

ISSN 0005-2329

АВТОМАТИКА  
СВЯЗЬ  
ИНФОРМАТИКА



ЖУРНАЛ ИЗДАЁТСЯ С 1923 ГОДА

В НОМЕРЕ:

ПОСТОЯННОЕ  
СТРЕМЛЕНИЕ  
К ЛУЧШЕМУ

стр. 2

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ КАБЕЛЯ  
С МНОГОПРОВОЛОЧНЫМИ  
ПРОВОДНИКАМИ

стр. 27



10 (2023) ОКТЯБРЬ



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



# СПРАВЕДЛИВОСТЬ И ОТВЕТСТВЕННОСТЬ В ПРИОРИТЕТЕ

■ Михаил Владимирович Печников родом из старинного города Ростов. Свою трудовую деятельность он начал в Ростов-Ярославской дистанции сигнализации и связи в 1991 г. сразу после завершения военной службы на флоте. В то время устроиться на работу было непросто, но молодому человеку повезло – у него нашлось несколько вариантов. Рассмотрев их, Михаил остановил свой выбор на должности электромонтера кабельной бригады дистанции. На выбор повлияло и то обстоятельство, что там же трудились его родители.

Тяга к знаниям и желание профессионального роста в выбранной специальности позволили без отрыва от производства закончить Ярославский техникум железнодорожного транспорта, а затем Рыбинскую авиационно-технологическую академию по направлению «Проектирование и технология средств связи».

Вот уже более 30 лет Михаил Владимирович добросовестно трудится на железной дороге. Сегодня он – начальник участка производства Ярославского регионального центра связи. В его оперативном подчинении пять ремонтно-эксплуатационных бригад, которые обслуживают устройства электросвязи на участке Александров – Ярославль – Нерехта протяженностью 170 км. Данный участок – один из самых ответственных и важных на полигоне дирекции, потому как находится на стыке Северной и Московской дорог. М.В. Печникову нередко приходится проводить совместные работы с «москвичами», согласовывать спорные вопросы, определять зону ответственности, и он успешно справляется с этими задачами. Благодаря хорошим организаторским способностям и умению тщательно планировать работу на его участке показатели балльной оценки технического содержания устройств выполняются на «отлично», а главное – стабильно и без брака.

На протяжении трудовой деятельности к заслугам М.В. Печникова можно отнести активное участие в техническом развитии средств связи, а также в работах, направленных на ускорение перевозочного процесса при безусловном обеспечении безопасности движения поездов.

Михаил Владимирович в 2017 г. осуществлял техническое сопровождение строительства и перевода нагрузки на модернизированную транспортную сеть на базе оборудования ZTE, организованную в рамках проекта «Цифровая система технологической радиосвязи стандарта GSM-R». В 2021–2022 гг. при его непосредственном участии смонтировано и введено в эксплуатацию оборудование высокоскоростной технологической сети передачи данных (ВСТСПД). Данные мероприятия обеспечили устойчивую и безопасную работу устройств связи и позволили повысить качество предоставляемых услуг.

В прошлом году М.В. Печников координировал обустройство временного блок-поста 270 км на перегоне Козьмодемьянск – Полянки, а также работы по защите и заглублению кабельных переходов на перегоне Семибратово – Коромыслово.

Большое внимание начальник участка уделяет рационализаторской деятельности. Одно из его последних



предложений касается технологии установки на кабельной линии указательных столбиков (реперов) с помощью ручного бура, которое уже внедрено и успешно используется.

Михаил Владимирович – неутомимый труженик. В должности начальника участка он более 15 лет и за эти годы сумел воспитать много молодых специалистов, с которыми охотно делится секретами профессионального мастерства, содействует адаптации в коллективе. Как наставник – помогает формировать чувство долга и позитивное отношение к труду. Он осознает большую ответственность перед подопечными, ведь от учителя зависит их дальнейший трудовой путь, настрой и желание работать на предприятии.

За последние три года М.В. Печников помог адаптироваться на рабочем месте четырем сотрудникам, применяя при этом индивидуальный подход и учитывая особенности каждого. Это позволило им в кратчайший срок вникнуть в суть дела и освоить азы профессии. Если Михаил Владимирович видел, что ученик в чем-то отстает, старался помочь и восполнить пробел в его знаниях.

Про себя Михаил Владимирович говорит: «Секрета работы с коллективом у меня нет, самое важное – доверие. Надо людям доверять и, конечно, не забывать о контроле. Вовремя поправлять, не доводить до крайности». М.В. Печников очень не любит наказывать и редко это делает. Однако в коллективе нет панибратства, к своему руководителю подчиненные относятся уважительно и стоят его не подводят.

Михаил Владимирович очень отзывчивый человек, стремится, чтобы в коллективе всегда была доброжелательная атмосфера. На вопрос: «Какие качества в этом помогают?» отвечает, что в приоритете справедливость, ответственность, честность и требовательность, прежде всего, к самому себе.

Многолетний достойный труд М.В. Печникова высоко ценят руководство. Он неоднократно был отмечен Почетными грамотами и Благодарностями, а в этом году ему присвоено звание «Наставник ОАО «РЖД».

ВАДЧЕНКО О.А.

# СОДЕРЖАНИЕ

PRO//Движение.Экспо

Наумова Д.В.

## ПОСТОЯННОЕ СТРЕМЛЕНИЕ К ЛУЧШЕМУ

СТР. 2



Технологическая независимость, надежность и инновации ..... 5

Векторе постоянного развития ..... 7

Берсенев А.С.

Комплексный подход сокращает расходы ..... 9

Инновационные разработки и достижения ..... 11

### Новая техника и технология

Скроцкая О.С.

Рязанские аккумуляторы ШТАРК АГНГ:  
настоящий русский гель ..... 13

Щербина Е.Г., Щербина А.Е., Гоман Е.А.

Параметры эквивалентного четырехполюсника  
дроссель-трансформаторов ДТЕ-0,2/0,4-1500М ..... 15

Манаков А.Д., Рахмонбердиев А.А.

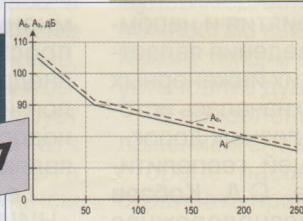
Защита аппаратуры рельсовых цепей при авариях  
в тяговой сети переменного тока ..... 23

### Телекоммуникации

Попов Б.В.,  
Попов В.Б.,  
Сабиров Р.Н.

## • ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАБЕЛЯ С МНОГОПРОВОЛОЧНЫМИ ПРОВОДНИКАМИ

СТР. 27



### Безопасность движения

Казакевич Е.В.

Совершенствование системы безопасности объектов  
железнодорожной инфраструктуры ..... 30

### Подготовка кадров

Тарасов Е.М.,  
Исаичева А.Г.

## БЕРЕЖНО К ТРАДИЦИЯМ

СТР. 33



### Информация

Идеи рационализаторов оценены ..... 36

### За рубежом

Котырев Б.К.

В поисках новых технических решений ..... 37

Вадченко О.А.

Справедливость и ответственность в приоритете ..... 2 стр. обл.

Вадченко О.А.

На пути к сотрудничеству, миру и процветанию ..... 3 стр. обл.

На 1-й стр. обложки: перегон Петров Вал – Умёт-Камышинский  
Приволжской дороги (фото Антипова Д.А.)

АВТОМАТИКА  
СВЯЗЬ  
ИНФОРМАТИКА



10 (2023)  
ОКТЯБРЬ

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»  
2023

# ПОСТОЯННОЕ СТРЕМЛЕНИЕ К ЛУЧШЕМУ

Санкт-Петербург стал местом проведения международного железнодорожного салона «PRO//Движение.Экспо». Это масштабное событие прошло на площадке Музея железных дорог России. Отраслевые эксперты и руководители производственных компаний, разработчики технологий, представители российских и зарубежных научно-исследовательских железнодорожных организаций использовали уникальную возможность для сотрудничества и обмена опытом. Крупнейшие отечественные компании – производители подвижного состава продемонстрировали на выставке новые образцы железнодорожной техники.

■ Ключевыми темами обсуждений в этом году стали технологическая независимость отечественного железнодорожного машиностроения, развитие цифровых технологий в транспортной логистике и стратегии международного сотрудничества на фоне глобальных изменений.

Деловая программа салона стартовала с панельной сессии «Железнодорожная отрасль в эпоху перемен. Условия достижения технологической независимости». Первый заместитель генерального директора ОАО «РЖД» **С.А. Кобзев** поприветствовал всех участников мероприятия и напомнил, что город проведения является колыбелью многих инженерных школ России, с него началась история российских железных дорог.

Говоря о текущей geopolитической обстановке, С.А. Кобзев отметил, что железнодорожная отрасль в 2022 г. отреагировала на санкции установлением абсолютного рекорда объема перевозок – 3,6 трл т-км. Он подчеркнул, что железнодорожная изначально базировалась на отечественных решениях, и вопрос локализации производства был всегда актуален. На

сегодняшний день наложен выпуск комплектующих, запасных частей железнодорожного оборудования отечественными производителями и из дружественных стран.

Доля иностранных комплектующих в российском подвижном составе не превышает 6 %. Холдинг «РЖД» совместно с машиностроительными компаниями занимается сертификацией и постановкой на серийное производство новых отечественных образцов, которые заменяют зарубежные узлы и детали.

Председатель совета директоров АО «Синара – Транспортные машины» **А.С. Мишарин** выразил мнение, что введение санкций привело к ускоренному внедрению инновационных технологий в стране, и сегодня железнодорожные технологии в России являются одними из лучших.

Генеральный директор АО «НИИАС» **А.И. Долгий** рассказал, что реализуя программы импортозамещения и цифровой трансформации, предприятие не только развивает отечественное ПО, но и не упускает возможность совершенствовать функционал существующих технологий. Благодаря введенным ограничениям,

в развитие новых и уже действующих систем вкладывается еще больше сил и энергии.

Во время панельной дискуссии «Перспективы развития транспорта и железнодорожного машиностроения. Образ-2030» спикеры представили свое видение развития отрасли на ближайшую перспективу в условиях санкционных ограничений, а также оценили значимость консолидации усилий и сотрудничества с лидерами транспортного машиностроения из дружественных стран.

По мнению генерального директора – председателя правления ОАО «РЖД» **О.В. Белозёрова**, для сохранения и укрепления лидирующих позиций компаний совместно с машиностроительными холдингами предстоит до 2030 г. обеспечить разработку и внедрение таких инновационных технологий, как водородные силовые установки, беспилотное управление, ВСМ и др.

Он отметил, что ОАО «РЖД» возлагает особые надежды на индустриальный центр компетенций «Железнодорожный транспорт и логистика». Задачей ИЦК является обеспечение перехода на отечественные технические решения



Открытие мероприятия



Осмотр экспозиции руководством ОАО «РЖД»

в ключевых отраслях экономики. Работа по переводу систем на отечественный софт не сводится только к замене импортных решений. У проектов появляется новый функционал, аналогов которому нет за рубежом. Например, системы ЭТРАН и АСУ «Экспресс» нового поколения по функциональным возможностям опережают конкурентные системы зарубежных производителей.

Участники дискуссии «Будущее беспилотников. Когда и какие уровни автоматизации будут внедряться на железнодорожном подвижном составе» обсудили сроки запуска беспилотного подвижного железнодорожного состава в эксплуатацию и наиболее востребованные уровни автоматизации на железной дороге.

Выставочная экспозиция салона была представлена сразу в трех локациях: в крытом павильоне, на открытой площадке и железнодорожных путях.

АО «Трансмашхолдинг» презентовало электропоезд «Иволга 4.0». Он отличается использованием отечественных комплектующих и новых технических решений. Так, в промежуточных вагонах электропоезда три входных двери вместо двух. Это позволит ускорить посадку и высадку пассажиров, что особенно важно для коротких поездок внутри Москвы. 98 % комплектующих поезда «Иволга 4.0» производятся отечественными предприятиями, расположенными более чем на 600 предприятиях России.

Экспозиция АО «Синара – Транспортные машины» включала несколько инновационных разработок. Знаковым экспонатом стал грузовой электровоз «Малахит» с отечественным асинхронным тяго-

вым приводом. «Малахит» станет базовой платформой для развития целого семейства локомотивов: переменного тока ЗЭС11, двухсистемного 2ЭС12, а также для вождения контейнерных поездов со скоростью 140 км/ч.

«Малахит» создан с учетом анализа потенциальных участков эксплуатации машины и с применением концепции «умный локомотив». Итоговая длина поезда может превышать километр, а его грузоподъемность на 42 % выше, чем у электровозов предыдущего поколения.

Отдельное внимание при проектировании нового электровоза было уделено микропроцессорной системе управления и безопасности движения. Предложенные разработчиками решения повысят надежность локомотива, упростят работу машиниста и смогут встраиваться в единое цифровое пространство между Дирекцией тяги, производителями локомотивов и сервисными организациями.

Посетителям был представлен программно-аппаратный комплекс DTscan, предназначенный для удаленного мониторинга технического состояния подвижного состава и верхнего строения пути. Система регистрирует показания датчиков, установленных на подвижном составе, обрабатывает и анализирует получаемые данные. В результате создается виртуальная карта пути, включающая все нюансы (искривления, проседания и др.), влияющие на комфорт пассажиров, расход топлива и многое другое.

Кроме того, на стенде разместились отечественный модуль пожаротушения, скоростная платформа для перевозки контейнеров, новый рельсошлифовальный поезд и др.

АО «ФГК» и компания «РМ

«Рейл» продемонстрировали 3D-модель нового восьмiosного вагона-цистерны для перевозок нефтепродуктов. Он предназначен, в первую очередь, для перевозок нефтяных грузов на Дальний Восток. Увеличенные объем котла и грузоподъемность позволяют перевозить нефтепродуктов больше на 13,5 %, чем существующими моделями цистерн.

На выставке состоялась презентация арт-поезда метро «Балтиец» с юбилейной ливреей, посвященной 320-летию со дня основания Санкт-Петербурга. Новый образ «Балтийца» сочетает прошлое и настоящее города. Доля материалов, узлов и деталей отечественного происхождения в «Балтице» – более 90 %.

Федеральная пассажирская компания представила макет обновленного интерьера вагона СВ. Дизайн интерьера предусматривает увеличение ширины спальных полок до 90 см, опцию «объединенное купе» для семей и групп туристов. В купе установлены откидные сиденья, столик с раковиной и глубокий шкаф для одежды, добавлены сейф, розетки и экран мультимедийной системы с возможностью выбора видеоконтента. Кроме того, в вагоне планируется установить душевую кабину.

В обновленном вагоне с расположением спальных мест на одной стороне пассажиры смогут настраивать пространство под себя. Например, переводить верхнюю полку из горизонтального положения в вертикальное, трансформировать нижнюю полку в диван в дневное время или в полноценную кровать – в ночное.

ПКБ ЦТ подготовило для посетителей опытный образец пульта машиниста-оператора для од-



На одном из стендов выставки



Грузовой электровоз «Малахит»



Новый вагон С8

новременного дистанционного управления двумя беспилотными «Ласточками».

На стенде АО «ВНИИЖТ» можно было ознакомиться с подсистемой контроля готовности фронта к проведению машинизированной выправки пути (КГФ). Эта разработка предназначена для контроля за соблюдением технологий ремонта путей на основе наблюдений при помощи

искусственного интеллекта. Она способна передавать обработанные данные в бортовое оборудование Автоматизированной системы контроля работы специального подвижного состава (АС КРСПС) с целью последующей отправки в информационные системы ОАО «РЖД».

В рамках салона прошла II Международная научно-практическая конференция «Наука 1520 ВНИИЖТ: Загляни за горизонт». В ходе ее работы отраслевые эксперты оценили перспективы развития железнодорожных технологий в эпоху четвертой промышленной революции и глобальных мировых вызовов. Конференция предоставила уникальную возможность обмена идеями и опытом, поиска решений непосредственно в живой дискуссии. Каждая секция, круглый стол и дискуссия затрагивали такие ключевые аспекты развития отрасли, как цифровая трансформация, техническая диагностика, новые логистические решения и др.

На заседании Координационного совета институтов НОК РЖД участники обсудили развитие научных школ и открытие совмест-

ного диссертационного совета на базе АО «ВНИИЖТ», укрепление взаимодействия молодежных советов.

Помимо насыщенной деловой и выставочной программы была представлена уникальная динамическая экспозиция подвижного состава. Перед зрителями проехали несколько десятков локомотивов прошлого века. После окончания динамического показа на перронных путях Балтийского вокзала впервые в истории салона был организован статический показ действующей техники с возможностью посещения будок двух паровозов (СО и ПЗ6) и кабин электровозов (ЧС2 и ЧС6).

Кроме того, была организована широкая программа развлечений для детей и взрослых.

В год двадцатилетия ОАО «РЖД» железнодорожный салон стал главной демонстрационной площадкой технических достижений компании и всей отрасли. И он в очередной раз подтвердил статус ключевого мероприятия по вопросам обсуждения перспектив взаимодействия машиностроителей и железнодорожников.

НАУМОВА Д.В.

Реклама

**ПОЗДРАВЛЯЕМ**  
**ОАО «РОССИЙСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ»**  
**С ЮБИЛЕЕМ!**

Непрерывного движения вперед  
к заветным мечтам и новым идеям!

научно-производственный центр  
**ПРОМЭЛЕКТРОНИКА**

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НЕЗАВИСИМОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ И ИННОВАЦИИ

В конце августа в Санкт-Петербурге состоялся международный железнодорожный салон техники и технологий пространства 1520 «PRO//Движение.Экспо». Научно-производственный центр «Промэлектроника» принял участие в мероприятии в качестве экспонента и продемонстрировал полный комплекс своих систем: решения для управления движением на станциях, перегонах и переездах магистрального и промышленного железнодорожного транспорта, метрополитена, в том числе опытные образцы устройств, которые только выходят на рынок.

■ Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов МПЦ-И в этом году была представлена с системой объектных контроллеров СОК, которая обеспечивает безрельсовой интерфейс управления и контроля наземными объектами (стрелками и светофорами). Стоит отметить, что в системе МПЦ-И применяются блоки централизованного управления БЦУ-М-2 на базе процессорных модулей российского производства с расширением BIOS и функцией электронного замка, которые гарантируют доверенную загрузку программного обеспечения. Это решение реализовано в рамках плана ОАО «РЖД» по импортозамещению и кибербезопасности.

Впервые была презентована система поддержки принятия решений СППР в составе МПЦ-И. Это справочная система, представляющая дежурному по станции дополнительную информацию о состоянии устройств СЦБ и нарушениях в их работе, порядке действий при чрезвычайных ситуациях. СППР позволяет снизить влияние человеческого фактора на работу централизации МПЦ-И и возможность ошибок при эксплуа-

тации системы, как в нормальных условиях, так и при нарушении работоспособности устройств. Она автоматически определяет такие ситуации, как потеря контроля положения стрелки, срабатывание УКСПС при движении поезда, возникновение инцидента информационной безопасности, срабатывание пожарной сигнализации. Также предоставляется нормативно-справочная информация из Инструкции по движению поездов и маневровой работе на железнодорожном транспорте, Инструкции по сигнализации на железнодорожном транспорте и др. Затем СППР выдает эксплуатационному персоналу рекомендации о порядке действий в виде чек-листа с возможностью отметки о выполнении.

Для управления движением на перегоне компания предлагает решения для участков с любой интенсивностью движения: от микропроцессорной полуавтоматической блокировки МПБ, в том числе с автоматическими блокпостами, до микропроцессорной автоблокировки с тональными рельсовыми цепями АБТЦ-И. Полуавтоматическая блокировка МПБ контролирует движе-

ние, используя любые возможные каналы связи. Система предусматривает организацию до десяти автоматических блокпостов (АПБ) на одном перегоне. Такой подход реализован на участке Никельтау – Кандыагаш Казахстанской железной дороги. Протяженный перегон Токмансай – Бакай оборудован сразу двумя автоматическими блокпостами. Внедрение АПБ повысило пропускную способность всего участка при минимальных финансовых вложениях.

Для интервального регулирования и обеспечения безопасности движения поездов, в том числе на высокоскоростных магистралях, на участках с любым видом тяги всех категорий разработана автоблокировка АБТЦ-И. В этой системе применяются подвижные блок-участки, дифференцируемые участки удаления, резервирование, кодирование АЛС-ЕН и АЛСО как самостоятельных средств сигнализации.

Среди новых разработок научно-производственного центра – контроллер тональных рельсовых цепей КТРЦ. Он осуществляет контроль станционных и перегонных рельсовых цепей с функцией



Стенд НПЦ «Промэлектроника» на выставке



Обсуждение рабочих вопросов

На правах рекламы



Система объектных контроллеров СОК



Контроллер тональных рельсовых цепей КТРЦ системы АБТЦ-И

кодирования. Устройство генерирует все типы сигналов (КРЛ, ТРЦ-3, АЛСН, АЛСЕН, АРС), выполняет логическое и физическое резервирование рельсовых цепей, не требует ручных регулировок при их настройке. Логическое резервирование рельсовых цепей осуществляет 95 % резервирования аппаратуры ТРЦ, включая напольную часть. При этом сохраняется контроль целостности и свободности рельсовых цепей и не требуется дополнительное оборудование. Увеличенная мощность генератора КТРЦ обеспечивает логическое резервирование РЦ или увеличение длины рельсовой цепи до 1200 м.

Для контроля свободности участков пути и в качестве альтернативы рельсовым цепям научно-производственный центр предлагает современное решение – систему счета осей ЭССО-М-2 с цифровым безопасным резервируемым интерфейсом на базе Ethernet. Система имеет функцию удаленной диагностики, благодаря которой пользователи могут вести наблюдение за ее состоянием в онлайн-режиме, передавать диагностическую информацию внешним системам верхнего уровня и вести архив.



Шкаф МПБ на участке Никельтау – Кандаагаш (Казахстан)



Датчик eDKT на вагонных весах, ООО «Кроношпан Башкортостан»

Компания производит целую линейку датчиков для информационно-логистических и контрольно-измерительных систем различного назначения. Датчики ДКУ-02 «Колдун», датчик колеса технологический ДКТ, датчик колеса eDKT, датчик «рельсовый контакт» ДКЛ применяются в составе систем оповещения ремонтных бригад, точного позиционирования колеса, контроля нагрева буks, распознавания типов вагонов и их взвешивания и др. Датчики надежно работают на промышленных путях ПАО «НЛМК», ООО «Кроношпан Башкортостан» и других предприятий в России и за рубежом. Также разработана система для отслеживания перемещения вагонов и локомотивов на станции – система счета осей ЭССО-ИЛС.

НПЦ «Промэлектроника» расширяет линейку своих продуктов и разрабатывает устройства в смежных с ЖАТ областях. Для автоматизации процессов закрепления составов на приемоотправочных путях станций предусмотрен комплекс технических средств автоматизированного закрепления подвижного состава КТС АЗС. Также стоит отметить бесконтактное устройство контроля

схода подвижного состава БУКС, в котором, в отличие от традиционных УКСПС, реализован принцип индукционного взаимодействия вместо механического разрыва конструкции. В настоящее время разработка находится в опытной эксплуатации на перегоне Баженово – Мурзинский Свердловской дороги и проходит натурные испытания на высокоскоростном участке перегона Чудово – Гряды Октябрьской дороги.

Научно-производственный центр активно наращивает технологическую независимость: использует отечественные комплектующие и комплектующие из дружественных стран, развивает собственные производственные мощности, разрабатывает новые системы и совершенствует существующие.

«PRO//Движение.Экспо» стало одним из главных событий этого года, объединившим экспертов, разработчиков и производителей железнодорожной техники и технологий. Мероприятие способствует развитию железнодорожной отрасли страны и международного сотрудничества.

Пресс-служба  
НПЦ «Промэлектроника»



# В ВЕКТОРЕ ПОСТОЯННОГО РАЗВИТИЯ

**Дивизион ЖАТ Группы компаний 1520, в состав которого входят ведущие российские компании с полным спектром решений для рельсового транспорта, вновь стал участником международного железнодорожного салона пространства 1520 «PRO//Движение.Экспо» в Санкт-Петербурге.**

■ Компания продемонстрировала инновационные разработки для транспортной отрасли, как в павильоне, так и на уличной экспозиции. Качество ее продукции подтверждено на уровне глобальной конкуренции: Дивизион ЖАТ входит в пятерку мировых лидеров в сфере железнодорожной автоматики и телемеханики.

В рамках выставки Дивизион представил первую российскую систему микропроцессорной централизации МПЦ-ЭЛ-20 на полностью отечественных компонентах и программном обеспечении. МПЦ-ЭЛ-20 включает актуальные требования по функциональности, надежности и безопасности. Система подходит для всех видов рельсового транспорта. Она собирает информацию о состоянии стрелок и светофоров и направляет команды объектным контроллерам. Применение такой автоматики значительно повысит пропускную способность линий, эффективность и безопасность перевозок. В конце 2022 г. система была введена в опытную эксплуатацию на станции Пантелеево Северной дороги. В ее основу легла единая цифровая Платформа 2.0 Дивизиона ЖАТ 1520, программная и аппаратная части которой исключительно российские.

Стоит отметить, что на мероприятии система МПЦ-ЭЛ-20 получила высшую награду Конкурса Ассоциации «Объединение производителей железнодорожной техники». Систему признали лучшей инновационной разработкой в номинации «Элементы инфраструктуры».

Кроме того, одним из центральных экспонатов стенда компании стала интеллектуальная система управления процессами перевозок ИСУПП, разработанная при участии ведущих российских научных центров, специализирующихся на алгоритмах искусственного интеллекта. Технология ИСУПП позволяет оптимизировать управление движением поездов в масштабе отдельных линий и полигонов сети, используя нейронные сети и машинное обучение.

На стенде был впервые продемонстрирован региональный центр обеспечения кибербезопасности, который предназначен для непрерывного мониторинга технологической инфраструктуры Кольцевой линии Московского метрополитена.

При поддержке Северной дороги Дивизион ЖАТ реализовал проект VR-имитатора – демонстрационно-обучающего комплекса по системам интервального регулирования движения поездов на базе радиоканала. Гости выставки могли отправиться в виртуальное путешествие по реальным участкам БАМа, Трансиба, Северной и Улан-Баторской дорог в кабине локомотива.

На выставке была представлена автоматизированная система диспетчерского управления движением поездов АСДУ ДПМ Диалог. Она обеспечивает максимально эффективное управление с учетом специфики и состояния инфраструктуры, приоритетов пропуска, ограничений и текущих изменений.

Большой интерес посетителей вызвала система микропроцессорной централизации для метрополитенов МПЦ-СМ. Система уже установлена на станции «Новокосино» Московского метрополитена и активно внедряется в Узбекистане на надземной Кольцевой линии метрополитена г. Ташкента, улучшая транспортную ситуацию мегаполисов.

На стенде также был презентован испытательный генератор для тестирования устройств защиты от импульсных перенапряжений – «ПРОРЫВ УЗИП» – наш ответ санкциям Запада. Оборудование за полгода изготовили российские специалисты компании ООО «НПП «Прорыв» по техническому заданию Дивизиона ЖАТ. В отличие от импортного предшественника устройство тестирует любые УЗИП и выдает конкретные параметры состояния оборудования.

На уличной экспозиции посетители ознакомились с автоматизированной системой комплексного управления движением вагонов трамваев АСКУ ДВТ. Она способствует значительному увеличению скорости



На стенде компании



На правах рекламы



Презентация разработок компании руководству ОАО «РЖД»

прохождения трамвайами стрелочных переводов, а также повышению уровня автоматизации и культуры труда оперативного и обслуживающего персонала. В этом году 30 комплектов оборудования АСКУ ДВТ были установлены в разных районах столицы.

Стенд компании посетил генеральный директор ОАО «РЖД» О.В. Белозёров. Он высоко оценил разработки в сфере железнодорожной автоматики и поблагодарил представителей Дивизиона ЖАТ ГК 1520 за проделанную работу по достижению технологического суверенитета. Глава ОАО «РЖД» подчеркнул, что благодаря превентивным мерам в импортозамещении компания сегодня смогла достичь высоких результатов в развитии отечественных цифровых технологий.

Деловая программа салона была насыщенной и разнообразной. Представители компании приняли самое активное участие в ее основных мероприятиях.

Заместитель генерального директора ГК 1520 К.Д. Хромушкин выступил на панельной дискус-

сии «Инновации. Вектор Сотрудничества». В ходе обсуждения он отметил: «Самое главное в наших инновациях – это понимание потребностей владельцев железнодорожной инфраструктуры любого уровня сложности, системная и слаженная работа специалистов над комплексными решениями для рельсового транспорта. Наша компания отталкивается прежде всего от требований нашего главного заказчика ОАО «РЖД» и стремится достичь технологической независимости как задачи, стоящей перед страной в целом. Главный результат этой работы в области ЖАТ – создание инновационной Цифровой платформы 2.0, а также Интеллектуальной системы управления процессами перевозок».

Заместитель генерального директора ГК 1520 Д.Н. Болотский принял участие в панельной сессии «Будущее беспилотников», где обсуждались вопросы безопасности железнодорожных беспилотников, влияние инфраструктуры на их внедрение, сроки ввода в эксплуатацию и многие другие актуальные вопросы, интересующие общественность. По его словам, во внедрении беспилотных технологий самое главное – организация устойчивой взаимосвязи инфраструктуры и поезда. Только такой комплексный подход даст требуемый эффект.

Международный железнодорожный салон про странства 1520 «PRO//Движение.Экспо» прошел очень продуктивно для нашей компании, создав условия для открытого диалога между участниками. Были представлены новейшие разработки в области рельсового транспорта, укрепились существующие и установились новые деловые контакты.

Дивизион ЖАТ ГК 1520 находится векторе постоянного развития, создавая полноценную цифровую экосистему транспортной инфраструктуры.

Пресс-служба  
Дивизиона ЖАТ ГК 1520

**1520**  
СИГНАЛ

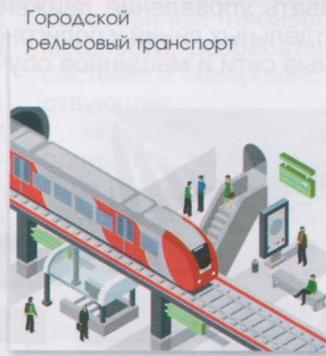
## Поздравляем ОАО «РЖД» с 20-летним юбилеем!



Магистральный  
рельсовый транспорт



Промышленный  
транспорт



Городской  
рельсовый транспорт

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

Надеемся и дальше вместе формировать цифровое будущее Российских железных дорог!

На правах рекламы

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





**БЕРСЕНЕВ**  
Алексей Сергеевич,  
АО «Радиоавионика», заместитель  
генерального директора,  
Санкт-Петербург, Россия

## КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД СОКРАЩАЕТ РАСХОДЫ

В сентябре компании АО «Радиоавионика» исполнилось 32 года. Из малого предприятия она превратилась в крепкую компанию, которая входит в перечень стратегических предприятий Санкт-Петербурга. Компания успешно пережила период экономических кризисов, коронавирусных ограничений и санкционные трудности, создавая одновременно новые образцы высокотехнологичной продукции, наращивая производство, расширяя рынки сбыта продукции.

■ Компания АО «Радиоавионика» ведет полный жизненный цикл всей своей продукции, в который входят разработка требований и опытных образцов изделий, постановка их на производство, эксплуатация и сервисное обслуживание, утилизация отслужившей продукции, а также обучение эксплуатационного персонала. В прошлом году на предприятии запущена в работу собственная линия поверхностного монтажа печатных плат.

Валовый объем продукции и услуг за последние годы значительно вырос, ожидается, что в этом году он достигнет 6 млрд руб. Численность работников компании растет вместе с объемами производства и составляет более 720 человек, производственные площади занимают свыше 14 тыс. м<sup>2</sup>. При этом постоянно расширяется линейка продукции для железнодорожного транспорта.

По направлению железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) компания поставляет микропроцессорные системы электрической централизации ЭЦ-ЕМ. Первая отечественная система ЭЦ-ЕМ была реализована на станции Новый Петергоф Октябрьской дороги в 1999 г.

За это время система с релейно-контактным интерфейсом уступила место полностью бесконтактному управлению напольными устройствами. Гибкая конфигурация системы отвечает любым требованиям заказчика и может проектироваться как с централизованным, так и распределенным размещением оборудования.

Всего на сети ОАО «РЖД» находятся в эксплуатации

215 станций ЭЦ-ЕМ, 7090 стрелок, 54 перегон и 790 км автоблокировки АБТЦ-ЕМ, 450 питающих установок СПУ.

Системы ЭЦ-ЕМ и АБТЦ-ЕМ эксплуатируются на важнейших транспортных коридорах страны: МЦД-3 (Москва – Крюково) и Москва – Санкт-Петербург – Балтийская Октябрьской дороги; подходах к портам Черноморского бассейна и Крыма, олимпийских объектах Туапсе – Адлер – Красная поляна Северо-Кавказской дороги, а также на Транссибирской магистрали и др.

На базе управляющего вычислительного комплекса УВК-РА реализована автоблокировка с централизованным размещением оборудования АБТЦ-ЕМ и АЛСО-ЕМ, которая может использоваться как самостоятельное средство или интегрироваться в систему электрической централизации.

С 2021 г. в производство запущены устройства рельсовых цепей и кодирования УРЦК, которые используются в составе устройств электрической централизации и автоблокировки нашего производства, а также в составе других систем. На станции Рыбацкое Октябрьской дороги впервые на сети ОАО «РЖД» внедрено технологическое программное обеспечение ЭЦ-ЕМ и АБТЦ-ЕМ, разработанное коллективом программистов компании. В качестве операционной системы УВК служит ПО собственной разработки AvRTOS, в АРМ ДСП и АРМ ШН применяется ОС Astra Linux. При разработке ПО использованы методы объектно-ориентированного анализа и про-



Обсуждение продукции АО «Радиоавионика» у стенда компании



Постановочный макет станции ЭЦ-ЕМ Блок

На правах рекламы

ектирования, что дает возможность автоматизации процессов адаптации и тестирования программного обеспечения объекта.

Широко применяются на сети ОАО «РЖД» устройства электропитания на базе совмещенной питающей установки СПУ для различных устройств и систем ЖАТ. В эксплуатации находится свыше 100 установок.

Все устройства и системы производства АО «Радиоавионика» имеют полноценную встроенную диагностику, которая позволяет изменять технологию обслуживания, снижать эксплуатационные затраты и переходить на прогнозирование ресурса системы.

Комплексный подход по оснащению устройства ЭЦ, АБТЦ, РЦ, питающими установками одного производителя целых участков позволяет сократить стоимость строительства, сервисного обслуживания и эксплуатационных расходов, а в дальнейшем передать все обслуживание на аутсорсинг. Таким образом оборудованы участок Выходной – Лавна Октябрьской дороги, подход к порту Новороссийск Северо-Кавказской дороги и другие объекты.

АО «Радиоавионика» – постоянный участник выставки «PRO//Движение.Экспо». В этом году вниманию посетителей были представлены перспективные разработки компании. Среди них полный поставочный комплект станции ЭЦ-ЕМ Блок Пост 9 км для участка Выходной – Лавна Октябрьской дороги. Данный комплект является частью комплексного оснащения участка обхода Мурманского узла системами ЭЦ-ЕМ/АБТЦ-ЕМ и включает в себя самые современные импортонезависимые аппаратно-программные решения, в том числе контрольно-согласующее устройство (КСУ) и управляющий вычислительный комплекс (УВК).

КСУ обладает функциями диагностики, информационной безопасности, архивирования, цифровых увязок с внешними системами.

В состав УВК входят: центральное постовое устройство (шкаф ЦПУ) на основе процессорных модулей МК-IV со встроенными функциями информационной безопасности; устройство сопряжения с объектами дискретного контроля и управления (УСО Р); устройство бесконтактного управления и контроля напольными объектами (УСО БК), в том числе, реальные объекты (стрелочный привод СП-6К

и входной светофор со светодиодными головками); шкаф электропитания микропроцессорных устройств УВК (ШЭУВК); шкаф вводно-защитный (ШВЗ), предназначенный для кроссирования напольных и постовых кабелей, а также защиты от коммутационных и грозовых перенапряжений.

На выставке был представлен опытный образец полностью импортонезависимого устройства беспрерывного питания на шине постоянного тока (УБП) с батарейным кабинетом. В УБП применен контроллер российского производителя Овен, автоматы и рубильники КЕАЗ, выпрямители, инверторы и преобразователи компании «ФОРПОСТ».

Кроме этого, был продемонстрирован комплекс аппаратуры контроля рельсовых цепей и кодирования УРЦК. Он прошел опытную эксплуатацию и разрешен к применению в составе ЭЦ и АБТЦ.

В состав комплекса входят: шкаф аппаратуры контроля рельсовых цепей (РЦК), включающий в себя цифровые генераторы и приемники тональных рельсовых цепей; шкаф коммутационного поля (КП РЦК) для установки согласующих и вспомогательных элементов; шкаф вводно-защитный (ШВЗ РЦК) для кроссирования напольных и постовых кабелей, а также защиты от коммутационных и грозовых перенапряжений; шкаф электропитания аппаратуры контроля рельсовых цепей (ШЭ УРЦК).

Устройства УРЦК имеют встроенную диагностику и контроль параметров напряжений приемников и генераторов ТРЦ, а также параметров кодирования АЛСН. Измерение происходит с частотой 1 раз в секунду, что позволяет отказаться от дополнительной измерительной аппаратуры и перейти на автоматизированный график технологического процесса.

Автоматизированные рабочие места дежурного электромеханика (АРМ ШН) и дежурного по станции (АРМ ДСП) адаптированы под БП 9 км. АРМы позволяют эксплуатационному персоналу в полной мере отслеживать работоспособность МПЦ и напольных объектов, в том числе выявлять предотказные состояния системы.

На стенде компании также был представлен тренажерный комплекс для планового обучения дежурных по станциям. На него может быть установлено программное обеспечение любой станции ЭЦ-ЕМ.



**РАДИОАВИОНИКА**



**Уважаемые коллеги и партнеры!**

От имени Акционерного общества «Радиоавионика» поздравляю всех сотрудников ОАО «РЖД» с 20-й годовщиной основания компании!

Открытое акционерное общество "Российские железные дороги" является одной из крупнейших железнодорожных компаний мира. Ваш труд служит огромным вкладом в развитие промышленного потенциала страны, внутренних и международных торговых отношений, внедрение инновационных решений на всех этапах транспортного процесса.

Мы гордимся совместными проектами и оказанным доверием к нашей продукции, плодотворной работой и сотрудничеством по множеству направлений на протяжении многих лет!

Дорогие коллеги! От всей души желаю вам успехов в реализации всех ваших планов, здоровья и мира в ваших семьях!

С уважением,  
Генеральный директор  
АО «Радиоавионика»

А. Ю. Каплин

# ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ И ДОСТИЖЕНИЯ

Компания «ЭЛТЕЗА» приняла участие в Международном железнодорожном салоне пространства 1520 «PRO//Движение.Экспо», где продемонстрировала свои новейшие разработки.

На внутренней экспозиции была представлена система микропроцессорной централизации МПЦ-ЭЛ-20, включенная в опытную эксплуатацию в 2022 г. на станции Пантелеево Северной дороги. Это система нового поколения, вобравшая в себя наиболее передовые решения в данной области. Ее аппаратная и программная составляющие полностью разработаны и произведены российскими специалистами на основе многолетнего опыта создания микропроцессорных устройств ЖАТ.

В рамках выставки ОАО «ЭЛТЕЗА» получила награду за победу в Конкурсе лучших инновационных разработок Ассоциации «Объединение производителей железнодорожной техники» (ОПЖТ) в номинации «Элементы инфраструктуры» за разработку системы МПЦ-ЭЛ-20.

На уличной экспозиции компания представила напольное оборудование, включая электроприводы, муфты, дроссель-трансформаторы, транспортабельные модули и другую продукцию, в том числе опытные образцы, вывод которых на рынок только готовится.

Электропривод винтовой стрелочный ЭП-ВС-А предназначен для перевода остряков и подвижных сердечников крестовин стрелочных переводов с пологими марками крестовин при организации высокоскоростного движения со скоростями до 450 км/ч. Он имеет модульное построение: устройство переводное и блок управления. Блок управления может располагаться от устройства перевода на расстоянии до 100 м, что позволяет размещать его в шкафах или транспортабельных модулях. Конструктив электропривода дает возможность применять его в многоприводных системах перевода стрелки. Он предназначен для работы совместно со внешним замыкателем и автономным устройством контроля положения остряков стрелки.

Электропривод стрелочный шпальний СПШ-ЭЛ – невзрезной, интегрированный в полый металлический брус стрелочный электропривод в блочном

исполнении, с замыканием остряков стрелочного перевода на корпус. СПШ-ЭЛ предназначен для перевода в повторно-кратковременном режиме, запирания и контроля положения в непрерывном режиме централизованных стрелок с совместным ходом остряков.

Электропривод может быть применен для перевода остряков стрелок как с жесткими остряками, так и гибкими. Его специальное исполнение позволяет переводить гибкие остряки с применением кулисного механизма.

Конструкция электропривода дает возможность проведения механизированной подбивки брусьев стрелочного перевода без подготовительных работ. Жесткое болтовое скрепление корпуса электропривода к рамному рельсу обеспечивает устойчивое удержание рельсовой колеи в пределах нормы.

Дроссель-трансформатор ДТ-1МГ1-450П в полимерном корпусе предназначен для канализации тяговых токов при пропуске тяжеловесных составов на электрифицированных участках железных дорог с электротягой переменного тока обратными тяговыми токами до 900 А.

Полимерный корпус позволяет использовать дроссель-трансформатор во всех климатических зонах, а также при воздействии агрессивных сред (солевой туман и др.). Конструкция ДТ-1МГ1-450П обеспечивает работу числовых кодовых и тональных рельсовых цепей.

Муфты кабельные соединительные подземные холодноусаживаемые МСХз и муфты кабельные тройниковые подземные холодноусаживаемые МСХз-Т, МСХз-Т-А предназначены для сращивания строительных длин небронированных и бронированных кабелей с полиэтиленовой изоляцией, с медными жилами сечением от 0,63 до 1,5 мм<sup>2</sup>, рассчитанных на номинальное напряжение 380 В переменного тока частотой 50 Гц или 660 В постоянного тока.

Корпус муфт МСХз и МСХз-Т представляет собой специально разработанный пластмассовый цилиндр



Осмотр уличной экспозиции «ЭЛТЕЗА» делегацией ОАО «РЖД»



Вручение награды за победу в конкурсе лучших инновационных разработок ОПЖТ



Шкаф в полимерном корпусе



Дросель-трансформатор 2ДТ-450П

с лепестками и предустановленными изолирующими трубками. Муфты имеют два отверстия под заливку в них гидрофобного заполнителя. Для небронированных кабелей используется муфта МСХз/МСХз-Т, а для бронированных кабелей – муфта МСХз-А/МСХз-Т-А.

**Вандалозащищенные шкафы** разработаны в рамках повышения транспортной безопасности по техническим требованиям ОАО «РЖД». Шкаф имеет кабельные вводы и дно шкафа увеличенной толщины (3–4 мм), вентиляционные отверстия с защитными кожух-клапанами. Дверь выполнена из металла толщиной 4 мм и оборудована усиленным запорным устройством и кромками. Данные шкафы оснащены датчиками контроля вскрытия дверей и сиреной, срабатывающей при открытии двери.

**Полимерные шкафы** применяются в устройствах железнодорожной автоматики для размещения аппаратуры на участках железных дорог, находящихся в прибрежной зоне (морское побережье) с повышенной влажностью (близ водоемов) и агрессивной средой (промышленные зоны предприятий химической отрасли, автомобильные мосты и дороги).

Корпус шкафов изготовлен из полимерного (композиционного) материала, обладающего стойкостью к различным агрессивным средам и ультрафиолету, материал корпуса пожаробезопасный, не поддерживающий горение (имеет высшую стойкость к горению ПВ-0), ударопрочный. Он также исключает

необходимость периодической окраски в процессе эксплуатации. По внутренней конструкции и размещению аппаратуры СЦБ полностью соответствует шкафам типа ШУ, ШРУ-М.

**Пожаробезопасные (СТ-5КП, ПРТ-КП-2) и влагозащищенные (ПОБС-2КВ, ПОБС-3КВ)** трансформаторы в полимерном корпусе предназначены для эксплуатации в непрерывном режиме в составе аппаратуры сигнализации, централизации и блокировки на железных дорогах.

Пожаробезопасные трансформаторы изготовлены с использованием в деталях корпуса современных полимерных материалов, обеспечивающих герметичное соединение верхней и нижней крышки, за счет чего достигается их высокая влагозащищенность. Трансформаторы серии КП имеют электрическую прочность изоляции 4 кВ, на обмотке трансформаторов установлен термовыключатель, срабатывающий при нагреве 145 °C ± 10 %.

Корпус влагозащищенных трансформаторов изготовлен из полимерного (композиционного) материала, обладающего стойкостью к агрессивным средам и полностью исключающей возможность возникновения коррозии. Внутреннее пространство залито теплопроводным компаундом, что повышает защиту от влаги. Дизлектрическая прочность увеличена до 4 кВ. В трансформаторах СТ-4П увеличена степень защиты от проникновения воды и пыли до IP65. Они могут подключаться традиционным штыревым способом и быстрозажимными разъемами, что сокращает время при монтаже и обслуживании.

На полях международного салона пространства 1520 «PRO//Движение.Экспо» руководители холдинга «РЖД» и железных дорог ознакомились с экспозицией ОАО «ЭЛТЕЗА», высоко оценив достигнутый технологический суверенитет, уровень работы и качество выпускаемой продукции в сфере управления движением поездов.

**Поздравляем  
ОАО «РЖД»  
с 20 летием!**

**ЭЛТЕЗА**

ОБЪЕДИНЕННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАВОДЫ

СОВРЕМЕННЫЕ  
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ



**СКРОЦКАЯ**  
Ольга Сергеевна,  
ООО «Акку-Фертриб»,  
руководитель направления  
«РЖД-стационарные»,  
Москва, Россия

# РЯЗАНСКИЕ АККУМУЛЯТОРЫ **ШТАРК АГНГ:** НАСТОЯЩИЙ РУССКИЙ ГЕЛЬ

**В эпоху, когда общество сталкивается с невиданными вызовами, особая ответственность за стабильность и непрерывность производственных процессов в ключевых отраслях промышленности ложится на изготовителей оборудования. Не являются исключением и производители аккумуляторов, используемых в качестве резервных источников тока промышленных электроустановок. Без их надежного функционирования невозможна сама концепция бесперебойного электроснабжения потребителей.**

■ Компания ООО «Акку-Фертриб» с 2006 г. развивает собственное производство аккумуляторов и батарей. Не секрет, что современным технологиям мы учились у западных коллег, опыт взаимодействия с которыми оказался чрезвычайно своевременным и полезным. Сотрудничество с ведущими европейскими заводами определило широту выпускаемого модельного ряда и позволило предприятию пройти этапы разработки и постановки на производство в рекордно короткие сроки.

На сегодняшний день можно с уверенностью констатировать, что по объему выпускаемой продукции Рязанский аккумуляторный завод «Тангстоун» конкурирует со старейшими аккумуляторными заводами России, а по разнообразию выпускаемых изделий не имеет равных.

За годы развития достигнут достаточный уровень автономии, позволяющий не зависеть от конкретных поставщиков материалов и комплектующих, поэтому изменение внешних условий не может существенно повлиять ни на производительность, ни на ценообразование при поставке готовой продукции. Благодаря усилиям производителя заказчики надежно защищены от экономических рисков и могут планировать сотрудничество с ООО РАЗ «Тангстоун» на долгосрочную перспективу.

До сих пор никому в России не удавалось наладить серийное производство герметизированных

свинцово-кислотных аккумуляторов с желеобразным электролитом. Попытки коллег из Китая освоить гель-батареи также далеко не всегда были удачными. Мы же получили уникальную технологию, можно сказать, из первых рук, в результате тесного сотрудничества с немецкими заводами Sonnenschein. На одном из этих заводов в середине прошлого века была изобретена и внедрена в серийное производство технология изготовления промышленных непроливаемых аккумуляторов с загущенным электролитом, получившая название «dryfit».

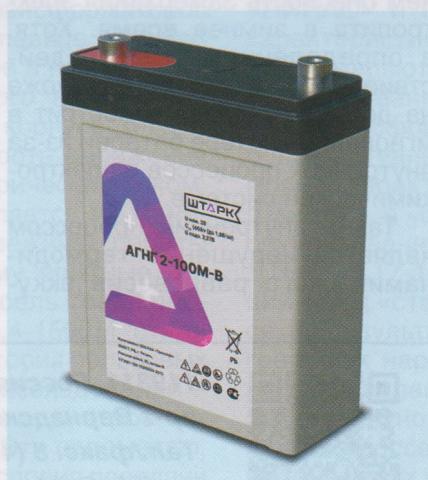
При всей кажущейся простоте воплощение идеи потребовало специальных знаний и приемов. Этот путь мы успешно прошли, и теперь выдающееся достижение мирового прогресса бережно перенесено на российскую почву и дает замечательные плоды на

благо отечественной промышленности.

Конечно, многое еще предстоит сделать. Завод непрерывно расширяется, совершенствуются технологии производства, но главное – виден результат своеевременно принятых смелых решений, направленных на развитие собственного производства с учетом передового мирового опыта.

Системы автоматики и телемеханики требуют особого подхода, как в части напряжения (редко встречающиеся 14 В), так и в части условий эксплуатации (батареи устанавливают на улице в металлических или бетонных шкафах). Указанные требования могут поставить в тупик любого производителя свинцовых батарей, но ООО «Акку-Фертриб» обеспечивает их выполнение. Компания практически с момента основания, то есть уже тридцать лет, поставляет химические источники тока на железные дороги России. Мы знаем специфику применения и ожидания заказчика от использования нашей продукции, поэтому с 2022 г. ведется работа по включению серийной продукции ШТАРК АГНГ в номенклатурный перечень допущенных к применению изделий.

Серия аккумуляторов ШТАРК АГНГ с загущенным электролитом и плоскими намазными положительными пластинами чрезвычайно обширна. В рамках данной серии выпускаются и аккумуляторы с номинальным напряжением 2 В, и моноблоки на 6 и 12 В.



Внешний вид аккумулятора ШТАРК АГНГ



Аккумуляторы ШТАРК АГНГ на переезде Стенькино-2

Выбор емкости огромен: от 25 до 500 Ач. Такой производственный диапазон позволяет заказчикам решать самые разнообразные задачи, связанные с резервным питанием как компактных систем, так и мощных промышленных потребителей, требующих многочасового резервирования. Принцип выбора подходящих изделий определяется отраслевыми правилами и стандартами, а также конкретными требованиями к оборудованию.

Надеемся, что скоро компактные и удобные герметизированные свинцовые аккумуляторы отечественного производства вытеснят из обихода батареи в прозрачных корпусах, что позволит отрасли перейти на малообслуживаемые технологии в секторе резервного питания систем ЖАТ. Это в свою очередь даст возможность сократить трудозатраты при содержании батарей и исключить воздействие вредных факторов при их обслуживании.

Еще одним неоспоримым преимуществом предлагаемых изделий является возможность их длительного хранения до ввода в эксплуатацию или в случае необходимости временного вывода из работы. Срок хранения без подзаряда аккумуляторов ШТАРК АГНГ составляет два года и объясняется низкой скоростью саморазряда электродов в железнодорожном электролите.

Любая теория полезна, если

она дает практический эффект. В июне этого года аккумуляторы ШТАРК АГНГ установлены на подконтрольную эксплуатацию в шкафы питания переездной сигнализации и входных светофоров на Рязань-Узловой дистанции СЦБ Московской дороги. Они также используются в качестве контрольной батареи на посту ЭЦ горки станции Стенькино-2.

Кроме того, были проведены дополнительные лабораторные климатические испытания для имитации наиболее жестких режимов работы батарей в полевых условиях, а именно: разряд при отрицательной температуре до заданного напряжения без ограничения по отбору емкости.

Все аккумуляторы прошли испытания, сохранили свою целостность и отдали ожидаемую емкость с поправкой на температуру. На основе полученных данных сделан следующий вывод: аккумуляторы ШТАРК АГНГ можно эксплуатировать при температуре до  $-30^{\circ}\text{C}$  без угрозы замерзания электролита, включая разряды во всем диапазоне токов, согласно инструкции производителя. Таким образом, развенчано одно из распространенных опасений, касающееся склонности герметизированных аккумуляторов к замерзанию. В ходе лабораторного эксперимента доказано, что герметизированные аккумуляторы с жеleoобразным электролитом устойчивы к отрицательной температуре.

Обратная сторона медали при эксплуатации батарей в уличных шкафах – высокая температура внешней среды. Эта проблема, пожалуй, даже более серьезная, чем опасность замерзания электролита в зимнее время. Хотя, в определенном смысле действие жары может быть похоже на действие холода и состоит в мгновенной потере батареи из-за внутренних процессов в электрохимической системе.

Таким внутренним процессом является нарушение термодинамического равновесия акку-

муляторной батареи с внешней средой в режиме непрерывного подзаряда. Избыточная теплота, выделяемая при заряде, накапливается в аккумуляторе, вызывает его разогрев, в итоге возрастает сила остаточного зарядного тока. Выделение теплоты и рост тока в замкнутой системе оказывают взаимоусиливающее влияние, результатом которого может стать неконтролируемый рост температуры батареи, вплоть до ее расплавления и разрушения. Такой эффект носит название «терморазгон». Он наблюдается, прежде всего, на герметизированных аккумуляторах с адсорбированным электролитом, т.н. AGM. Системы с гель-электролитом устойчивы к терморазгону по объективным причинам, связанным с большим количеством и равномерным распределением электролита во внутреннем объеме аккумулятора.

Однако, чтобы развеять еще один известный миф о склонности всех герметизированных батарей к терморазгону, были проведены испытания по ГОСТ Р МЭК на шести образцах аккумуляторов ШТАРК АГНГ 2-100М-В с контролем тока и температуры. Батареи выдержали испытания. Температура не превысила  $50^{\circ}\text{C}$ . Признаки терморазгона отсутствовали.

Как показали лабораторные исследования, батареи ШТАРК АГНГ по своим физико-химическим свойствам весьма перспективны для использования в системах ЖАТ. Их номенклатурный ряд может удовлетворить все существующие потребности отрасли. Локальное производство существенно упрощает взаимодействие с изготовителем по всем текущим и долгосрочным вопросам.

Мы надеемся, что наши заказчики по достоинству оценят преимущества отечественных герметизированных промышленных свинцово-кислотных батарей, что в дальнейшем позволит компании выйти на новый виток развития производства современных химических источников тока.



# ПАРАМЕТРЫ ЭКВИВАЛЕНТНОГО ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКА ДРОССЕЛЬ-ТРАНСФОРМАТОРОВ ДТЕ-0,2/0,4-1500М



**ЩЕРБИНА**  
Евгений Геннадьевич,  
ООО «1520 Сигнал»,  
технический директор,  
доцент, канд. техн. наук,  
Москва, Россия



**ЩЕРБИНА**  
Алексей Евгеньевич,  
ООО «1520 Сигнал»,  
руководитель отдела  
рельсовых цепей, канд.  
техн. наук, Москва, Россия



**ГОМАН**  
Евгений Александрович,  
ОАО «ЭЛТЕЗА», главный  
инженер, Москва, Россия

**Ключевые слова:** математическое моделирование, эквивалентный четырехполюсник, А-параметры, дроссель-трансформатор, рельсовые цепи, адекватность модели, нелинейные свойства

**Аннотация.** В статье приводятся результаты исследований в лаборатории рельсовых цепей дроссель-трансформаторов ДТЕ-0,2-1500М и ДТЕ-0,4-1500М. Экспериментально определены параметры эквивалентного четырехполюсника на рабочих частотах сигналов рельсовых цепей и автоматической локомотивной сигнализации в диапазоне рабочих напряжений.

■ ОАО «ЭЛТЕЗА» активно переходит на применение в конструкции серийно изготавливаемых изделий полимерных (композиционных) материалов. С целью повышения электрической прочности изоляции токоведущих цепей и перехода на унифицированный полимерный корпус всех типов дроссель-трансформаторов (ДТ) постоянного тока ведется модернизация дроссель-трансформаторов ДТЕ-0,2-1500П, ДТЕ-0,4-1500П. Главное преимущество дроссель-трансформаторов в полимерных корпусах – отсутствие наведенного напряжения тягового тока контактной сети на корпусе, благодаря чему исключается возможность поражения обслуживающего персонала электрическим током.

Важным требованием к ДТ является их минимальное влияние на основные режимы работы рельсовых цепей. Именно поэтому опытные образцы модернизированных дроссель-трансформаторов ДТЕ-0,2-1500М и ДТЕ-0,4-1500М стали предметом исследований в лаборатории рельсовых цепей ООО «1520 Сигнал». Цель исследований – экспериментальное определение параметров эквивалентного четырехполюсника. Эти параметры, количественно характеризующие условия передачи сигналов, позволяют моделировать поведение ДТ

в реальной рельсовой цепи. Они необходимы для расчета регулировочных характеристик рельсовых цепей на этапе проектирования.

В эксплуатации на сети дорог находятся более ранние модели дроссель-трансформаторов данного типа. Параметры эквивалентных четырехполюсников, используемые специалистами АО «НИИАС» и ГТСС при расчете регулировочных характеристик рельсовых цепей, в данной работе представляют интерес в плане оценки точности моделирования и применимости к новым дроссель-трансформаторам. Сравнительная оценка тем более актуальна, что на каждой частоте «новая» модель характеризуется восемью матрицами А-параметров, а «старая» – одной. По аналогии с ранее опубликованными результатами исследования для ДТЕМГ-0,17-1500 с коэффициентом трансформации 40 [1] «старые» параметры здесь не приводятся, но результаты их применения отображаются на графиках наряду с «новыми». При исследовании использовалась методика определения параметров эквивалентного четырехполюсника схемы замещения дроссель-трансформатора, основанная на методе «трех известных нагрузок» с контролем достоверности получаемых данных на каждом этапе,

Таблица 1

f, Гц	U <sub>1</sub> , В	A , -	Φ <sub>A'</sub> °	I <sub>B1</sub> , Ом	Φ <sub>B'</sub> °	I <sub>C1</sub> , См	Φ <sub>C'</sub> °	I <sub>D1</sub> , -	Φ <sub>D'</sub> °	Z <sub>1c</sub>  , Ом	Φ <sub>Z<sub>1c</sub></sub> °	Z <sub>2c</sub>  , Ом	Φ <sub>Z<sub>2c</sub></sub> °	a, дБ	b, °	n, -	Z <sub>1X</sub>  , Ом	Φ <sub>Z<sub>1X</sub></sub> °	Z <sub>1K</sub>  , Ом	Φ <sub>Z<sub>1K</sub></sub> °	Z <sub>2X</sub>  , Ом	Φ <sub>Z<sub>2X</sub></sub> °	Z <sub>2K</sub>  , Ом	Φ <sub>Z<sub>2K</sub></sub> °
25	1	43,34	-5,444	0,9228	59,15	0,3114	-86,19	0,02914	-0,4935	66,39	70,19	0,04464	75,14	4,373	-6,372	38,57	139,2	80,74	31,67	59,64	0,09358	85,70	0,02129	64,59
	2,5	42,80	-5,267	0,8825	58,24	0,2904	-86,61	0,02877	-0,4074	67,23	69,99	0,04519	74,85	4,137	-6,386	38,57	147,4	81,34	30,67	58,65	0,09906	86,20	0,02062	63,51
	5	42,35	-5,541	0,9902	58,01	0,2774	-87,25	0,02944	-0,6357	71,66	70,18	0,04981	75,09	4,267	-6,765	37,93	152,7	81,71	33,63	58,65	0,1061	86,61	0,02338	63,56
	10	42,16	-5,441	0,9806	58,16	0,2692	-87,34	0,02934	-0,5307	72,34	70,29	0,05035	75,20	4,189	-6,647	37,90	156,6	81,90	33,42	58,69	0,1090	86,81	0,02326	63,60
	25	41,99	-5,357	0,9832	58,73	0,2613	-87,32	0,02933	-0,3707	73,4	70,53	0,05127	75,52	4,140	-6,441	37,84	160,7	81,96	33,52	59,10	0,1123	86,95	0,02341	64,09
	50	41,84	-5,284	1,015	55,51	0,2559	-87,22	0,02936	-1,099	75,19	69,27	0,05277	73,46	4,139	-7,174	37,75	163,5	81,94	34,58	56,60	0,1148	86,12	0,02427	60,79
	100	41,66	-5,262	1,021	54,56	0,2516	-87,19	0,02938	-1,235	75,84	68,86	0,05349	72,89	4,110	-7,344	37,65	165,6	81,93	34,74	55,80	0,1168	85,95	0,02450	59,82
	200	41,78	-5,341	0,9790	61,58	0,2501	-87,50	0,02931	0,3286	74,69	71,70	0,05240	77,37	4,065	-5,731	37,75	167,1	82,16	33,39	61,25	0,1172	87,83	0,02343	66,92
	1	43,37	-3,247	1,868	69,82	0,1662	-87,05	0,02997	-0,8086	127,5	77,22	0,08812	79,66	4,587	-4,188	38,04	260,9	83,80	62,32	70,63	0,1803	86,24	0,04307	73,07
	2,5	42,76	-2,904	1,804	71,78	0,1513	-86,90	0,02960	-0,3212	131,3	78,05	0,09085	80,63	4,331	-3,498	38,01	282,6	83,99	60,97	72,10	0,1956	86,58	0,04220	74,69
50	5	42,33	-2,690	1,760	70,80	0,1436	-86,98	0,02940	-0,5543	132,8	77,82	0,09227	79,96	4,174	-3,631	37,94	294,8	84,29	59,85	71,35	0,2048	86,43	0,04157	73,49
	10	42,13	-2,663	1,769	71,18	0,1390	-87,18	0,02939	-0,4745	135,0	78,08	0,09422	80,27	4,122	-3,550	37,86	303,0	84,51	60,18	71,65	0,2114	86,70	0,04199	73,84
	25	41,92	-2,606	1,759	71,21	0,1346	-87,29	0,02933	-0,4529	136,6	78,17	0,09560	80,32	4,050	-3,515	37,81	311,3	84,68	59,97	71,66	0,2178	86,84	0,04196	73,81
	50	41,76	-2,552	1,777	69,41	0,1318	-87,28	0,02933	-0,8122	138,6	77,47	0,09734	79,21	4,022	-3,887	37,73	316,9	84,73	60,59	70,22	0,2226	86,47	0,04256	71,96
	100	41,57	-2,557	1,791	69,01	0,1294	-87,27	0,02940	-0,8485	139,9	77,29	0,09895	79,00	4,001	-3,953	37,60	321,3	84,71	60,93	69,86	0,2272	86,42	0,04309	71,57
	200	41,90	-2,490	1,753	72,81	0,1272	-87,17	0,02905	-0,1135	141,0	78,80	0,09776	81,18	3,943	-3,062	37,98	329,4	84,68	60,35	72,93	0,2284	87,05	0,04184	75,30
75	1	43,68	-2,027	2,500	75,28	0,1141	-87,03	0,02932	-0,5738	180,7	80,43	0,1213	81,88	4,432	-2,767	38,6	382,8	85,00	85,29	75,85	0,2569	86,46	0,05723	77,31
	2,5	42,92	-1,913	2,565	75,16	0,1042	-86,83	0,02943	-0,5406	189,5	80,31	0,1299	81,69	4,300	-2,678	38,19	411,9	84,92	87,18	75,71	0,2824	86,29	0,05977	77,08
	5	42,53	-1,747	2,561	75,57	0,09880	-86,80	0,02937	-0,5125	193,7	80,57	0,1338	81,80	4,193	-2,520	38,05	430,4	85,05	87,20	76,09	0,2973	86,28	0,06023	77,32
	10	42,24	-1,619	2,541	75,41	0,09493	-86,87	0,02929	-0,6011	196,5	80,63	0,1362	81,65	4,100	-2,525	37,98	445,0	85,25	86,75	76,01	0,3085	86,27	0,06015	77,03
	25	41,98	-1,606	2,551	75,32	0,09149	-87,07	0,02929	-0,6099	199,9	80,70	0,1395	81,70	4,036	-2,554	37,86	458,8	85,47	87,10	75,93	0,3201	86,46	0,06077	76,93
	50	41,80	-1,585	2,574	73,92	0,08938	-87,16	0,02931	-0,8796	202,7	80,19	0,1421	80,89	4,005	-2,860	37,76	467,6	85,57	87,83	74,80	0,3279	86,28	0,06159	75,51
	100	41,62	-1,597	2,583	73,98	0,08782	-87,22	0,02936	-0,8405	204,2	80,23	0,1440	80,98	3,979	-2,845	37,65	473,9	85,63	87,98	74,82	0,3343	86,38	0,06206	75,58
	200	41,93	-1,588	2,596	76,47	0,08616	-87,16	0,02911	-0,3601	208,3	81,20	0,1446	82,43	3,959	-2,284	37,96	486,7	85,57	89,18	76,83	0,3378	86,80	0,06190	78,05
	1	44,26	-1,282	5,642	77,72	0,05423	-88,24	0,02942	-1,177	395,6	82,93	0,2630	83,04	4,580	-2,545	38,79	816,1	86,96	191,8	78,90	0,5425	87,07	0,1275	79,01
	2,5	43,82	-0,8560	5,634	78,81	0,05024	-86,78	0,02923	-0,8988	410,0	82,82	0,2735	82,77	4,424	-1,870	38,72	872,3	85,92	192,8	79,71	0,5818	85,88	0,1286	79,67
175	5	43,15	-0,5295	5,618	78,39	0,04652	-86,23	0,02919	-1,093	422,5	82,60	0,2858	82,03	4,264	-1,784	38,45	927,5	85,71	192,5	79,49	0,6274	85,14	0,1302	78,92
	10	42,65	-0,4448	5,623	78,29	0,04364	-86,29	0,02916	-1,129	434,2	82,63	0,2968	81,95	4,141	-1,775	38,25	977,4	85,85	192,9	79,42	0,6682	85,16	0,1319	78,74
	25	42,26	-0,4403	5,636	78,37	0,04124	-86,53	0,02912	-1,096	445,4	82,78	0,3069	82,12	4,037	-1,772	38,10	1025	86,09	193,6	79,46	0,7061	85,43	0,1334	78,81
	50	42,03	-0,4444	5,673	77,77	0,03996	-86,73	0,02913	-1,207	452,5	82,63	0,3137	81,87	3,989	-1,924	37,98	1052	86,28	194,7	78,98	0,7290	85,52	0,1350	78,22
	100	41,82	-0,4399	5,685	77,68	0,03910	-86,90	0,02917	-1,232	456,5	82,69	0,3185	81,89	3,952	-1,964	37,86	1069	86,46	194,9	78,91	0,7461	85,67	0,1360	78,12
	200	42,13	-0,4094	5,684	78,87	0,03831	-86,82	0,02886	-1,010	465,3	83,15	0,3188	82,55	3,916	-1,680	38,2	1100	86,41	196,9	79,88	0,7534	85,81	0,1349	79,28
420	1	44,27	-0,7856	12,02	77,38	0,02314	-88,11	0,02878	-1,542	893,7	83,12	0,5811	82,37	4,382	-2,500	39,22	1913	87,32	417,5	78,93	1,244	86,57	0,2715	78,17
	2,5	44,14	-0,6461	12,03	77,37	0,02272	-87,70	0,02877	-1,568	901,4	83,00	0,5874	82,07	4,349	-2,394	39,17	1943	87,06	418,3	78,93	1,266	86,13	0,2726	78,01
	5	43,81	-0,2916	12,07	77,28	0,02168	-86,49	0,02874	-1,614	921,2	82,55	0,6043	81,23	4,264	-2,095	39,05	2021	86,20	420,0	78,90	1,325	84,87	0,2755	77,58
	10	43,31	0,0460	12,11	77,23	0,02024	-85,44	0,02870	-1,661	950,0	82,19	0,6297	80,48	4,138	-1,822	38,84	2140	85,49	421,8	78,89	1,418	83,78	0,2796	77,18
	25	42,66	0,1747	12,12	77,24	0,01847	-85,15	0,02865	-1,620	988,7	82,10	0,6640	80,30	3,967	-1,691	38,59	2310	85,33	423,1	78,86	1,551	83,54	0,2842	77,07
	50	42,39	0,1600	12,14	77,27	0,01765	-85,31	0,02860	-1,575	1010	82,16	0,6813	80,42	3,886	-1,687	38,50	2403	85,47	424,5	78,85	1,621	83,73	0,2864	77,11
	100	42,12	0,1423	12,18	77,33	0,01710	-85,61	0,02864	-1,565	1023	82,32	0,6959	80,62	3,834	-1,716	38,35	2464	85,75	425,2	78,90	1,675			

Таблица 1. Окончание

f, Гц	U <sub>1</sub> , В	AI , -	Φ <sub>A'</sub> , °	BI , Ом	Φ <sub>B'</sub> , °	CI , См	Φ <sub>C'</sub> , °	DI , -	Φ <sub>D'</sub> , °	Z <sub>1c</sub>  , Ом	Φ <sub>Z<sub>1c</sub></sub> , °	Z <sub>2c</sub>  , Ом	Φ <sub>Z<sub>2c</sub></sub> , °	a, дБ	b, °	n, -	Z <sub>1X</sub>  , Ом	Φ <sub>Z<sub>1X</sub></sub> , °	Z <sub>1K</sub>  , Ом	Φ <sub>Z<sub>1K</sub></sub> , °	Z <sub>2X</sub>  , Ом	Φ <sub>Z<sub>2X</sub></sub> , °	Z <sub>2K</sub>  , Ом	Φ <sub>Z<sub>2K</sub></sub> , °
580	25	43,05	0,3095	15,81	77,26	0,01421	-84,20	0,02842	-1,582	1298	81,68	0,8569	79,79	3,976	-1,487	38,92	3029	84,51	556,4	78,84	1,999	82,62	0,3672	76,95
	50	42,63	0,3344	15,84	77,27	0,01327	-84,25	0,02836	-1,544	1340	81,70	0,8912	79,82	3,854	-1,453	38,77	3213	84,58	558,7	78,82	2,137	82,70	0,3717	76,94
	100	42,31	0,3217	15,89	77,32	0,01270	-84,66	0,02837	-1,552	1366	81,93	0,9158	80,05	3,780	-1,503	38,62	3332	84,98	560,1	78,87	2,234	83,11	0,3755	77,00
	200	42,29	0,2829	16,06	76,92	0,01217	-85,08	0,02823	-1,614	1406	81,95	0,9383	80,05	3,722	-1,649	38,71	3474	85,36	568,9	78,54	2,319	83,46	0,3797	76,64
625	1	44,46	-0,6074	16,67	77,45	0,01620	-87,58	0,02849	-1,542	1267	82,98	0,8120	82,05	4,325	-2,335	39,5	2745	86,97	585,1	78,99	1,759	86,04	0,3749	78,05
	2,5	44,39	-0,5266	16,67	77,41	0,01604	-87,37	0,02848	-1,568	1273	82,91	0,8163	81,87	4,305	-2,284	39,48	2767	86,84	585,3	78,98	1,775	85,80	0,3754	77,94
	5	44,21	-0,3361	16,70	77,38	0,01560	-86,55	0,02845	-1,555	1290	82,58	0,8300	81,36	4,255	-2,084	39,42	2834	86,22	586,9	78,94	1,824	85,00	0,3777	77,72
	10	43,77	0,0398	16,74	77,30	0,01465	-85,10	0,02841	-1,573	1327	82,01	0,8613	80,40	4,139	-1,730	39,25	2988	85,14	589,2	78,88	1,940	83,53	0,3825	77,26
	25	43,05	0,3282	16,80	77,32	0,01321	-84,09	0,02835	-1,557	1389	81,65	0,9151	79,76	3,954	-1,443	38,97	3258	84,42	592,5	78,88	2,146	82,53	0,3902	76,99
	50	42,66	0,3729	16,84	77,36	0,01237	-84,04	0,02830	-1,523	1433	81,64	0,9502	79,75	3,838	-1,386	38,83	3448	84,41	595,2	78,88	2,287	82,51	0,3948	76,99
	100	42,33	0,3630	16,89	77,41	0,01184	-84,42	0,02832	-1,530	1460	81,86	0,9767	79,97	3,764	-1,431	38,67	3575	84,78	596,5	78,94	2,391	82,89	0,3990	77,04
	200	42,30	0,3413	17,07	76,96	0,01133	-84,83	0,02818	-1,615	1504	81,87	1,002	79,91	3,705	-1,584	38,74	3732	85,17	605,8	78,57	2,486	83,21	0,4036	76,62
675	1	44,43	-0,5599	17,77	77,60	0,01497	-87,40	0,02842	-1,494	1362	82,96	0,8713	82,03	4,295	-2,245	39,54	2968	86,84	625,0	79,09	1,898	85,90	0,3998	78,16
	2,5	44,36	-0,4903	17,77	77,54	0,01484	-87,21	0,02842	-1,523	1367	82,89	0,8757	81,86	4,278	-2,207	39,51	2989	86,72	625,2	79,07	1,915	85,69	0,4005	78,04
	5	44,21	-0,3118	17,78	77,51	0,01448	-86,50	0,02839	-1,526	1383	82,61	0,8879	81,40	4,233	-2,034	39,46	3052	86,19	626,3	79,03	1,960	84,97	0,4022	77,82
	10	43,81	-0,009027	17,87	77,53	0,01366	-85,12	0,02836	-1,479	1421	82,06	0,9201	80,59	4,131	-1,682	39,30	3207	85,11	630,0	79,00	2,076	83,64	0,4078	77,53
	25	43,09	0,3657	17,90	77,42	0,01233	-83,90	0,02830	-1,535	1487	81,61	0,9765	79,71	3,943	-1,377	39,02	3496	84,26	632,5	78,95	2,296	82,36	0,4154	77,05
	50	42,71	0,3765	17,97	77,53	0,01154	-83,81	0,02824	-1,454	1534	81,59	1,015	79,76	3,830	-1,301	38,89	3701	84,19	636,1	78,99	2,448	82,36	0,4207	77,16
	100	42,37	0,4201	17,98	77,53	0,01102	-84,11	0,02825	-1,508	1564	81,78	1,043	79,85	3,749	-1,338	38,73	3843	84,53	636,5	79,03	2,563	82,60	0,4244	77,11
	200	42,34	0,3757	18,19	77,14	0,01054	-84,59	0,02812	-1,572	1612	81,84	1,071	79,89	3,689	-1,493	38,80	4017	84,97	646,9	78,72	2,668	83,02	0,4297	76,77
720	1	44,46	-0,4991	18,72	77,70	0,01410	-87,19	0,02836	-1,479	1443	82,93	0,9205	81,95	4,280	-2,168	39,59	3154	86,69	659,9	79,18	2,012	85,71	0,4211	78,20
	2,5	44,39	-0,4574	18,74	77,67	0,01398	-87,06	0,02837	-1,487	1449	82,88	0,9258	81,85	4,266	-2,137	39,56	3176	86,60	660,7	79,16	2,030	85,57	0,4223	78,13
	5	44,24	-0,3109	18,76	77,63	0,01368	-86,46	0,02835	-1,487	1463	82,63	0,9376	81,46	4,227	-1,993	39,50	3235	86,14	661,9	79,12	2,073	84,97	0,4241	77,95
	10	43,87	0,04193	18,82	77,58	0,01294	-84,99	0,02831	-1,493	1501	82,05	0,9685	80,52	4,127	-1,641	39,37	3390	85,04	664,7	79,07	2,187	83,50	0,4289	77,53
	25	43,16	0,3822	18,88	77,59	0,01167	-83,70	0,02825	-1,484	1572	81,58	1,029	79,71	3,942	-1,297	39,09	3697	84,08	668,4	79,07	2,420	82,21	0,4375	77,21
	50	42,74	0,4312	18,94	77,58	0,01089	-83,54	0,02820	-1,450	1624	81,50	1,071	79,62	3,820	-1,233	38,93	3926	83,98	671,7	79,03	2,590	82,09	0,4431	77,15
	100	42,40	0,4295	18,99	77,64	0,01039	-83,92	0,02822	-1,463	1657	81,73	1,103	79,84	3,742	-1,275	38,76	4081	84,35	673,2	79,11	2,716	82,46	0,4480	77,21
	200	42,36	0,4160	19,19	77,28	0,00992	-84,36	0,02807	-1,546	1709	81,80	1,132	79,84	3,677	-1,415	38,85	4271	84,78	683,6	78,83	2,831	82,81	0,4530	76,86
780	1	44,40	-0,4654	20,05	77,89	0,01296	-87,02	0,02832	-1,414	1557	82,93	0,9933	81,98	4,250	-2,073	39,60	3426	86,55	708,0	79,30	2,185	85,60	0,4515	78,35
	2,5	44,34	-0,4084	20,05	77,87	0,01286	-86,86	0,02831	-1,431	1563	82,87	0,9975	81,85	4,235	-2,035	39,58	3448	86,45	708,1	79,30	2,201	85,43	0,4521	78,27
	5	44,24	-0,2876	20,06	77,83	0,01265	-86,39	0,02829	-1,440	1574	82,69	1,007	81,53	4,205	-1,923	39,54	3497	86,10	709,0	79,27	2,236	84,95	0,4534	78,12
	10	43,90	0,05147	20,10	77,76	0,01202	-84,96	0,02825	-1,453	1612	82,11	1,037	80,61	4,113	-1,590	39,42	3653	85,02	711,7	79,21	2,350	83,51	0,4580	77,70
	25	43,21	0,4177	20,17	77,71	0,01086	-83,49	0,02819	-1,456	1687	81,53	1,101	79,66	3,931	-1,226	39,15	3978	83,91	715,5	79,16	2,595	82,03	0,4668	77,29
	50	42,79	0,4732	20,24	77,75	0,01012	-83,25	0,02814	-1,406	1743	81,44	1,146	79,56	3,809	-1,132	38,99	4226	83,72	719,1	79,16	2,779	81,84	0,4729	77,28
	100	42,44	0,4740	20,30	77,83	0,00965	-83,60	0,02816	-1,419	1780	81,66	1,181	79,77	3,729	-1,169	38,82	4398	84,08	720,7	79,25	2,918	82,19	0,4783	77,35
	200	42,38	0,4382	20,52	77,52	0,00921	-84,05	0,02803	-1,474	1836	81,74	1,214	79,83	3,665	-1,300	38,89	4604	84,49	732,1	79,00	3,044	82,58	0,4841	77,09
825	1	44,41	-0,4352	21,01	78,00	0,01232	-86,88	0,02829	-1,387	1637	82,91	1,042	81,96	4,243	-2,012	39,62	3606	86,44	742,9	79,39	2,296	85,49	0,4731	78,43
	2,5	44,38	-0,3832	21,01	78,02	0,01224	-86,70	0,02827	-1,389	1642	82,86	1,046	81,86	4,230	-1,962	39,62	3627	86,32	743,1	79,41	2,310	85,31	0,4733	78,40
	5	44,27	-0,2643	21,02	77,95	0,01203	-86,27	0,02826	-1,412	1654	82,68	1,056	81,53	4,199	-1,869	39,58	3679	86,00	743,9	79,36	2,348	84,85	0,4749	78,21
	10	43,97	0,0513	21,06	77,89	0,01149	-84,90	0,02821	-1,416	1690	82,13	1,085	80,66	4,115	-1,547	39,47	3828	84,95	746,5	79,30	2,456	83,48	0,4791	77,83
	25	43,28	0,4354	21,14	77,86	0,																		

Таблица 2

f, Гц	U <sub>1</sub> , В	A , -	Φ <sub>A'</sub> , °	I <sub>B1</sub> , Ом	Φ <sub>B'</sub> , °	I <sub>C1</sub> , См	Φ <sub>C'</sub> , °	D , -	Φ <sub>D'</sub> , °	Z <sub>1c</sub>  , Ом	Φ <sub>Z<sub>1c</sub></sub> , °	Z <sub>2c</sub>  , Ом	Φ <sub>Z<sub>2c</sub></sub> , °	a, дБ	b, °	n, -	Z <sub>1x</sub>  , Ом	Φ <sub>Z<sub>1x</sub></sub> , °	Z <sub>1k</sub>  , Ом	Φ <sub>Z<sub>1k</sub></sub> , °	Z <sub>2x</sub>  , Ом	Φ <sub>Z<sub>2x</sub></sub> , °	Z <sub>2k</sub>  , Ом	Φ <sub>Z<sub>2k</sub></sub> , °
25	1	40,42	-4,975	1,512	59,90	0,1641	-88,35	0,03028	-0,5663	110,9	71,92	0,08307	76,33	4,073	-6,321	36,54	246,4	83,38	49,93	60,46	0,1845	87,79	0,03740	64,87
	2,5	40,01	-4,753	1,516	59,59	0,1540	-88,07	0,03025	-0,5223	114,1	71,71	0,08626	75,94	3,957	-6,172	36,37	259,9	83,32	50,11	60,11	0,1965	87,55	0,03788	64,34
	5	39,85	-4,548	1,504	60,00	0,1482	-87,89	0,03016	-0,4308	115,8	71,89	0,08762	76,00	3,876	-5,932	36,35	268,8	83,34	49,86	60,43	0,2034	87,46	0,03774	64,55
	10	39,68	-4,422	1,505	60,13	0,1435	-87,87	0,03013	-0,3992	117,5	71,99	0,08924	76,01	3,819	-5,821	36,29	276,5	83,44	49,95	60,53	0,2100	87,47	0,03793	64,55
	25	39,53	-4,301	1,496	60,47	0,1387	-87,89	0,03006	-0,3139	119,1	72,19	0,09056	76,17	3,750	-5,663	36,26	284,9	83,59	49,77	60,78	0,2167	87,58	0,03785	64,77
	50	39,37	-4,260	1,525	58,45	0,1358	-87,93	0,03009	-0,6738	121,2	71,40	0,09266	74,98	3,732	-6,077	36,17	290,0	83,67	50,67	59,12	0,2216	87,26	0,03873	62,71
	100	39,22	-4,236	1,531	58,77	0,1337	-87,97	0,03016	-0,6067	122,0	71,56	0,09386	75,19	3,715	-5,991	36,06	293,3	83,73	50,77	59,38	0,2256	87,36	0,03905	63,01
	200	39,33	-4,185	1,476	61,92	0,1325	-87,94	0,02997	0,0123	120,9	72,83	0,09214	77,03	3,653	-5,242	36,22	296,9	83,75	49,23	61,91	0,2263	87,95	0,03753	66,10
50	1	40,60	-2,418	2,580	72,92	0,08531	-88,26	0,02990	-0,3314	202,6	79,55	0,1492	81,63	3,916	-3,253	36,85	475,8	85,84	86,30	73,25	0,3504	87,92	0,06356	75,34
	2,5	40,18	-2,546	2,712	72,40	0,08118	-88,17	0,03020	-0,2799	210,8	79,15	0,1585	81,42	3,915	-3,344	36,48	495,0	85,62	89,81	72,68	0,3720	87,89	0,06750	74,95
	5	39,91	-2,314	2,694	72,06	0,07752	-87,79	0,03013	-0,3858	214,6	78,96	0,162	80,89	3,819	-3,266	36,40	514,9	85,48	89,44	72,45	0,3886	87,41	0,06751	74,37
	10	39,69	-2,239	2,708	71,87	0,07455	-87,69	0,03012	-0,3994	218,8	78,86	0,166	80,70	3,758	-3,237	36,30	532,3	85,45	89,89	72,27	0,4041	87,29	0,06823	74,11
	25	39,48	-2,145	2,707	71,85	0,07153	-87,66	0,03008	-0,4008	222,9	78,88	0,1698	80,63	3,685	-3,179	36,23	552,0	85,51	90,00	72,25	0,4205	87,26	0,06856	73,99
	50	39,33	-2,126	2,742	70,85	0,06974	-87,75	0,03011	-0,5627	226,6	78,52	0,1735	80,08	3,659	-3,379	36,14	564,0	85,62	91,06	71,42	0,4317	87,19	0,06970	72,98
	100	39,18	-2,067	2,726	70,85	0,06847	-87,81	0,03011	-0,5772	227,6	78,58	0,1749	80,07	3,617	-3,357	36,07	572,2	85,74	90,51	71,43	0,4398	87,23	0,06958	72,92
	200	39,47	-2,052	2,704	72,84	0,06732	-87,75	0,02981	-0,2282	230,6	79,38	0,1742	81,20	3,581	-2,922	36,39	586,4	85,69	90,69	73,06	0,4428	87,52	0,06849	74,89
75	1	40,51	-1,884	3,887	75,49	0,05775	-88,65	0,03011	-0,5176	300,9	81,39	0,2237	82,75	3,959	-2,815	36,68	701,4	86,76	129,1	76,01	0,5214	88,13	0,09596	77,37
	2,5	40,25	-1,696	3,915	75,46	0,05548	-88,18	0,03013	-0,5645	307,0	81,26	0,2298	82,39	3,900	-2,685	36,55	725,5	86,49	129,9	76,02	0,5431	87,62	0,09726	77,16
	5	40,00	-1,586	3,923	75,50	0,05316	-87,84	0,03011	-0,5336	313,1	81,15	0,2357	82,20	3,827	-2,561	36,45	752,5	86,26	130,3	76,04	0,5665	87,31	0,09806	77,09
	10	39,78	-1,475	3,929	75,55	0,05093	-87,57	0,03008	-0,5196	319,4	81,08	0,2415	82,04	3,754	-2,451	36,37	781,1	86,09	130,6	76,07	0,5906	87,05	0,09877	77,03
	25	39,55	-1,409	3,941	75,63	0,04866	-87,48	0,03005	-0,4891	326,5	81,10	0,2481	82,02	3,680	-2,373	36,28	812,8	86,07	131,2	76,12	0,6175	86,99	0,09965	77,04
	50	39,39	-1,364	3,959	74,86	0,04730	-87,54	0,03005	-0,6273	331,2	80,83	0,2527	81,57	3,636	-2,516	36,21	832,7	86,18	131,8	75,48	0,6352	86,91	0,1005	76,22
	100	39,23	-1,345	3,967	74,87	0,04635	-87,66	0,03008	-0,6319	334,1	80,90	0,2562	81,62	3,605	-2,518	36,12	846,5	86,31	131,9	75,50	0,6490	87,02	0,1011	76,21
	200	39,53	-1,333	3,953	76,31	0,04552	-87,59	0,02977	-0,3807	339,6	81,47	0,2557	82,42	3,572	-2,201	36,44	868,4	86,26	132,8	76,69	0,6540	87,21	0,1000	77,64
175	1	40,58	-1,012	8,591	77,86	0,02590	-88,66	0,03004	-0,9477	669,4	83,23	0,4955	83,29	3,950	-2,303	36,75	1567	1567	286,0	78,81	1,160	87,71	0,2117	78,87
	2,5	40,48	-0,9125	8,588	77,86	0,02546	-88,42	0,03003	-0,9769	674,3	83,17	0,5001	83,11	3,918	-2,236	36,72	1590	87,51	286,0	78,84	1,179	87,45	0,2121	78,77
	5	40,31	-0,7906	8,606	77,87	0,02467	-88,01	0,03001	-0,9796	684,5	83,03	0,5096	82,85	3,865	-2,120	36,65	1634	87,22	286,8	78,85	1,216	87,03	0,2135	78,66
	10	40,05	-0,6088	8,609	77,78	0,02358	-87,49	0,02998	-1,0242	698,4	82,84	0,5228	82,43	3,785	-1,992	36,55	1699	86,88	287,2	78,81	1,272	86,46	0,2150	78,39
	25	39,72	-0,5480	8,650	77,90	0,02210	-87,09	0,02994	-0,9231	720,6	82,68	0,5431	82,31	3,681	-1,840	36,43	1797	86,54	288,9	78,82	1,354	86,17	0,2178	78,45
	50	39,57	-0,5079	8,681	77,94	0,02142	-87,08	0,02992	-0,9223	732,2	82,72	0,5536	82,30	3,633	-1,810	36,37	1848	86,58	290,1	78,86	1,397	86,16	0,2194	78,45
	100	39,36	-0,4846	8,720	77,84	0,02079	-87,16	0,02996	-0,9714	742,4	82,64	0,5651	82,16	3,589	-1,862	36,25	1894	86,67	291,1	78,62	1,441	86,19	0,2216	78,13
	200	39,61	-0,4454	8,724	78,19	0,02030	-86,98	0,02967	-0,8749	757,3	82,80	0,5674	82,37	3,551	-1,705	36,53	1951	86,54	294,0	79,06	1,462	86,11	0,2203	78,63
420	1	40,34	-0,4350	18,22	76,54	0,01087	-88,28	0,02961	-1,499	1511	82,94	1,109	81,88	3,737	-2,386	36,91	3711	87,85	615,2	78,04	2,724	86,78	0,4516	76,97
	2,5	40,30	-0,4156	18,23	76,50	0,01081	-88,24	0,02962	-1,508	1515	82,92	1,114	81,82	3,728	-2,379	36,89	3729	87,82	615,6	78,01	2,741	86,73	0,4524	76,92
	5	40,25	-0,3577	18,24	76,51	0,01069	-88,02	0,02961	-1,513	1523	82,84	1,121	81,69	3,71	-2,322	36,87	3765	87,66	616,1	78,03	2,770	86,51	0,4533	76,87
	10	40,13	-0,2539	18,27	76,46	0,01044	-87,63	0,02960	-1,529	1541	82,68	1,136	81,41	3,672	-2,234	36,82	3845	87,38	617,4	77,99	2,836	86,11	0,4554	76,71
	25	39,87	-0,0555	18,32	76,44	0,009885	-86,79	0,02952	-1,507	1619	82,15	1,205	80,58	3,510	-1,890	36,66	4210	86,34	622,4	77,95	3,133	84,78	0,4631	76,38
	50	39,67	0,0585	18,37	76,44	0,009422	-86,29	0,02952	-1,507	1650	82,20	1,235	80,60	3,448	-1,844	36,56	4361	86,39	624,1	78,02	3,263	84,78	0,4671	76,41
	100	39,45	0,1060	18,43	76,52	0,009047	-86,09	0,02944	-1,507	1854	82,08	1,382	80,43	3,428	-1,816	36,63	4926	86,23	697,5	77,93	3,672	84,58	0,5199	76,27
	200	39,48	0,1832	20,71	76,18	0,00																		

Таблица 2. Окончание

t, Гц	U, В	A , -	$\varphi_A$ , °	I BI, Ом	$\varphi_B$ , °	I CI, См	$\varphi_C$ , °	IDI, -	$\varphi_D$ , °	$ Z_{1x} $ , Ом	$\varphi_{Z_{1x}}$	$ Z_{2x} $ , Ом	$\varphi_{Z_{2x}}$	a, дБ	b, °	n, -	$ Z_{1y} $ , Ом	$\varphi_{Z_{1y}}$	$ Z_{1k} $ , Ом	$\varphi_{Z_{1k}}$	$ Z_{2y} $ , Ом	$\varphi_{Z_{2y}}$	$ Z_{2k} $ , Ом	$\varphi_{Z_{2k}}$
580	25	40,01	-0,02103	23,76	76,44	0,007386	-86,50	0,02933	-1,476	2095	82,19	1,536	80,74	3,533	-1,942	36,93	5416	86,47	810,1	77,91	3,970	85,02	0,5939	76,46
	50	39,79	0,1065	23,84	76,38	0,007026	-85,87	0,02929	-1,464	2147	81,91	1,580	80,34	3,457	-1,796	36,86	5663	85,98	813,9	77,85	4,169	84,41	0,5991	76,28
	100	39,56	0,2063	23,90	76,42	0,006711	-85,68	0,02929	-1,483	2193	81,90	1,624	80,21	3,386	-1,720	36,75	5895	85,89	816,0	77,91	4,364	84,20	0,6041	76,22
	200	39,54	0,2318	24,13	76,23	0,006429	-85,77	0,02917	-1,509	2256	81,87	1,664	80,13	3,333	-1,747	36,82	6150	86,01	827,4	77,74	4,537	84,26	0,6103	76,00
625	1	40,34	-0,2995	25,14	76,60	0,007371	-87,63	0,02931	-1,418	2167	82,67	1,574	81,56	3,623	-2,178	37,10	5473	87,33	857,8	78,02	3,977	86,21	0,6233	76,90
	2,5	40,31	-0,2832	25,15	76,59	0,007339	-87,59	0,02931	-1,424	2171	82,66	1,579	81,52	3,616	-2,169	37,08	5493	87,30	858,0	78,01	3,994	86,16	0,6239	76,87
	5	40,28	-0,2500	25,16	76,58	0,007291	-87,45	0,02931	-1,429	2178	82,61	1,585	81,43	3,606	-2,138	37,07	5524	87,20	858,4	78,01	4,020	86,02	0,6247	76,83
	10	40,22	-0,1865	25,18	76,57	0,007188	-87,20	0,02930	-1,437	2193	82,51	1,597	81,26	3,584	-2,08	37,05	5596	87,01	859,5	78,01	4,075	85,76	0,6260	76,76
675	25	40,02	-0,01156	25,24	76,54	0,006873	-86,37	0,02927	-1,438	2241	82,17	1,639	80,74	3,514	-1,890	36,98	5823	86,36	862,4	77,98	4,258	84,93	0,6306	76,55
	50	39,84	0,1085	25,31	76,57	0,006552	-85,69	0,02921	-1,402	2295	81,88	1,683	80,37	3,441	-1,719	36,93	6081	85,79	866,4	77,97	4,459	84,28	0,6352	76,46
	100	39,60	0,2215	25,38	76,54	0,006257	-85,50	0,02922	-1,446	2344	81,85	1,730	80,19	3,371	-1,657	36,81	6328	85,72	868,5	77,99	4,670	84,05	0,6409	76,32
	200	39,57	0,2644	25,61	76,36	0,005989	-85,56	0,02911	-1,484	2411	81,83	1,774	80,08	3,315	-1,676	36,87	6607	85,82	879,9	77,84	4,860	84,07	0,6472	76,09
720	1	40,36	-0,2661	26,73	76,73	0,006843	-87,46	0,02925	-1,388	2322	82,65	1,683	81,53	3,602	-2,108	37,15	5897	87,19	914,1	78,11	4,274	86,07	0,6624	76,99
	2,5	40,33	-0,2532	26,74	76,71	0,006814	-87,42	0,02925	-1,392	2326	82,63	1,687	81,49	3,595	-2,100	37,13	5918	87,16	914,4	78,10	4,292	86,03	0,6632	76,96
	5	40,30	-0,2243	26,75	76,72	0,006772	-87,28	0,02924	-1,390	2333	82,58	1,693	81,42	3,585	-2,066	37,12	5951	87,06	914,8	78,11	4,318	85,89	0,6638	76,95
	10	40,25	-0,1639	26,78	76,71	0,006679	-87,04	0,02923	-1,398	2349	82,49	1,706	81,25	3,564	-2,011	37,11	6025	86,87	916,1	78,10	4,376	85,64	0,6653	76,87
780	25	40,06	0,01564	26,83	76,66	0,006404	-86,21	0,02920	-1,413	2397	82,15	1,748	80,72	3,499	-1,828	37,04	6255	86,23	918,8	78,07	4,560	84,80	0,6698	76,64
	50	39,87	0,1336	26,92	76,61	0,006113	-85,55	0,02917	-1,393	2454	81,84	1,795	80,32	3,429	-1,678	36,97	6522	85,68	923,1	78,01	4,771	84,15	0,6753	76,48
	100	39,63	0,2480	26,97	76,66	0,005830	-85,30	0,02916	-1,419	2507	81,81	1,845	80,14	3,356	-1,592	36,86	6797	85,54	924,8	78,08	5,003	83,88	0,6806	76,41
	200	39,60	0,2922	27,22	76,50	0,005572	-85,32	0,02904	-1,450	2581	81,78	1,893	80,04	3,298	-1,599	36,92	7106	85,61	937,2	77,95	5,212	83,87	0,6874	76,21
825	1	40,36	-0,2482	28,19	76,87	0,006414	-87,30	0,02920	-1,343	2465	82,63	1,783	81,54	3,582	-2,038	37,18	6292	87,05	965,4	78,21	4,552	85,95	0,6985	77,12
	2,5	40,33	-0,2329	28,20	76,85	0,006386	-87,25	0,02920	-1,349	2470	82,61	1,788	81,49	3,576	-2,030	37,16	6315	87,02	965,7	78,20	4,572	85,90	0,6993	77,09
	5	40,30	-0,1983	28,20	76,86	0,006348	-87,10	0,02919	-1,352	2476	82,56	1,794	81,40	3,566	-1,994	37,16	6349	86,90	965,9	78,21	4,599	85,75	0,6997	77,06
	10	40,26	-0,1414	28,22	76,85	0,006270	-86,89	0,02918	-1,362	2492	82,48	1,806	81,26	3,547	-1,944	37,14	6420	86,74	967,1	78,21	4,654	85,52	0,7009	76,99
875	25	40,07	0,03317	28,27	76,78	0,006019	-86,10	0,02915	-1,384	2541	82,15	1,849	80,73	3,483	-1,775	37,08	6658	86,13	969,9	78,17	4,844	84,71	0,7055	76,75
	50	39,89	0,1577	28,36	76,73	0,005744	-85,38	0,02911	-1,367	2601	81,82	1,898	80,29	3,413	-1,618	37,01	6944	85,54	974,2	78,10	5,069	84,01	0,7111	76,57
	100	39,66	0,2614	28,44	76,81	0,005489	-85,12	0,02911	-1,381	2657	81,78	1,950	80,14	3,345	-1,526	36,91	7226	85,38	976,8	78,19	5,304	83,74	0,7171	76,55
	200	39,61	0,3087	28,70	76,63	0,005240	-85,17	0,02901	-1,422	2735	81,76	2,003	80,03	3,285	-1,543	36,95	7560	85,47	989,5	78,05	5,536	83,74	0,7246	76,32
925	1	40,31	-0,1919	30,14	77,00	0,005882	-87,04	0,02915	-1,315	2662	82,58	1,925	81,46	3,550	-1,947	37,19	6853	86,85	1034	78,32	4,956	85,73	0,7476	77,19
	2,5	40,30	-0,1787	30,14	77,03	0,005865	-86,97	0,02914	-1,310	2666	82,56	1,928	81,43	3,545	-1,926	37,19	6871	86,79	1034	78,34	4,969	85,66	0,7478	77,20
	5	40,29	-0,1532	30,13	77,05	0,005840	-86,81	0,02914	-1,303	2671	82,51	1,932	81,36	3,538	-1,886	37,19	6898	86,66	1034	78,36	4,989	85,51	0,7479	77,21
	10	40,25	-0,09630	30,14	77,05	0,005775	-86,59	0,02912	-1,315	2686	82,43	1,943	81,21	3,520	-1,836	37,18	6970	86,50	1035	78,36	5,042	85,28	0,7488	77,15
875	25	40,09	0,0491	30,21	76,98	0,005565	-85,90	0,02910	-1,329	2735	82,13	1,985	80,75	3,464	-1,690	37,12	7203	85,95	1038	78,31	5,228	84,57	0,7537	76,94
	50	39,90	0,1808	30,30	76,91	0,005317	-85,17	0,02906	-1,324	2797	81,79	2,037	80,28	3,395	-1,537	37,05	7505	85,35	1042	78,23	5,466	83,84	0,7593	76,73
	100	39,67	0,2945	30,36	76,98	0,005086	-84,89	0,02907	-1,351	2855	81,76	2,091	80,12	3,328	-1,446	36,94	7801	85,19	1045	78,33	5,715	83,54	0,7654	76,69
	200	39,63	0,3539	30,61	76,84	0,004856	-84,88	0,02896	-1,392	2937	81,73	2,146	79,99	3,268	-1,445	36,99	8161	85,23	1057	78,23	5,963	83,49	0,7726	76,49
825	1	40,25	0,1581	31,07	76,64	0,005496	-86,48	0,02903	-1,589	2800	82,44	2,019	80,69	3,488	-1,878	37,23	7324	86,64	1070	78,23	5,282	84,89	0,7720	76,48
	2,5	40,31	-0,1542	31,55	77,21	0,005534	-86,76	0,02909	-1,261	2811	82,54	2,029	81,43	3,526	-1,840	37,22	7283	86,60	1085	78,47	5,257	85,49	0,7829	77,36
	5	40,26	-0,1348	31,58	77,18	0,005498	-86,66	0,02910	-1,263	2819	82,48	2,038	81,36	3,516	-1,821	37,20	7323	86,52	1085	78,45	5,293	85,39	0,7844	77,32
	10	40,24	-0,08139	31,59	77,18	0,005446	-86,45	0,02908	-1,276	2833	82,42	2,047	81,22	3,501	-1,775	37,20	7388	86,37	1086	78,46	5,340	85,18	0,7850	77,27
875	25	40,10	0,																					

корректно реализованная благодаря применению соответствующих способов измерения комплексного сопротивления. Измерение комплексных напряжений и токов на входе и выходе нагруженного дроссель-трансформатора выполнено на 15 частотах рельсовых цепей и АЛС: 25, 50, 75, 175, 420, 480, 525, 580, 625, 675, 720, 780, 825, 875, 925 Гц. При этом на входе ДТ устанавливали восемь значений напряжения рабочего диапазона: 1; 2,5; 5; 10; 25; 50; 100; 200 В.

### ПАРАМЕТРЫ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ

■ Параметры эквивалентных четырехполюсников опытных образцов дроссель-трансформаторов ДТЕ-0,2-1500М с коэффициентом трансформации 40 и ДТЕ-0,4-1500М с коэффициентом трансформации 38, выпущенных ОАО «ЭЛТЕЗА» в конце прошлого года, представлены в табл. 1 и 2 соответственно. Они получены в ходе экспериментальных исследований расчетным путем по результатам измерений. В таблицах приведены следующие обозначения:

$f$ (Гц) и  $U_1$ (В) в первой и второй колонках идентифицируют набор параметров по частоте и по входному напряжению ДТ со стороны дополнительной обмотки;

$|A|$ ,  $\varphi_A$ ,  $|B|$ ,  $\varphi_B$ ,  $|C|$ ,  $\varphi_C$ ,  $|D|$ ,  $\varphi_D$  – А-параметры, представленные модулями и аргументами;

$|Z_{1C}|$ ,  $\varphi_{Z_{1C}}$ ,  $|Z_{2C}|$ ,  $\varphi_{Z_{2C}}$  – модули и аргументы характеристических сопротивлений со стороны дополнительной обмотки и со стороны основной обмотки соответственно;

$a$ ,  $b$ ,  $n$  – собственное затухание, собственная фазовая постоянная и характеристический коэффициент трансформации ( $n = \sqrt{|Z_{1C}|/|Z_{2C}|}$ );

$|Z_{1X}|$ ,  $\varphi_{Z_{1X}}$ ,  $|Z_{1K}|$ ,  $\varphi_{Z_{1K}}$ ,  $|Z_{2X}|$ ,  $\varphi_{Z_{2X}}$ ,  $|Z_{2K}|$ ,  $\varphi_{Z_{2K}}$  – параметры холостого хода и короткого замыкания со стороны дополнительной обмотки и со стороны основной обмотки, представленные модулями и аргументами.

### ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ ЭКВИВАЛЕНТНОГО ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКА ДРОССЕЛЬ-ТРАНСФОРМАТОРУ

■ Для каждой из 15 частот при пяти нагрузках рассчитаны напряжение и ток на входе ДТ через измеренные напряжение и ток нагрузки и каждую из восьми матриц А-параметров. Погрешность значений входного напряжения и входного тока определена относительно соответствующих измеренных значений. Модули максимальных (из пяти, по числу нагрузок) значений погрешности приводятся на графиках. Построенные с использованием интерполяции графические зависимости максимальной относительной погрешности иллюстрируют адекватность каждой математической модели: чем ближе расчетное значение тока (напряжения) к измеренному значению, тем точнее модель. В идеальном случае расчетные значения совпадают с измеренными. Чем больше расчетное значение отличается от измеренного, тем грубее модель, и тем большими будут несовпадения результатов расчета и измерений. Таким образом, получено 30 графиков – 15 для погрешности по напряжению  $\delta_{U_1}(U_1)$  и 15 для погрешности по току  $\delta_{I_1}(U_1)$ . В данной статье приводятся по два из них для ДТ каждого типа: ДТЕ-0,2-1500М –  $\delta_{I_1}(U_1)$  для частоты 175 Гц – на рис. 1,  $\delta_{U_1}(U_1)$  для частоты 925 Гц – на рис. 2; ДТЕ-0,4-1500М –  $\delta_{I_1}(U_1)$  для частоты 25 Гц – на рис. 3,  $\delta_{U_1}(U_1)$  для частоты 925 Гц – на рис. 4.

Графические зависимости показывают, что наиболее адекватно работу дроссель-трансформатора на определенном напряжении описывает математическая модель, параметры которой были измерены на том же напряжении. Об этом свидетельствует минимальная погрешность расчетных значений тока и напряжения относительно измеренных.

Для уровней относительной погрешности по току 1 и 10 % определены интервалы напряжения, на которых погрешность не превышает этих значений. Интервалы напряжения, соответствующие

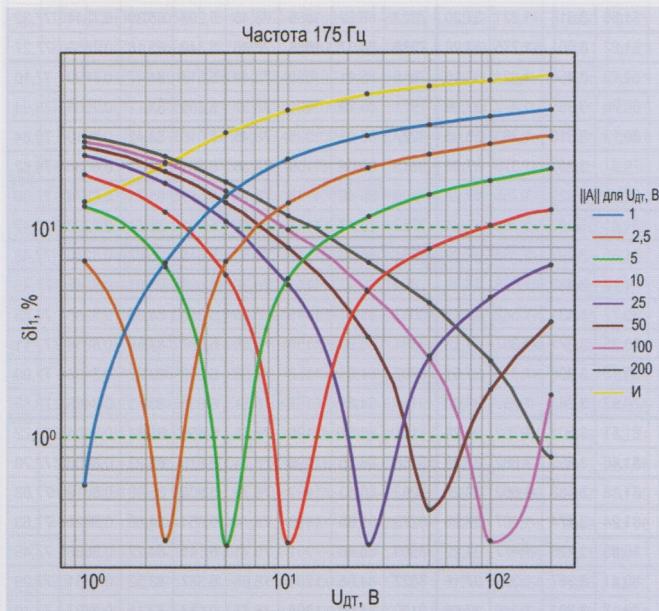


РИС. 1

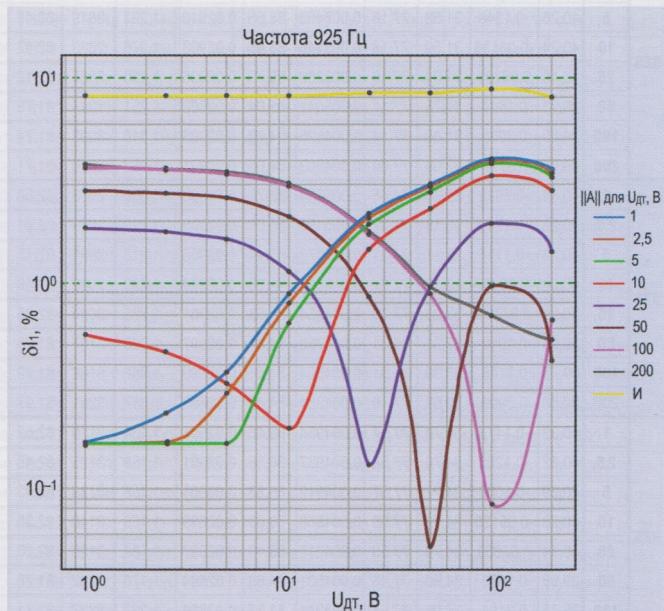


РИС. 2

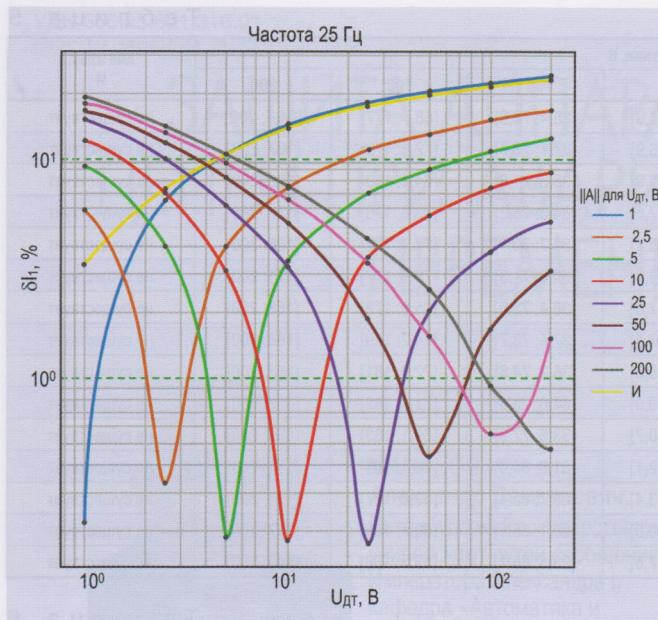


РИС. 3

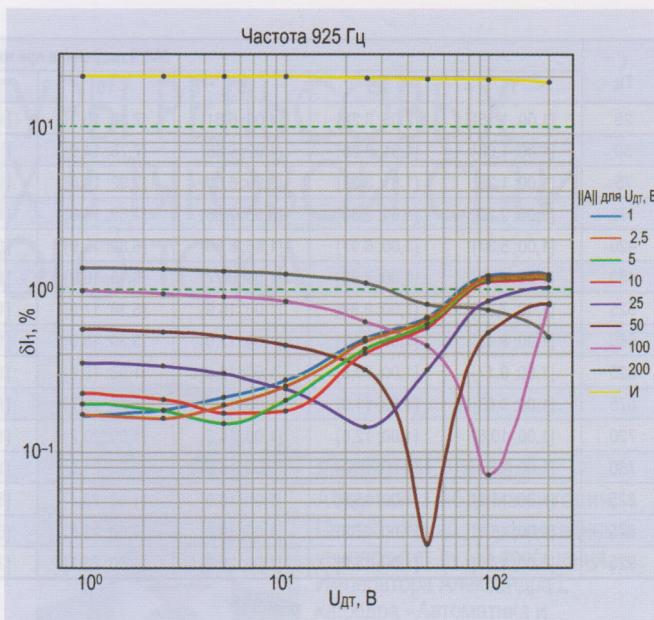


РИС. 4

Таблица 3

f, Гц	A  , измеренная при напряжении, В								A   альт. и
	1	2,5	5	10	25	50	100	200	
25	[1,00; 1,05]	[2,19; 3,07]	[4,22; 6,89]	[7,99; 15,8]	[18,7; 40,8]	[38,6; 79,4]	[74,1; 187]	[132; 200]	[8,18; 13,6]
50	[1,00; 1,04]	[2,16; 3,16]	[4,24; 6,78]	[8,00; 15,6]	[18,8; 40,2]	[38,4; 81,8]	[75,1; 186]	[181; 200]	не существует
75	[1,00; 1,09]	[2,13; 3,19]	[4,23; 6,56]	[8,22; 14,9]	[19,1; 39,0]	[39,0; 82,4]	[73,9; 184]	[171; 200]	не существует
175	[1,00; 1,09]	[2,08; 3,07]	[4,33; 6,25]	[8,51; 14,0]	[20,0; 36,0]	[39,6; 77,3]	[74,4; 183]	[168; 200]	не существует
420	[1,00; 2,09]	[1,33; 3,47]	[4,05; 6,46]	[8,43; 13,4]	[20,9; 33,5]	[40,4; 70,0]	[75,9; 172]	[174; 200]	не существует
480	[1,00; 2,38]	[1,12; 3,67]	[3,90; 6,38]	[8,52; 13,1]	[21,3; 32,3]	[41,5; 67,0]	[78,5; 168]	[171; 200]	не существует
525	[1,00; 2,57]	[1,00; 3,89]	[3,68; 6,48]	[8,44; 13,1]	[21,3; 32,0]	[41,8; 67,5]	[77,2; 168]	[171; 200]	не существует
580	[1,00; 2,70]	[1,00; 3,92]	[3,61; 6,62]	[8,32; 13,2]	[21,0; 32,2]	[41,6; 67,3]	[78,0; 167]	[170; 200]	не существует
625	[1,00; 2,85]	[1,00; 3,96]	[3,57; 6,65]	[8,25; 13,5]	[20,6; 32,7]	[41,2; 67,7]	[77,3; 167]	[171; 200]	не существует
675	[1,00; 3,03]	[1,00; 4,11]	[3,35; 6,76]	[8,15; 13,5]	[20,5; 32,8]	[41,1; 67,6]	[77,5; 166]	[169; 200]	не существует
720	[1,00; 3,06]	[1,00; 4,26]	[3,10; 6,86]	[8,06; 13,5]	[20,5; 32,6]	[40,9; 68,1]	[77,1; 167]	[170; 200]	не существует
780	[1,00; 3,46]	[1,00; 4,70]	[2,21; 7,00]	[7,95; 13,6]	[20,5; 32,6]	[40,7; 68,2]	[77,3; 166]	[167; 200]	не существует
825	[1,00; 3,62]	[1,00; 4,65]	[2,15; 7,17]	[7,74; 13,6]	[20,5; 32,4]	[40,8; 68,1]	[77,5; 167]	[167; 200]	не существует
875	[1,00; 3,95]	[1,00; 5,02]	[1,30; 7,29]	[7,53; 13,8]	[20,3; 32,6]	[40,4; 68,4]	[77,3; 166]	[166; 200]	не существует
925	[1,00; 4,30]	[1,00; 5,48]	[1,00; 7,45]	[7,36; 14,0]	[20,2; 32,6]	[40,3; 68,5]	[77,3; 167]	[166; 200]	не существует

Таблица 4

f, Гц	A  , измеренная при напряжении, В								A   альт. и
	1	2,5	5	10	25	50	100	200	
25	[1,00; 3,81]	[1,00; 19,8]	[1,24; 116]	[1,80; 200]	[2,61; 200]	[3,49; 200]	[4,56; 200]	[5,33; 200]	[1,68; 200]
50	[1,00; 2,66]	[1,00; 15,1]	[1,58; 88,3]	[2,08; 200]	[2,94; 200]	[3,84; 200]	[5,10; 200]	[7,27; 200]	[1,70; 37,5]
75	[1,00; 2,82]	[1,00; 12,0]	[1,52; 55,7]	[2,20; 200]	[3,40; 200]	[4,61; 200]	[6,12; 200]	[8,65; 200]	[1,00; 3,18]
175	[1,00; 3,45]	[1,00; 7,08]	[1,62; 19,7]	[3,13; 94,9]	[5,42; 200]	[7,46; 200]	[9,60; 200]	[13,3; 200]	не существует
420	[1,00; 8,54]	[1,00; 10,2]	[1,00; 15,7]	[1,62; 32,5]	[7,61; 200]	[12,3; 200]	[16,8; 200]	[24,2; 200]	не существует
480	[1,00; 9,16]	[1,00; 10,3]	[1,00; 13,7]	[1,00; 24,2]	[9,50; 117]	[15,6; 200]	[21,4; 200]	[31,8; 200]	не существует
525	[1,00; 10,6]	[1,00; 11,7]	[1,00; 14,5]	[1,00; 24,0]	[9,51; 107]	[16,4; 200]	[22,2; 200]	[33,1; 200]	не существует
580	[1,00; 12,4]	[1,00; 13,5]	[1,00; 16,5]	[1,00; 26,5]	[8,34; 104]	[15,7; 200]	[22,2; 200]	[33,7; 200]	не существует
625	[1,00; 13,4]	[1,00; 14,6]	[1,00; 18,1]	[1,00; 31,0]	[6,96; 115]	[13,9; 200]	[20,6; 200]	[32,4; 200]	не существует
675	[1,00; 15,1]	[1,00; 16,3]	[1,00; 19,6]	[1,00; 32,7]	[6,21; 115]	[13,3; 200]	[20,2; 200]	[32,3; 200]	не существует
720	[1,00; 16,6]	[1,00; 17,8]	[1,00; 20,9]	[1,00; 33,1]	[5,54; 113]	[13,3; 200]	[20,5; 200]	[32,8; 200]	не существует
780	[1,00; 19,3]	[1,00; 20,5]	[1,00; 23,2]	[1,00; 35,7]	[3,53; 116]	[12,3; 200]	[19,7; 200]	[31,9; 200]	не существует
825	[1,00; 21,0]	[1,00; 22,1]	[1,00; 25,3]	[1,00; 36,6]	[1,64; 112]	[12,2; 200]	[20,2; 200]	[32,5; 200]	не существует
875	[1,00; 23,8]	[1,00; 25,2]	[1,00; 28,4]	[1,00; 40,2]	[1,00; 121]	[10,5; 200]	[18,7; 200]	[31,0; 200]	[1,00; 41,7]
925	[1,00; 26,8]	[1,00; 28,4]	[1,00; 31,3]	[1,00; 43,0]	[1,00; 123]	[9,46; 200]	[18,2; 200]	[30,7; 200]	[1,00; 46,8]

Таблица 5

f, Гц	AII , измеренная при напряжении, В								AII  альт. И
	1	2,5	5	10	25	50	100	200	
25	[1,00; 1,15]	[2,05; 3,28]	[4,00; 6,81]	[7,60; 15,3]	[17,7; 37,9]	[35,4; 76,9]	[68,7; 177]	[94,7; 200]	не существует
50	[1,00; 1,08]	[1,91; 3,25]	[4,02; 6,68]	[7,76; 14,9]	[18,3; 36,9]	[37,7; 73,7]	[72,8; 172]	[137; 200]	не существует
75	[1,00; 1,26]	[1,81; 3,32]	[3,99; 6,60]	[7,92; 14,6]	[18,6; 35,9]	[38,3; 71,8]	[74,4; 169]	[136; 200]	не существует
175	[1,00; 2,20]	[1,04; 3,80]	[3,58; 7,06]	[7,62; 14,6]	[19,0; 37,6]	[34,3; 76,2]	[73,9; 175]	[137; 200]	не существует
420	[1,00; 5,37]	[1,00; 6,97]	[1,86; 8,86]	[6,82; 15,9]	[18,9; 35,7]	[39,7; 70,1]	[77,7; 192]	[168; 200]	не существует
480	[1,00; 6,43]	[1,00; 7,86]	[1,00; 9,77]	[6,15; 16,2]	[18,7; 36,1]	[39,0; 71,3]	[76,9; 177]	[171; 200]	не существует
525	[1,00; 7,35]	[1,00; 8,80]	[1,00; 10,9]	[5,38; 17,0]	[17,9; 37,0]	[38,4; 72,5]	[75,6; 178]	[168; 200]	не существует
580	[1,00; 8,48]	[1,00; 9,92]	[1,00; 12,0]	[3,39; 18,0]	[16,8; 37,8]	[37,4; 73,7]	[74,2; 179]	[166; 200]	не существует
625	[1,00; 9,17]	[1,00; 10,8]	[1,00; 12,9]	[1,98; 18,8]	[16,0; 38,8]	[36,2; 74,8]	[72,4; 181]	[163; 200]	не существует
675	[1,00; 9,63]	[1,00; 11,3]	[1,00; 13,4]	[1,04; 19,7]	[14,6; 39,9]	[34,6; 75,9]	[71,1; 182]	[159; 200]	не существует
720	[1,00; 10,8]	[1,00; 12,6]	[1,00; 14,5]	[1,00; 20,2]	[13,8; 40,7]	[33,5; 77,9]	[69,1; 183]	[159; 200]	не существует
780	[1,00; 13,9]	[1,00; 15,0]	[1,00; 16,2]	[1,00; 21,6]	[11,6; 42,1]	[31,8; 80,0]	[66,4; 186]	[153; 200]	не существует
825	[1,00; 15,2]	[1,00; 15,9]	[1,00; 19,0]	[1,00; 23,4]	[8,69; 43,4]	[29,7; 82,4]	[63,8; 187]	[151; 200]	не существует
875	[1,00; 16,1]	[1,00; 17,9]	[1,00; 19,8]	[1,00; 24,6]	[6,79; 46,0]	[26,1; 85,1]	[60,4; 188]	[147; 200]	не существует
925	[1,00; 17,3]	[1,00; 18,9]	[1,00; 20,9]	[1,00; 26,1]	[2,10; 47,6]	[23,5; 86,1]	[59,3; 188]	[149; 200]	не существует

Таблица 6

f, Гц	AII , измеренная при напряжении, В								AII  альт. И
	1	2,5	5	10	25	50	100	200	
25	[1,00; 4,44]	[1,00; 18,9]	[1,00; 72,4]	[1,56; 200]	[2,54; 200]	[3,53; 200]	[4,55; 200]	[5,55; 200]	[1,00; 4,41]
50	[1,00; 5,24]	[1,00; 13,6]	[1,00; 42,0]	[1,53; 165]	[3,08; 200]	[4,49; 200]	[6,15; 200]	[8,49; 200]	[1,00; 10,8]
75	[1,00; 7,00]	[1,00; 14,1]	[1,00; 35,7]	[1,21; 135]	[3,14; 200]	[4,92; 200]	[6,86; 200]	[9,44; 200]	[1,00; 8,80]
175	[1,00; 18,6]	[1,00; 23,5]	[1,00; 45,0]	[1,00; 124]	[1,32; 200]	[4,05; 200]	[6,86; 200]	[10,3; 200]	[1,00; 16,2]
420	[1,00; 62,6]	[1,00; 68,4]	[1,00; 79,3]	[1,00; 129]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[5,80; 200]	[13,1; 200]	[1,00; 7,46]
480	[1,00; 77,1]	[1,00; 82,9]	[1,00; 94,6]	[1,00; 132]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[2,59; 200]	[14,5; 200]	не существует
525	[1,00; 109]	[1,00; 118]	[1,00; 131]	[1,00; 177]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[9,88; 200]	не существует
580	[1,00; 149]	[1,00; 160]	[1,00; 180]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[3,97; 200]	не существует
625	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	не существует
675	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	не существует
720	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	не существует
780	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	не существует
825	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	не существует
875	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	не существует
925	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	[1,00; 200]	не существует

указанным уровням погрешности, приводятся для всех 15 частот для ДТЕ-0,2-1500М в табл. 3 и 4, для ДТЕ-0,4-1500М в табл. 5 и 6.

Графики отражают нелинейность электрических параметров дроссель-трансформатора, поскольку ни одна из восьми матриц А-параметров эквивалентного четырехполюсника не дает постоянной погрешности в диапазоне рабочих значений напряжения на зажимах дополнительной обмотки. Поэтому ни один из наборов параметров, строго говоря, не является достаточным для адекватного моделирования работы дроссель-трансформатора в диапазоне рабочих напряжений от 1 до 200 В.

Пользуясь графиками или полученным по ним данными (см. табл. 3–6), можно выбирать набор параметров эквивалентного четырехполюсника, адекватный напряжению на зажимах дополнительной обмотки. Здесь ||AII| – матрица А-параметров эквивалентного четырехполюсника.

Альтернативная модель ДТ представлена на графиках кривой желтого цвета и обозначена в легенде как «И» (используемая широко). Очевид-

но, что данная модель дает погрешность расчета тока на частоте 175 Гц от 10 до 60 % (см. рис. 1), что заметно хуже «новой» модели. Погрешность «старой» модели по напряжению ниже, чем по току и составляет 8–9 % (см. рис. 2). Таким образом, если рассчитать конкретную рельсовую цепь по «старым» параметрам эквивалентного четырехполюсника, разница между током в реальной цепи и его ожидаемым значением может составлять 50 %, а при расчете по «новым» параметрам это расхождение не превысит ≈3 %.

В заключение отметим, что полученные параметры эквивалентного четырехполюсника дроссель-трансформаторов ДТЕ-0,2-1500М и ДТЕ-0,4-1500М могут быть использованы при расчете регулировочных характеристик рельсовых цепей и при проведении различных исследований.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Щербина Е.Г., Щербина А.Е. Определение параметров математической модели дроссель-трансформатора // Автоматика, связь, информатика. 2023. № 5. С. 17–23. DOI 10.34649/AT.2023.5.5.003

# ЗАЩИТА АППАРАТУРЫ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ ПРИ АВАРИЯХ В ТЯГОВОЙ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА



МАНАКОВ

Александр Демьянович,  
Петербургский государственный  
университет путей сообщения  
Императора Александра I,  
кафедра «Автоматика и  
телемеханика на железных  
дорогах», профессор, д-р техн.  
наук, Санкт-Петербург, Россия



РАХМОНБЕРДИЕВ

Абдулазиз Абдимажитович,  
Петербургский государственный  
университет путей сообщения  
Императора Александра I,  
кафедра «Автоматика и  
телемеханика на железных  
дорогах», соискатель, Санкт-  
Петербург, Россия

**Ключевые слова:** обратная тяговая сеть, опасные электромагнитные воздействия, система устройств защиты от перенапряжений, математические модели, метод переменных состояния

**Аннотация.** Современная защита технических средств и объектов железнодорожной инфраструктуры от воздействия влияния тягового тока, атмосферных и коммутационных перенапряжений не гарантирует работоспособность аппаратуры РЦ при аварийных и коммутационных перенапряжениях в тяговой сети переменного тока. В статье рассматривается система устройств защиты аппаратуры рельсовых цепей от токов короткого замыкания в обратной тяговой сети на участках с электрической тягой переменного тока напряжением 25 кВ. Разработанные модели определения токов короткого замыкания и методика определения энергии, рассеиваемой на устройствах защиты аппаратуры рельсовых цепей, позволяют принимать обоснованные решения по их выбору в разных эксплуатационных условиях.

■ Увеличение веса поездов за счет пропуска сдвоенных составов, обращение на участках высокоскоростных поездов и др. приводят к увеличению тока в обратной тяговой сети электрифицированных железных дорог. Аварийные и коммутационные процессы в тяговой сети, связанные с перекрытием изоляции контактного провода на рельс и с регулировочными процессами на электроподвижном составе, оказывают опасное электромагнитное воздействие на устройства железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ), подключенные к рельсам или расположенные в непосредственной близости с ними. Напряжения и токи, вызывающие повреждение технических средств (пробой изоляции, тепловое и/или динамическое разрушение), а также поражение обслуживающего персонала создают опасные электромагнитные воздействия (ОЭМВ).

Рельсовые цепи (РЦ) являются одними из основных технических средств систем ЖАТ. Они определяют место положения подвижных железнодорожных единиц, обеспечивают контроль целост-

ности рельсовой линии и тем самым гарантируют безопасность движения на железной дороге. Для надежной и безотказной работы аппаратура РЦ должна быть защищена от ОЭМВ при аварийных и коммутационных процессах в тяговой сети. В статье рассматривается система устройств защиты аппаратуры рельсовых цепей от токов короткого замыкания в обратной тяговой сети на участках с электрической тягой поездов переменного тока напряжением 25 кВ.

В основу современной концепции защиты технических средств и объектов железнодорожной инфраструктуры от воздействия атмосферных и коммутационных перенапряжений и влияния тягового тока [1] положен принцип ступенчатого построения схем защиты, основанный на требованиях зонной концепции. Она заключается в разделении пространства на зоны с установлением на границах зон устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) соответствующих классов.

Современная концепция может быть применима

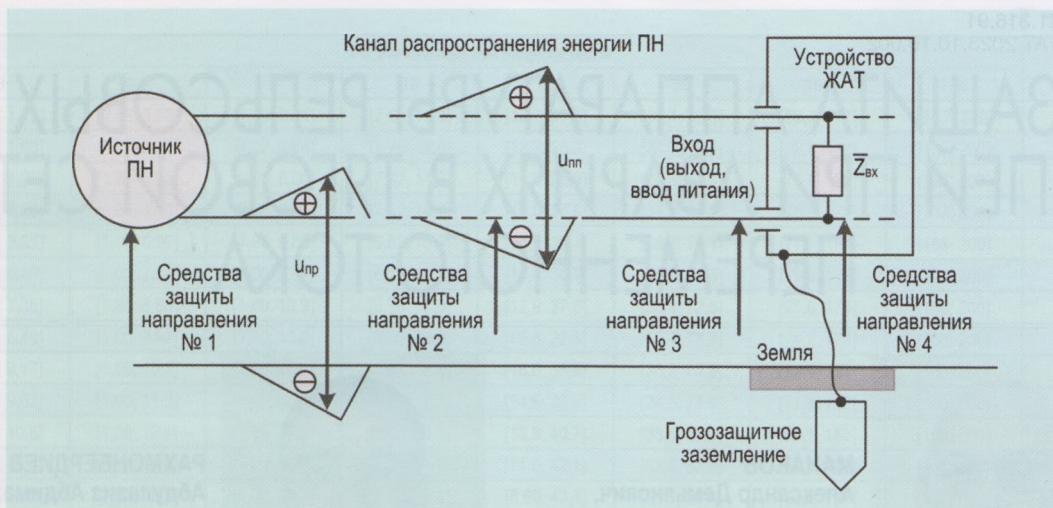


РИС. 1

только для защиты от атмосферных перенапряжений (ПН). Известно, что токи молний атмосферных ПН многообразны и имеют вероятностные характеристики [ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010]. При разработке ступенчатой защиты устройств ЖАТ задаются определенные характеристики воздействия, например, удар молнии током 30 кА и временные параметры импульса 10/350 мкс. Воздействия, превышающие эти характеристики, будут приводить к отказам средств защиты от перенапряжений и выводу из строя устройств ЖАТ.

Современная концепция не может применяться для защиты аппаратуры РЦ от аварийных и комму-

тационных перенапряжений в тяговой сети переменного тока. Она не предполагает воздействия средств защиты на источник перенапряжений.

В работе [2] предлагается системный подход к защите от перенапряжений. Схема распределения средств защиты в источнике и канале распространения энергии ПН показана на рис. 1, где  $U_{\text{пп}}$  – поперечное (противофазное) перенапряжение;  $U_{\text{пр}}$  – продольное (синфазное). Используются меры и средства защиты: направления № 1 – для снижения перенапряжений в источнике; направления № 2 – для снижения ПН в канале распространения их энергии; направления № 3 – на вводе устройств

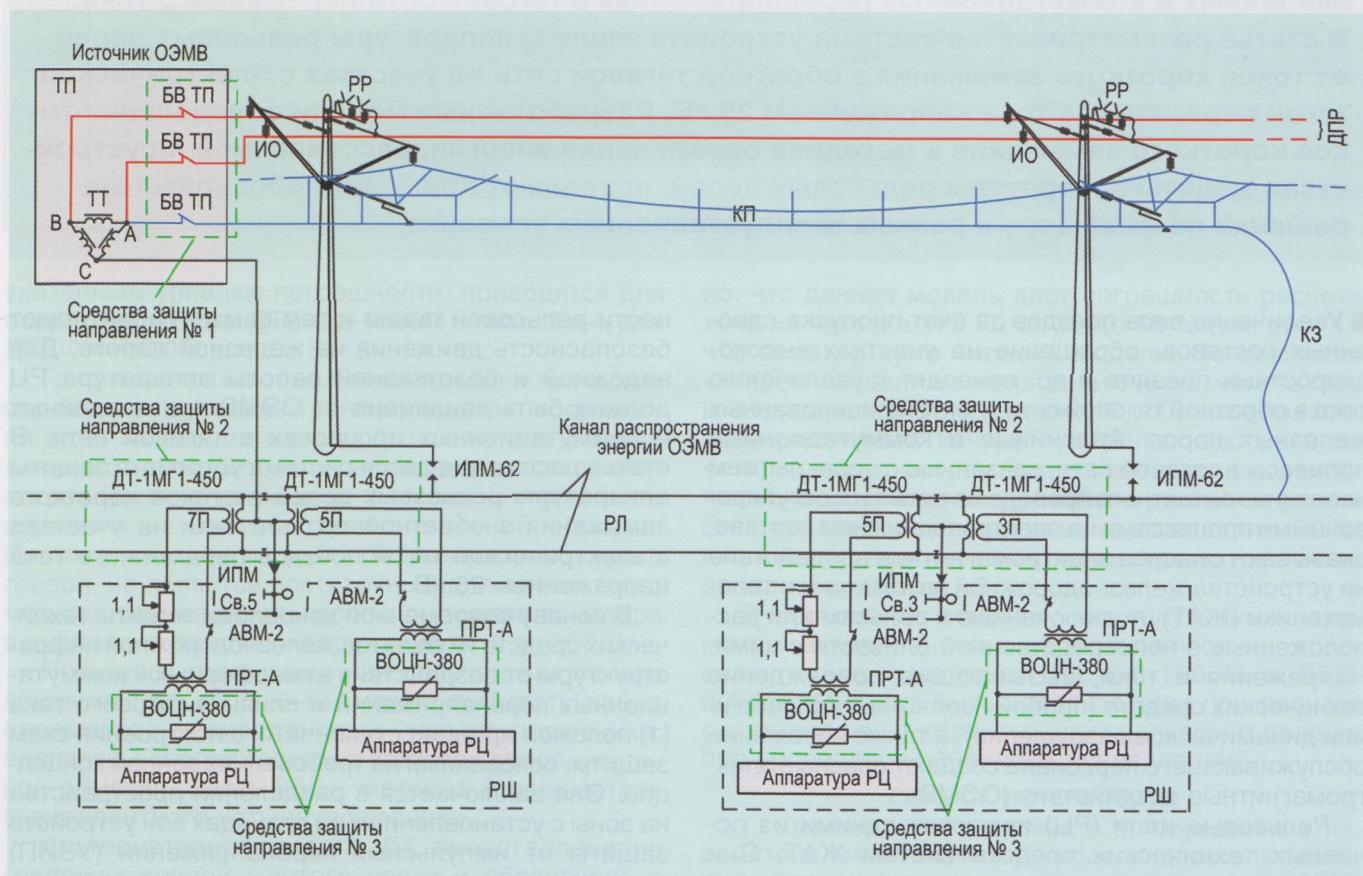


РИС. 2

ЖАТ; направления № 4 – в конструкции устройства разработчиком при разработке технических средств.

В данной работе предлагается для защиты аппаратуры РЦ от перенапряжений при аварийных и коммутационных процессах в тяговой сети переменного тока использовать систему устройств защиты. В нее входят должным образом подобранные устройства защиты от импульсных перенапряжений, которые обеспечивают защиту оборудования, снижая при этом количество отказов электрических и электронных систем [ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010].

Схема распределения мер и средств защиты в канале распространения энергии ОЭМВ для участка железной дороги, оснащенного устройствами ЖАТ, при электрической тяге переменного тока напряжением 25 кВ представлена на рис. 2. Здесь приняты следующие обозначения: ТП – тяговая подстанция; БВ ТП – быстродействующий автоматический выключатель на ТП; ТТ – тяговый трансформатор; ИО – изоляция опоры; РР – роговой разрядник; КП – контактный провод; ДПР – провода резервного источника питания устройств ЖАТ по системе «два провода–рельс»; КЗ – короткое замыкание контактного провода на рельс; ИПМ (ИПМ-62) – искровой промежуток многократного действия; РЛ – рельсовая линия; ДТ-1МГ1-450 – дроссель-трансформатор; Св. 3 (5) – (проходные) светофоры системы автоблокировки (АБ); РШ – релейный шкаф; АВМ-2 – автоматический выключатель многократного действия; ПРТ-А – путевой релейный трансформатор (изолирующий трансформатор); ВОЦН-380 – выравниватель оксидно-цинковый с ножевыми выводами.

Источником ОЭМВ является тяговый трансформатор на тяговой подстанции. Быстродействующий выключатель на ТП (БВ ТП) относится к средствам

защиты направления № 1. При этом используется метод защиты – отключение цепей.

Каналами распространения энергии ОЭМВ в тяговой сети служат контактная сеть и рельсовая линия, в которой для пропуска тягового тока в обход изолирующих стыков включены дроссель-трансформаторы. Обладая эффектом насыщения магнитопровода [3], ДТ оказывают ограничивающее действие на передачу энергии ОЭМВ через магнитную связь во вторичную обмотку ДТ, к которой подключена аппаратура РЦ. При этом ДТ представляют собой средства защиты направления № 2 (функциональная защита).

Средство защиты направления № 3, устанавливаемое на вводе аппаратуры РЦ, реализует метод выравнивания потенциалов за счет уменьшения их разности потенциалов и выполняется в виде выравнивателей ВОЦН-380 – УЗИП ограничивающего типа.

Рассмотрим последовательность работы системы устройств защиты аппаратуры РЦ. При действии энергии ОЭМВ на аппаратуру РЦ из-за высокого быстродействия ( $t = 10^{-9}$  с) первоначально срабатывает средство защиты направления № 3 УЗИП на вводе аппаратуры РЦ (ВОЦН-380), на котором будет рассеиваться энергия ОЭМВ до момента насыщения магнитопровода ДТ (средство защиты направления № 2). В момент насыщения магнитопровода ДТ ограничивается энергия, передаваемая через магнитную связь ДТ, и действующая на вводе аппаратуры РЦ.

Графики, поясняющие защитные свойства ДТ при насыщении магнитопровода током КЗ и расчет величины энергии ОЭМВ, которая рассеивается на УЗИП на вводе аппаратуры РЦ (ВОЦН-380) при КЗ в тяговой сети переменного тока, приведены на рис. 3.

В первом и третьем квадрантах показана зависимость потокосцепления  $\psi$  полуобмотки ДТ от тока намагничивания  $i_\mu$  –  $\psi(i_\mu)$  (основная кривая намагничивания полуобмотки ДТ). Кроме того, в третьем и четвертом квадрантах приведен график зависимости тока КЗ в тяговой сети переменного тока от времени –  $i_{K3}(t)$ . Этот ток состоит из суммы тока намагничивания ДТ –  $i_\mu(t)$  и тока, проходящего через ВОЦН-380, который установлен на вводе аппаратуры РЦ.

При нарастании тока КЗ от нуля до точки А идет изменение магнитного потока магнитопровода и передача энергии через магнитную связь ДТ. При этом энергия ОЭМВ – ( $W_1$ ) выделяется на УЗИП (ВОЦН-380), которое установлено на вводе аппаратуры РЦ. В точке А происходит насыщение магнитопровода ДТ, при этом резко уменьшается наклон характеристики  $\psi(i_\mu)$ , что приводит к уменьшению индуктивности намагничивания и резкому уменьшению энергии, передаваемой во вторичную обмотку ДТ.

При уменьшении тока КЗ ниже точки Б на УЗИП будет передана энергия от тока КЗ ( $W_2$ ). Энергия ОЭМВ действует на аппаратуру РЦ при каждом переходе переменного тока в тяговой сети через ноль с периодичностью 10 мс. За следующий интервал времени, равный 10 мс, на УЗИП будет передана энергия ( $W_3, W_4$ ) (см. рис. 3). Зная время срабатывания защиты на ТП – ( $t_3$ ), общая энергия, рассеиваемая на УЗИП, будет равна:

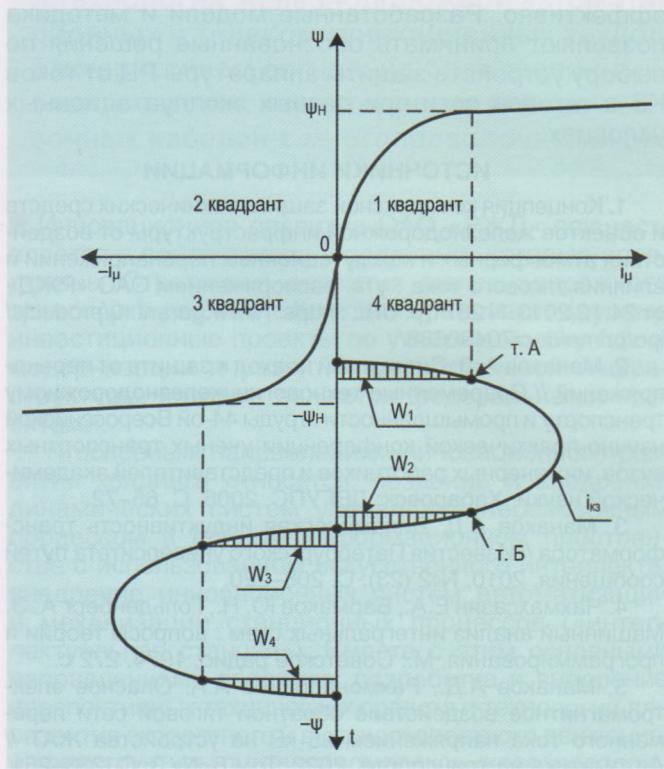


РИС. 3

Таблица

S, км	t <sub>h</sub> , мс	W <sub>ц</sub> , Дж	W <sub>Σ1</sub> , t <sub>3</sub> = 0,14 с	W <sub>Σ2</sub> , Дж, t <sub>3</sub> = 0,37 с	W <sub>Σ3</sub> , Дж, t <sub>3</sub> = 0,64 с	W <sub>доп</sub> , Дж,
Фаза КЗ напряжения питания тяговой сети, при которой происходит аварийный процесс, равна 56°, R <sub>p-3</sub> = 0,25 Ом·км (лето)						
5	0,84	14,57	204	539	932	
20	1,45	15,65	219	579	1002	227

$$W_{\Sigma} = 2 \cdot t_3 \cdot 100 \cdot W_1, (\text{Дж})$$

Актуальной задачей исследования при создании системы является согласование средств защиты направлений №1 – №3. Цель согласования – определение энергии, рассеиваемой на УЗИП, установленных на вводе аппаратуры РЦ (ВОЦН-380), при коротком замыкании в тяговой сети переменного тока до момента отключения БВ-ТП. Эта энергия не должна превышать величину, допустимую для УЗИП (ВОЦН-380) защиты аппаратуры РЦ. Такое согласование позволит устройствам защиты на вводе аппаратуры РЦ длительно выполнять свои функции, создать высоконадежную систему защиты и исключить задержки поездов, связанные с отказами аппаратуры РЦ.

Факторами, влияющими на величину энергии, действующей на УЗИП, являются: удаленность места короткого замыкания в тяговой сети от тяговой подстанции, параметры тягового трансформатора на ТП, тип контактной подвески, рельсов, дроссель-трансформатора, а также время срабатывания защиты на ТП при отключении тока КЗ. Многие из этих факторов можно учесть при исследованиях на математических моделях. Такие модели позволяют принимать обоснованные решения при проектировании системы защиты аппаратуры РЦ для конкретных эксплуатационных условий. Согласование устройств системы защиты от токов КЗ производилось на математических моделях с использованием метода переменных состояния [4].

Математическая модель тяговой сети переменного тока напряжением 25 кВ для определения тока КЗ в тяговой сети на различном удалении от ТП показана в работе [5]. Для определения энергии, рассеиваемой на средстве защиты, которое установлено на вводе аппаратуры РЦ, была разработана методика расчета и определены величины энергий. Энергия, рассеиваемая на варисторе выравнивателя ВОЦН-380 (варистор СН2-2В-680) при удалении места КЗ (S) от ТП на расстоянии 5 и 20 км, показана в таблице, где t<sub>h</sub> – время, за которое происходит насыщение магнитопровода полуобмотки ДТ за одно намагничивание (от 0 до точки А); W<sub>ц</sub> – энергия, рассеиваемая на выравнивателе защиты за два намагничивания (за время 10 мс); W<sub>Σ1</sub>, W<sub>Σ2</sub>, W<sub>Σ3</sub> – суммарные энергии, рассеиваемые на ВОЦН-380 для различных устройств защиты от токов КЗ на ТП; t<sub>3</sub> – время срабатывания устройств защиты на ТП; W<sub>доп</sub> – допустимая энергия, рассеиваемая на ВОЦН-380; R<sub>p-3</sub> – переходное сопротивление рельс-земля. Фаза КЗ напряжения питания тяговой сети, при которой происходит аварийный процесс, равна 56°, R<sub>p-3</sub> = 0,25 Ом·км (лето).

Данные таблицы показывают, что при удалении

места КЗ от ТП возрастает время насыщения магнитопровода полуобмотки ДТ и величина энергии, рассеиваемая на ВОЦН-380. Для устройств защиты на ТП от токов КЗ с временем срабатывания (t<sub>3</sub>), равном 0,37 и 0,64 с, энергия, рассеиваемая на ВОЦН-380, превышает допустимую величину, что приведет к отказам средств защиты и аппаратуры РЦ.

В работе предлагается для защиты аппаратуры РЦ от ОЭМВ при аварийных и коммутационных процессах в тяговой сети переменного тока использовать систему защиты, которая представляет собой набор устройств защиты, должным образом подобранных, согласованных и установленных, предназначенную для снижения числа отказов электрических и электронных систем. Согласование устройств системы защиты от токов КЗ производится на математических моделях с применением метода переменных состояния. Математическая модель тяговой сети переменного тока напряжением 25 кВ разработана для расчета тока КЗ в тяговой сети на различном удалении от ТП. Для определения энергии, рассеиваемой на средстве защиты, установленного на вводе аппаратуры РЦ, с учетом эффекта насыщения магнитопровода ДТ, была разработана методика расчета и определены величины энергий. При этом расчеты показали, что применение средств защиты ВОЦН-380 неэффективно. Разработанные модели и методика позволяют принимать обоснованные решения по выбору устройств защиты аппаратуры РЦ от токов КЗ в тяговой сети при разных эксплуатационных условиях.

#### ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

1. Концепция комплексной защиты технических средств и объектов железнодорожной инфраструктуры от воздействия атмосферных и коммутационных перенапряжений и влияния тягового тока : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 24.12.2013. N 2871/p. URL : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70490588/>

2. Манаков А.Д. Системный подход к защите от перенапряжений // Современные технологии железнодорожному транспорту и промышленности : труды 44-ой Всероссийской научно-практической конференции ученых транспортных вузов, инженерных работников и представителей академической науки. Хабаровск: ДВГУПС, 2006. С. 65–72.

3. Манаков А.Д. Динамическая индуктивность трансформатора // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2010. №2 (23). С. 208–220.

4. Чахмахсазян Е.А., Бармаков Ю. Н., Гольденберг А. Э. Машинный анализ интегральных схем : вопросы теории и программирования. М.: Советское радио, 1974. 272 с.

5. Манаков А.Д., Рахмонбердиев А.А. Опасное электромагнитное воздействие обратной тяговой сети переменного тока напряжением 25 кВ на устройства ЖАТ // Автоматика на транспорте. 2022. Том 8. № 3. С. 233–251. DOI: 10.20295/2412-9186-2022-8-03-233-251.

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАБЕЛЯ С МНОГОПРОВОЛОЧНЫМИ ПРОВОДНИКАМИ



**ПОПОВ  
Борис Владимирович,**  
Поволжский государственный  
университет телекоммуникаций  
и информатики, кафедра линий  
связи и измерений в технике связи,  
профессор, канд. техн. наук,  
г. Самара, Россия



**ПОПОВ  
Виктор Борисович,**  
Поволжский государственный  
университет телекоммуникаций  
и информатики, кафедра линий  
связи и измерений в технике  
связи, профессор, канд. техн.  
наук, г. Самара, Россия



**САБИРОВ  
Радик Назимович,**  
АО «Самарская кабельная  
компания», ведущий  
специалист по метрологии,  
г. Самара, Россия

**Ключевые слова:** сигнально-блокировочный кабель, низкочастотные характеристики, коэффициент затухания, переходное затухание на ближнем конце, защищенность на дальнем конце

**Аннотация.** Интенсивное развитие скоростного пассажирского и грузового тяжеловесного движения предъявляет повышенные требования к безопасности и надежности перевозочного процесса, разработке и внедрению перспективных технических средств и технологий железнодорожной автоматики и телемеханики, инновационных информационных и телекоммуникационных технологий и др. Это касается и требований к характеристикам сигнально-блокировочных кабелей. В данной статье проводится анализ электрических характеристик передачи и взаимного влияния цепей сигнально-блокировочных кабелей с многопроволочными проводниками.

■ Инновационное развитие ОАО «РЖД» осуществляется в соответствии с задачами, которые определены Стратегией развития железнодорожного транспорта до 2030 г. Компания реализует крупные инвестиционные проекты по утвержденному плану модернизации и развития магистральной инфраструктуры, которые являются федеральными проектами.

К основным направлениям инновационного развития холдинга относятся: создание и внедрение динамических систем управления перевозочным процессом в едином информационном пространстве с использованием искусственного интеллекта; внедрение инновационных систем автоматизации и механизации станционных процессов («интеллектуальная станция»). Вместе с этим основными направлениями являются: разработка и внедрение перспективных технических средств и технологий для развития скоростного и высокоскоростного движения, инфраструктуры путевого комплекса, железнодорожной автоматики и телемеханики, электрификации и

электроснабжения, инновационных информационных и телекоммуникационных технологий; системы управления безопасностью движения и методов управления рисками, связанных с безопасностью и надежностью перевозочного процесса и др.

Однако на сети дорог, где используется электротяга переменного тока, создаются электромагнитные поля большой интенсивности и возникает значительное внешнее электромагнитное влияние на цепи железнодорожных кабелей. Для снижения степени и величины этого влияния в кабелях предусмотрены алюминиевая оболочка и броня из спирально наложенных стальных лент.

Сигнально-блокировочные кабели обеспечивают работу линейных цепей автоблокировки и устройств электрической централизации стрелок и сигналов, горочной автоматической и диспетчерской централизации и переездной сигнализации [1]. Поскольку сеть железных дорог страны является важнейшим стратегическим объектом государственного значения, то к железнодорожным кабелям предъяв-

ляются повышенные требования, особенно в части стабильности эксплуатационных параметров при различных негативных и дестабилизирующих воздействиях.

Сигнально-блокировочные кабели применяются в основном с полиэтиленовой изоляцией и сплошной алюминиевой оболочкой. Последняя может накладываться с помощью специализированного технологического оборудования, для чего используются алюминиевые прессы или высокочастотные сварочные станы. На российских кабельных заводах АО «Самарская кабельная компания», где серийно выпускаются кабели для железных дорог, разработаны, изготовлены и испытаны различные их конструкции, в том числе с экраном из алюмополимерной ленты, в цельном алюминиевом экране и экране из алюминиевых проволок. По результатам проведенных испытаний была выбрана конструкция кабеля со сплошной алюминиевой оболочкой, усиленной броневыми защитными покровами [2, 3]. Такая конструкция, кроме защиты от внешних электромагнитных воздействий, обеспечивает надежную защиту кабельного сердечника от проникновения влаги.

В настоящее время действует ГОСТ 34679-2020 «Кабели для сигнализации и блокировки. Общие технические условия». В этом документе приведены нормативные значения для коэффициента затухания и переходного затухания на ближнем конце на высоких частотах [4]. Однако характеристики сигнально-блокировочных кабелей с многопроволочными медными проводниками, выпускаемыми сегодня, к сожалению, в технической литературе практически отсутствуют. В связи с этим рассмотрение и анализ электрических характеристик передачи и взаимных влияний сигнально-блокировочных кабелей с многопроволочными проводниками являются весьма актуальными.

Благодаря функционированию системы менеджмента качества (СМК) на предприятиях АО «СКК» организовано производство кабельной продукции, отвечающей запросам потребителей и соответствующей нормам и требованиям законодательных документов. Подтверждено действие сертификатов соответствия требованиям российских и международных стандартов: ISO 9001; ISO 14001; ГОСТ Р В 0015-002.

Технологические особенности производства кабелей заключаются в том, что изготовление изолированной жилы выполняется на экструзионной линии, оснащенной приборами контроля погонной емкости, диаметра и эксцентрикитета жилы, проверки электрической прочности изоляции. Измерители погонной емкости и диаметра включены в систему автоматического регулирования линии и обеспечивают заданные требования по емкости, диаметру, толщине изоляции, концентричности [5]. Допуск на толщину изоляции достигает  $\pm 1\%$  (0,003 мм), на номинальную емкость – менее 2 пФ, концентричность составляет более 0,95. Скрутка кабельных пар осуществляется на крутильных машинах с разными (не более 100 мм) шагами, благодаря чему удается уменьшить в кабеле взаимное влияние цепей друг на друга. Все это направлено на обеспечение высоких и стабильных электрических характеристик.

Рассмотрим основные электрические характеристики передачи и взаимного влияния сигнально-блокировочного кабеля марки СБМВБАБпШп 19х2х1,0

в алюминиевой оболочке с многопроволочными медными проводниками сечением 1,0 мм<sup>2</sup> (проводник скручен из 7 однородных по структуре и геометрии медных проволок диаметром 0,427 мм). Эти характеристики были определены на строительных длинах 112 и 300 м с использованием измерительного комплекса автоматизации испытаний кабелей связи «ПИКА ИКС» и прибора РСМ-39.

Так, к низкочастотным характеристикам передачи относятся: электрическое сопротивление медных жил постоянному току ( $R$ ), которое должно быть не более 17,8 – 19,9 Ом/км; омическая асимметрия жил в рабочей паре ( $\Delta R$ ) – не более 0,8 Ом; рабочая емкость ( $C$ ) – не более 70 нФ/км. Они сильно зависят от геометрической и структурной однородности медных проводников и изоляции. Высокая однородность гарантирует выполнение норм и стабильность электрических характеристик кабеля.

Низкочастотные характеристики кабеля зависят от геометрической и структурной однородности медных проводников и изоляции. Высокая геометрическая и структурная однородность гарантирует выполнение норм и стабильность электрических характеристик кабеля.

Результаты измерения низкочастотных характеристик отдельных пар кабеля статистически обработаны с учетом того, что они подчиняются нормальному закону распределения и характеризуются статистическим средним значением ( $R_{cp}$ ) и среднеквадратическим отклонением от среднего значения ( $\sigma$ ). Результаты статистической обработки данных приведены ниже.

$R$ , Ом/км	
$R_{cp}$ .....	17,75;
$\sigma$ .....	0,34;
$\Delta R$ , %	0,03;
$\Delta R_{cp}$ .....	0,23
$C$ , нФ/км	
$C_{cp}$ .....	48,56;
$\sigma$ .....	0,92.

Анализ результатов измерения показывает, что сопротивление медных жил имеет минимальное отклонение от статического среднего значения и очень стабильно; омическая асимметрия значительно меньше допустимых 0,8 Ом; рабочая емкость также меньше максимально допустимого значения 70 нФ/км. Следует отметить, что в сигнально-блокировочных кабелях требования к омической асимметрии по сравнению с другими симметричными кабелями более высокие. При этом обеспечить низкое значение  $\Delta R$  удается благодаря применению в многопроволочных проводниках однородных медных проволок диаметром 0,427 мм. Это оказывает положительное действие на высокочастотные характеристики.

К основным высокочастотным характеристикам кабелей относятся: коэффициент затухания  $\alpha$ , дБ/км; переходное затухание на ближнем конце  $A_0$ , дБ и защищенность на дальнем конце  $A_3$ , дБ. В ГОСТ 34679-2020 приведены нормы на коэффициент затухания в диапазоне частот до 39 кГц и переходного затухания на ближнем конце до 160 кГц. В данной статье эти характеристики рассмотрены в более широком диапазоне частот – до 250 кГц. Усредненные значения коэффициента затухания исследуемого

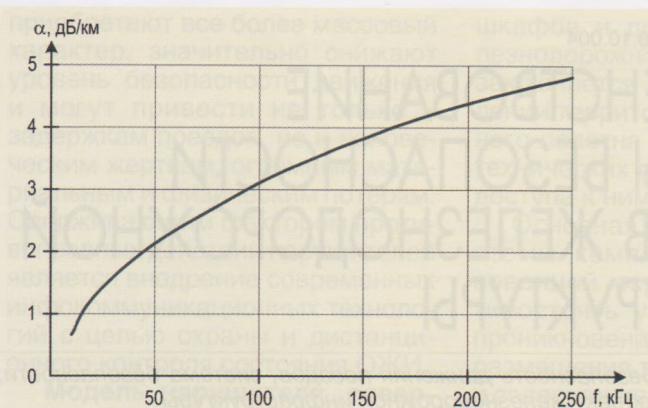


РИС. 1

кабеля СБМВБАБпШп 19x2x1,0 приведены ниже. Измерения выполнялись с помощью прибора РСМ-39.

Частота, кГц	Коэффициент затухания, дБ/км
0,8	0,72
10	1,13
15	1,23
20	1,37
40	1,94
60	2,55
100	3,23
160	3,74
250	4,98

График изменения частотной характеристики коэффициента затухания исследуемого кабеля представлен на рис. 1. Анализ результатов измерения коэффициента затухания показывает, что в кабеле затухание возрастает пропорционально корню квадратному частоты. Это свидетельствует о том, что в кабеле определяющими являются потери в металле. При этом нормы на величину коэффициента затухания по ГОСТ 34679-2020 выполняются.

Частота, кГц	0,8	10	15	20	40	60	100	160	250
Переходное затухание на ближнем конце ( $A_0$ ), дБ	106	104	101	99	94	90	86	82	76
Зашитенность на дальнем конце ( $A_3$ ), дБ	105	103	100	98	93	91	84	80	75

Усредненные значения переходного затухания на ближнем конце и зашитенности на дальнем конце исследуемого кабеля даны в таблице и на рис. 2. Измерения проводились при помощи прибора «ПИКА ИКС».

Анализируя результаты, можно сказать, что нормы на величину переходных затуханий в соответствии с ГОСТ 34679-2020 выполняются. Снижение переходного затухания на ближнем конце и зашитенности на дальнем конце с ростом частоты не превышает 6 дБ на октаву. Это показывает то, что

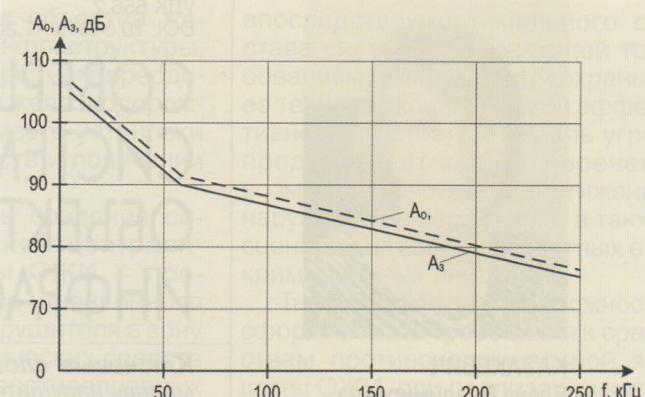


РИС. 2

в исследуемом кабеле с парной скруткой между цепями преобладает нерегулярная составляющая непосредственного влияния, что хорошо согласуется с результатами теоретических исследований [6]. Все это подтверждает ранее изложенное мнение об относительной геометрической и структурной однородности сигнально-блокировочного кабеля марки СБМВБАБпШп 19x2x1,0.

Подводя итоги по результатам исследования основных электрических характеристик передачи и взаимных влияний сигнально-блокировочного кабеля марки СБМВБАБпШп 19x2x1,0 в алюминиевой оболочке с многопроволочными медными проводниками отметим, что по низкочастотным характеристикам он полностью отвечает нормам, установленным ГОСТ 34679-2020 «Кабели для сигнализации и блокировки. Общие технические условия» в исследуемом диапазоне частот до 250 кГц. Достаточно высокие электрические характеристики позволяют рекомендовать сигнально-блокировочные кабели производства АО «Самарская кабельная компания» к применению на сети железных дорог в диапазоне частот до 250 кГц.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кабели и провода. Основы кабельной техники / А.И. Балашов, М.А. Боев, А.С. Воронцов и др.; под ред. И.Б. Пешкова. М.: Энергоатомиздат, 2009. 467 с.
2. Андреев В.А., Попов Б.В. Экранирующие характеристики сигнально-блокировочных кабелей // Автоматика, связь, информатика. 2015. № 4. С. 14–16.
3. Направляющие системы электросвязи : учебник / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, В.А. Бурдин и др. 8 изд. М. : Горячая линия-Телеком, 2020. 396 с.
4. ГОСТ 34679-2020. Кабели для сигнализации и блокировки. Общие технические условия. Введ. 01.01.2021. Изм. 27.02.2023. М.: Стандартинформ, 2020.
5. Качество LAN-кабелей – основа надежной работы СКС и сетей ШПД / В. Андреев, А. Бульхин, Б. Попов, В. Попов // Первая миля. 2020. Вып. 1. С. 34–37. DOI: 10.22184/2070-8963.2020.86.1.34.37.
6. Андреев В.А. Теория электромагнитных влияний между цепями связи. М.: Радио и связь, 1999. 320 с.



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

САМАРСКАЯ КАБЕЛЬНАЯ КОМПАНИЯ

Реклама

443022, Самарская область, г. Самара, ул. Кабельная, д. 9  
Тел.: (846) 279-12-10, факс: (846) 269-61-01  
scc@samaracable.ru, www.samaracable.ru



КАЗАКЕВИЧ

Елена Владимировна,

Петербургский государственный  
университет путей сообщения  
Императора Александра I,  
кафедра «Электрическая  
связь», доцент, канд. техн. наук,  
Санкт-Петербург, Россия

УДК 656.2  
DOI: 10.34649/AT.2023.10.10.004

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

**Ключевые слова:** безопасность движения поездов, система безопасности, модель нарушителя, объект железнодорожной инфраструктуры

**Аннотация.** В статье рассмотрена необходимость повышения безопасности движения поездов из-за массовых диверсий по уничтожению объектов железнодорожной инфраструктуры. Разработана модель нарушителя и создаваемых им угроз. Рассмотрены предложения по совершенствованию системы безопасности объектов железнодорожной инфраструктуры.

■ Одной из основных общекорпоративных задач долгосрочной программы развития ОАО «РЖД» [1] является обеспечение необходимого уровня безопасности движения и экологической безопасности. Наиболее остро проблема повышения безопасности движения касается переездов, высокоскоростных участков и «слепых» зон.

В рамках концепции «Цифровая железная дорога» повышение безопасности движения поездов предусматривается за счет реализации таких проектов, как «умное депо», «умный вагон», «умный переезд» с использованием телекоммуникационной инфраструктуры, проложенной вдоль железнодорожного полотна.

Однако в последнее время в России значительно увеличились случаи диверсий по уничтожению объектов железнодорожной инфраструктуры (ОЖИ) в разных регионах. Уничтожению подвергаются не только железнодорожные пути и контактная сеть, но и аппаратура систем железнодорожной автоматики и телемеханики в рельсовых шкафах (РШ). Вследствие этого из строя выходит оборудование автоблокировки на перегонах, ЭЦ стрелок, сигнальных элементов и других технических средств, непосредственно обеспечивающих безопасность движения поездов.

Так, противоправные действия сторонних лиц вызвали задержку поезда на 14 мин на Московской дороге [2], на полчаса – шести

пригородных электропоездов на Финляндском направлении Октябрьской дороги [3], а повреждение железнодорожного полотна на участке Снежетьская – Белые Берега привело к сходу 20 вагонов и приостановке движения [4].

Предотвращенная попытка вывести из строя тяговую подстанцию на одной из железнодорожных станций Южно-Уральской дороги, которая поддерживает электропитание сети на нескольких десятках километров, могла вызвать остановку движения, восстановление которого заняло бы длительное время и нанесло компании существенный ущерб.

Таким образом, криминальные посягательства на объекты железнодорожной инфраструктуры



Поджог оборудования в рельсном шкафу



Варианты рельсовых шкафов

приобретают все более массовый характер, значительно снижают уровень безопасности движения и могут привести не только к задержкам поездов, но и человеческим жертвам, огромным материальным и физическим потерям. Сдерживающим фактором противоправных действий нарушителей является внедрение современных инфокоммуникационных технологий с целью охраны и дистанционного контроля состояния ОЖИ.

**Модель нарушителя, совершающего криминальные посягательства на ОЖИ.** Следует отметить, что задача нарушителя, посягающего на совершение противоправных действий в отношении работоспособности релейных

шкафов и других объектов железнодорожной инфраструктуры, заключается в скрытном преодолении территории железнодорожного полотна до места установки технических средств и получении доступа к ним.

Основная цель создания системы комплексной централизованной охраны ОЖИ – противостоять угрозе незаконного проникновения нарушителя в зону размещения технических средств и совершения им противоправных действий.

Поэтому в процессе концептуального проектирования такой системы важно составить модель нарушителя и модель создаваемых им угроз для определения

впоследствии оптимального состава системы, отвечающей требованиям по надежности охраны и ее технико-экономической эффективности. При этом модель угроз представляет собой перечень возможных способов достижения нарушителем своей цели, а также сценарии наиболее вероятных его криминальных действий.

Такой подход дает возможность сформировать требования к средствам противокриминальной защиты ОЖИ, при реализации которых можно эффективно защищать их от преступных посягательств.

В результате анализа и статистики нарушений на железнодорожных объектах за последние полгода в разных регионах сети разработана модель наиболее вероятного нарушителя технических средств. Классификация нарушителей представлена в табл. 1.

Основные категории нарушителей и виды совершаемых ими преступлений, связанных с незаконным проникновением в зону размещения ОЖИ, даны в табл. 2.

**Рекомендации по организации комплексной охраны ОЖИ.** Эффективность мер, принимаемых для комплексной защиты любых объектов, в том числе и ОЖИ, от преступных посягательств, во многом зависит от правильности выбора и применения технических средств охраны: охранных извещателей (ОИ), средств тревожной сигнализации, систем охранного видеонаблюдения (СОТ), средств активной защиты и оповещения, систем передачи извещений (СПИ), а также систем контроля и управления доступом (СКУД) и др.

Основные виды криминальных угроз в отношении ОЖИ и рекомендуемые способы защиты приведены в табл. 3.

Наиболее эффективным решением обеспечения комплексной безопасности служит ограждение территории железнодорожных дорог и внедрение интегрированной системы безопасности. Эта система предполагает непрерывное наблюдение за транспортными объектами с помощью охранных телевизионных средств и исключает существование «слепых» зон. Тепловизионные камеры позволяют получать четкое изображение объектов вне зависимости от погодных условий и времени суток. Изображение с камер быстро обрабатывается инструментами

Таблица 1

Признак квалификации	Критерии	Наличие характеристики нарушителя
По мотивации	случайный	нет
	преднамеренный	есть
По уровню подготовки	квалифицированный	есть
	подготовленный	есть
По численности	неподготовленный	нет
	одиночный	есть
По степени осведомленности о функционировании и структуре ОЖИ	организованная преступная группа	есть
	неосведомленный	нет
	имеющий общую информацию	есть
По физическому состоянию	имеющий детальную информацию	есть
	в хорошей физической форме	есть
По преследуемым целям	слабая физическая подготовка или травмы (заболевания)	нет
	хулиганские побуждения	нет
	воздействовать на общество для его устрашения	есть
	совершение террористического акта	есть

Таблица 2

Категория нарушителя	Виды совершаемых преступлений	Квалификация преступления
H1B	Незаконное проникновение в зону размещения ОЖИ и поджог релейного шкафа на перегоне	Возбуждение уголовного дела. Несовершеннолетним обвиняемым избирается мера пресечения в виде заключения под стражу на два месяца
H2B	Взлом РШ с помощью высокопроизводительных технических средств или поджог с использованием взрывных устройств	Возбуждение уголовного дела
H3B	Групповой поджог релейного шкафа, светофора на перегоне и оборудования контактной сети станции за вознаграждение	Возбуждение уголовного дела по статье «Диверсия, повлекшая причинение значительного имущественного ущерба»
H4B	Групповой поджог электровоза и релейных шкафов у железнодорожных путей	Возбуждение уголовного дела по статье «Тerrorистический акт, совершенный группой лиц и по предварительному сговору»
H5B	Групповой поджог релейных шкафов вдоль путей по заданию иностранных спецслужб	Возбуждение уголовного дела по двум статьям: «Теракт» и «Содействие террористической деятельности»

Таблица 3

Виды угроз	Способы противодействия
Умышленные механические разрушения, повреждения или взлом конструкции РШ	Применение охранных поверхностных вибрационных извещателей
Незаконное проникновение в РШ	Применение охранных точечных магнито-контактных извещателей
Умышленные разрушения, повреждения или взлом конструкции РШ при помощи взрыва	Применение датчиков (детекторов) утечки горючих газов и систем активного подавления взрыва
Незаконное передвижение в зоне железнодорожного полотна и криминальные посягательства на РШ и другие ОЖИ	Ограждение территории, применение запрещающих знаков, системы видеонаблюдения и сигнализации

видеоаналитики, благодаря чему у персонала есть возможность оперативно реагировать на возникшие нештатные ситуации.

Система комплексной безопасности прошла испытания на одном из участков железной дороги и показала хорошие результаты. Однако ее внедрение на сети – процесс технически и финансово трудоемкий и довольно длительный [5].

Оперативно для противодействия криминальным угрозам целесообразно после проведения обследования и оценки данных ОЖИ применять такие средства безопасности, как:

охранные извещатели в качестве устройств обнаружения незаконного проникновения на охраняемый объект железнодорожной инфраструктуры. Особенности выбора, установки и эксплуатации средств обнаружения проникновения и угроз представлены в рекомендации Р 069-2017 [6];

охранные точечные магнито-контактные извещатели по ГОСТ Р 54832-2011 – для блокировки «на открывание» дверных конструкций РШ, обеспечивающих доступ к оборудованию СЦБ;

охранные поверхностные вибрационные извещатели по ГОСТ Р 53702-2009 – для обнаружения попытки умышленного разрушения, повреждения или взлома конструкции РШ.

Одним из наиболее опасных и разрушительных криминальных посягательств на РШ является вскрытие при помощи взрыва, например путем наполнения внутренней полости конструкции взрывоопасной смесью (смесь горючих газов или паров с воздухом), у которой при воспламенении горение распространяется на весь объем смеси.

Для обнаружения и сигнализации о появлении в РШ горючего газа на ранней (безопасной) стадии могут использоваться датчики (де-

текторы) утечки горючих газов, соответствующие требованиям ГОСТ Р ЕН 50194-1-2012. В дополнение к этим датчикам целесообразно применение систем активного подавления взрыва, которые при срабатывании датчиков обеспечивают быстрое введение в защищаемый РШ ингибитора (взрывоподавляющего состава), приостанавливающего дальнейший процесс развития взрыва.

Средства тревожной сигнализации предназначены для передачи сообщений дежурному по станции и в органы внутренних дел о противоправных действиях в отношении обслуживающего персонала и объектов железнодорожной инфраструктуры. В качестве таких средств при эксплуатации, обслуживании и ремонте ОЖИ могут быть задействованы: стационарные средства тревожной сигнализации; охранные ручные точечные электроконтактные извещатели, устанавливаемые в зоне ОЖИ и внутри РШ; а также мобильные средства радиосистем тревожной сигнализации, которыми должны быть снабжены работники ОАО «РЖД», осуществляющие регламентное обслуживание и (или) экстренный ремонт действующих ОЖИ на местах их постоянного размещения.

Для реализации данных функций может использоваться система информирования пассажиров, оповещения работающих на путях и парковой связи. Она позволит обеспечить экстренную связь пассажиров со службами МЧС, полиции, скорой медицинской помощью и с диспетчером системы информирования.

Кроме того, необходимо активнее внедрять систему экстренной связи с полицией «Гражданин – Полиция», которая интегрируется в общегородскую сеть «Безопасный город» и помимо камер уличного

видеонаблюдения подключает системы безопасности платформ железнодорожного транспорта. Терминалы таких систем, как правило, снабжены видеокамерой, кнопкой вызова и коммуникационным устройством. Мониторинг происходящих событий круглосуточно ведут операторы ситуационных центров субъектов Российской Федерации.

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что совершенствование системы безопасности объектов железнодорожной инфраструктуры обеспечивается внедрением современных инфокоммуникационных технологий с целью охраны и дистанционного контроля состояния ОЖИ. В соответствии с проведенным анализом и моделированием угроз безопасности, наиболее перспективным решением обеспечения комплексной безопасности является внедрение интегрированной системы безопасности, которая предполагает непрерывное наблюдение за транспортными объектами и исключает существование так называемых «слепых» зон. Кроме того, в качестве оперативной защиты ОЖИ после проведения обследования и выявления наиболее уязвимых объектов предлагается установка соответствующих (рассмотренных выше) средств безопасности.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- О долгосрочной программе развития ОАО «Российские железные дороги» до 2025 года : распоряжение Правительства РФ от 19.03.2019 г. № 466-р.
- Бричкалевич И. Разъяснены последствия для студентов-поджигателей железнодорожного оборудования. Задержаны три парня и 17-летняя студентка юридического колледжа //Московский комсомолец. 2023. 21 апреля. URL: <https://www.mk.ru/social/2023/04/21/razyasneny-posledstviya-dlya-studentov-podzhigatelye-zheleznodorozhnogo-oborudovaniya.html>.
- Поджог релейного шкафа посторонними лицами стал причиной задержек пригородных поездов на Финляндском направлении. URL: <https://ozd.rzd.ru/ru/4225/page/104069?i=283556>.
- В Брянской области подорвали железнодорожные пути. URL: <https://lenta.ru/news/2023/05/02/podrizvelezn/>.
- Control Engineering Россия. URL: <https://controlengrussia.com/magazine/control-engineering-rossiya-sentyabr-2015/>.
- Рекомендации по выбору и применению средств обнаружения проникновения в зависимости от степени важности и опасности охраняемых объектов : Р 069-2017 : утв. 28.09.2017.

# БЕРЕЖНО К ТРАДИЦИЯМ



**ТАРАСОВ  
Евгений Михайлович,**  
Самарский государственный  
университет путей сообщений,  
заведующий кафедрой  
«Автоматика, телемеханика  
и связь на железнодорожном  
транспорте», д-р техн. наук,  
профессор, г. Самара, Россия



**ИСАЙЧЕВА  
Алевтина Геннадьевна,**  
Самарский государственный  
университет путей  
сообщения, кафедра  
«Автоматика, телемеханика  
и связь на железнодорожном  
транспорте», доцент, канд.  
техн. наук, г. Самара, Россия

Свою историю крупнейший транспортный вуз Самарской области начал в 1962 г. с преобразования учебно-консультационного пункта в Куйбышевский филиал Всесоюзного заочного института инженеров железнодорожного транспорта под руководством Н.Д. Сосевича. Через 11 лет филиал ВЗИИТа был реорганизован в Куйбышевский институт инженеров железнодорожного транспорта (КИИТ). Он динамично развивался и в 2002 г. был аккредитован как академия, а спустя пять лет удостоен статуса «Университет». Его современное название – Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС), и в этом году он отметил полувековой юбилей. Зрелый возраст в 50 лет – это только начало для достижения высоких целей в подготовке высококвалифицированных кадров транспортной отрасли страны.

■ Наш университет представляет собой комплекс подразделений, расположенных в 10 субъектах Приволжского федерального округа. Он реализует программы среднего профессионального и высшего образования на полигоне Куйбышевской, Приволжской, Южно-Уральской, Юго-Восточной и Горьковской дорог. Сегодня в СамГУПСе учатся свыше 24 тыс. студентов.

Первый прием на дневное обучение в 1973 г. составил 150 человек по специальностям «Эксплуатация железных дорог» и «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство». Однако через год, учитывая высокую потребность в инженерах разной специализации на железнодорожной магистрали, руководство института во главе с профессором Е.С. Павловичем приняло решение о расширении перечня специальностей, в том числе была создана специальность «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте».

На дневное обучение по новой специальности зачислили 75 абитуриентов. В 1976 г. организована одноименная кафедра, в профессорско-преподавательский состав которой входили пять человек: де-

кан электротехнического факультета А.М. Веселов, заведующий кафедрой В.Б. Гуменников, доцент А.Е. Дубинин, преподаватели В.Б. Леушин и Н.Е. Федоров. В дальнейшем кафедра пополнилась сотрудниками А.Д. Буштруком, Я.Н. Пугачевым, В.А. Овчинниковым и В.К. Суслиным. К этому времени учебные лаборатории были в достаточной степени оснащены учебно-научными комплексами.

Спустя три года в эксплуатацию ввели новый корпус и площадь учебных лабораторий кафедры увеличилась на 180 м<sup>2</sup>. Началось их активное наполнение макетами и тренажерами различных устройств и систем ЖАТ и связи, в том числе учебными стендами, разработанными и собранными нашими сотрудниками.

В 1984 г. ректором института стал профессор С.В. Копейкин, при котором активизировалось строительство учебных корпусов и оснащение лабораторий устройствами телефонной и многоканальной связи. В это же время создан класс персональных ЭВМ, послуживший основой для открытия специализации «Микропроцессорные информационно-измерительные системы». Первые студенты на эту специальность были зачислены

в 1987 г. Хочется отметить, что большую помощь в организации учебного процесса оказал тогда заместитель министра путей сообщения В.С. Аркатов.

Широкое внедрение на железнодорожном транспорте цифровых систем передачи информации и аппаратуры волоконно-оптической связи привело к необходимости подготовки специалистов соответствующего профиля. В связи с этим в 1993 г. появилась специализация «Системы передачи информации». Для оснащения учебно-лабораторной базы начальник службы связи и информатизации Куйбышевской дороги Ю.В. Митрохин оказал значительное содействие в передаче вузу электронной телефонной станции ЖАТС-Э и телеграфных аппаратов.

Подготовка инженеров по специализации «Волоконно-оптические линии и системы передачи информации» началась с 1997 г. На повестке дня остро встал вопрос о современном оснащении лабораторий связи. Их развитию способствовало заключение договора о творческом содружестве между кафедрой и ЗАО «Строительно-монтажный поезд №854», являвшимся генеральным подрядчиком по строительству

волоконно-оптических линий связи в Поволжском регионе. Кроме того, при поддержке руководства строительно-монтажного поезда №809 филиала ОАО «ТРАНС-СИГНАЛСТРОЙ» укреплялась лабораторная база направления автоматики и телемеханики.

В 2000 г. институт возглавил бывший начальник Куйбышевской дороги А.С. Левченко. При его руководстве площадь учебных лабораторий увеличилась еще на 200 м<sup>2</sup>, были созданы филиалы кафедры в подразделениях служб СЦБ и связи Куйбышевской дороги. На учебном полигоне построен пост электрической централизации и установлены напольные устройства. Оборудование поста ЭЦ осуществлялось при технической и финансовой поддержке Департамента сигнализации, централизации и блокировки МПС, а также службы СЦБ Куйбышевской дороги при активном участии начальника службы, выпускника кафедры Н.А. Кияткина. Много сил и умения при выполнении монтажных и наладочных работ по запуску в действие оборудования приложил доцент В.М. Шумаков вместе с группой талантливых студентов.

В эти годы коллектив кафедры поставил перед собой задачу открытия нового направления подготовки по специальности «Стандартизация и метрология». Это удалось осуществить в 2011 г. Ответственность за обучение и методическое обеспечение этого направления взял на себя доцент В.Г. Волик.

В настоящее время кафедра готовит инженеров по специальности «Системы обеспечения движения поездов». Причем обучение ведется по двум специализациям: «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте» и «Телекоммуникационные системы и сети железнодорожного транспорта». Преподавательский состав кафедры составляет 19 человек, из которых два профессора – доктора наук, девять доцентов – кандидаты наук, два старших преподавателя и пять преподавателей.

Большое внимание уделяется подготовке научных и научно-педагогических кадров, а также развитию научных школ университета «Инвариантные и распознавающие системы в ЖАТ (ИРС ЖАТ)» и «Информационно-измеритель-

ные системы». В 2021 г. научная школа ИРС ЖАТ заявила о своем потенциале, разработав два межгосударственных ГОСТов в области ЖАТ. В этой работе принимал участие коллектив сотрудников под руководством заведующего кафедрой.

Студенты всех курсов участвуют в исследованиях, многие из них являются победителями таких научных конкурсов, как «Новое звено», «Умник», «Молодой ученик» и, кроме того, стипендиатами губернатора Самарской области. Подготовка молодой смены начинается в научном кружке кафедры. Принимая участие в инновационных проектах ОАО «РЖД», студенты приобретают опыт исследовательской и профессиональной деятельности, публикуют научные работы. Их дипломные проекты занимают призовые места в олимпиаде, организованной РОСЖЕЛДОР, побеждают в конкурсе грантов выпускных дипломных работ, представляемых ОАО «РЖД». С гордостью хотим отметить, что наши студенты получают ежегодно не менее пяти грантов.

Продолжается модернизация лабораторной базы, созданы лаборатории: передачи пакетной информации на базе оборудования зарубежного производства, многоканальной связи, формирования потоков Е1 с использованием отечественного оборудования. Кроме того, организована лаборатория исследования коммута-

ционных центров, оснащенная современными системами, и кластер цифровых телефонных станций. В формировании лабораторной базы постоянно оказывают помощь руководство и специалисты Самарской дирекции связи – бывшие выпускники нашего вуза, в том числе А.Е. Горбунов, М.В. Страшнов и др.

Относительно подготовки специалистов по устройствам и системам ЖАТ следует сказать, что важное место в этом занимает интегрированный учебно-лабораторный комплекс станционных систем автоматики и телемеханики. При этом действующий кластер блочной маршрутно-релейной централизации дополнен системами электрической централизации ЭЦ-12 и микропроцессорной централизации МПЦ-МПК.

Кроме того, в учебных лабораториях размещено оборудование перегонных систем интервального регулирования движения поездов: микропроцессорная унифицированная система автоблокировки АБ-УЕ; микропроцессорная система числовой кодовой автоблокировки АБ-ЧКЕ; автоматизированная обучающая система (АОС ШЧ).

Оборудование лабораторий дает возможность вести исследовательские работы, направленные на расширение функциональных возможностей существующей аппаратуры; производить имитацию сложных перемежающихся



Коллектив кафедры. Первый ряд (слева направо): профессор В.Б. Леушин, доценты А.Г. Исайчева, Н.И. Харламова, старший преподаватель Т.В. Шалаева, техник А.О. Кочетова, доцент Р.Р. Юсупов. Второй ряд (слева направо): заведующий лабораториями А.А. Душкин, доценты В.А. Засов, В.Е. Павлович, преподаватель М.В. Башаркин, заведующий кафедрой Е.М. Тараков, преподаватели А.С. Хохрин, В.А. Надежкин, А.Е. Таракова, техник С.А. Надежкина



Проведение исследовательских работ в лабораториях

неисправностей; формировать алгоритмы поиска и устранения инцидентов; осуществлять предиктивную аналитику. Лаборатории также служат экспериментальной базой при выполнении диссертационных исследований.

Большое внимание на кафедре уделяется связи старшего и младшего поколений преподавательского состава. Сложившаяся атмосфера «живого» общения позволяет приобретать молодым коллегам коммуникативные навыки, умение грамотно строить взаимодействие с обучающимися, содействует развитию способности ясно и четко излагать содержание рассматриваемых тем лекций. Опыт старших поколений успешно

передают Н.Н. Васин, В.Б. Гуменников, Н.И. Харламова, В.А. Засов, Л.Б. Смирнова и многие другие. Они имеют высокий авторитет среди начинающих преподавателей, студентов и выпускников. Причем В.Б. Гуменников работает на кафедре более 40 лет и долгие годы возглавлял ее.

Университет имеет тесную связь с производственными подразделениями ОАО «РЖД». В том числе на нашей кафедре организованы курсы переподготовки эксплуатационных работников по профессиям «Электромонтер по обслуживанию и ремонту устройств сигнализации, централизации, блокировок» и «Электромонтер по ремонту

и обслуживанию аппаратуры и устройств связи». В рамках этих курсов дополнительные знания ежегодно получают более 150 человек.

В целях усиления интеграции обучения и производства на кафедре проводятся научные семинары с участием руководителей Самарской дирекции связи и службы автоматики и телемеханики, обсуждаются инновационные запросы предприятий, перспективы их развития и внедрения.

Результатом тесного взаимодействия с предприятиями стало подписание в прошлом году соглашения о сотрудничестве с ОАО «ЭЛТЕЗА» в части совершенствования технологических процессов обслуживания рельсовых цепей.

В завершение хотим отметить, что наша кафедра может служить генератором знаний для специалистов ведущих телекоммуникационных и транспортных предприятий страны. Бережно сохранив традиции и опираясь на задел, сформированный на протяжении 50 лет, профессорско-преподавательский состав продолжает развивать лабораторную базу. Классические учебно-лабораторные стенды дополняются инновационными разработками, способствующими подготовке современных квалифицированных специалистов.

## ИНФОРМАЦИЯ

### НАЗВАНЫ ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСА НА ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ ГРАНТОВ ОАО «РЖД»

Подведены итоги Конкурса 2023 г. на предоставление грантов ОАО «РЖД» для молодых ученых на проведение научных исследований, направленных на создание новой техники и технологий для применения на железнодорожном транспорте.

Первое место занял проект «Экологическая безопасность автономных локомотивов путем использования безуглеродного топлива». Авторы проекта Л.С. Курманова, М.Ю. Карпенко, представители Самарского государственного университета путей сообщения.

Второе место получил проект «Разработка системы контроля геометрических параметров (СКГП) на базе технического зрения и компьютерного обучения для контроля пространственных данных и геометрических параметров инфраструктуры железной дороги в режиме реального времени БПЛА». Его разработали С.А. Комягин, С.С. Акимов из Сибирского государственного университета путей сообщения.

Третьего места удостоился проект «Разработка технологии построения динамических моделей энергооптимального движения локомотива в режиме

реального времени для интеллектуально-адаптивной системы поддержки управления подвижным составом с применением методов и алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта». Авторы проекта С.Г. Истомин, А.П. Шатохин, К.И. Доманов, И.Н. Денисов – молодые ученые Омского государственного университета путей сообщения.

Четвертое место завоевал проект «Развитие технологий диагностирования и мониторинга технического состояния пролетных строений и опор железнодорожных мостов». Его разработчики Е.О. Иванов, Л.А. Васильчук представили Сибирский государственный университет путей сообщения.

На пятом месте проект «Исследование и разработка высокоэффективной электрогенерирующей (кинетической) тротуарной плитки для использования на объектах с большой проходимостью». Грант на его осуществление получили Р.Д. Каримов, А.С. Горбунов, В.Р. Акбашев, Е.А. Данилова из Уфимского университета науки и технологий.

Поздравляем победителей и желаем успехов в реализации своих проектов!

Отдел НИОКР ЦНТИБ ОАО «РЖД»

# ИДЕИ РАЦИОНАЛИЗАТОРОВ ОЦЕНЕНЫ

Во втором квартале текущего года в ОАО «РЖД» проходил конкурс рационализаторских предложений «Идея-2023». Такой конкурс проводится в компании ежегодно с целью активизации массового технического творчества работников и развития технического и технологического потенциала ОАО «РЖД».

Организатором мероприятия, как и ранее, выступил Центр инновационного развития – филиал ОАО «РЖД». Конкурсной комиссией, в которую вошли представители компании и научно-отраслевых комплексов, под председательством заместителя генерального директора – главного инженера ОАО «РЖД» А.М. Храмцова, было рассмотрено 497 заявок от центральных дирекций и подразделений дорог.

Предложения на конкурс в этом году представлялись по восьми номинациям, причем наибольшее их количество касалось обслуживания и ремонта технических средств.

При рассмотрении заявленных рационализаторских предложений конкурсная комиссия отмечала оригинальность и практичность решаемых технических задач, а также высокий уровень исполнения технических решений. По итогам конкурса первые места в каждой номинации были присуждены следующим рационализаторским предложениям.

В номинации «Лучшее техническое или технологическое решение, направленное на импортозамещение» получил проект «Эвакуационная тележка для вывода подвижного состава с неисправной колесной парой», авторы – А.В. Колисниченко, А.А. Макаров, С.Н. Сайко, М.С. Сайко, О.А. Дыбкин, А.Г. Глухов из Дирекции аварийно-восстановительных средств Южно-Уральской дороги.

Лучшим решением, направленным на повышение энергетической эффективности и снижение негативного воздействия на окружающую среду, стало предложение специалистов Дальневосточной дирекции по управлению терминально-складским комплексом С.А. Шестакова, С.В. Дорохова, В.А. Струк, И.В. Кобзева, С.П. Литовченко, Ю.М. Алферова – «Приспособление для дозирования и загрузки биг бэгов инертным грузом».

В номинации «Лучшее техническое или технологическое решение, связанное с заботой о здоровье в рамках производственных процессов, в том числе направленное на профилактику производственного травматизма» победителем стал А.С. Шестаков из Нижегородской дирекции связи. Он представил проект «Видеовеличинитель на базе камеры видеонаблюдения и отечественного фотоувеличителя для

применения при ремонте оборудования на SMD-компонентах».

Представитель Московской дирекции связи А.Е. Макаров одержал победу в номинации «Лучшее техническое или технологическое решение, направленное на повышение безопасности движения поездов» с проектом «Модуль RELE для программно-аппаратного комплекса ISCRA.». Другой проект этого автора «Электронная нагрузка для измерения параметров АКБ» стал победителем в номинации «Лучшее техническое или технологическое решение, направленное на снижение затрат на техническое обслуживание и ремонт технических средств».

Лучшим решением, направленным на повышение надежности и отказоустойчивости технических средств, признано приспособление по проверке монтажа и блочной аппаратуры комплекса КПД-ЗП на локомотиве. Его авторы – работники Северо-Кавказской дирекции по ремонту тягового подвижного состава Ю.С. Солдатенков и А.И. Минеев.

В номинации «Лучшее техническое или технологическое решение молодого рационализатора (в возрасте до 35 лет)» первое место занял Д.А. Пятенко из административно-хозяйственного центра Северной дороги с проектом «Применение технологии лазерной резки с ЧПУ для изготовления элементов и механизмов».

Лучшими рационализаторами среди представительниц прекрасного пола по итогам конкурса стали Ю.Н. Козлова и О.В. Чистякова из Красноярской дирекции по энергообеспечению. Их решение «Модернизация системы контроля влагосодержания выключателя ВБЭТ-35» по достоинству было оценено жюри.

В блиц-интервью, посвященном итогам конкурса, председатель комиссии, заместитель генерального директора – главный инженер ОАО «РЖД» А.М. Храмцов отметил: «Победа в конкурсе «Идея ОАО «РЖД» подтверждает высокий уровень рационализаторских предложений и их востребованность в нашей компании. При этом разработки рационализаторов имеют значительный потенциал для внедрения, поскольку направлены на решение проблем, актуальных для всей сети железных дорог». Он поздравил коллективы и рационализаторов, технические решения которых были отмечены дипломами и премиями, поблагодарил их за нелегкий труд, а также пожелал всем работникам ОАО «РЖД» новых интересных идей и творческих находок.

Со своей стороны, Центр инновационного развития, подводя итоги конкурса, благодарит трудовые коллективы за высокую организованность и вовлеченность в его проведение, а также выражает признательность членам конкурсной комиссии за проделанную работу.

**Отдел НИОКР ЦНИИБ ОАО «РЖД»**



Распределение заявок по номинациям



**КОТЫРЕВ**  
Батыр Куанышевич,  
АО «НК «КТЖ», главный инже-  
нер – директор Департамента  
технической политики,  
Астана, Республика Казахстан

## В ПОИСКАХ НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

На долю железнодорожного транспорта приходится половина общего грузооборота Казахстана, а за последние два года количество железнодорожных перевозок возросло на 4,3 %. Это обусловлено увеличением грузооборота в экспортном и транзитном сообщениях. Рост транзитных перевозок и их объемов, изменение направлений грузопотоков выявляют «узкие места» в пропускной и перерабатывающей способности. Их основными причинами являются инфраструктурные ограничения и системные факторы, в том числе отсутствие инструмента эффективного планирования перевозок.

■ АО «НК «КТЖ» является крупнейшим собственником локомотивов, грузовых и пассажирских вагонов в Республике Казахстан. На сети железных дорог, протяженностью свыше 16 тыс. км, расположено более 800 станций разной категории. Для повышения пропускной способности и увеличения грузооборота компания активно сотрудничает с разработчиками и производителями интеллектуальных систем управления и обеспечения безопасности.

Среди реализованных современных технических решений – pilotный проект по внедрению системы микропроцессорной централизации CTRL@LOCK 400 на железнодорожной станции

Майлытогай, расположенной на главном ходу маршрута Москва – Ташкент. Система предназначена для бесконтактного управления стрелками, светофорами и другими объектами железнодорожной инфраструктуры с наивысшим уровнем функциональной безопасности SIL4. Успешные эксплуатационные испытания позволяют внедрять данную систему на других участках КТЖ.

В начале этого года была открыта современная производственная площадка по выпуску систем МПЦ CTRL@LOCK 400 на базе Астанинского эксплуатационного локомотивного депо. Координирует работу площадки и взаимодействует с заказчиками

компания «ЛокоТех-Сигнал Азия» (входит в группу компаний «ТМ Интеллектуальные системы»), которая представляет собой полноценный центр компетенций по проектированию, разработке и реализации проектов в сфере железнодорожной автоматики.

В прошлом году испытана система дистанционного видеоконтроля при движении вагонами вперед CTRL@VISION WE. Она позволяет минимизировать риски сходов и столкновений подвижного состава, а также травмирования составителей поездов. Летом текущего года запущена в эксплуатацию система МПЦ CTRL@LOCK 200 на железнодорожных путях одного из крупнейших угледобыва-

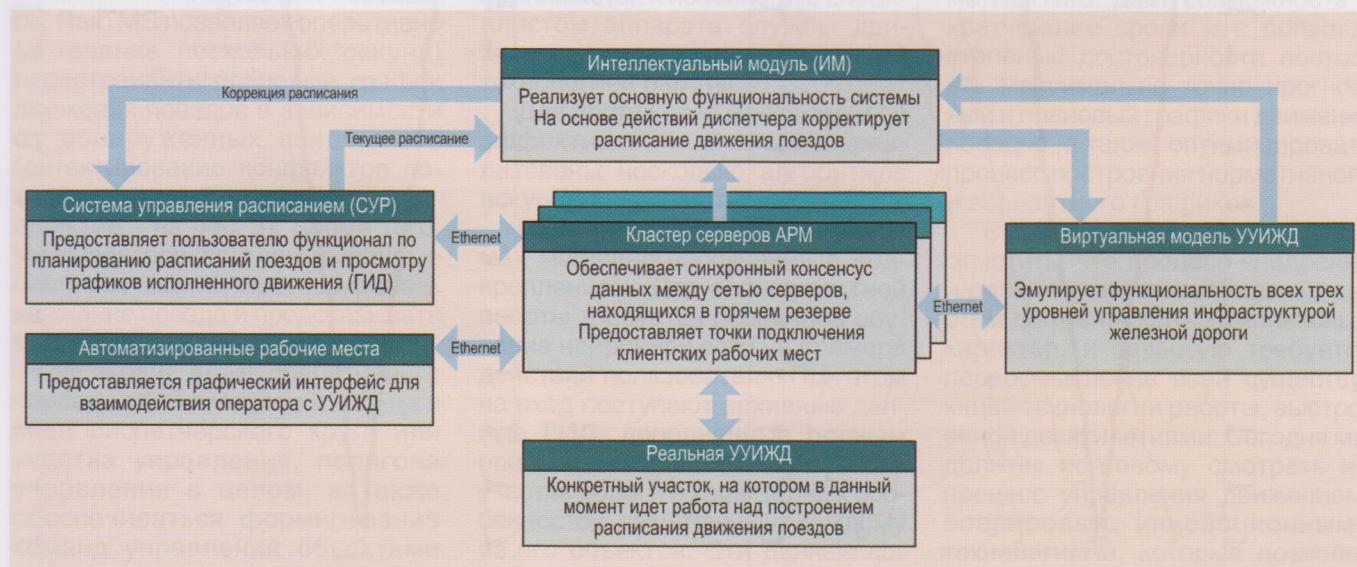


РИС. 1

вающих предприятий Казахстана ТОО «Богатырь Комир».

Активно внедряется и эксплуатируется локомотивная бортовая система безопасности «БОРТ», разработанная компанией «Транстелесофт». Система соответствует всем требованиям Технических регламентов Таможенного союза ТР ТС 001/2011 в части обеспечения безопасности движения и предназначена для установки на всех типах подвижного состава, эксплуатируемого на железных дорогах Казахстана. Этой системой уже оборудовано более 200 локомотивов, включая тепловозы серии ТЭ33А, ТЭП33А, 2ТЭ25К, СКД9С, маневровые локомотивы серии ТЭМ11А и электровозы серии КZ4AT, КZ8A. Кроме того, при проведении капитальных ремонтов системой будут оборудованы магистральные и маневровые тепловозы. С этого года на территории Республики Казахстан локализовано производство системы «БОРТ» и этот продукт может быть адаптирован на любом типе тягового подвижного состава.

Новые технологии позволяют управлять тягой и всеми видами

торможения поезда с учетом плана и профиля пути, ограничений скорости и расписания. На рынок Казахстана успешно поставляется система «Автоведение» (производства «АВП Технология»). В настоящее время она установлена на локомотивах серии КZ8А и тепловозах серии ТЭП33. Кроме этого, разрабатывается и планируется к поставке опытный образец системы «Автоведение» с технологией «Виртуальная сцепка» для локомотива серии ТЭ33А. «Виртуальная сцепка» – это инновационная технология интервального регулирования движения поездов, способная сократить межпоездной интервал до шести минут.

Учитывая разветвленную сеть железных дорог Казахстана, сложные условия эксплуатации, а также особенности трансграничных перевозок на высоконагруженных направлениях, таких как Китайская народная республика, остро стоит вопрос развития системы комплексного управления процессами перевозок и создания центров оперативного управления транспортными коридорами. Для повышения пропускной способ-

ности транспортных коридоров и отдельных участков необходим новый взгляд на функционал систем управления процессами перевозок.

Повысить эффективность управления транспортными коридорами КТЖ поможет введенная в опытную эксплуатацию система RailTMS на участке Хоргос – Жетыген. Совместная дорожная карта, составленная АО «НК «КТЖ» и компанией ТОО «БТ Сигнал», описывает развитие системы с учетом наших эксплуатационных и технологических особенностей. В ней также предусмотрено сопряжение системы RailTMS с существующими информационными системами КТЖ.

Принципы, заложенные в RailTMS, дают возможность решить такие задачи, как: автоворение поездов, автодиспетчер, ситуационные центры управления движением, управление транспортными коридорами страны.

В системе RailTMS реализованы интеллектуальные алгоритмы разрешения конфликтных ситуаций с использованием искусственного интеллекта. Та-

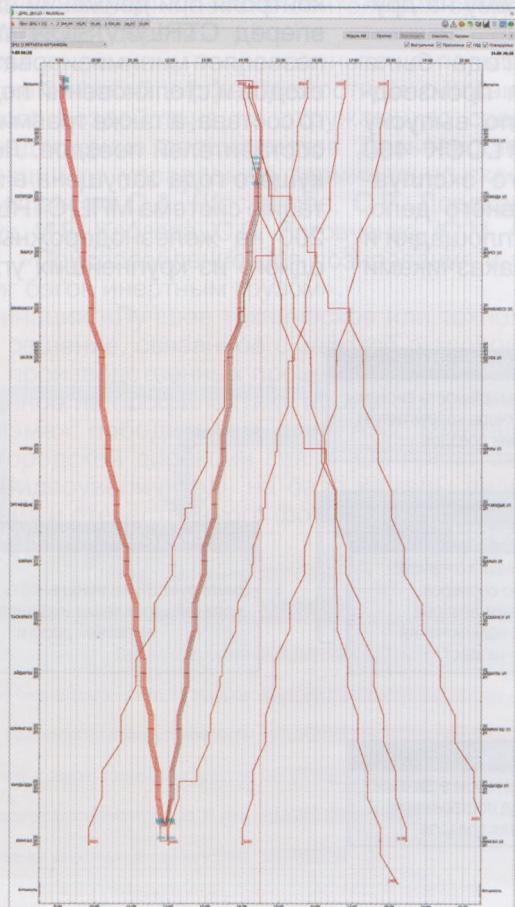


РИС. 2

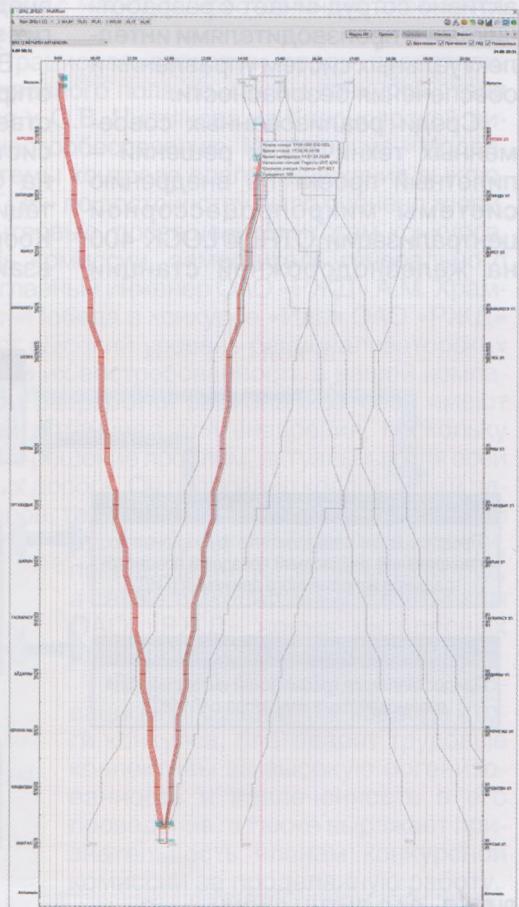


РИС. 3

кой подход позволяет добиться максимальной эффективности в решении конфликтных ситуаций. В системе применяется два вида интерактивных пользовательских интерфейсов автоматизированных рабочих мест оперативного персонала: поездного диспетчера (АРМ ДНЦ), дорожного диспетчера (АРМ ДГП), старшего дорожного диспетчера (АРМ ДГС) и др., также АРМ управления расписанием.

Специально для предиктивного предсказания поездной ситуации и разрешения конфликтов в структуре RailTMS (рис. 1) предусмотрен интеллектуальный модуль (ИМ). Именно в нем заложены алгоритмы разрешения конфликтных ситуаций на основе искусственного интеллекта.

Функционал системы управления расписанием (СУР) дает возможность пользователю с помощью АРМа управления расписанием контролировать выполнение графика движения поездов, формировать отчетность различных форм, принимать и учитывать необходимую информацию для создания массива данных, влияющих на конфликты, с их последующей обработкой в интеллектуальном модуле. Этот АРМ могут использовать руководители службы движения и поездные диспетчеры, а на станционном уровне – специалисты с разделением ролей и прав пользователей по применяемым функциям.

Предоставляя пользователю (ДНЦ, ДГП, ДГС и др.) инструмент управления процессами перевозок, RailTMS позволяет оперативно (в течение нескольких секунд) перестраивать плановый график движения поездов в зависимости от обнаруженных конфликтов (детектирование конфликтов показано на рис. 2, разрешение конфликтов – на рис. 3). Кроме того, учитывая все доступные данные системы, можно прогнозировать движение поезда и предсказывать возникновение конфликтов.

На экране АРМа оперативного персонала может отображаться план диспетчерского круга или участка управления, полигона управления в целом, а также обеспечиваться формирование команд управления объектами инфраструктуры с целью организации процесса движения поездов.

Кроме того, в нем реализовано множество функций автоматизации, включая возможность автоматического построения маршрутов в соответствии с расписанием движения.

АРМы представляют собой графический интерфейс для взаимодействия человека с техническими средствами железнодорожной автоматики и телемеханики (системами электрической, микропроцессорной и релейно-процессорной централизации стрелок и сигналов, различными системами интервального регулирования движения поездов и др.) на уровне управления инфраструктурой железнодорожного транспорта (УУИЖД).

Специальный программный модуль – виртуальная модель УУИЖД (ВМ УУИЖД) предназначен для моделирования участка управления, его программного графа, объектов инфраструктуры и их состояния. Он дает возможность без вмешательства в работу реальных устройств имитировать различные ситуации для поиска оптимальных вариантов устранения возникающих конфликтов при организации движения поездов.

На основе массива данных интеллектуальный модуль корректирует и оптимизирует график движения. В случае утверждения расписания пользователем СУР распространяет новый вариант графика на автоматизированные рабочие места оперативного персонала. После этого график принимается к исполнению специалистом аппарата службы движения в соответствии с принятой технологией работы.

Для достижения максимальной эффективности в системе реализованы несколько алгоритмов искусственного интеллекта.

Первый – основан на алгоритмах машинного обучения с подкреплением. Для его корректной работы требуется первичное обучение нейронной сети на примере действий пользователя. При этом на вход поступают архивные данные ГИД, дополненные полным описанием топологии выбранного участка дороги и характерных особенностей, свойственных каждому из его объектов. Эти данные содержат также варианты успешно реализованных ниток с необхо-

димыми сведениями о времени следования по объекту и стоянки на нем, ограничениях, связанных с технико-распорядительным актом станции и др.

Этап создания и обучения нейронных сетей, а также их дополнительная модификация может выполняться асинхронно и независимо от алгоритма поиска конфликтных ситуаций.

Таким образом, первый метод комплексно учитывает особенности всего участка управления, включая его скрытые особенности, и позволяет достигнуть результата, сравнимого по своему качеству с выработанным опытным диспетчером, но в десятки раз быстрее.

Второй алгоритм основан на методе нейронных сетей и игровых стратегий. Он не требует обучения нейронных сетей на основе архива ГИД и работает, оперируя доступными данными от инфраструктуры и сведениями об ограничениях в движении. На их основе с помощью виртуальной модели контролируемого участка моделируется движение поездов. Метод игровых стратегий способствует исследованию перспективных вариантов реализации движения с учетом доступных в системе ограничений и решению задачи многошагового планирования движения.

Применение методов оптимизации графика движения, заложенных в интеллектуальном модуле и реализованных в системе RailTMS, дает возможность в кратчайшие сроки и с большой степенью достоверности построить максимально точно прогнозный и плановый графики движения поездов, а также оптимизировать процесс построения нормативного и вариантового графиков.

В заключение хотелось бы отметить, что процесс внедрения и развития интеллектуальных систем должен носить комплексный характер, и зачастую требуется переосмысление всей существующей технологии работы, выстроенной десятилетиями. Сегодня мы должны по-новому смотреть на процесс управления движением, оперировать инновационными технологиями, которые позволят добиться большей эффективности в будущем.

# ABSTRACTS

## The DTE-0,2/0,4-1500M impedance bonds equivalent four-pole parameters

**EVGENY G. SHCHERBINA**, "1520 Signal" LLC Technical Director, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Moscow, Russia, evgeny.shcherbina@1520signal.ru

**ALEXEY E. SHCHERBINA**, "1520 Signal" LLC Track Circuits Department Head, Candidate of Technical Sciences, Moscow, Russia, alexey.shcherbina@1520signal.ru

**EVGENY A. HOMAN**, JSC "ELTEZA", Chief Engineer, Moscow, Russia, goman@elteza.ru

**Keywords:** mathematical modelling, equivalent four-pole, ABCD parameters, impedance bond, track circuits, model adequacy, nonlinear properties

**Abstract.** The results of an experimental study of the DTE-0,2-1500M and DTE-0,4-1500M impedance bonds are presented, obtained values of the equivalent four-pole parameters at the operating frequencies of the track circuits and automatic locomotive signaling signals, in the range of operating voltages, are presented.

## Protection of tracks circuit equipment during accidents in the AC traction network

**ALEXANDER D. MANAKOV**, St. Petersburg State Transport University of Emperor Alexander I, Department of Automation and remote control on railways, professor, doctor of technical Sciences. Sciences, St. Petersburg, Russia, manakoff\_2@mail.ru

**ABDULAZIZ A. RAKHMONBERDIEV**, St. Petersburg State Transport University of Emperor Alexander I, Department of Automation and remote control on railways, applicant, St. Petersburg, Russia, raa19860102@gmail.com

**Keywords:** reverse traction network, dangerous electromagnetic influences, system of surge protection devices, mathematical models, method of state variables

**Abstract.** The modern concept of protection of technical means and objects of railway infrastructure from the effects of atmospheric and switching overvoltages and the influence of traction current does not guarantee the operability of the rail circuit equipment in case of emergency and switching overvoltages in the AC traction network. The article considers the system of devices for protecting the equipment of rail circuits from short-circuit currents in the reverse traction network in sections with electric traction of trains with alternating current voltage of 25 kV. The developed models for determining short-circuit currents in the traction network and the methodology for determining the energy dissipated on the protection device of the equipment of rail circuits allow making informed decisions on the choice of devices for protecting of the rail circuit equipment from short-circuit currents in the traction network in different operating conditions.

## Electrical characteristics of transmission cables with multi-wire conductors

**BORIS V. POPOV**, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, PhD in Technical Science, Professor of Communication and Measurement in Communications Technology Department, Samara, Russia, inkat@inbox.ru

**VICTOR B. POPOV**, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, PhD in Technical Science, Professor of Communication and Measurement in Communications Technology Department, Samara, Russia, inkat@inbox.ru

**RADIY N. SABIROV**, Samara Cable Company JSC, Leading specialist in metrology, Samara, Russia, sabirov@samaracable.ru.

**Keywords:** signal-blocking cable, low-frequency characteristics, attenuation coefficient, crosstalk at the near end, security at the far end

**Abstract.** In recent years, the intensive development of passenger high-speed and freight heavy traffic places increased demands on the safety and reliability of the transportation process, the development and implementation of promising technical means and technologies for the infrastructure of the track complex, rail-way automation and telemechanics, innovative information and telecommunication technologies. In this regard, there are increased requirements for the characteristics of signal-blocking cables. The article analyzes the electrical characteristics of the transmission and the mutual influences of signal-blocking cables with stranded conductors.

## Suggestions for improvement security systems of railway infrastructure facilities

**ELENA V. KAZAKEVICH**, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, assistant professor of the department "Telecommunications", candidate of engineering science, associate professor; kazakevich@pgups.ru, SPIN: 8940-5523

**Keywords:** train traffic safety, security system, intruder model, railway infrastructure object

**Abstract.** The article reveals the problem of improving the safety of train traffic due to mass sabotage to destroy railway infrastructure facilities. A model of the violator and the threats created by him has been developed. Proposals for improving the safety system of railway infrastructure facilities were considered.

АВТОМАТИКА  
СВЯЗЬ  
ИНФОРМАТИКА



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., Конашенкова Н.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,  
Семёнов К.В., Слюняев А.Н.,  
Трясов М.С., канд. техн. наук,  
Храмцов А.М.,  
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,  
Журавлëва Л.М., д-р техн. наук,  
Кнышев И.П., д-р техн. наук,  
Лисин С.Ю., Петренко Ф.В.,  
Петров А.И.,  
Поменков Д.М., канд. техн. наук,  
Солдатенков Е.Г.,  
Сансызбаев М.А.,  
Сиделев П.С.,  
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  
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 29.09.2023  
Формат 60x88 1/8.  
Усл. печ. л. 6,84. Усл. кр.-отт. 8,00  
Уч.-изд. л. 10,1

Зак. 23107  
Тираж 790 экз.

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

# НА ПУТИ К СОТРУДНИЧЕСТВУ, МИРУ И ПРОЦВЕТАНИЮ

■ В сентябре на территории кампуса Дальневосточного федерального университета во Владивостоке состоялся VIII Восточный экономический форум. В этом году под девизом: «На пути к сотрудничеству, миру и процветанию» собрались представители из России, Белоруссии, Вьетнама, Индии, Казахстана, Китая, КНДР, Лаоса, Монголии, Мьянмы, Сингапура, Филиппин и др.

На площадках мероприятия участники форума обсуждали экономическое, торговое, инвестиционное и научно-техническое развитие региона, а также затронули вопросы социальной сферы. Отмечалось, что переориентирование экспортных и импортных грузопотоков с Запада на Восток открыло новые логистические маршруты, позволило модернизировать инфраструктуру международных транспортных коридоров, развить транспортно-логистические центры и морские терминалы.



В своем выступлении президент Российской Федерации В.В. Путин подчеркнул, что опережающее развитие Дальнего Востока является абсолютным приоритетом для России на весь XXI век, это общая ответственность и работа Правительства, регионов, крупнейших отечественных компаний. Лидер страны отметил значимость расширения пространства подлинного делового сотрудничества государств, которые не подчиняются внешнему давлению, а следуют собственным национальным интересам.

На пленарной сессии «Новая логистика Дальнего Востока – «белый лебедь» экономики России» оценкой текущей ситуации на Восточном полигоне поделился генеральный директор – председатель правления ОАО «РЖД» О.В. Белозёров. Он рассказал, что по всем направлениям Восточного полигона в целом достигнут исторический рекорд – 275 млн т перевезенных грузов. При этом прирост «неугольных» грузов составил 118 млн т. Возросли также перевозки в сообщении с Китаем на 26 %, что составило 123 млн т.

Важный вопрос о роли «цифры» в переориентации транспортных потоков, пересборке логистических цепочек и повышении эффективности грузовых перевозок за счет внедрения цифровых технологий обсудили на заседании «Цифровые решения для внутренней и международной логистики».

Спикеры отметили, что в отраслевой цифровой стратегии мультимодальные перевозки и бесшовная грузовая логистика входят в шестерку стратегических направлений.

При этом глобальная цель состоит в том, чтобы увязать все платформы и решения, разработать единые стандарты и создать «одно окно».

Заместитель генерального директора ОАО «РЖД» Е.И. Чаркин рассказал об основных флагманских проектах холдинга. Один из них – проект электронной транспортной накладной ЭТРАН – является основой для интеграции с государственной информационной системой электронных перевозочных документов. ГИС ЭПД позволяет в электронном формате взаимодействовать с клиентами. На текущий момент к ней подключены 16 тыс. клиентов и работают свыше 30 тыс. пользователей.

Вместе с тем развиваются смарт-контракты, технология блокчейн и построение доверенных сред. Это делает взаимодействие компаний с партнерами абсолютно прозрачным и строит систему «цифрового доверия».

Кроме того, в текущем году появилось несколько интересных сервисов, например, факторинг для малого и среднего бизнеса. Этот сервис схож с электронной торговой площадкой – РЖД-маркет. Он позволяет покупателям и продавцам найти друг друга и связаться с помощью железной дороги.

Е.И. Чаркин также высказал мнение, что на горизонте до 2035 г. в основе каждого бизнес-процесса будет стоять искусственный интеллект. Ключевые направления для этого – планирование моделирования и анализ инфраструктуры для перехода на предиктивную модель ее обслуживания. Сегодня в реализации находится 13 проектов в области ИИ, среди них: коммерческий осмотр вагонов, беспилотное вождение поездов, активное использование речевых сервисов взаимодействия с клиентами, причем с помощью речевой технологии и роботов обрабатывается около 48 % обращений клиентов.

На международной площадке была организована выставка, где можно было увидеть различные стенды, среди них модели и макеты беспилотников, а также настоящие вертолеты. Особое внимание посетителей привлекла Бамушка, бабушка, которая угостила гостей настоящими пирожками.

В этом году глава ОАО «РЖД» О.В. Белозёров и губернатор Приморского края О.Н. Кожемяко подписали соглашение о сотрудничестве, в рамках которого будут проработаны предложения по обновлению пассажирского подвижного состава и вокзальных комплексов, реорганизации привокзальных территорий. Между ГК 1520 и «Железные дороги Якутии» также был заключен меморандум о внедрении отечественных цифровых систем безопасности и управления на объектах критической инфраструктуры. Стороны планируют развивать партнерство в сферах внедрения современной цифровой автоматики, импортозамещения, обеспечения кибербезопасности объектов железных дорог Якутии. Совместная работа по цифровизации обеспечит рост пропускной способности линий, повысит эффективность и улучшит логистику перевозок в регионе.

ВЭФ-2023 показал необходимость консолидации общих усилий представителей власти и крупного бизнеса в целях развития транспортной отрасли и реализации масштабных инфраструктурных проектов для увеличения экспортного потенциала страны.

ВАДЧЕНКО О.А.

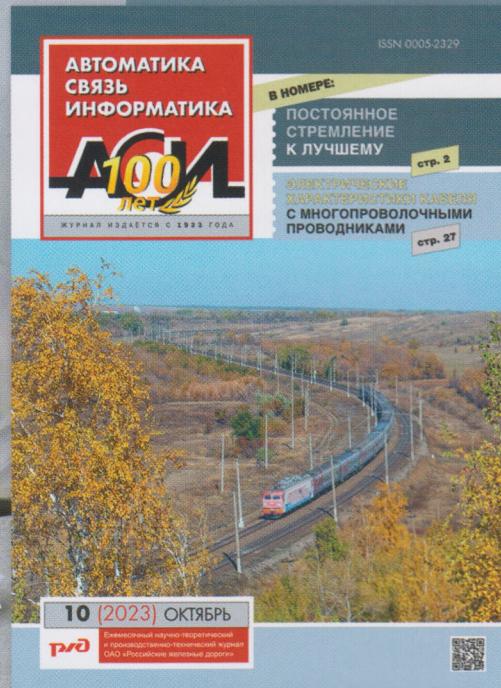
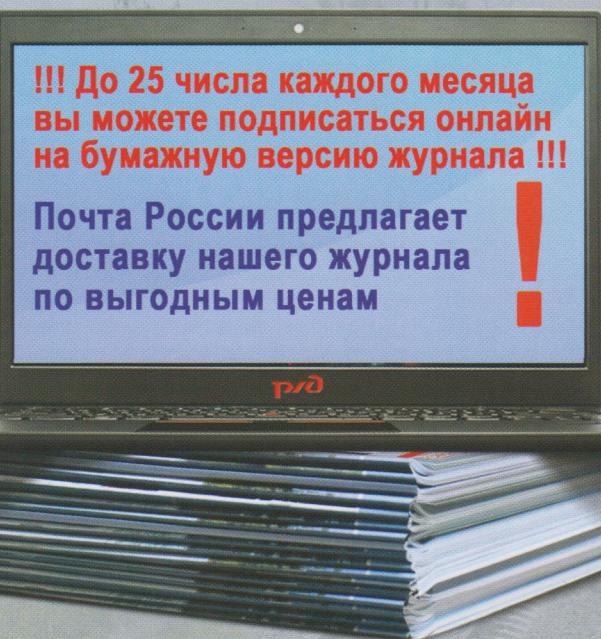
# ЖУРНАЛ «АСИ»

## приглашает к сотрудничеству!

Почта России  
П5063  
П5074

### УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

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



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

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/)