖД» в возрасте старше 35 лет;

рационализаторские предложения, разработанные молодыми специалистами ОАО «РЖД» в возрасте до 35 лет. При наличии среди соавторов лиц старше 35-летнего возраста заявка на конкурс в данной категории не подается;

рационализаторские предложения, разработанные женщинами – работниками ОАО «РЖД».

■ В 2025 г. конкурс проводится по следующим номинациям:

лучшее техническое решение, направленное на импортозамещение;

лучшее техническое решение, относящееся к обслуживанию железнодорожного пути и систем управления движением;

лучшее техническое решение, относящееся к обслуживанию подвижного состава;

лучшее техническое решение, относящееся к обслуживанию средств связи и передачи данных;

лучшее техническое решение, относящееся к обеспечению условий труда на объектах железнодорожного транспорта;

лучшее техническое решение, относящееся к устройствам широкого потребления (системы обогрева, освещения, благоустройства территории и т.п.);

лучшее техническое решение молодого рационализатора (в возрасте до 35 лет), относящееся к любой из номинаций;

лучшее техническое решение рационализатора-женщины, относящееся к любой из номинаций.

■ Победителей конкурса определяет конкурсная комиссия.

Для победителей конкурса в каждой номинации установлены вознаграждения:

одно первое место с денежной премией 80 тыс. руб.;

одно второе место с денежной премией 40 тыс. руб.;

одно третье место с денежной премией 20 тыс. руб.

Также для победителей конкурса в каждой номинации по категории «Рационализаторские предложения, разработанные специалистами ОАО «РЖД» в возрасте старше 35 лет» устанавливаются по три поощрительных премии в размере 10 тыс. руб.

Авторы рационализаторских предложений, занявшие первое, второе и третье места, награждаются дипломами. Денежная премия распределяется между авторами рационализаторского предложения в соответствии с их долей участия, которая указана в заявлении на рационализаторское предложение.

## Уважаемые читатели!

На протяжении века вместе с совершенствованием техники развивался и наш журнал. Сегодня в условиях всеобщей цифровизации наш журнал встал на цифровые рельсы – мы запустили официальный телеграм-канал.

Надеемся, что он, как и наше издание, станет объединяющей информационной площадкой для СЦБистов, связистов, информационщиков, а также представителей других направлений железнодорожного транспорта.

Переходите по ссылке, сканируйте QR-код и подписывайтесь на наш телеграм-канал, чтобы узнавать последние новости о «жизни» дорог и проводимых мероприятиях, интересную информацию о железнодорожном транспорте и не только. До встречи на страницах журнала и в Telegram!

Ссылка на телеграм-канал: [https://t.me/asi\\_journal](https://t.me/asi_journal)



# МОДЕЛЬ КОМПЕТЕНЦИЙ СПЕЦИАЛИСТА В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ



**АПЕНЬКО**  
Светлана Николаевна,  
Омский государственный  
университет им. Ф.М. Дос-  
тоевского, кафедра менед-  
жмента и маркетинга, заве-  
дующая кафедрой, д-р экон.  
наук, г. Омск, Россия



**ДАВЫДОВ**  
Алексей Игоревич,  
Омский государственный уни-  
верситет путей сообщения,  
кафедра «Информационная  
безопасность», доцент, канд.  
техн. наук, г. Омск, Россия



**ЕЛИЗАРОВ**  
Дмитрий Александрович,  
Омский государственный  
университет путей сооб-  
щения, кафедра «Инфор-  
мационная безопасность»,  
заведующий кафедрой, канд.  
техн. наук, г. Омск, Россия



**ЛУКАШ**  
Александр Викторович,  
Омский государственный  
университет путей сообщения,  
заместитель начальника учеб-  
но-методического управления,  
начальник учебного отдела,  
канд. филос. наук,  
г. Омск, Россия

**Ключевые слова:** информационная безопасность, модель компетенций, транспортная отрасль

**Аннотация.** Транспортная отрасль в целом и железнодорожный транспорт в частности являются стратегическими ресурсами для экономики нашей страны. Соответственно автоматизированные системы и каналы связи являются важнейшим объектом защиты. В статье рассмотрены основные направления совершенствования модели подготовки специалистов в области информационной безопасности с учетом особенностей транспортной отрасли.

■ Процессы обеспечения перевозки пассажиров и грузов сопровождаются более 1,6 тыс. информационных систем. Информация передается по сети передачи данных длиной в десятки тысяч километров, объединяющей тысячи компьютеров и 16 центров обработки данных.

В ОАО «РЖД» имеется 289 объектов критической информационной инфраструктуры [1]. При этом количество кибератак на инфраструктуру компании растет с каждым годом [2]. Это делает предприятие уникальным объектом для защиты информации, а, следовательно, требует учитывать эти особенности при подготовке соответствующих специалистов.

Сегодня программы подготовки специалистов и бакалавров по

информационной безопасности функционируют во многих железнодорожных вузах. Омский государственный университет путей сообщения занимается подготовкой таких специалистов уже почти 20 лет.

Помимо обретения специальных знаний и навыков, студенты в процессе обучения должны познакомиться и с некоторыми особенностями, характерными для отечественной железнодорожной отрасли. Среди них: наличие информации, содержащей государственную и корпоративную тайну; значительное количество информационных ресурсов, физически распределенных на огромные расстояния; наличие собственной сети передачи данных; большое количество программного обе-

спечения различной природы происхождения (от написанного специалистами информационно-вычислительных центров до коммерческого иностранного происхождения); наличие большого количества работников, в разной степени владеющих информационными технологиями, а также растущее внимание хакеров и технических разведок недружественных стран к информационной инфраструктуре железнодорожного транспорта.

Рассмотрим сформированную на основе опыта ОмГУПСа модель компетенций специалиста в области информационной безопасности. Она должна состоять, как минимум, из шести этапов формирования:

универсальные компетенции;

базовые естественно-научные и инженерные компетенции;

базовые специальные компетенции в области информационной безопасности;

компетенции в соответствии со специальностью и специализацией;

практическая подготовка, в ходе которой развиваются навыки использования законодательного, нормативного, программного, аппаратного обеспечения системы защиты информации;

надпрофессиональные компетенции.

Универсальные компетенции (системное и критическое мышление, управление проектами, коммуникации, командная работа и лидерство, самоорганизация и саморазвитие, безопасность жизнедеятельности, экономическая культура) важны для сбалансированного развития личности будущего инженера и руководителя.

Базовыми для будущих специалистов в области информационной безопасности, вне зависимости от специальности, являются знания и навыки математического, физического, информационного и правового блоков. Владение основами математического анализа и комбинаторики необходимы для понимания основ криптографии и криптоанализа.

Знания основ передачи сигналов в различных средах, а также квантовой механики важны для понимания процессов защиты каналов связи, а также обнаружения и распознавания сигналов разной природы.

Кроме того, сотрудник в области информационной безопасности должен уметь пользоваться правовыми поисковыми системами в данной сфере в связи с постоянным внесением изменений в нормативные акты.

Следующий этап подготовки специалиста – это формирование базовых специальных компетенций в следующих областях: архитектура вычислительных систем; основы построения и администрирования операционных систем; сетевые технологии; программирование; базы данных и основы построения интеллектуальных систем.

Еще один этап включает формирование компетенций в соответствии со специальностью с учетом специфики транспортной отрасли: для специальности «Информа-

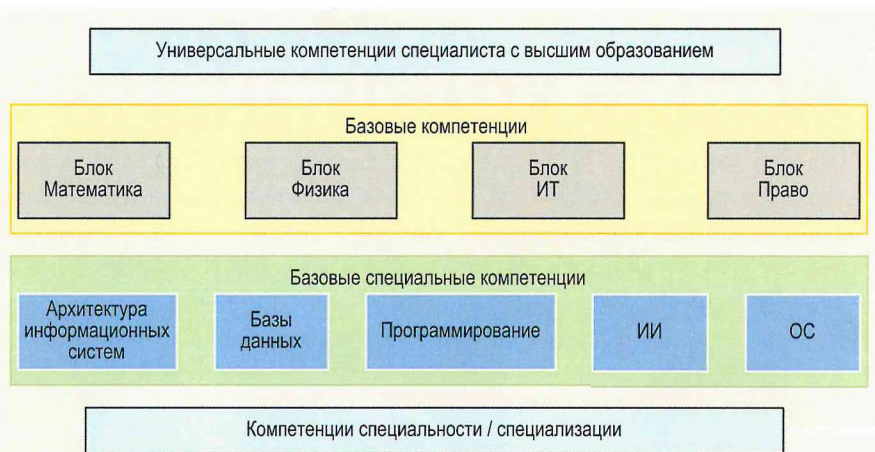


Схема модели компетенций специалиста в области информационной безопасности

ционная безопасность телекоммуникационных систем» важны знания в области теории линейных электрических цепей и радиотехнических сигналов, оптоэлектронных каналов связи, построения безопасных проводных и беспроводных компьютерных сетей, проектирования защищенных телекоммуникационных систем, особенностей обеспечения информационной безопасности в интегрированных телекоммуникационных и информационных сетях транспорта и др.;

для специальности «Информационная безопасность автоматизированных систем» определяющими компетенциями становятся защита систем электронного документооборота, разработка и эксплуатация автоматизированных систем в защищенном исполнении, безопасность микропроцессорных систем и др.;

студенты специальности «Информационно-аналитические системы безопасности» осваивают

компетенции в администрировании автоматизированных систем, эксплуатации систем информационно-аналитического мониторинга, знании методов выявления нарушений информационной безопасности и аттестации объектов информатизации на железнодорожном транспорте, защите информации от утечек по техническим каналам.

Важным аспектом является практическая подготовка. Уже во время учебной практики целесообразно изучение методологий и стандартов, основ практической кибербезопасности и основных средств защиты информации.

Во время производственных практик будущие работники под контролем кураторов от профильных подразделений выполняют практические задачи. Только благодаря практике формируются навыки работы с техническими и программными средствами.

С каждым годом все более востребованными на практике



Всероссийская студенческая олимпиада по информационной безопасности



Летняя школа по информационной безопасности в МТУСИ

становятся надпрофессиональные компетенции, так как они помогают формированию специалиста, не просто владеющего своей профессией, но и обладающего навыками наиболее продуктивного использования базовых специальных компетенций.

Сегодня невозможно представить специалиста в области информационной безопасности, который не умел бы работать в проектных командах. Также выпускник должен уметь вырабатывать стратегии деятельности, базируясь на системном анализе внутренней и внешней среды организации. Важнейшей компетенцией становится способность выстраивать коммуникации, в том числе с использованием цифровых технологий.

На наш взгляд, стоит расширить набор надпрофессиональных компетенций и включить в него такие, как способность работать в многофункциональной системе, навыки освоения и реализации междисциплинарных областей деятельности, умение быстро перестраиваться и осваивать новые смежные сферы деятельности. Эти компетенции должны быть отнесены к опережающим, то есть тем, которые соответствуют будущим запросам рынка труда.

Для их формирования у студентов целесообразно проведение соревнований и олимпиад различного уровня, начиная со второго курса обучения. Это могут быть киберучения, в ходе которых отрабатываются практически навыки работы в команде по тестированию на проникновения, анализу защищенности информационных систем, а также симуляции целевых атак.

По нашему мнению, следует пересмотреть формирование календарных учебных графиков. Рекомендуется уйти от классической системы изучения большого набора дисциплин в течение семестра, перейдя к разделению семестра на блоки длительностью по 3–4 недели в зависимости от объема дисциплины. Каждый блок включает в себя лекционный материал, после которого следуют лабораторные работы. Специфика некоторых практических и лабораторных работ иногда требует погруженности 3–6 часов подряд, что невозможно при классическом расписании, когда лабораторная работа проводится в течение двух часов один раз в 2–3 недели.

Аналогичное можно сказать и о графике обучения для развития надпрофессиональных компетенций. Так, проектная деятельность студентов предполагает глубокое погружение в разработку и реализацию проекта. Часто требуется сразу много часов подряд заниматься проектированием. Это также накладывает отпечаток на режим обучения, заставляет выделять в структуре учебного графика часы на проектирование и командную работу. Оптимальным было бы выделение отдельных дней на проектную работу и стажировки.

В целях формирования профессиональных и надпрофессиональных компетенций у студентов направления специалитета «Информационная безопасность» в ОмГУПС сформированы постоянные команды для участия в соревнованиях различного уровня по практическим и теоретическим аспектам обеспечения информационной безопасности.

Соревнования проводятся как ведущими вузами в данном направлении (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Омский государственный технический университет, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. М.А. Бонч-Бруевича, Московский технический университет связи и информатики, Сибирский федеральный университет, Ставропольский государственный университет, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики и др.), так и разработчиками средств кибербезопасности (Positive Technologies, Лаборатория Касперского, ГК Инфотекс и др.).

Команды ОмГУПС регулярно занимают одни из первых мест практически на всех соревнованиях, что несомненно свидетельствует о высокой заинтересованности в результате и качественной подготовке.

Кроме того, для погружения потенциальных работников в решение задач компании преподаватели на лекциях и практических занятиях часто используют примеры, связанные с ОАО «РЖД».

Подготовка специалистов по приведенному алгоритму позволит транспортной отрасли обеспечить кадрами важнейшее направление деятельности компании. При сбалансированном сочетании теоретических курсов и прохождения практической подготовки в соответствующих структурных подразделениях время на адаптацию молодого специалиста будет минимальным.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-28-20314 «Развитие цифровых сервисов профессиональных и надпрофессиональных компетенций выпускников вузов в управлении персоналом промышленных предприятий», <https://rscf.ru/project/24-28-20314/>.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. РЖД: Мы очень внимательно относимся к вопросам импортонезависимости // BIS Journal. 2024. 28 февр. URL: <https://ib-bank.ru/bisjournal/news/20272> (дата обращения: 18.10.2024).
2. В РЖД оценили рост кибератак за 2024 год // РИА Новости : портал. 2024. 18 апр. URL: <https://ria.ru/20240418/rzhd-1940704271.html> (дата обращения: 18.10.2024).

## БЕЛАРУСЬ

■ Компания «ТМХ ТМ» (входит в состав ТМХ Интеллектуальные Системы) оснастила три новые станции Зеленолужской линии Минского метрополитена («Слуцкий гостинец», «Неморшанский сад» и «Аэродромная») микропроцессорным оборудованием автоматики и телемеханики движения поездов (АТДП).

Оборудование предназначено для обеспечения безопасности и эффективности работы метрополитена. Оно обеспечивает централизацию стрелок и сигналов, управление светофорами и стрелочными переводами, контроль положения подвижного состава и проверку целостности рельсового пути.

Источник: [www.opzt.ru](http://www.opzt.ru)

## НИДЕРЛАНДЫ

■ Испанская компания CAF испытала в Нидерландах электропоезд Sprinter New Generation с уровнями автоматизации от GoA1 до GoA4.

Уровень GoA2 (автоведение при наличии машиниста в кабине управления) опробовался на разных участках, оборудованных национальной системой АЛС и европейской системой управления движением поездов ETCS.



При этом оценивались преимущества автоведения с точки зрения экономии энергии, повышения точности соблюдения расписания и использования пропускной способности линий. Пробег поезда при движении в этом режиме составил более 40 тыс. км.

Кроме того, тестировались разные уровни автоматизации маневровых передвижений поезда в депо и на участке между конечной или начальной станцией маршрута и депо, в том числе с дистанционным (в ручном GoA1 и автоматическом GoA2 режимах) и беспилотным управлением.

В рамках проекта были выполнены две демонстрационные поездки между станцией Гронинген и депо Де-Форк в режиме ручного дистанционного управления, которые включали в себя операции сцепки и расцепки поездов, а также одна демонстрационная поездка в беспилотном режиме. Также опробовались расширенные функции, такие как активация кабины машиниста.

Испытания подтвердили надежную работу системы обнаружения препятствий при разных погодных условиях: сильном дожде, ночном снегопаде и др.

Источник: [www.zdmira.com](http://www.zdmira.com)

## КАЗАХСТАН

■ В Казахстане прошел международный форум Digital Almaty 2025, посвященный применению искусственного интеллекта (ИИ) в различных областях деятельности.

На сессии «Глобальная коалиция по AI: вектор партнерства и развития» была отмечена инициатива железных дорог Казахстана по созданию так называемых цифровых полигонов для тестирования и внедрения разработок на основе ИИ. На этих площадках ИТ-компании и научно-исследовательские организации смогут опробовать на практике свои разработки, адаптируя их к реальным условиям работы железнодорожного транспорта, что позволит ускорить внедрение технологий на базе ИИ в производственные процессы.

Так, Huawei и КТЖ договорились начать в этом году масштабное развертывание сети передачи данных LTE-R на Трансказахстанском железнодорожном коридоре с участием ведущих казахстанских операторов.

На сегодняшний день завершены работы по модернизации сетей передачи данных и внедрению облачных технологий. Также начато внедрение искусственного интеллекта.

Источник: [www.railways.kz](http://www.railways.kz)

## ГЕРМАНИЯ

■ Первую автоматизированную систему перевозки грузов на магнитном подвесе внедряют в Германии.

Польский стартап Nevomo, немецкая логистическая компания Captrain Deutschland (CD) и сталелитейный гигант ArcelorMittal запустили пилотный проект по внедрению первой в мире полностью автоматизированной системы перевозки грузов в вагонах на магнитном подвесе с тягой от линейного двигателя.



Суть проекта, получившего название BREMAG (Бременский магнитный шаттл), заключается в модернизации уже существующей железнодорожной



инфраструктуры по технологии MagRail, разработанной компанией Nevomo.

В существующий путь монтируется статор линейного двигателя, а сам двигатель размещается на тележке вагона вместе с магнитами для подвешивания вагона.

Технология должна обеспечить движение вагонов без использования локомотива. Для этого планируется внедрить MagRail на 100 км путей в Бремене. Вагоны будут перевозить рулонную сталь. По проекту система должна достичь полного уровня автоматизации в течение трех лет.

Технология MagRail была впервые представлена в 2023 г. Первые испытания продемонстрировали возможность перемещения вагонов на магнитном подвесе по железнодорожной сети.

Источник: [www.rollingstockworld.ru](http://www.rollingstockworld.ru)

## КИТАЙ

■ Китай планирует увеличить протяженность высокоскоростных железных дорог еще на четверть с 48 до 60 тыс. км к 2030 г. Протяженность всей сети железных дорог страны достигнет 180 тыс. км.

В 2024 г. китайские железные дороги перевезли рекордные 4,08 млрд пассажиров, что на 10,8 % больше, чем годом ранее. Ожидается, что в 2025 г. этот показатель вырастет до 4,28 млрд пассажиров.

В конце декабря в Пекине был представлен прототип высокоскоростного электропоезда CR450, который рассчитан на движение с максимальной скоростью в 450 км/ч. Сейчас он проходит ходовые испытания.

Источник: [техжд.рф](http://техжд.рф)

## ТАИЛАНД

■ Правительство Таиланда одобрило проект второго этапа строительства высокоскоростной линии протяженностью около 357 км между городами Накхонратчасима и Нонгкхай на границе с Лаосом.

Коридор Таиланд – Китай позволит связать прямым железнодорожным сообщением Бангкок с Куньмином (провинция Юньнань) на юге Китая через Лаос, где в 2021 г. была введена в эксплуатацию линия Куньмин – Вьентьян, рассчитанная на движение грузовых и пассажирских поездов с максимальной скоростью 160 км/ч.

Источник: [www.vietnam.vn](http://www.vietnam.vn)

# ABSTRACTS

## Updating the instructions for the technical operation of devices and alarm systems centralization and blocking of marshalling humps

**ANDREY V. NOVIKOV**, JSC «RZD», Design Bureau for Infrastructure, Department of Automation and Telemechanics, Chief Engineer of the Department, Moscow, Russia, [novikovav@center.rzd.ru](mailto:novikovav@center.rzd.ru)

**KIRILL A. KANUKHIN**, JSC «RZD», Design Bureau for Infrastructure, Department of Roller Coaster Systems and Equipment, Head of Department, Moscow, Russia, [kanuhinka@center.rzd.ru](mailto:kanuhinka@center.rzd.ru)

**VALERY A. KOBZEV**, JSC «RZD», Design Bureau for Infrastructure, Department of Roller Coaster Systems and Equipment, technologist, Doctor of Technical Sciences, Moscow, Russia, [vkobzev46@yandex.ru](mailto:vkobzev46@yandex.ru)

**DMITRY S. LAZAREV**, JSC «RZD», Design Bureau for Infrastructure, Department of Roller Coaster Systems and Equipment, technologist, Moscow, Russia, [lazarevds@center.rzd.ru](mailto:lazarevds@center.rzd.ru)

**Keywords:** instructions, devices and systems for marshalling hump, technical operation, quality of operation and maintenance, innovative devices, basic operating parameters, «Digital Railway Station»

**Abstract.** The article discusses the changes made to the instructions for the technical operation of alarm systems and devices, as well as the centralization and blocking of marshalling humps. The updated version contains requirements for the quality of operation and maintenance, information about parameters and additions to the technical operation, as well as innovative devices that are being implemented as part of the «Digital Railway Station» project. In addition, the importance of the changes is highlighted, and recommendations are given for the practical application of the new instructions in the structural units of the Central Infrastructure Directorate.

## Application of the directed graph method to determine the conditions for the occurrence of dangerous failures of limited low frequency track circuits

**VLADISLAV S. KUZMIN**, Russian University of Transport, Department «Automation, telemechanics and communication in railway transport», Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences, Moscow, Russia, [vs.kuzmin@bk.ru](mailto:vs.kuzmin@bk.ru), SPIN-код: 6104-1809

**LEONID I. STRYAPKIN**, Russian University of Transport, Department «Automation, telemechanics and communication in railway transport», Senior Lecturer, Moscow, Russia, [le-o-nid-s@yandex.ru](mailto:le-o-nid-s@yandex.ru), SPIN-код: 8231-5402

**ILYA E. KILGANOV**, Russian University of Transport, Department «Automation, telemechanics and communication in railway transport», Student, Moscow, Russia, [kilganov@mail.ru](mailto:kilganov@mail.ru)

**Keywords:** automatic cab signaling, track circuit, locomotive receiver, false vacancy, dangerous failure, double shunt

**Abstract.** The occurrence of dangerous failures in long track circuits with a locomotive receiver used in automatic cab signaling systems of a continuous type represents a significant threat to the safety of train traffic. One of the reasons for the occurrence of dangerous failures in such track circuits is the emergence of conditions for the flow under the receiving coils of a unit of traction rolling stock moving behind a variable obstacle within the boundaries of one track line of a value of signal current sufficient to trigger the amplitude detector as part of the on-board equipment. This issue has not been studied fully enough within the framework of track circuit theory; in particular, within the framework of the directed graph method, an equivalent circuit was previously obtained only for the case of double shunting, and the calculation expressions do not fully take into account the influence of reflected waves in the track line, which is significant at low frequencies when the train shunt is located at a large distance from the feeder end of the track circuit. Within the framework of the directed graph method, an equivalent circuit was obtained only for the case of double shunting, and the calculation expressions do not fully take into account the influence of reflected waves in the track line, which are significant at low frequencies when the train shunt is located at a large distance from the feeder end of the track circuit. The work presents directed graphs for the shunt and control modes of operation of a limited track circuit with a locomotive receiver for determining the values of the transmission coefficients and train safety criteria for both the general case and the worst conditions. The results of modeling the conditions for the occurrence of dangerous failures for typical circuits of low-frequency limited track circuits under the worst conditions are presented. Taking into account the obtained modeling results, recommendations for solving the problems of synthesis of limited track circuits with a locomotive receiver are formed.

## Mathematical modeling of the DMR radio channel for a high-speed railway line

**ANDREY V. SHURDAK**, JSC NIIAS, Deputy Head of the Integrated Research and Development Unit for Train Control and Protection Systems, Moscow, Russia, [a.shurdak@vniias.ru](mailto:a.shurdak@vniias.ru)

**RUSLAN V. URUSOV**, JSC NIIAS, Project manager of the Integrated Research and Development Unit for Train Control and Protection Systems, Moscow, Russia, [r.urusov@vniias.ru](mailto:r.urusov@vniias.ru)

**ANDREY D. CHESNOKOV**, JSC RZD, Central Communications Station, Chief Engineer Moscow, Russia, [chesnokovad@css.rzd](mailto:chesnokovad@css.rzd)

**ALEKSANDR O. ERMAKOV**, JSC RZD, Department for Engineering Policy, Division for Comprehensive Research and Engineering Projects and Infrastructure, Chief Specialist, Moscow, Russia, [ermakovao@center.rzd.ru](mailto:ermakovao@center.rzd.ru)

**Keywords:** high-speed rail lines, mathematic simulation of radio links, radio interfaces, Doppler effect, handover

**Abstract.** The article continues the consideration of the topic started earlier [1], highlights technical solutions for the implementation of the technological segment of the infocommunication system of the Moscow-St. Petersburg high-speed railway infrastructure. This subsystem is created within the framework of experimental and technological work according to the scientific and technical development plan of JSC Russian Railways. The results of mathematical modeling of radio wave propagation and the operability of the radio channel of the DMR communication technology in the 160 MHz frequency range during high-speed train movement are presented.

#### Prospects for the application of OTN technology in the railway transport telecommunication network

**VICTOR V. SHMYTINSKIY**, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department «Electrical Communication», St. Petersburg, Russia, [shmytinskii@pgups.ru](mailto:shmytinskii@pgups.ru)

**VALENTIN P. GLUSHKO**, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of «Electrical Communication», St. Petersburg, Russia, [valentin.glushko@mail.ru](mailto:valentin.glushko@mail.ru)

**Keywords:** railway transport; network of telecommunication; WDM transmission systems; optical transport network

**Abstract.** The article analyzes the stages, directions of OTN technology implementation in the railway transport communication network, which is characterized by the presence of long-distance main data transmission channels and large telecommunication nodes designed to redistribute information flows transmitted using signals of various formats.

#### The concept of software and hardware complex for monitoring and testing mobile radiotelephone networks

**YURIY V. NEMTSOV**, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Russian University of Transport», Associate Professor at the Advanced engineering school «HSR Academy», Moscow, Russia, [rut1408@mail.ru](mailto:rut1408@mail.ru), SPIN-код: 9558-5445

**Keywords:** high-speed rail transport, mobile communication, information services in transport, radio measurements, monitoring system

**Abstract.** Article substantiates the relevance of carrying out measurement procedures to ensure high-quality and stable communication with the mobile radiotelephone network. A brief overview of the systems for conducting radio measurements and evaluating the quality of coatings of such networks is carried out. An original concept of software and hardware complex for quality of radio coverage measuring, performing measurement procedures, and generating reporting materials is proposed. Conclusions and recommendations on the use of this complex are given.

#### The choice methods in the predictive analytics model of the technical condition of an electric train

**EKATERINA V. ZAPOLSKAYA**, JSC «RZD», Bureau for the Design and Engineering of Information Systems – Center for Digital Technology, Technologist, Postgraduate, RUT (MIIT), Moscow, Russia, [ekaterina.vl.001@gmail.com](mailto:ekaterina.vl.001@gmail.com), SPIN-код: 6781-0396

**Keywords:** technical condition, predictive analytics, mathematical model, statistical modeling

**Abstract.** The paper discusses the stages of developing a mathematical model for predictive analytics of the technical condition of traction rolling stock. The main approaches in constructing a mathematical model of predictive analytics applied to the problem of analyzing the technical condition of electric trains are analyzed. The choice was made in favor of a combination of cluster analysis, Bayesian analysis and Markov analysis.

#### Competency model of an information security specialist for the transport industry

**SVETLANA N. APENKO**, Omsk State University, Head of the Department of Management and Marketing, Dr.Sci. (Econ.), Omsk, Russia, [apenkosn@yandex.ru](mailto:apenkosn@yandex.ru), SPIN-код: 7884-0792

**ALEXEY I. DAVYDOV**, Omsk State Transport University, Associate Professor of the Department of Information Security, Ph.D. (Tech.), Omsk, Russia, [davydovai@bk.ru](mailto:davydovai@bk.ru), SPIN-код: 9039-4400

**DMITRY A. ELIZAROV**, Omsk State Transport University, Head of the Department of Information Security, Ph.D. (Tech.), Omsk, Russia, [d.a.elizarov@yandex.ru](mailto:d.a.elizarov@yandex.ru), SPIN-код: 9739-5327

**ALEXANDER V. LUKASH**, Omsk State Transport University, deputy head of the educational and methodological department, head of the educational department, Ph.D. (Phil.), Omsk, Russia, [lukashs2017@bk.ru](mailto:lukashs2017@bk.ru), SPIN-код: 5341-6273

**Keywords:** information security, competency model, transport industry

**Abstract.** The transport industry in general and railway transport in particular are strategic resources for the economy of our country. Accordingly, automated systems and communication channels are the most important object of protection. The article considers the main directions of improving the model of training specialists in the field of information security, taking into account the peculiarities of the transport industry.

АВТОМАТИКА  
СВЯЗЬ  
ИНФОРМАТИКА

АСИ

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.,  
Слюняев А.Н., 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

Адрес редакции:

129272, Москва,  
Рижская пл., д. 3

E-mail: [asi-rzd@mail.ru](mailto:asi-rzd@mail.ru)  
[www.asi-journal-rzd.ru](http://www.asi-journal-rzd.ru)

Телефоны: +7 (499) 262-77-50;  
+7 (499) 262-77-58;  
+7 (499) 262-16-44;  
+7 (985) 774-07-31.

Компьютерная верстка Е.И. Блиндер

Подписано в печать 31.03.2025

Формат 60x88 1/8.

Усл. печ. л. 6,84. Усл. кр.-отт. 8,00  
Уч.-изд. л. 10,1

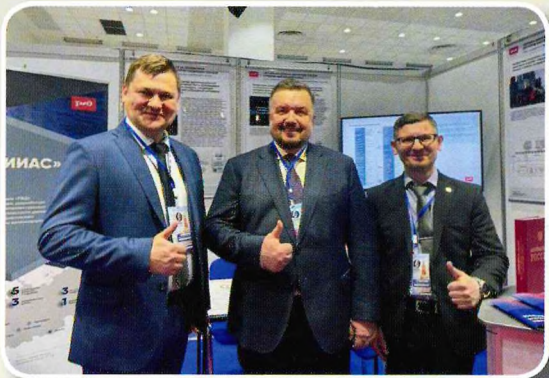
Зак. 25037.

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

# ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАК ПУТЬ К ИННОВАЦИЯМ

■ В Москве прошел ежегодный Московский международный Салон изобретений и инновационных технологий «Архимед». Он собрал самые передовые технологии из 35 регионов РФ и 26 государств.

В течение нескольких дней состоялись выставки изобретений и товарных знаков, конференция, семинары, круглые столы, лекции по актуальным вопросам изобретательской и патентно-лицензионной деятельности.



Как отметил на церемонии открытия президент Салона «Архимед» Д.И. Зезюлин, за годы проведения мероприятия уже стало частью истории изобретательства и инженерного дела России. По статистике, каждый второй представленный здесь экспонат находит своего инвестора и потребителя, что, несомненно, говорит об эффективности работы Салона.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности (Роспатент) Ю.С. Зубов отметил высокий уровень представленных разработок, а также важность патентования решений для успешной их коммерциализации. Передовые промышленные разработки, которые находятся под правовой охраной Роспатента, приносят значительный доход в бюджет страны. Их внедрение необходимо для достижения технологического лидерства.

Интеллектуальная собственность остается одним из ключевых ресурсов для развития внутреннего рынка и в целом экономики страны. Со стороны ведомства создаются все необходимые условия для упрощения процесса патентования разработок.

Выставку посетил заместитель генерального директора – главный инженер ОАО «РЖД» В.Ф. Танаев, который отметил важность подобных мероприятий для развития инновационной среды, внедрения современных технологий в промышленность и транспортную отрасль.

Участники выставки продемонстрировали самые передовые разработки в области науки и техники.

Российский университет транспорта представил пневматическое устройство расцепки вагонов, устройство двухконтурного комбинированного замыкания и двойного контроля положения остриев стрелочных переводов для скоростных железных дорог, а также цифровую логистическую платформу «ВЕГА».

Одним из центральных экспонатов Госкорпорации Ростех стала малогабаритная информационно-посадочная

система. С ее помощью легкие самолеты и вертолеты могут безопасно совершать посадку на необорудованных площадках даже в сложных метеоусловиях. Кроме того, посетители экспозиции увидели разработки в области авиации и двигателестроения, оптики, медицины и бронетанковой техники.

Лучшие результаты интеллектуальной деятельности были удостоены высоких наград и призов Салона «Архи-

мед» в различных номинациях. Так, разработка Северной железной дороги – облегченный обводной рукав – получила бронзовую медаль. Рукав имеет облегченный вес, так как выполнен из резинотекстильного синтетического материала, и позволяет ускорить процесс устранения неисправностей в тормозных магистралях вагонов.

Две серебряные медали завоевали проекты Проектно-конструкторско-технологического бюро по системам информатизации – Центра цифровых технологий – филиала ОАО «РЖД»: модуль Системы дистанционного обучения – Чемпионат профессионалов ОАО «РЖД» и мобильное приложение Личного кабинета в сфере грузовых перевозок ОАО «РЖД» (РЖД-ГРУЗ 2.0).

АО «НИИАС» удостоен высокой оценки экспертного жюри и награжден серебряной медалью за проект «Система виброакустических измерений и система контроля местоположения поезда». Кроме того, предприятие получило две золотые медали за разработки: «Система управления движением поездов в режиме виртуальной сцепки» и «Система контроля за управлением локомотивом попутно следующих поездов».

Специальным призом «Лучший изобретатель города Москвы» был отмечен первый заместитель Генерального директора АО «НИИАС» Е.Н. Розенберг, автор более 400 патентов и изобретений в железнодорожной отрасли.

Кроме того, Почетный диплом Всемирной ассоциации интеллектуальной собственности и изобретений (WIIPA) за инновационные исследования и значительный вклад в теорию и практику управления движением на железнодорожном транспорте был вручен Генеральному директору АО «НИИАС» А.И. Долгому.

Салон «Архимед» в очередной раз доказал свою значимость как ключевая международная площадка для демонстрации передовых технологических решений и развития международного сотрудничества.

НАУМОВА Д.В.



# ЖУРНАЛ «АСИ» приглашает к сотрудничеству!

Почта Росс  
П5063  
П5074

## УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

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

**!!! До 25 числа каждого месяца  
вы можете подписаться онлайн  
на бумажную версию журнала !!!**

**Почта России предлагает  
доставку нашего журнала  
по выгодным ценам**



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.

Адрес редакции:  
129272, Москва,  
Рижская пл., д. 3

Телефоны:  
+7 (499) 262-77-50  
+7 (499) 262-77-58  
+7 (495) 262-16-44



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](http://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](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/](http://akc.ru/itm/avtomatika-svy_az-informatika/)

