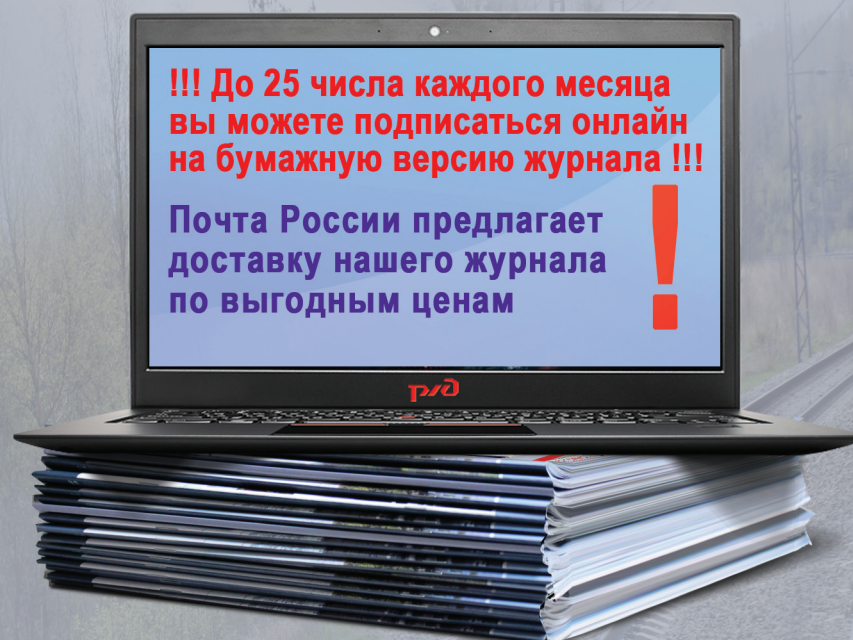


ЖУРНАЛ «АСИ» приглашает к сотрудничеству!

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Журнал «Автоматика, связь, информатика» более 95 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.



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-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



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

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

Роспечать
70002
70019
Почта России
П5063
П5074

ISSN 0005-2329, Автоматика, связь, информатика, 2019, № 2, 1–48



ISSN 0005-2329

В НОМЕРЕ:

НОВЫЙ ФОРМАТ
ОБСУЖДЕНИЯ ПРОБЛЕМ
НА ПЛОЩАДКЕ
«АСИ»

стр. 14

АЛЬТЕРНАТИВЫ
РЕЛЬСОВЫМ ЦЕПЯМ.
ВОЗМОЖНОСТИ
И ОГРАНИЧЕНИЯ

стр. 36



2 (2019) ФЕВРАЛЬ



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



БУДУЩЕЕ – НАША ЦЕЛЬ

■ В конце прошлого года состоялся ежегодный IX Слет молодежи Центральной станции связи. Молодые связисты из различных подразделений дирекций связи собрались в Ярославле для демонстрации и развития собственных профессиональных компетенций, совершенствования деятельности корпоративных молодежных объединений.

На этот раз мероприятие прошло под лозунгом «Прошлое и настоящее – наши средства, только будущее – наша цель!». Главной темой Слета стали вопросы повышения эффективности деятельности филиала, создания его конкурентных преимуществ, в первую очередь, за счет выстраивания отношений с клиентами и партнерами на принципах ответственности, высокого качества предоставляемых услуг и взаимных экономических интересов.

С приветственным словом перед молодыми работниками выступил начальник ЦСС В.Э. Вохмянин. Он подчеркнул, что Слет – это важная площадка, где молодые специалисты могут не только общаться по профессиональным вопросам, но и получить новые компетенции при общении с руководителями ЦСС, с коллегами из других регионов, а также высказать мнение о применении новых технических и технологических решений в Центральной станции связи и в компании в целом.



Приветственное слово начальника ЦСС В.Э. Вохмянина

мание на те вещи, которые в ближайшие годы определяют развитие технологических систем связи как на транспорте, так и в других отраслях не только в нашей стране, но и за рубежом. Такая крупная компания как ОАО «РЖД» не может находиться в стороне от этих процессов. Денис Валерьевич подчеркнул, что следует четко понимать, в каком направлении идет развитие компании и что для этого должны делать работники. «При общении с коллегами из других хозяйств вам нужно разъяснять нашу позицию,



Защита проектов

Он рассказал о применяемых технических решениях в филиале на данный момент и новых развивающихся технологиях, которые в ближайшие годы станут частью масштабного проекта «Цифровая железная дорога».

Вадим Эдуардович выделил важное для ЦСС событие – несколько месяцев назад ОАО «РЖД» получило разрешение на использование частот в диапазоне 1800 МГц для создания сетей eLTE – разновидности стандарта LTE на железнодорожном транспорте.

По словам В.Э. Вохмянина, молодым работникам компании необходимо заглядывать в будущее, ведь они работают в инновационной отрасли, которая является драйвером развития экономики и технологических сервисов всей страны.

Перед участниками Слета выступил Д.В. Азерников, и.о. первого заместителя начальника ЦСС. В своем докладе он затронул будущее систем радиосвязи, обратил вни-

рассказывать, какие сервисы ЦСС может предоставить заказчикам» – отметил Д.В. Азерников.

Недавно появившиеся задачи связаны с интервальным регулированием, внедрением технологий беспилотного вождения. Изучая их подробнее, стало понятно, что без широкополосного надежного канала радиосвязи решить эти задачи практически невозможно. Не менее важно обеспечивать качественную радиосвязь в условиях высокоскоростного движения. В процессе эксплуатации выяснилось, что современный стандарт GSM-R оказался не в состоянии обеспечить текущие потребности и потребности ближайшего времени. В отличие от него LTE – перспективный стандарт цифровой радиосвязи.

После выступлений руководителей ЦСС участники Слета задали волнующие их вопросы и пообщались с ними в формате открытого диалога.

(Продолжение читайте на стр. 47)



Во время творческих выступлений

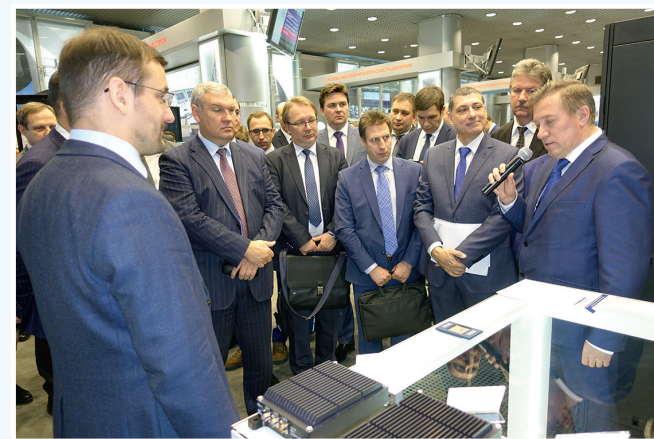
РОССИЙСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОАО «РЖД»

■ В конце прошлого года на базе Центра научно-технической информации и библиотек было проведено расширенное заседание по взаимодействию предприятий радиоэлектронного комплекса государственной корпорации «Ростех» (РЭК ГК «Ростех») с ОАО «РЖД» и его дочерними структурами.

Предприятия определили направления совместной работы по цифровой трансформации российских железных дорог, импортозамещению и инновационному развитию. В рамках заседания стороны договорились о формировании дорожной карты совместной работы. По словам индустриального директора «Ростех» С.С. Сахненко, перевод критически важных инфраструктур, включая железные дороги, с зарубежных технологий на отечественные – одна из важнейших государственных задач, которую решает госкорпорация. Сегодня для ОАО «РЖД» предлагаются современные комплексные продукты – эффективные, надежные, с высоким уровнем информационной безопасности и имеющие стоимость в среднем на 20–30 % ниже зарубежных аналогов.

На специально организованной выставке предприятия корпорации представили комплексные решения для цифровизации железнодорожной отрасли по защите информации и связи, построению информационной инфраструктуры на базе отечественной вычислительной техники и др.

Большой интерес посетителей выставки вызвали системы мониторинга и анализа параметров состояния различных объектов. Был продемонстрирован сервер «Эльбрус 4.1-2U500», предназначенный для управления стрелок



и светофоров на станциях; автономное электронно-пломбировочное устройство, применяемое для мониторинга и контроля открытия исполнительных запорных устройств и дверей вагонов, контейнеров в пути следования и на стоянках. Разработчики представили систему для организации работы стрелок и сигналов, позволяющую перевести управление движением поездов на цифровые технологии.

Участники мероприятия могли увидеть на стенде новейший программно-аппаратный комплекс, осуществляющий диагностику и мониторинг распределенных объектов с использованием современных средств сбора информации, в том числе с помощью беспилотников и электронных мобильных обходчиков. Система позволяет в онлайн-режиме осуществлять мониторинг состояния рельсов, мостов, линий электропередач и другой железнодорожной инфраструктуры. Это позволяет качественно планировать техническое обслуживание инфраструктуры и сократить расходы на ее эксплуатацию.

Среди разработок, представленных на выставке, также можно выделить мультисервисный интегральный комплекс внутриобъектовой связи; систему видеонаблюдения, обеспечивающую контроль обстановки на пути движения, внутри локомотива и в кабине машиниста; технологию обогрева платформ АРК-кабелем на основе ленты из аморфного металла; программно-аппаратный комплекс предрейсового осмотра (для скрининга здоровья сотрудника);

Кроме того, на экспозиции демонстрировались радиолокационные датчики скорости железнодорожных вагонов, энергоэффективные камеры фотовидеофиксации «Призма», «всевидающие» камеры коротковолнового диапазона SWIR и ультрафиолетового диапазона ULTRA, высокотехнологичные информационные терминалы, системы навигации для различных объектов и др.

Как отметил заместитель генерального директора – главный инженер ОАО «РЖД» С.А. Кобзев, все представленные разработки имеют большой потенциал. Это совершенно другая технология мониторинга и обслуживания технических устройств компании. В данный момент прорабатываются новые подходы к содержанию обустройства на длительный период времени. Важной задачей в рамках сотрудничества ОАО «РЖД» является разработка структурированного документа о совместной работе, определяющего долгосрочность, адресность тематики и создание постоянно действующего института коммуникаций для системного взаимодействия компаний.

НАУМОВА Д.В.



СОДЕРЖАНИЕ

Слово руководителю

Никифоров Н.А.

Многое сделано, многое – впереди!2

Козырь Г.О.

Внедрение процессного подхода в хозяйстве
автоматики и телемеханики4

Телекоммуникации

Азерников Д.В.

ЕСМА НА ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ СЕРВИСНО-РЕСУРСНОЙ МОДЕЛИ

СТР. 7

Новая техника и технология

Гапанович В.А., Головин В.И., Астрахан В.И.

Методы и технические средства определения
местоположения подвижного состава10

Диязитдинов Р.Р.

Система технического зрения для обнаружения
элементов железнодорожной инфраструктуры43

Дискуссионный клуб

Назимова С.А.

НОВЫЙ ФОРМАТ ОБСУЖДЕНИЯ ПРОБЛЕМ НА ПЛОЩАДКЕ «АСИ»

СТР. 14

Воронин В.А.

Замена рельсовых цепей на аналоги – миф
или реальность?16

Щербина Е.Г.

Рельсовые цепи – состояние и перспективы18

Шаманов В.И.

Пути повышения устойчивости работы рельсовых цепей20

Линьков В.И.

Рельсовые цепи: использовать дальше или обойтись
без них?26

Попов П.А.

Возможна ли жизнь без рельсовой цепи?28

Балуев Н.Н.

Рельсовые цепи – вчера, сегодня, завтра30

Блёскин М.А.

Есть ли альтернатива рельсовым цепям?31

Супонев В.Ю.

Рельсовые цепи: настоящее и будущее32

Фурсов С.И.

Перспективы применения рельсовых цепей33

Тильк И.Г.,
Ляной В.В.,
Гнилько Р.В.

АЛЬТЕРНАТИВЫ РЕЛЬСОВЫМ ЦЕПЯМ. ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ

СТР. 36

Ефанов Д.В.

Интеллектуальный транспорт: естественный отбор38

Информация

Чирков Н.В.

Аппаратура нового поколения34

Молодежь РЖД

Наумова Д.В.

Будущее – наша цель 2 стр. обл., 47

Наумова Д.В.

Российские технологии для ОАО «РЖД» 3 стр. обл.

На 1-й стр. обложки: перегон Хибины – Апатиты Северной дороги
(фото Чикина В.Н.)

АВТОМАТИКА СВЯЗЬ ИНФОРМАТИКА

АСИ

2 (2019) ФЕВРАЛЬ

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

РЖД

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
(ядро РИНЦ)

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

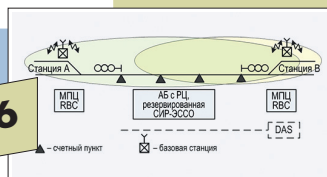
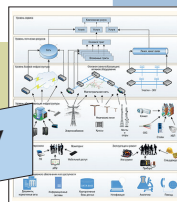
Использование и любое
воспроизведение на
страницах интернет-сайтов,
печатных изданий
материалов, опубликованных
в журнале, разрешается
только с письменного
согласия редакции

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»
2019



МНОГОЕ СДЕЛАНО, МНОГОЕ – ВПЕРЕДИ!



В конце декабря по традиции председатель Российского профессионального союза железнодорожников и транспортных строителей (РОСПРОФЖЕЛ) Николай Алексеевич Никифоров в ходе пресс-конференции подвел итоги деятельности организации в уходящем году и рассказал о намеченных планах на 2019 г.

■ РОСПРОФЖЕЛ сегодня объединяет 18 дорожных и 7 территориальных организаций профсоюза, 60 структурных подразделений Дорпрофжел, 150 объединенных и 3669 первичных профсоюзных организаций.

В прошлом году на предприятиях были реализованы четыре отраслевых соглашения и более 600 коллективных договоров. Конечно, остаются проблемы, вопросы по некоторым предприятиям, связанные с сокращением персонала, невыплатами заработной платы. Заключены коллективные договоры с некоторыми аутсорсинговыми компаниями.

Повсеместно проведена индексация заработной платы на уровне инфляции. Впервые за последние годы заработная плата в учебных заведениях Росжелдора проиндексирована на 4 %, в Нижегородском и Екатеринбургском метрополитене – на 25 и 7 % соответственно. Есть договоренность и об индексации в 2019 г. не ниже уровня инфляции. В начале прошлого года работникам ОАО «РЖД» выплачено единовременное поощрение за результаты работы в 2017 г. Увеличен размер суточных со 150 до 200 руб. за каждый день обучения работникам компании, направляемым на подготовку и переподготовку по рабочей профессии.

Подписан новый коллективный договор с Российским университетом транспорта (МИИТ). В договоре сохранены гарантии, компенсации и льготы, предусмотренные действующим коллективным договором. Кроме того, по инициативе первичной профсо-

юзной организации сотрудников университета увеличен размер ежегодной материальной помощи неработающим пенсионерам с 2 до 4 тыс. руб., введена выплата работникам при рождении ребенка в размере 6 тыс. руб., а также выплата компенсации рабочим за нерабочие праздничные дни (в размере 75 руб. за день) и др.

В прошлом году нам удалось сохранить уровень профсоюзного членства (93 % в целом и 97 % по ОАО «РЖД»).

С учетом предложений первичной профсоюзной организации ОАО «РЖД» РОСПРОФЖЕЛ принято Положение об особенностях организации и оплаты труда работников структурных подразделений филиалов ОАО «РЖД», работающих вахтовым методом.

Кроме того, расширен перечень ведущих профессий и должностей работников, которым могут быть присвоены классные звания, с включением в него мастеров всех наименований, включая старших, всех функциональных филиалов.

В Центральной дирекции инфраструктуры внесены изменения в Положение о премировании работников дистанций пути; доработаны показатели премирования в целях минимизации рисков по снижению размеров премирования и уровня заработной платы и др.

РОСПРОФЖЕЛом поддержана инициатива молодежного совета Дорпрофжел на Дальневосточной дороге об установлении для молодежи в возрасте до 35 лет выплаты процентной надбавки к заработной плате в полном раз-

мере с первого дня работы. Это касается сотрудников, проживших в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях не менее пяти лет и впервые вступающих в трудовые отношения с организациями и предприятиями, расположенными в таких районах. Данная инициатива набрала более 100 тыс. голосов и будет рассмотрена как возможный законопроект.

Можно отметить, что год охраны труда прошел на высоком уровне. Удалось продвинуться вперед по многим вопросам, не находившим решения в предыдущие годы. Разработана и утверждена комплексная программа по улучшению труда и производственного быта, причем в 2018 г. часть этой программы уже реализована. Достигнуты существенные изменения в состоянии служебно-технических вагонов для сопровождения путевой техники и отдыха работников при капитальном ремонте пути. В прошлом году впервые официально по предложению профсоюза утверждены нормы оснащенности мест приема пищи. По данной программе в структурные подразделения ЦДИ в течение трех лет будут поставлены 304 модульных здания «Табельная», более тысячи модульных пунктов обогрева, а также 38 мобильных комплексов для проживания путевых бригад. Аналогичные программы разрабатываются в дочерних и других организациях холдинга «РЖД».

В 2018 г. исполнилось сто лет с начала деятельности инспекции труда профсоюзов. В общественном контроле за обеспечением ра-

ботников достойными условиями и охраной труда задействовано 84 штатных и 407 внештатных технических инспекторов труда и более 6,5 тыс. общественных инспекторов по безопасности движения поездов.

Подписаны распоряжения, направленные на организацию работы и мотивацию уполномоченных (доверенных) лиц по охране труда ППО ОАО «РЖД» РОСПРОФЖЕЛ.

Проверками технической инспекции труда выявлено более 26 тыс. случаев нарушения требований охраны труда. При этом 94 % из них устранены работодателем в установленные сроки. Рассмотрены 654 письменных обращения, связанных с ущемлением прав работников в области охраны труда, из которых 595 разрешено в пользу работников.

В соответствии с Положением об общественном контроле за обеспечением безопасности движения поездов 920 общественным инспекторам предоставлены дополнительные оплачиваемые дни к ежегодному отпуску.

Все общественные инспекторы снабжены личными удостоверениями, нагрудными знаками и рабочими блокнотами. Правда, существуют проблемы с обеспечением их корпоративной мобильной связью. На очереди – разработка единой программы их обучения, в том числе и по смежным специальностям.

Специальная оценка условий труда проведена на 55 тыс. рабочих мест. Отмечу, что в ОАО

«РЖД» насчитывается 86 тыс. рабочих мест с вредными условиями труда, причем их число за последние пять лет снизилось на 11 %. Все рабочие места с наличием вредных производственных факторов охвачены лабораторным производственным контролем.

Генеральным директором – председателем правления ОАО «РЖД» О.В. Белозёровым в 2018 г. была поставлена задача работать с нулевым травматизмом. К сожалению, добиться полноценного результата не удалось. Произошло более 20 смертельных случаев. Таким образом, эта задача переносится на текущий год – железнодорожникам необходимо приложить все силы, чтобы исключить подобные случаи.

Профсоюз удовлетворен результатами, связанными с правозащитной деятельностью. Третий год подряд число выявленных нарушений трудового законодательства, локальных нормативных актов снижается по сравнению с прошлым годом, в том числе по ОАО «РЖД» на 17 %, по профсоюзу в целом – на 10 %. Наиболее характерные нарушения касаются режима труда и отдыха (31 %); оплаты труда и иных выплат (22 %); неправомерных привлечений к дисциплинарной и материальной ответственности (7 %) и др. В плане консультационной и информационной работы членам профсоюза оказаны более 41 тыс. юридических консультаций.

В 2018 г. внесены изменения в коллективный договор, связанные с обеспечением работников

предпенсионного возраста (55 и 60 лет для женщин и мужчин соответственно) негосударственной пенсией при оставлении работы на прежних основаниях.

Силами профсоюза проведены более 5 тыс. спортивных мероприятий, в которых приняли участие около 200 тыс. чел. Одно из них – десятилетия Международные игры «Спорт поколений» – были посвящены 15-летию образования компании ОАО «РЖД».

Среди главных направлений работы профсоюза – реализация молодежной политики. В феврале прошлого года в 14-й раз состоялся Слет «Студенческий профсоюзный лидер РОСПРОФЖЕЛ», в котором участвовали делегации девяти железнодорожных вузов России. В командном этапе конкурса победила делегация Дальневосточного университета путей сообщения (ДВГУПС). Организовано молодежное мероприятие «Шаг в Завтра: Будущее начинается сегодня. Кадры для цифровых железных дорог» с видеотрансляцией через каналы связи ОАО «РЖД» в студиях дорог.

Финал школы молодого профсоюзного лидера был проведен в рамках фестиваля профсоюзной молодежи на берегу Черного моря, который собрал более 200 чел., в том числе представителей профсоюзной молодежи из Азербайджана, Казахстана, Грузии, Эстонии и Киргизии. Были организованы различные тренинги, спортивные и развлекательные мероприятия. Вместе с этим, молодежи представилась возможность принять участие в VI Пленуме ЦК РОСПРОФЖЕЛ и пообщаться с руководителями структурных подразделений аппарата ЦК профсоюза во время панельных дискуссий и круглых столов. Это уникальная возможность поучаствовать в обсуждении вопросов, касающихся оптимизации численности персонала, охраны и условий труда, мотивации профсоюзного членства, правозащитной и информационной работы и др.

Кроме того, состоялся первый в истории РОСПРОФЖЕЛ конкурс блогеров. Перед конкурсантами были поставлены амбициозные задачи – формирование молодежной блогосферы РОСПРОФЖЕЛ, популяризация в виртуальном пространстве его



Во время пресс-конференции

деятельности, создание условий для активного вовлечения молодежи в освещение деятельности молодежных профсоюзных инициатив, стимулирование творческой активности молодежи в социальных сетях для достижения нового уровня взаимодействия с членами профсоюза.

В соответствии с планом мероприятий по совершенствованию условий труда, отдыха и социальной поддержки женщин

дуг проходить летом в Тынде. В планах – организация конференций, «круглых столов», фестиваля спорта, велопробега на дистанцию 45 тыс. км и многое другое.

Наступивший год – год перед отчетными выборами. Уже начата подготовка персонала, выборных работников. Заканчивается разработка программ дистанционного обучения профсоюзного актива.

В новогодние каникулы свыше тысячи детей железнодорожников



Вручение главному редактору журнала «АСИ» Т.А. Филюшкиной Благодарности за активное взаимодействие с РОСПРОФЖЕЛ

в ОАО «РЖД» на 2018–2020 гг. разработана комплексная программа производственной гимнастики.

На высоком уровне были организованы мероприятия по лечению и отдыху сотрудников, членов их семей и неработающих пенсионеров. В здравницах ОАО «РЖД», АО «РЖД-Здоровье» отдохнули и прошли курс оздоровления более 100 тыс. чел. В детских оздоровительных учреждениях побывали более 70 тыс. детей работников. Впервые организован отдых 600 детей в лагере «Артек».

Получила дальнейшее развитие система страхования членов профсоюза на производстве и в быту, включая страхование жизни, здоровья, имущества в случае потери профессии по состоянию здоровья.

В этом году будет отмечаться 45-летие начала строительства БАМа. Профсоюз планирует активно участвовать в организации мероприятий, посвященных этому событию. Главные торжества бу-

отправились в Москву на Кремлевскую елку и в Санкт-Петербург, стали участниками театрализованных представлений.

Более миллиона участников насчитывает программа лояльности для членов РОСПРОФЖЕЛ на базе электронного профсоюзного билета. На данный момент в ней участвуют 2 тыс. торгово-сервисных предприятий, предоставляющих скидки членам профсоюза по всей стране.

Этот год в РОСПРОФЖЕЛ станет «Годом социального партнерства», поскольку профсоюзу и социальным партнерам предстоит подготовка и подписание двух Отраслевых соглашений и порядка 500 коллективных договоров, в том числе – коллективного договора ОАО «РЖД».

После пресс-конференции Н.А. Никифоров вручил Благодарности главным редакторам отраслевых изданий, которые на протяжении многих лет активно сотрудничают с РОСПРОФЖЕЛ.



В ОАО «РЖД» ведется масштабная работа по внедрению процессного подхода в управлении. Для ее координации в июне прошлого года в компании был создан Центр моделирования бизнес-процессов. Начальник Центра Григорий Олегович Козырь в беседе с нашим корреспондентом рассказал о задачах, которые предстоит решить при переходе к новой модели управления, а также методологических подходах к улучшению процессов.

Григорий Олегович, пожалуйста, расскажите коротко, в чем заключается идеология процессного управления?

В менеджменте существует три подхода к управлению: функциональный, проектный и процессный. В системе управления ОАО «РЖД» по объективным причинам все они присутствуют. При традиционном функциональном подходе предприятие представляется как механизм, выполняющий ряд функций. Функции распределяются среди подразделений, где их исполняют сотрудники. Функциональный подход имеет вертикальную структуру, построенную по иерархическому принципу. Исполнители подчиняются непосредственным руководителям отделов, служб, т.е. подчиненность направлена «сверху вниз».

Суть процессного подхода в том, что вся деятельность организации строится в виде увязанных между собой бизнес-процессов.

ВНЕДРЕНИЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА В ХОЗЯЙСТВЕ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Деятельностью и ресурсами управляют как процессом, а точнее как сквозными, межфункциональными бизнес-процессами. Они начинаются с момента появления потребности в продукте или услуге и заканчиваются получением этой услуги.

Почему в ОАО «РЖД» именно сейчас необходимо внедрение процессной методологии?

На сегодняшний день в компании созрели все необходимые для этого условия. Идет активное внедрение новых технологий производства, касающихся большинства процессов; сложилось большое количество кооперативных связей с потребителями и поставщиками; возникла проблема недостаточного качества данных, которые к тому же дублируются и, наконец, становится сложно контролировать выполнение происходящих процессов.

Как строится работа по применению процессной модели в управлении в такой огромной и сложной холдинговой структуре?

На центральном уровне управления ведется формирование взаимоувязанной процессной модели деятельности холдинга. При этом основной акцент делается на выделение сквозных процессов. Нужно их описать, а потом разделить на части. На региональном уровне также формируются модели. Эта работа должна выполняться с учетом логики построения сквозных процессов, стыкования разрозненных процессов, «точек взаимодействия» отдельных подразделений.

Каждое подразделение описывает свои процессы «до конкретного сотрудника». Все подразделения сформированы по функциональному принципу и имеют собственную «историю» изменения структуры, функционала и др. Только систематизировав все знания о своем подразделении, проанализировав все нормативные документы, положения и др.,

сопоставив полученную информацию с реальной деятельностью сотрудников и увязав данные на основе процессов, можно получить максимально объективное представление о том, как выстроена работа сейчас и как выстроить ее лучше.

Описание и совершенствование процессов – это огромная работа. Как вообще она организована? С чего начинается?

В настоящее время для координации работ по описанию процессов мы располагаем проектной структурой, опирающейся:

в вертикалях – на заместителей по развитию и главных инженеров; в подразделениях аппарата управления – на руководителей и рабочие группы,

на уровне железных дорог – на руководителей и специалистов отделов корпоративного управления и реализации стратегии, работу которых целесообразно усилить за счет вовлечения технологических служб и служб технической политики, а также узловых рабочих групп. С целью увязки существующих и создания новых ИТ-решений все эти структуры должны тесно взаимодействовать со службами корпоративной информатизации.

Разработка моделей процессов – задача владельцев процессов, которые как никто другой знают их особенности, да и структурно центры компетенций собраны как раз у владельцев процессов.

У каждого участника описания и совершенствования процессов свои задачи: у кого-то экспертные, а у кого-то прикладные – моделирование. Оно ведется в автоматизированной системе АСУ БМ. Причем единственный моделировщик, обеспеченный фактурой и поддержкой носителей знаний, может создать в системе весь необходимый массив данных. Он – руки, а голова – это проектная группа. Если выстраивать работу таким образом – то все получится.

Перед тем, как приступить к работе, следует четко сформулировать цель – какой продукт формируется, какие у него характеристики, зачем нужна та или иная модель процесса, понять, как использовать ее в работе и станет ли она основой четкого регламента, в котором у каждого участника должны быть определенные задачи и границы ответственности. Не нужно ждать, что кто-то придет и поставит вам задачу. Если ваш процесс зависит от смежных подразделений – приглашайте их в проектную работу, иницируйте как описание процесса, так и изменения в нем.

При этом важно выстроить верную логическую последовательность процессов, чтобы на выходе процесса получался продукт или услуга, требования к которым формирует потребитель. То есть описание процессов осуществляется по сквозному принципу или по жизненному циклу продукта, формируемого процессом: от момента возникновения потребности в продукте до получения клиентом продукта с требуемыми характеристиками. И еще при формировании процессной модели деятельности холдинга важно избежать функционального мышления. Мыслить и строить алгоритмы выполнения процессов надо, опираясь на природу и логику процесса, а не на привычный функционал. Здесь важно увидеть свое подразделение в горизонтали – найти свое место в системе процессов холдинга. А далее идти «в глубину», разбираться со своим функционалом, искать потери, оптимизироваться. Эти вопросы должны быть на контроле у руководителя.

Кто должен управлять процессами?

Управляют процессами владельцы процессов – это руководители подразделений, которые управляют их изменением и совершенствованием, настраивают оптимальные параметры на «выходе» с учетом потребностей потребителя.

Реинжиниринг процессов, то есть их переосмысление и перепроектирование, позволяющее быстро добиться улучшений показателей, идет, как правило, под руководством главных инженеров.

Какого результата можно добиться благодаря внедрению процессного подхода к управлению?

Процессная методология – это такой универсальный инструмент, который дает возможность решать различные задачи. В первую очередь, мы сможем оптимизировать производственные процессы, выработать эффективные решения по их улучшению и созданию эффективных связей между ними. За счет оптимизации, сокращения длительности и стоимости процессов появится возможность уменьшить издержки и повысить рентабельность. Еще мы сможем создать единую базу знаний со всеми данными о деятельности компании: ее процессах и требуемых компетенциях и ресурсах, необходимых для их успешного выполнения. Кроме того, процессный подход можно и нужно применять для выполнения таких конкретных «прикладных» задач, как разработка регламентов, обоснование инвестиций или автоматизации, развитие проектов бережливого производства.

А какие конкретно задачи стоят перед вашим Центром?

Основное – организация, координация и методологическое сопровождение работ; развитие методологической базы и погружение в нее участников, их информирование и обучение; выстраивание коммуникаций между подразделениями; оценка эффективности решений по совершенствованию бизнес-процессов. Иначе говоря, нашим специалистам предстоит создать действующий умный механизм, интегрирующий все данные о протекающих в компании процессах. Это позволит вести процессы в оптимальный режим и обеспечить моделирование их перестроения. Особо важные или «хромающие» процессы мы изучаем комплексно: от моделирования состояния «как есть» до получения состояния «как должно быть», то есть по полному циклу.

Насколько мне известно, в линейных подразделениях хозяйства автоматики и телемеханики работа по внедрению процессного подхода уже началась.

Расскажите, какие процессы выделены?

Основным продуктом хозяйства являются устройства железнодорожной автоматики, соответствующие требуемым параметрам для обеспечения технологии перевозочного процесса. Другими словами процессы, координируемые Управлением автоматики и телемеханики, поставляют этот необходимый продукт в основной перевозочный процесс. Это и есть точка взаимодействия, так называемые «вход» и «выход».

Получение продукта обеспечивается реализацией таких процессов, как техническое обслуживание и текущий ремонт, капитальный ремонт, модернизация и создание новых технических средств ЖАТ. Процессы позволяют поддерживать в исправном состоянии системы ЭЦ, АБ, ПАБ, АЛСН, ДЦ, АСК ПС; устройства механизированных и автоматизированных горок; средства диагностики и мониторинга и прочие устройства и системы ЖАТ.

Хочу подчеркнуть, что сейчас мы попробовали увидеть деятельность хозяйства с точки зрения общей структуры процессов холдинга. Установили, что мы производим и кому этот «продукт» передаем. Дальше нужно понять, как мы это делаем (в рамках каких процессов, используя какие документы и автоматизированные системы), какие ресурсы тратим, какие риски при этом возникают, то есть надо дополнить процессный скелет необходимой информацией. На основе такого полноценного материала можно принимать взвешенные управленческие решения.

Принцип понятен. А какие подпроцессы происходят в хозяйстве? Предполагаю, что их достаточно много?

Совершенно верно. На сегодняшний день в хозяйстве выделено более 1,7 тыс. подпроцессов. Семь наиболее трудоемких – это техническое обслуживание устройств механизированных и автоматизированных горок; обеспечение повышения надежности и бесперебойной работы, а также техническое обслуживание устройств ЖАТ и ремонт аппаратуры СЦБ; техническое обслуживание КТСМ-0,2; ремонт устройств СЦБ в мастерской; технический надзор за работой других служб и сторонних организаций. Затраты на оплату

труда сотрудников, которые участвуют в этих процессах, составляют около 70 % фонда оплаты труда подразделения.

Подскажите, как на практике работает процессный подход? Есть ли уже какие-то конкретные предложения по улучшению процессов в хозяйстве?

Конечно. По итогам рассмотрения процессов в хозяйстве формируются предложения по их улучшению, которые в дальнейшем могут перерасти как в системные изменения, так и в проекты бережливого производства. Например, разработаны предложения по исключению лишних операций при внедрении на сортировочных горках системы защиты стрелок от перевода под составом. Здесь из процесса «Техническое обслуживание устройств механизированных и автоматизированных горок» может быть исключен подпроцесс «Наружный осмотр состояния и проверка работоспособности датчиков». В итоге уменьшится количество выполняемых штатом работ и число обслуживаемых устройств. Это решение не только позволит повысить надежность технических средств, но и исключить из эксплуатации рельсовые цепи, снизить трудозатраты на их техническое обслуживание и текущую эксплуатацию, затраты на электроэнергию. Эту систему планируется внедрить на 56 объектах на разных дорогах сети.

А можете привести пример оптимизации процессов при применении новых устройств?

Такая оптимизация видна на примере изменения подпроцесса «Проверка внутреннего состояния, чистка и смазывание подвижных узлов электропривода» при внедрении модернизированного стрелочного электропривода СП-6МГ с герконовым автопереключателем и двигателем ЭМСУ с электронным управлением. Он является частью процесса «Техническое обслуживание устройств автоматики и телемеханики». После исключения некоторых операций время на выполнение процесса сократится примерно на 26 %.

Григорий Олегович, благодарю Вас за беседу. Будем надеяться, что процессный подход станет основой для непрерывных улучшений в компании.

Беседу вела ВОЛОДИНА О.В.



АЗЕРНИКОВ
Денис Валерьевич,
ОАО «РЖД», Центральная
станция связи, и.о. первого
заместителя начальника,
Россия, Москва

ЕСМА НА ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ СЕРВИСНО- РЕСУРСНОЙ МОДЕЛИ

Единая система мониторинга и администрирования впервые внедрена на Центральной станции связи в конце 2006 г. Об итогах развития ЕСМА за прошедший период и перспективах дальнейшего совершенствования системы в рамках реализации сервисно-ресурсной модели рассказывается в этой статье.

■ Как известно, стратегия развития холдинга «РЖД» определяется в соответствии с целями и задачами, поставленными Правительством Российской Федерации в прогнозе социально-экономического развития страны до 2030 г., а также Транспортной стратегией РФ. При этом перед транспортным комплексом поставлены масштабные цели:

- формирование единого транспортного пространства России на базе сбалансированного опережающего развития эффективной инфраструктуры;

- обеспечение доступности и качества транспортно-логистических услуг в области грузовых перевозок на уровне потребностей развития экономики страны и транспортных услуг для населения в соответствии с социальными стандартами;

- интеграция в мировое транспортное пространство, реализация транзитного потенциала страны;

- повышение уровня безопасности и снижение негативного воздействия транспортной системы на окружающую среду.

Значительную роль в стабильной работе холдинга «РЖД» и безопасности движения играет Центральная станция связи – филиал ОАО «РЖД». ЦСС решает важные задачи обеспечения бесперебойной работы магистральной, оперативно-технологической и общетехнологической связи, поездной радиосвязи, системы технологической видеоконференц-связи, а также связи с местами аварийно-восстановительных работ и предоставления иных телекоммуникационных услуг и сервисов. Для успешного реше-

ния этих задач требуется четкое выполнение технологических процессов, постоянное внедрение новых технологий, оптимизация структурных издержек и повышение эффективности производства.

В функциональной стратегии обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса на полигонах железных дорог предусматривается реализация принципа постоянного улучшения, известного как «цикл Деминга» или принцип PDCA (Plan, Do, Check, Act). Именно такой принцип положен в основу процессов, применяемых в ЦСС. Все реализуемые процессы представляются в виде замкнутых контуров управления с обратными информационными связями для постоянной корректировки управляющих решений.

Практической реализацией применения процессного подхода в ЦСС является система ЕСМА. Целью ее внедрения было повышение качества оказываемых услуг связи путем централизованного, оперативного контроля состояния сетевого оборудования и сервисов; сокращения сроков проведения и повышения качества работ, выполняемых в рамках технологического цикла; улучшения управляемости сетью за счет организации оперативного доступа к информации для принятия решений во всей вертикали управления ЦСС (ЦУТСС – ЦТУ – ЦТО – РВБ). К целям внедрения ЕСМА относится также анализ отказов сетевого оборудования и эффективности работы обслуживающего персонала; инвентаризация оборудования и предоставляемых сервисов;

интеграция подразделений, участвующих в решении проблем эксплуатации сети связи, в единый технологический цикл.

Построение системы ЕСМА осуществлялось изначально с учетом долгосрочных перспектив развития. За 12 лет ее развития создано более 200 технологических и процессных модулей, которые управляют эксплуатацией 3 млн объектов инфраструктуры технологической сети связи. При этом объем информации постоянно растет. Количество устройств, находящихся под постоянным мониторингом, приближается к 130 тыс. Ежегодно система управляет обработкой свыше 230 тыс. инцидентов, сформированных на базе более 30 млн основных и 1,5 млрд дополнительных событий, обеспечивает автоматическое назначение и контроль выполнения более 15 млн плановых и 12 млн запрашиваемых работ.

ЕСМА предоставляет руководителям оперативную информацию о состоянии сети связи ОАО «РЖД» в соответствии с принятыми стандартами в отрасли. Для оценки качества обслуживания оборудования принят такой показатель, как коэффициент готовности сети, рассчитанный по методологии УРРАН (СТО РЖД 02.047-2014 «Железнодорожная электросвязь. Номенклатура показателей надежности»). Коэффициент готовности инфраструктуры определяется как вероятность работоспособного состояния узлов в произвольный момент времени. На старте внедрения ЕСМА коэффициент готовности составлял в среднем по сети 0,95, сегодня – 0,99998.

Такой уровень достигнут благодаря системе мер по автоматизации процессов эксплуатации. Значимой их частью является автоматизированное формирование и контроль исполнения графика технологического процесса. При этом исключается возможность затянуть аварийно-восстановительные или проигнорировать планово-предупредительные работы по каждой единице оборудования, учтенной в ЕСМА.

В результате применения технологий автоматизированного управления процессами за период, прошедший с начала внедрения ЕСМА, количество отказов оборудования снизилось в 4,5 раза, отказы 1-й, 2-й и 3-й категорий уменьшились до 7–10 в год, тогда как 10 лет назад их фиксировалось до 1200. Наполовину сократились затраты на сбор и анализ данных о состоянии объектов инфраструктуры, в 3 раза увеличилась скорость реакции персонала на неисправность (до 15 мин нормативного, 7 мин среднего времени в 2018 г.).

Необходимо отметить, что достичь повышения показателей функционирования сети связи возможно разными путями, например систематическим ростом инвестиционного и эксплуатационного бюджетов или увеличением штата эксплуатационного персонала. В ЦСС же указанные показатели получены при постоянном снижении объемов инвестиций и сокращении штата персонала. Этого удалось добиться благодаря внедрению организационных мер и реализации инструментов цифровизации.

На сегодняшний день ключевые процессы ЦСС регламентированы и обеспечены документально, а ЕСМА автоматизирует и контролирует их выполнение в строгом соответствии с заданными требованиями. Система содержит типовый шаблон эксплуатационного процесса, что позволяет достаточно оперативно и стандартно решать задачи эксплуатации новых типов оборудования.

Основываясь на достигнутых результатах и накопленном опыте, ЦСС совместно с компанией «Транссет» осуществляет дальнейшее развитие ЕСМА. Предпосылки к этому заложены в масштабной модернизации первичных и вторичных сетей связи, росте числа управляемых устройств.

К задачам дальнейшего развития системы относятся такие, как соответствие общегосударственной стратегии по импортозамещению, исключение проприетарных компонент; архитектурная оптимизация – переход к отказоустойчивой микросервисной архитектуре с возможностью балансировки нагрузки на модули системы, взаимодействие функциональных модулей через центральную шину, кроссплатформенность на уровне СУБД; расширение возможностей мониторинга для управления качеством оказываемых услуг ЦСС.

Новые возможности системы ЕСМА включают в себя гибкую масштабируемость, возможность мониторинга, ориентированного на контроль качества сервисов, адаптацию к интернету вещей. Однако главная задача дальнейшего развития ЕСМА заключается в переходе от управления качеством обслуживания оборудования (оценки коэффициента готовности сети) к управлению качеством оказываемых услуг в рамках сервисно-ресурсной модели (CPM). Связи учитываемых в ЕСМА физических и логических ресурсов, событий, действий эксплуатационного персонала и предоставляемых услуг, а также способы оценки влияния текущего состояния ресурсов на услугу и оценка текущего уровня качества услуги в совокупности являются составляющими сервисно-ресурсной модели.

Структура CPM предполагает выделение уровней модели по аналогии с OSI (Open Systems Interconnection basic reference model – базовая эталонная модель взаимодействия открытых систем (ЭМВОС)) и распределение по этим уровням объектов, влияющих на сервис. Пример сервисно-ресурсной модели, где показана одна из возможных структур уровней услуг связи, приведен на рисунке.

Реализация CPM в ЕСМА – это не только объединение уже имеющейся информации, но и развитие информационного наполнения системы, отражение в модели связей, определяющих зависимость услуг от наличия и состояния физических и логических ресурсов, качества эксплуатационных процессов, готовности персонала и других факторов.

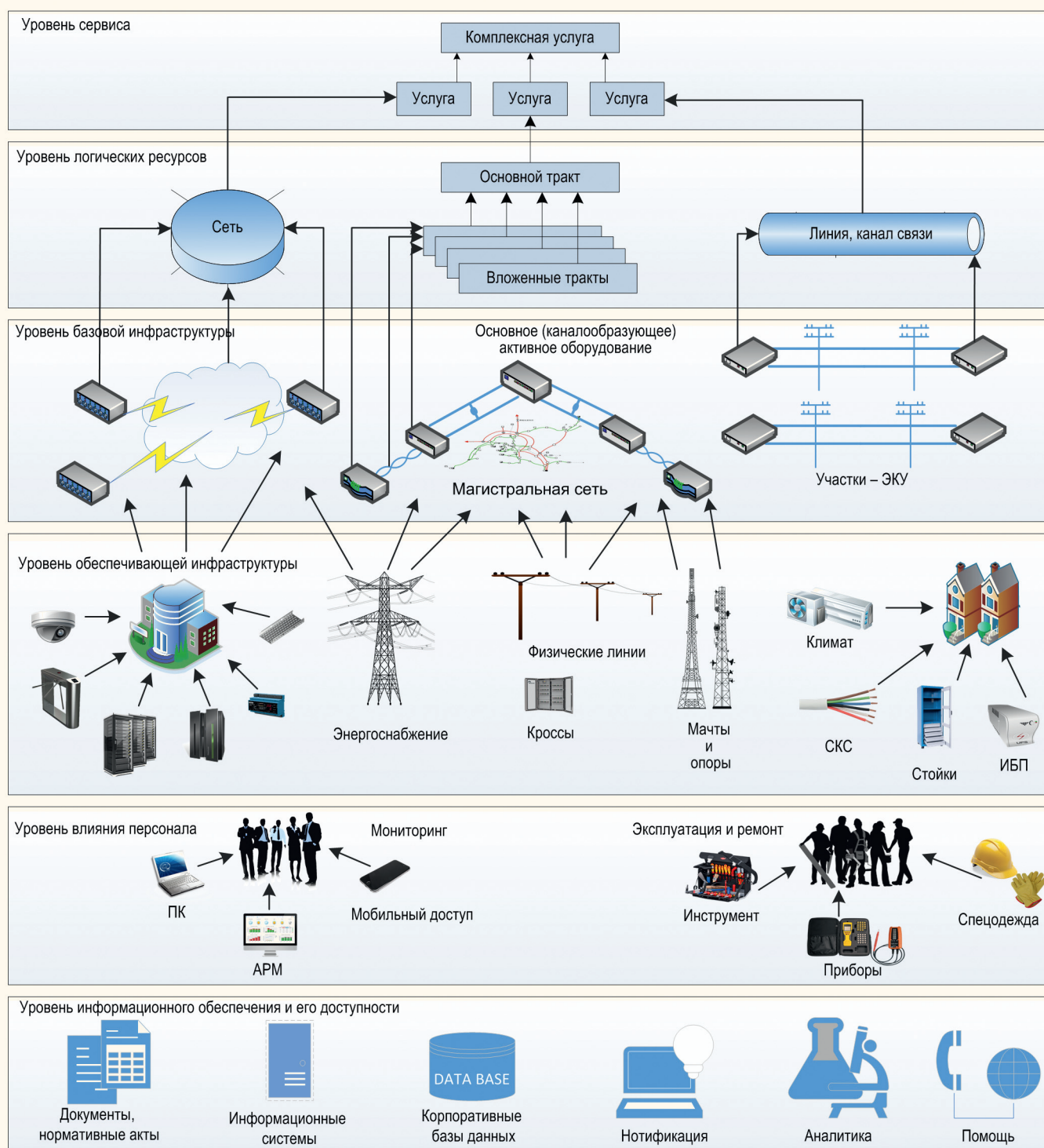
Важная функция сервисно-ре-

сурсной модели – возможность оценки фактической стоимости предоставляемых услуг и управления данной стоимостью путем оптимального инфраструктурного и процессного обеспечения услуг. Реализация этой функции возможна только при развитии интеграционных решений с источниками финансово-экономической информации (ЕК АСУФР, биллинговые системы). При этом информация ЕСМА приобретает важное значение при принятии решений по инвестиционным вложениям и капитальному ремонту.

Реализация в ЕСМА сервисно-ресурсной модели и достижение эффектов требуют развития возможностей формирования отчетности, перехода от встроенных в систему конструкторов простой отчетности к решениям уровня Business Intelligence (BI – интерпретация большого количества данных с фокусом на ключевых факторах эффективности, моделирование различных вариантов действий и отслеживание результатов принятия решений). Кроме того, необходимо применение методов консолидации и математического анализа данных, в том числе и подходов, инструментов и методов обработки структурированных и неструктурированных данных больших объемов (big data). Важным элементом развития системы является интеллектуальный анализ входных данных, максимально автоматизированная систематизация событийной и инвентарной информации, поступающей от оборудования и мониторинговых систем, сокращение объемов событий, обрабатываемых вручную, автоматическая актуализация данных ресурсной базы.

Переход к сервисно-ресурсной модели означает смещение приоритетов в оценке качества деятельности, переход от оценки функционирования оборудования к оценкам фактически предоставляемых услуг.

Реализация сервисно-ресурсной модели с использованием ЕСМА позволит придать организованным эксплуатационным процессам новый потенциал, четко связать имеющиеся в наличии и планируемые мощности, выполняемые персоналом действия и приоритеты с конечной целью – оказание качественной услуги клиентам. Кроме того,



сервисно-ресурсная модель даст возможность четко определить стоимость оказываемых услуг, эффективность использования инфраструктуры, поможет оценить возможные и фактические финансовые потери от отказов элементов инфраструктуры.

Внедрение сервисного подхода потребует не только серьезных изменений в ЕСМА, но и повлечет значительные изменения в

деятельности эксплуатационных служб, потребует от сотрудников понимания новых принципов работы с целью обеспечения качества услуг на заданном уровне.

Подводя итог, следует отметить, что основными направлениями развития ЕСМА на ближайшую перспективу будут: переход от управления качеством обслуживания оборудования к управлению качеством оказываемых услуг с

планированием их стоимости и технологических характеристик, переход на сервисно-ресурсную модель; всесторонняя интеграция производственных систем, построение взаимодействия функциональных модулей через центральную шину с микросервисной архитектурой; применение BI-решений, поднимающих принятие решений на качественно новый уровень.

МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА



ГАПАНОВИЧ
Валентин Александрович,
ОАО «РЖД», старший советник
генерального директора,
член правления, канд. техн. наук,
Россия, Москва



ГОЛОВИН
Владимир Иванович,
ООО «Научно-производственное
объединение САУТ», заместитель
генерального директора,
канд. техн. наук,
Россия, г. Екатеринбург



АСТРАХАН
Владимир Ильич,
АО «Научно-исследовательский и
проектно-конструкторский институт
информатизации, автоматизации и
связи на железнодорожном транс-
порте», руководитель Центра,
канд. техн. наук, Россия, Москва

Ключевые слова: местоположение (железнодорожная координата) подвижного состава, рельсовые цепи, осевой измеритель пути и скорости, спутниковая навигационная система, оптоволоконный кабель, индуктивный шлейф, евробализа, датчик счета осей поезда, ультразвуковой датчик измерения расстояния до препятствия

Аннотация. Наличие точных и полных данных о геоструктуре железных дорог и местоположении подвижного состава является необходимым условием эффективности перевозочного процесса, основой для выполнения графика движения поездов, обеспечения безопасности движения поездов и выполнения станционной работы. В статье рассматриваются методы и технические средства определения местоположения (железнодорожных координат) и скорости подвижного состава. Они претерпели в своем развитии значительную эволюцию, связанную с разработкой инновационных технологий в науке, технике, системах управления и связи.

■ Технологии определения местоположения подвижного состава широко используются на зарубежных железных дорогах в системах управления и обеспечения безопасности движения поездов (СУОБДП) Европы, Азии и Америки. На отечественных дорогах данные технологии реализованы в системах, внедренных на скоростной магистрали Хельсинки – Санкт-Петербург – Москва, линии пригородного сообщения Сочи, МЦК, метрополитенах Москвы и Санкт-Петербурга.

В системах определения местоположения поездов используются рельсовые цепи (РЦ); осевые датчики измерения пути и скорости (ДПС) одометрического типа; спутниковые навигационные системы (СНС), в том числе с дифференциальной коррекцией, обеспечивающей повышение точности определения координат движущихся объектов; волоконно-оптические кабели; индуктивные шлейфы (ИШ); датчики точечного типа (датчики счета осей, евробализы, виртуальные бализы, ультразвуковые датчики и др.). При этом для передачи и использования данных о местоположении

поездов в СУОБДП важную роль играют цифровые средства радиосвязи.

Определение местоположения поезда с помощью рельсовых цепей в системах автоблокировки (АБ) осуществляется путем фиксации занятия/освобождения блок-участков с известными координатами границ и подсчета числа блок-участков между соседними поездами, движущимися в одном направлении [1]. Этот метод используется для интервального регулирования движения поездов с целью поддержания между ними безопасного расстояния, необходимого для полного служебного торможения сзади идущего поезда перед впереди идущим. Движение поездов в системах АБ регулируется сигнальными показаниями напольных светофоров, несущими информацию о допустимой скорости на каждом блок-участке.

В зависимости от числа сигнальных показаний автоблокировка (АБ) может быть двух-, трех- и четырехзначной (рис. 1).

При двузначной АБ (рис. 1, а) используют два сигнальных показания (красный и зеленый), а рас-

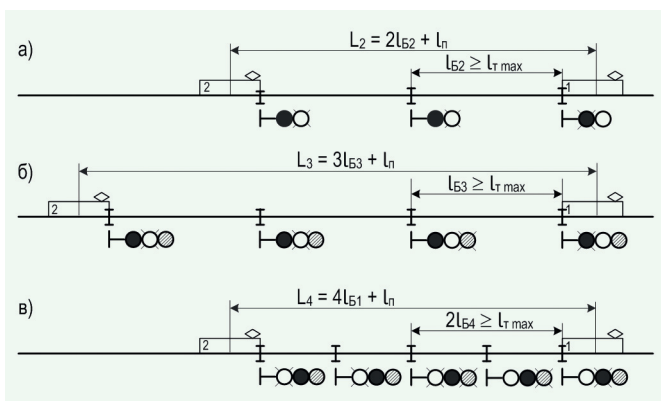


РИС. 1

стояние между поездами достаточно разграничить двумя блок-участками. При трехзначной АБ (рис. 1, б) применяются три сигнальных показания (красный, желтый и зеленый), а движение поезда на зеленый сигнал ограничивается тремя блок-участками.

В пригородных зонах больших городов задействована, как правило, четырехзначная сигнализация (рис. 1, в), при которой используются четыре сигнальных показания: красный, желтый, желтый одновременно с зеленым, и зеленый огни. Четырехзначная АБ по сравнению с трехзначной сокращает минимальное межпоездное расстояние, что позволяет довести межпоездной интервал до 2–3 мин.

Недостатком измерения расстояния между поездами с помощью РЦ является большая погрешность определения местоположения головы/хвоста поезда внутри блок-участка. Поэтому в современных системах интервального регулирования (СИР) для определения местоположения поездов дополнительно применяются спутниковые навигационные системы.

На МЦК в системе интервального регулирования с подвижными блок-участками совместно используются сигналы систем АЛС-ЕН и АЛСН, а в качестве блок-участков рассматриваются отдельные рельсовые цепи (или несколько расположенных друг за другом рельсовых цепей, логически объединенных в один блок-участок). Допустимая скорость движения поездов рассчитывается бортовыми устройствами безопасности и определяется общей длиной свободного участка (количеством свободных РЦ) по ходу движения поезда. Данные о количестве свободных РЦ поступают в бортовые системы безопасности от путевых устройств по каналу АЛС-ЕН/АЛСН. Информация о длинах РЦ по всему маршруту движения содержится в электронной базе данных бортового устройства.

На МЦК в качестве бортовых устройств безопасности СИР реализованы комплексы БЛОК. В этих комплексах предусмотрена возможность корректировки (уточнения) местоположения поезда на основании информации о прохождении границ рельсовой цепи по сигналам от тональных рельсовых цепей (ТРЦ)

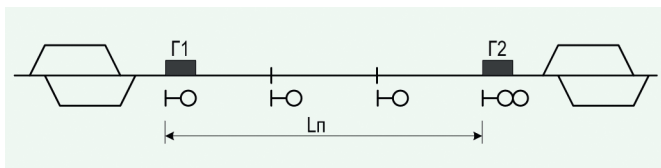


РИС. 2

посредством модуля МП-АЛС, входящего в БЛОК. Такая функция позволяет обеспечивать погрешность позиционирования поезда на границах РЦ не более 1 м и создавать статистическую базу данных комплекса о координатах границ РЦ на участках пути для улучшения качества регулирования.

Модуль МП-АЛС принимает сигналы ТРЦ заданной частоты и фиксирует факт проследования поездом границы РЦ по падению напряжения сигнала на величину не менее заданной. При этом запаздывание по времени в обнаружении границы рельсовой цепи не превышает 10 мс. Программа комплекса вычисляет абсолютные расстояния между границами соседних рельсовых цепей и осуществляет хранение результатов расчетов и координат РЦ для разных поездов в отдельной области внешней постоянной памяти.

Уточненные координаты границ РЦ и их длины вносятся в электронную карту комплекса БЛОК. В процессе работы комплекса определение координаты поезда производится посредством датчика ДПС с корректировкой по уточненным данным о границах и длинах РЦ.

В комплексе БЛОК производится также расчет текущей железнодорожной координаты посредством спутниковой навигационной системы, а корректировка координат поезда осуществляется с помощью точных данных о границах РЦ.

Пройденный путь и фактическую скорость поезда посредством осевых датчиков ДПС определяют по электрическим импульсам, поступающим в процессе движения поезда от датчиков пути и скорости ДПС [2]. При одном обороте колеса от ДПС в аппаратуру БЛОК поступают 42 электрических импульса. Путь, пройденный поездом за цикл измерения, определится по формуле:

$$S_{\phi} = \frac{N \pi D_{\phi}}{n}, \quad (1)$$

где N – число импульсов за цикл измерения,
 n – число импульсов за один оборот колеса,
 D_{ϕ} – фактический диаметр колеса, на котором установлен ДПС.

Фактическая скорость поезда рассчитывается по формуле:

$$V_{\phi} = \frac{3,6 N \pi D_{\phi}}{n T}, \quad (2)$$

где 3,6 – коэффициент пересчета,
 T – цикл измерения.

Для расчета ускорения выбирается интервал времени Δt . Тогда $\Delta V_{\phi} = \Delta S / \Delta t$, а ускорение определяется как $\alpha_{\phi} = \Delta V_{\phi} / \Delta t$. Размер диаметра колеса, на котором установлен датчик скорости, заносится в энергонезависимую память комплекса БЛОК. Поскольку он измеряется с некоторой погрешностью и со временем его величина может меняться, то для уменьшения ошибки расчета производится оперативная корректировка его значения. Для этого используются сигналы от путевых генераторов Г1 и Г2 системы САУТ (рис. 2). Сравнивается расстояние между ними, которое занесено в память САУТ – L_n , с фактически рассчитанным за это время расстоянием – L_{ϕ} и определяется поправочный коэффициент – $\beta = L_n / L_{\phi}$. С его помощью рассчитывается фактический диаметр колеса $D_{\phi} = D_0 \cdot \beta$, где D_0 – исходное значение диаметра [3], занесенное в память БЛОКа.

Измерение местоположения поезда в комплексе БЛОК с помощью спутниковых навигационных систем [4]. При движении поезда по участку локомотивная антенна спутниковой навигационной системы комплекса БЛОК [5] непрерывно принимает сигналы от СНС (рис. 3). В результате обработки этих сигналов в модуле СНС определяются координаты: широта – X и долгота – Y .

В модуле СНС хранится электронная карта (ЭК) участка. В ЭК для каждого километрового столба наряду с его линейной координатой в метрах зафиксированы и его географические координаты. Например, для километрового столба 12-го км (см. рис. 3) в ЭК записаны координаты X_1, Y_1 . Когда голова локомотива проследует этот столб, текущие географические координаты локомотива совпадут с координатами, записанными в ЭК, т.е. $X = X_1, Y = Y_1$. Таким образом БЛОК определяет, что находится в начале 12-го км и начинает вычислять расстояние до ближайшего препятствия, записанного в ЭК. Например, это может быть светофор с линейной координатой 12 650 м, данные о котором занесены в ЭК. БЛОК по данным ЭК определяет расстояние до светофора от 12-го километрового столба:

$$S_1 = 12650 - 12000 = 650 \text{ м.} \quad (3)$$

При дальнейшем движении поезда БЛОК ежесекундно рассчитывает расстояние, пройденное от 12-го километрового столба по формуле:

$$\Delta S = k \sqrt{(X - X_1)^2 + (Y - Y_1)^2}, \quad (4)$$

где k – коэффициент перевода географических координат, выраженных в радианах, в метрическую систему мер.

При этом каждую секунду БЛОК определяет расстояние до приближающегося светофора:

$$S_2 = S_1 - \Delta S \quad (5)$$

Используя значение расстояния до препятствия и допустимую скорость его проследования, также занесенного в ЭК, БЛОК строит программную кривую снижения скорости к препятствию.

Определение местоположения поезда с использованием волоконно-оптического кабеля. В настоящее время на железнодорожном транспорте широко используется волоконно-оптический кабель, позволяющий по отдельным волокнам передавать различную информацию, в частности, в одном из волокон подключается линейка датчиков, расположенных с шагом 10 м, позволяющих определять с такой же погрешностью местоположение поезда на участке до 40 км [6, 7]. К другому волокну с обоих концов подключаются приемопередающие устройства, передающие импульсные акустические сигналы. Эти сигналы анализируются в реальном времени, и по результатам анализа выявляются различные события: проход колеса, расцепка состава, проход автомобиля, падение на путь посторонних предметов и др.

Волоконно-оптический кабель используется в отечественной системе интервального регулирования движением поездов, получившей название «Анаконда».

Применение индуктивных шлейфов для определения местоположения поездов. Индуктивные шлейфы (ИШ) с модулирующими свойствами (со скрещиванием проводников) и без модулирующих свойств (без скрещивания проводников) нашли при-

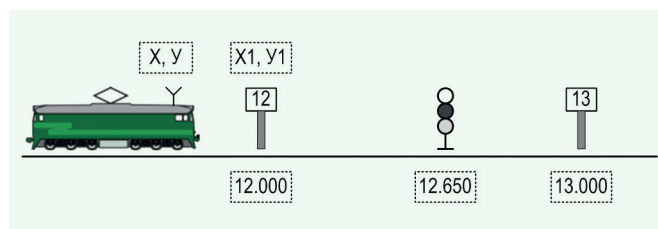


РИС. 3

менение в определении местоположения поездов на железных дорогах и метрополитенах [8].

Измерительные системы на базе ИШ с постоянным шагом транспозиции проводников используются для определения координат объектов, движущихся по рельсам. Выполняется ИШ в виде плоской ленты, в изолирующую оболочку которой могут быть вмонтированы два шлейфа: с транспозицией и без транспозиции проводников. Плоская лента крепится к жесткому основанию, установленному на пути вдоль рельсовой линии.

При этом возможны два варианта размещения измерительной аппаратуры: на подвижном объекте или в стационарном пункте управления. В первом варианте ИШ подключают к стационарному генератору переменного тока частотой 20–100 кГц, а на подвижном объекте устанавливают приемную антенну и измерительную аппаратуру. Во втором варианте на подвижном объекте монтируют передающую антенну, подключенную к бортовому генератору переменного тока, работающему в указанном выше диапазоне частот, а измерительная аппаратура находится в стационарном пункте управления.

На метрополитенах ИШ используется для точного определения местоположения поезда на участках автоматического прицельного торможения, для фиксации остановки поезда на станции в пределах заданной зоны, для управления открытием дверей поезда, для передачи команд включения и выключения тяговых двигателей при регулировании времени хода поезда по перегону. ИШ с переменным шагом транспозиции проводников применяются для задания программ прицельного торможения поездов на станциях. Недостатком применения ИШ является затруднение обслуживания верхнего строения пути вследствие установки жесткого основания для их крепления.

Использование ИШ в измерительной системе исключает погрешности измерения координат объекта из-за юза и боксования, а также вследствие изменения радиуса катания колес. Эти погрешности учитываются при применении осевых преобразователей. ИШ дает также возможность организации дуплексного канала связи для передачи цифровой и аналоговой информации между движущимися объектами и стационарными пунктами управления.

При использовании систем с ИШ пройденный путь в точках транспозиции проводников измеряется по формуле:

$$S_{\text{и}} = N \Delta S \pm \sigma S, \quad (6)$$

где ΔS – шаг транспозиции проводников ИШ или шаг/квант пути ($\Delta S = \text{const}$);

N – число пройденных поездом квантов пути ΔS ;

σS – суммарная погрешность измерения одного кванта пути.

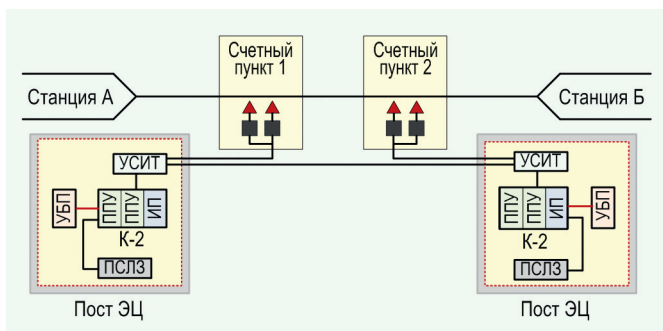


РИС. 4

Датчики точечного типа для определения местоположения поездов (датчики счета осей). Известно, что существуют ограничения на использование рельсовых цепей в системах автоблокировки: это участки с низким сопротивлением балласта, с металлическими шпалами и рельсовыми стяжками, малодейственные участки и др. В качестве альтернативы РЦ на железных дорогах широко применяются системы контроля свободности участков пути посредством счета осей (ЭССО) [8]. Ключевым элементом этих систем служит датчик контроля прохода осей подвижного состава (ДПО).

Система ЭССО имеет встроенный контроль обнаружения отказов и обладает высокой помехозащищенностью и надежностью. В состав этой системы входят напольные и постовые устройства. Напольные устройства, предназначенные для подсчета числа прошедших осей, состоят из реверсивных датчиков (РД) индукционного типа с комплектом креплений на подошвы рельсов и напольных электронных модулей, которые образуют счетный пункт (СП), разграничивающий смежные участки пути подобно изолирующему стыку рельсовых цепей. Постовые устройства анализируют информацию о числе прошедших осей и принимают решение о свободности или занятости пути. На базе ЭССО строятся системы автоблокировки различного типа (рис. 4). На рисунке используются следующие обозначения: УБП – устройство бесперебойного питания, ППУ – плата постовых устройств, ИП – источник питания, УСИТ – устройство сопряжения интерфейсов, ПСЛЗ – пульт сброса ложной занятости.

Использование евробализ для определения местоположения поездов. В зарубежных СУОБДП нашли применение точечные путевые датчики, получившие название евробализ. Эти датчики представляют собой автономные приемо-передающие устройства/транспондеры и устанавливаются между рельсами. При приеме высокочастотного сигнала от антенны проходящего поезда евробализы приходят в активное состояние и передают в бортовые устройства сформированную информацию и, прежде всего, о своей координате.

Существует два типа евробализ – управляемые и неуправляемые с записанными в энергонезависимую память данными. Неуправляемая бализа не имеет подключений к внешним устройствам и представляет собой пассивный датчик. Она передает в бортовые устройства записанную в нее информацию, связанную с движением поездов. Управляемая бализа имеет подключения к внешним устройствам и системам железнодорожной автоматики, например светофорам, пунктам централизации и др.

Евробализы при приеме высокочастотного сигнала от антенны проходящего поезда передают в бортовые устройства свои координаты, показания вперед находящихся светофоров, параметры пути, значения ограничений скорости и другую информацию.

Для повышения достоверности передачи информации и определения направления движения поезда бализы иногда размещают парами. При значении несущей частоты поезда антенны 4,237 МГц скорость передачи данных от евробализы может достигать 564,48 кбит/с.

Установка бализ удорожает затраты и усложняет обслуживание верхнего строения пути. В связи с этим в системе управления пригородным движением в Сочи специалисты АО «НИИАС» использовали так называемые виртуальные бализы. Они не требуют установки напольных датчиков и формируются программным путем на основании обработки информации, поступающей в бортовые устройства от СНС, ДПС и данных, записанных в ЭК участка. В свою очередь передача оперативных данных, аналогичных данным, передаваемым в бортовые устройства от управляемых евробализ, производится по каналам радиосвязи.

Ультразвуковые датчики расстояния (УЗДР) определяют расстояние до препятствия по времени отражения звуковой волны от него. Звуковая волна имеет диапазон ультразвуковых частот, что обеспечивает ее концентрированное распространение. Датчик УЗДР обычно состоит из двух мембран, одна из которых генерирует звук, а другая регистрирует отраженный сигнал. Погрешность измерения расстояния до препятствия с помощью УЗДР может составлять всего несколько сантиметров. Эти датчики применяются в системах управления парковкой автомобилей, автопилотах, в отечественных системах автоведения на железнодорожном транспорте в том числе на МЦК в системе автоведения поезда для фиксации его остановки в полном составе в пределах заданной зоны.

Таким образом, в зависимости от характеристик участков пути, интенсивности и скорости движения поездов и выбранной концепции построения систем управления и обеспечения безопасности движения поездов применяются те или иные методы и технические средства определения местоположения подвижного состава. Наиболее распространенные из них в отечественной и мировой практике и рассмотрены в статье.

ЛИТЕРАТУРА

1. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики : учебник / Ю.А. Кравцов, В.Л. Нестеров, Г.Ф. Лекута и др. М.: Транспорт, 1996. 400 с.
2. Гапанович В.А., Розенберг Е.Н., Абрамов А.А. Транспортное обслуживание зимних Олимпийских игр в Сочи // Железнодорожный транспорт. 2012. № 1. С. 72–77.
3. Розенберг Е.Н., Коровин А.С. Глобальные тренды развития интеллектуальных транспортных систем // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». 2018. № 4. С. 1–22.
4. Гапанович В.А., Розенберг Е.Н. Комплексная безопасность движения поездов с применением спутниковых технологий // Автоматика, связь, информатика. 2011. № 3. С. 5–8.
5. Никифоров Б.Д., Головин В.И., Кутыев Ю.Г. Автоматизация управления торможением поездов. М.: Транспорт, 1985. 263 с.
6. Безопасный локомотивный объединенный комплекс. В.И. Астрахан, В.В. Висков, И.Н. Гринфельд и др. Под ред. Е.Е. Шушиной и В.И. Астрахана. М.: 2013. – 135 с.
7. Астрахан В.И., Комков Е.В. Определение параметров движущихся объектов // Измерительная техника. 1986. № 12. С. 14–15.
8. Перспективы точечных систем обнаружения колес подвижного состава // Железные дороги мира. 2016. № 1. С. 57–59.

НОВЫЙ ФОРМАТ ОБСУЖДЕНИЯ ПРОБЛЕМ НА ПЛОЩАДКЕ «АСИ»

В связи со стремительным развитием технических средств и цифровых технологий перед специалистами все чаще встает вопрос о перспективном использовании тех или иных устройств, созданных много лет назад, которые и сегодня широко применяются на сети. Есть ли у них будущее или надо искать их альтернативу? К таким техническим средствам относятся и рельсовая цепь, являющаяся одним из основных элементов практически всех систем ЖАТ, включая микропроцессорные. Ученые многих ведущих стран работают над созданием принципиально новых устройств, способных выполнить функции контроля состояния участков пути, передачи информации на локомотив и др. Если мы хотим, чтобы наши железные дороги имели современный уровень и не отставали от зарубежных, думать над этими вопросами и обсуждать их надо уже сегодня. В конце прошлого года на пло-

щадке редакции нашего журнала при активной поддержке старшего советника генерального директора ОАО «РЖД» В.А. Гапановича был проведен первый круглый стол, где специалисты, ученые, разработчики и производители технических средств ЖАТ, представители Московского метрополитена и дистанций СЦБ Московской и Октябрьской ДИ высказали мнение о будущем рельсовых цепей. Независимая площадка журнала «АСИ» дала возможность специалистам в области РЦ не только поделиться своим мнением, но и выслушать аргументированное мнение коллег. В этом номере журнала представляем вниманию читателей подборку материалов по выступлениям участников круглого стола о будущем РЦ в рамках новой рубрики «Дискуссионный клуб». Надеемся, что такие дискуссии помогут руководителям при принятии важных для компании решений на долгосрочную перспективу.

■ Работу круглого стола открыл старший советник генерального директора ОАО «РЖД» **В.А. Гапанович**. Во вступительном слове он отметил, что системы автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте исторически представляют собой наиболее высокий интеллектуальный уровень технических средств.

Рельсовые цепи – важнейшее связующее звено систем ЖАТ. Тем не менее, сегодня остро встал вопрос о перспективах использования рельсовых цепей. Есть ли у них будущее, оправданы ли затраты на их обслуживание и каковы возможности использования альтернативных систем?

Считается, что РЦ – это прежде всего безопасность. Однако отказы в их работе могут привести к тяжелым последствиям, таким как сход подвижного состава. Причинами отказов может быть потеря шунта, подпитка рельсовых цепей частотой 50 Гц током промышленной частоты, срабатывание путевого приемника от источника питания смежной РЦ при сходе изолирующих стыков при отсутствии чередования полярности.

Вместе с тем, остаются неизменными такие недостатки РЦ, как высокая материалоемкость, существенная зависимость функционирования от климатических условий, токопроводящих свойств

изоляции балласта и шпал, влияния протекания обратного тягового тока и тока промышленной частоты, большая погрешность определения местоположения головы/хвоста поезда внутри блок-участка.

Реализация задачи по увеличению пропускной способности участков и сокращению интервалов движения поездов на станциях и перегонах определяется состоянием устройств СЦБ (в первую очередь состоянием РЦ), технических средств безопасности на локомотивах, а также использованием различных вариантов цифровой радиосвязи.

При этом необходимо учитывать, что РЦ позволяют реализовать функцию автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа (АЛСН) и кроме шунтового режима обеспечивают контрольный режим, который выявляет нарушение целостности рельсовой нити (лопнувший или изъятый рельс), а также осуществляют контроль элементов обратной тяговой сети.

Использование альтернативных методов контроля местонахождения поезда на участках пути, например системы счета осей, повышает надежность работы систем ЖАТ, но не позволяет осуществлять контроль целостности рельсовой линии.

В.А. Гапанович отметил перспективность разрабатываемой в настоящее время технологии дистанционного акустического зондирования железнодорожного полотна, которое предусматривает использование свободного волокна в волоконно-оптическом кабеле в качестве распределенного датчика для определения нахождения подвижных объектов по вибрации земляного полотна.

Помимо определения местонахождения поезда на линии и отслеживания параметров его движения технология может использоваться в различных системах и устройствах железнодорожного транспорта в качестве датчика информации о перемещении, температуре и колебаниях земляного полотна.

Система DAS, построенная на технологии распределенного виброакустического зондирования, позволяет реализовать такие функции, как:

определение координат скорости и ускорения движения подвижного состава на линии;

определение типа характеристик движущегося подвижного состава;

подачу извещения о приближении поезда к месту производства работ, к пассажирской платформе (информирование пассажиров); контроль дефектов рельсового



Во время работы круглого стола

пути (излом рельса, его деформации, нарушение целостности рельсового скрепления и др.);

акустический контроль дефектов подвижного состава (ползуны, трещины, разрушение крепления и др.);

выявление обрушения или падение посторонних предметов на железнодорожные пути (деревья, скальная порода и др.);

контроль доступа посторонних лиц в зону железнодорожного полотна и контроль проведения технического обслуживания инфраструктуры эксплуатационным штатом;

определение обвалов или смещение земляного полотна в зоне прокладки волоконно-оптического кабеля, а также опосредованное определение потенциально опасных изменений в грунте за счет изменения акустического портрета (обводнение, возникновение провалов и пустот в грунте).

Главный инженер Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД» **Г.Ф. Насонов** в своем выступлении отметил, что все научные разработки по повышению надежности работы РЦ, к сожалению, не смогли обеспечить их безотказное функционирование. Продвинувшись вперед позволило появление тональных рельсовых цепей, которые в настоящее время являются самым надежным и наиболее широко внедряемым датчиком информации о месте нахождения поезда. Среди преимуществ ТРЦ можно выделить следующие:

повышение безопасности движения поездов за счет исключения возможности ложных подпиток путевого приемника от смежных и

соседних РЦ; снижение в 5–6 раз потребляемой мощности;

возможность создания систем автоблокировки без изолирующих стыков, применяемых на перегонах, где уложен бесстыковой путь; сокращение числа дроссель-трансформаторов;

уменьшение потерь электроэнергии на тягу поездов и др.

Г.Ф. Насонов высказал мнение, что на данном этапе полный отказ от РЦ невозможен. Однако применение альтернативных технических средств и более активное использование средств радиосвязи для передачи информации на локомотив позволят на определенных участках железных дорог отказаться от РЦ, тем самым значительно сократить эксплуатационные расходы на их обслуживание.

Начальник Управления автоматики и телемеханики ЦДИ ОАО «РЖД» **В.В. Аношкин** подробно остановился на слабых и сильных сторонах РЦ. Он отметил, что сегодня требуется соблюдение баланса между экономическими, техническими и технологическими эффектами. Во всем мире при определении эффективности любого устройства или технологии анализируются все плюсы и минусы. Если устройство или технология обходятся слишком дорого, а технологический эффект не оправдывает вложенных средств, то от него, как правило, отказываются.

Сегодня применение рельсовых цепей требует значительных финансовых затрат, не обеспечивая при этом 100 %-ной безопасности. Однако на высокоинтенсивных линиях 1-й и 2-й категорий отказаться от их использования

пока нельзя. Необходимо рассмотреть различные варианты оборудования участков техническими средствами контроля подвижного состава с учетом климатических условий, веса поезда, требуемых скоростей движения и других факторов. Для активного внедрения альтернативных технических средств, способных взять на себя функции РЦ и обеспечить высокий уровень безопасности, необходимо снижать их стоимость, анализировать предлагаемые технологические решения научными организациями для определения эффективности их использования, а также вести научные исследования с целью перспективного применения на сети железных дорог новейших технологий.

В рамках круглого стола было проведено анкетирование участников по вопросу «Есть ли будущее у рельсовых цепей?». Опрос показал, что 58 % специалистов видят будущее РЦ, 25 % – за отказ от применения РЦ, 17% – считают, что РЦ в ближайшие 10 лет имеют право на существование с последующей их заменой на современные альтернативные технические средства.

Вопросам содержания и повышения надежности рельсовых цепей всегда уделялось много внимания на страницах нашего журнала. На эту тему было опубликовано множество статей. Возможность отказа от РЦ и применения альтернативных устройств рассматривалась и ранее, однако в связи с тем, что безопасность движения поездов пока обеспечивают лучше всего рельсовые цепи, именно они продолжают широко использоваться на сети железных дорог России.

НАЗИМОВА С.А.

**ВОРОНИН****Владимир Альбертович**

АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте», начальник отделения внедрения систем ЖАТ, Россия, Москва

Применяемые сегодня на российских железных дорогах системы ЖАТ основаны на использовании электрических рельсовых цепей разных видов. На сети эксплуатируется более 500 тыс. кодовых рельсовых цепей, около 200 тыс. – с цифровой обработкой данных, порядка 80 тыс. – тональных РЦ. Несмотря на очевидные преимущества, рельсовые цепи имеют ряд недостатков. Главный из них заключается в том, что рельсовая цепь сложна технически с точки зрения аппаратного построения, и ее эксплуатация требует значительных затрат труда и средств на техническое обслуживание. В связи с этим, возникает вопрос о целесообразности замены рельсовых цепей более совершенными и менее затратными техническими средствами.

ЗАМЕНА РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ НА АНАЛОГИ – МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

■ Используемые на железнодорожном транспорте рельсовые цепи (РЦ) предназначены для выполнения следующих основных функций: контроля местонахождения поезда (свободности или занятости участков пути), электрической целостности рельсов, а также для передачи на локомотивные устройства кодов АЛС.

Контроль местонахождения поезда с помощью РЦ основан на ее чувствительности к наложению стандартного шунта сопротивлением 0,06 Ом. Однако при эксплуатации возникают проблемы, связанные с неустойчивой работой рельсовой цепи в шунтовом режиме во влажном климате, например в Калининградской области, или на участках с небольшой интенсивностью движения поездов, когда на поверхности катания рельсов образуется ржавчина. Это зачастую приводит к потере шунта под составом из-за увеличенного переходного сопротивления колесо–рельс, что влечет за собой неустойчивую работу РЦ, ее блокировку, невозможность размыкания маршрута или сбой кодов АЛС.

Потеря шунта также может произойти и при появлении обходных цепей для протекания сигнала рельсовой цепи, например, при коротком замыкании между собой или через землю жил кабеля питающего и релейного концов.

Таким образом, в некоторых ситуациях местонахождение поезда с помощью РЦ может не контролироваться. Вероятность подобных отказов находится в пределах допустимых норм безопасной работы технических средств ЖАТ и при расчете надежности работы рельсовых цепей на основании статистических данных ее значение оказывается даже несколько больше требуемого.

Актуальной проблемой при использовании рельсовых цепей остается большое количество пе-

редаваемых на локомотив сбоев кодов АЛС. Их основными причинами являются помехи тягового тока, влияние наводимых от высоковольтных линий токов, намагничивание рельсов и др. Справиться с этой проблемой пока не удается, но часть вопросов решается путем перевода АЛС на другую сигнальную частоту, изменения алгоритма обработки сигналов и другими способами.

Еще одна функция РЦ – контроль целостности рельсовой линии, однако при этом контролируются не все виды повреждений рельсовой линии, а лишь ее электрическая целостность. Кроме того, в однопутных рельсовых цепях определяется нарушение электрической целостности только сигнальной нитки. Происходит достаточно большое количество повреждений поверхности катания рельсов, при которых движение поездов является небезопасным, а электрическая целостность рельсового пути сохраняется.

Таким образом, несмотря на эффективное использование РЦ в системах ЖАТ, они не в полной мере выполняют свои функции. Техническая сложность и высокая стоимость аппаратной части, зависимость от помех тягового тока и требовательность к качеству обслуживания – все это обуславливает поиск альтернативных решений, обеспечивающих безопасность движения поездов.

Для контроля свободности/занятости участков пути (определения местонахождения поезда) нередко используется система счета осей, в которой применяются точечные датчики прохода колесных пар поезда. По сравнению с рельсовыми цепями аппаратные средства этой системы имеют большую стоимость и сложность, но на их техническое обслуживание требуется меньше трудозатрат, сокращается и расход кабеля при их установке.

Контролировать местонахождение поезда также можно с помощью глобальных систем спутниковой навигации, например, GPS, ГЛОНАСС или Galileo. Полученная от них информация локомотивными устройствами передается на стационарные средства системы интервального регулирования движения поездов. Основным недостатком этих систем является необходимость напольной инфраструктуры передачи данных, а также ее уязвимость от внешних воздействий.

Для установления места, в котором находится поезд, также применяются рельсовые педали, шлейфы различного типа и другие устройства. Они устанавливаются на отдельных участках, например, на подходах к искусственным сооружениям. Эти технические средства достаточно сложны и реализуются как эксклюзивный проект.

Получается, сегодня нет достойной альтернативы рельсовым цепям по контролю местонахождения подвижного состава на линии. Все имеющиеся технические средства обладают рядом недостатков, что ограничивает их широкое использование на магистральном железнодорожном транспорте.

Примерно также обстоит дело и с другой функцией рельсовой цепи – передачей команд локомотивной сигнализации. Есть мировой опыт применения путевых бализ для передачи данных на локомотив с помощью точечных датчиков, но на российских дорогах этот метод не используется.

На зарубежных железных дорогах для передачи информации с пути на локомотив, кроме того, используется цифровой радиоканал, но в силу объективных и субъективных причин ОАО «РЖД» очень сильно отстало в применении радиоканала в системах управления движением поездов. Опыт его использования, конечно, есть – это системы управления тормозами и распределенной тягой в длинносоставных поездах. В настоящее время ведутся работы по внедрению системы радиосвязи стандарта DMR, GSM-R, а в перспективе и стандарта LTE для передачи данных в системах управления движением и обеспечения безопасности. Вместе с этим, важно понимать, что радиоканал является откры-

тым каналом связи, к которому предъявляются определенные требования и который невозможно использовать в полном объеме в особо ответственных системах обеспечения безопасности движения поездов без специальных мер защиты. В перспективе передача данных по цифровому радиоканалу, по оценке экспертов, станет основным способом передачи данных между стационарными и локомотивными устройствами безопасности и управления движением поездов.

Сегодня в мировой практике широко применяются технологии распределенного акустического зондирования на основе волоконной оптики. Подобные системы используются в США, Японии, Австрии и других странах для мониторинга состояния верхнего строения пути, отслеживания движения поезда, контроля целостности рельса под движущимся поездом, выявления дефектов поверхности катания рельсов и колесных пар, отсутствующих рельсовых скреплений и др.

Следует отметить, что в России разработка систем безопасности с применением оптоволокну началась чуть позже, чем за рубежом. Однако в вопросах безопасности движения и определения местонахождения поезда на сегодняшний день отечественные системы находятся на одном уровне с иностранными. Более того, в некоторых аспектах российские разработчики даже опережают западных коллег, которые в основном занимаются диагностикой инфраструктуры и подвижного состава.

В последнее время на железных дорогах США активно внедряется волоконно-оптическая система виброакустического зондирования. В ближайшие три года планируется строительство этих систем на высокоскоростных линиях, а также на напряженных линиях, где особое внимание уделяется контролю целостности рельсовой линии, состоянию инфраструктуры и подвижного состава. Результаты исследований технических средств с использованием виброакустики на базе оптоволокну полностью подтвердили их эффективность. Оказалось, что системы распределенного акустического зондирования в зависимости от

условий применения в 2–3 раза дешевле РЦ. При применении виброакустического зондирования протяженных объектов в системах интервального регулирования благодаря отказу от напольного оборудования сокращаются инвестиционные и эксплуатационные затраты. Так, по данным FRA (Федерации американских железных дорог), экономический эффект от оборудования линий оптоволоконным кабелем по сравнению с рельсовыми цепями составит 71–84 %.

На российских дорогах также ведется работа в этом направлении. В 2017 г. на участке Болшево – Фрязино Московской дороги протяженностью 17 км включена в опытную эксплуатацию система виброакустического зондирования железнодорожного полотна «Анаконда», разработанная АО «НИИАС». На этом же участке внедрена система передачи данных по цифровому радиоканалу диапазона 160 МГц. С ее помощью реализованы функции, обеспечивающие управление движением поездов; контроль занятости/свободности пути; прием и передачу управляющих команд на бортовые устройства.

На участке были проведены исследования подвижного состава всех типов. Благодаря использованию системы удалось зафиксировать отцепку вагонов, определить длину и количество осей поезда. Кроме того, появилась возможность по уровню шума определять тип проезжающего подвижного состава. Таким образом, система «Анаконда» позволяет организовать движение с определением местонахождения поезда на линии при помощи систем виброакустики. При проведении работ для верификации результатов испытаний координаты поезда подтверждаются с бортовых устройств по цифровому радиоканалу, т.е. движение поезда отслеживают два источника.

Сейчас полуавтоматическая блокировка с автоматическим блок-постом на базе виброакустического зондирования и передачей данных по цифровому радиоканалу широковещательного диапазона 868 МГц (ПАБ АПК «Анаконда») внедрена на участке Шиповка – Балтийск Калининградской дороги. Система определяет свободу/занятость участков перегона

с автоматическим формированием сигналов «путевое прибытие» и разрешения на проследование блок-поста. Информация о разрешении на проследование передается на бортовые устройства по цифровому радиоканалу. Покрываемая точечным радиоканалом зона пути достигает 1,5 км.

В перспективе полученный в этой области опыт позволит организовывать движение поездов не только по принципу полуавтоматической блокировки, но и по принципу автоблокировки с учетом информации, полученной от двух источников: локомотивных устройств спутниковой навигации и расположенных на инфраструктуре устройств виброакустики. Это позволит организовать безопасное движение поездов с передачей данных по цифровому радиоканалу.

На экспериментальном кольце в Щербинке проводятся исследования функциональных возможностей виброакустики, в том числе и определение лопнувшего рельса пути. Известно, что подобный дефект при движении поезда определяется по ударам колес, которые возникают в одной и той же точке рельсовой линии. Рефлектограммы, полученные в результате проведенных на участке нескольких экспериментов по физическому разрыву рельса при отсутствии поездов, подтвердили, что в этой ситуации можно услышать разрыв рельса. При отсутствии поездов излом рельса определяется по характерному акустическому портрету. Однако на сегодняшний день специалисты в этой области не обладают в полном объеме действительной акустической картиной, которая позволяет точно идентифицировать данный объект. На Щербинском полигоне продолжается поиск решения этой задачи.

В заключение можно сделать следующий вывод. В ближайшем будущем с большой долей вероятности применение рельсовых цепей будет ограничено, их функции возмут на себя новые системы и устройства, требующие меньших инвестиционных и эксплуатационных затрат, а самое важное, расширяющие возможности систем верхнего уровня в части управления процессом перевозок и диагностики инфраструктуры и подвижного состава.

РЕЛЬСОВЫЕ ЦЕПИ – СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ



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

Постулат: грамотно разработанная, правильно рассчитанная и правильно отрегулированная рельсовая цепь в сезонных регулировках не нуждается.

■ В настоящее время адекватной альтернативы рельсовым цепям не существует. В этой области есть инновационные идеи, ведется разработка новых систем, и при получении положительного результата необходимо рассмотреть возможность замены рельсовых цепей совершенно новыми техническими средствами. Эта процедура должна проводиться не революционным темпом, а постепенно, с проведением предварительных испытаний опытных образцов устройств, по результатам которых проводят доработку, с организацией подконтрольных испытаний.

Сегодня в определенных условиях эксплуатации целесообразно заменить или дополнить рельсовые цепи системой счета осей. Например, на участках пути с экстремально низкой изоляцией рельсовой линии и/или с постоянно ржавеющими рельсами. Подобные дефекты чаще всего появляются в местах, где рельсы эксплуатируются в условиях избыточной влажности, например, вблизи моря.

Однако система счета осей не может рассматриваться как полноценный датчик наличия поезда на участке пути из-за высокой зависимости от внешних мешающих факторов. Этим обусловлена необходимость участия обслуживающего персонала в работе этой так называемой автоматической системы, а точнее – в формировании результата контроля состояния

участка «занят/свободен». С этой целью в каждой системе счета осей даже предусмотрена команда управления «сброс ложной занятости», которая постоянно используется персоналом при эксплуатации.

Таким образом, ложность/истинность занятости участка при необходимости приходится определять оператору, а не предназначенной для этого системе, и вручную выводить ее из ложного состояния. Очевидно, что система не может работать без оператора, т.е. фактически не является автоматической.

Сегодня для контроля состояний рельсовых линий на пространстве колеи 1520, включая метрополитен, используют рельсовые цепи различных видов. К сожалению, в настоящее время основным признаком их классификации является «вид» разработчиков, иначе говоря, уровень их компетентности в области электрических рельсовых цепей. Несмотря на то, что многие из них имеют громадный опыт и знания в сфере радиозлектроники и высокотехнологичных отраслях, они не всегда обладают полноценными знаниями в области разработки рельсовых цепей, не имеют традиционного для отечественной школы опыта, целостного представления о методологии разработки. Поэтому зачастую вновь созданная цифровая рельсовая цепь получается жалкой пародией своего аналогового прототипа, для цифровой замены которого она предназначалась. Это

является главной проблемой, дискредитирующей способ контроля свободности участка пути с помощью рельсовых цепей.

За последние два-три десятилетия накопились и другие проблемы. Например, менее актуальным по сравнению с проблемой некомпетентности разработчиков, но также требующим решения, является вопрос совершенствования пассивных элементов цепей, установленных между путевым генератором и путевым приемником, т.е. улучшения свойств трансформаторов и дросселей. Необходимо также экспериментально уточнить электрические параметры этих устройств, пользуясь современными средствами измерений, ставшими доступными последние 5–10 лет.

В перечень требований к путевым приемникам следует добавить, как минимум, устойчивость к гармоническим помехам в рабочей полосе частот, уровень которых, по меньшей мере, на порядок превышает уровень составляющих полезного сигнала. Следует отметить, что для подвижного состава нормы ограничения помехозащиты на рабочих частотах рельсовых цепей и АЛС установлены и

реально работают с 1996 г. А для рельсовых цепей нормы помехоустойчивости, прямо связанные с допустимыми уровнями помехозащиты, вообще отсутствуют.

Например, в 2007–2008 гг. высокоскоростной электропоезд «Сапсан» испытывали на эмиссию помех рельсовым цепям и АЛС. И рельсовые цепи тоже необходимо испытывать на устойчивость к помехам от подвижного состава.

Еще один тренд последних пяти лет, коснувшийся многих соседних с Россией зарубежных государств с колеей 1520, – тотальная замена рельсовых цепей системами счета осей с обязательным сохранением АЛСН. Даже при эксплуатации абсолютно совершенных счетчиков осей, требования к содержанию рельсового полотна относительно обеспечения передачи сигналов не могут быть менее жесткими, чем в случае применения рельсовых цепей, иначе не будет работать АЛСН. Поэтому экономия от их внедрения представляется неубедительной или, по крайней мере, не очевидной. При этом влияние человеческого фактора на обеспечение безопасности движения поездов существенно возрастает.

К сожалению, приходится сталкиваться с ситуацией, когда электромеханики СЦБ вместе с руководителями дистанций в течение длительного времени «в глаза не видели» регулировочные таблицы и перерегулировку рельсовых цепей под поездами считают нормой. Однако подобные действия тождественны переворачиванию реле, о преступности которых напоминают размещенные в релейных помещениях плакаты.

В настоящее время при модернизации действующих РЦ используется аппаратура на современной элементной базе, характеристики которой существенно хуже, чем у заменяемой аппаратуры. Это приводит к уменьшению максимальной длины и увеличению числа РЦ при правильно выполненном расчете регулировочных характеристик. А если из-за некомпетентности разработчиков или по какой-то другой причине декларируется тождественность характеристик «новых» и «старых» рельсовых цепей, то на участках гарантировано появление зон потери шунта или нечувствительности к излому рельса, что угрожает безопасности движения поездов.

ИЗ ИСТОРИИ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

В конце XIX века в связи с повышением технической скорости возникла острая проблема обеспечения безопасности движения поездов на перегонах.

Задача автоматического контроля наличия поезда на перегоне впервые была решена в 1867 г. американцем В. Робинзоном, который использовал ходовые рельсы в качестве проводников электрического сигнального тока и на этой основе создал путевой датчик, реагирующий на колесные пары поезда. В 1869 г. он разработал модель первой автоматической блокировки на нормально разомкнутых цепях постоянного тока. Составленная им цепь была названа изолированной секцией или рельсовой цепью, а приемник – путевым реле. Вслед за этим В. Робинзон предложил новую, более совершенную схему путевого датчика – нормально замкнутую рельсовую цепь, сразу имевшую большой успех, так как была достигнута возможность постоянного контроля состояния пути. Верхнее строение пути и рельсовые стыки были приспособлены для пропуска электрического тока посредством введения стыковых соединений, длина рельсовой цепи достигла 2 км. Созданная В. Робинзоном рельсовая цепь получила затем широкое применение.

В связи с электрификацией железных дорог рельсовые цепи были приспособлены для пропуска обратного тягового тока. Вначале применялась однопроводная схема рельсовых цепей постоянного тока с поляризованным путевым приемником. В 1902 г. Дж. Б. Стробль использовал для питания рельсовых цепей переменный ток. Изобретение инженером Тулленом путевых дросселей дало возможность пропускать обратный тяговый ток по двум рельсам, уменьшить помехи тягового тока и увеличить длину рельсовых цепей. Получили применение реле переменного тока секторного типа. Первая установка с

двухпроводными рельсовыми цепями, оборудованными путевыми дросселями, была построена в 1904–1905 гг. на Бостонской подземной железной дороге.

Важным этапом совершенствования рельсовых цепей стало применение импульсного режима для улучшения чувствительности цепи к шунту и повреждению рельса.

В 70-е годы прошлого века рельсовые цепи получили широкое распространение на станциях с ЭЦ; на сортировочных горках для контроля стрелочных секций и подгорочных путей; на подходах к переездам и др. Они использовались не только в качестве путевых датчиков, но и в качестве путевых телемеханических каналов для кодовой автоблокировки и особенно для автоматической локомотивной сигнализации. Надежность и технико-экономическая эффективность рельсовых цепей повышалась благодаря применению схем без изолирующих стыков или с изолирующими стыками улучшенной конструкции; использованию различных импульсных признаков сигналов – частотных и импульсно-частотных, а также методов их модуляции и манипуляции для увеличения емкости рельсового телемеханического канала до нужного предела и надежной защиты от помех; благодаря применению импульсов сложной формы высокого напряжения, а также централизованного размещения аппаратуры на необслуживаемых пунктах с автоматическим контролем их исправности и др.

Разные климатические и эксплуатационные условия работы железных дорог в разных странах, особенности конструкции верхнего строения пути и систем тяги поездов, неодинаковые технические возможности для разработки и практического осуществления схем рельсовых цепей привели к тому, что в мировой практике применяется огромное количество разных видов рельсовых цепей.

Автоматика, телемеханика, связь, 1978, № 8

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ



ШАМАНОВ
Виктор Иннокентьевич,

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

Аннотация. В статье приведен аналитический обзор научных исследований в области железнодорожной автоматики и телемеханики, выполненных преподавателями и научными сотрудниками железнодорожных вузов страны. Показано, что рельсовые цепи остаются в числе основных технических средств в системах на железных дорогах мира. Обсуждаются вопросы обеспечения устойчивости работы рельсовых цепей при действии помех. Приводятся наиболее значимые результаты научных исследований, выполненных в вузах в этой области, и анализируются причины возникновения трудностей, препятствующих успешному продолжению этих работ в современных условиях.

УДК 656.259.12

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

Ключевые слова: рельсовые цепи, автоматическая локомотивная сигнализация, рельсовые и электрические линии, грозовые и коммутационные перенапряжения, тяговые токи, помехи

■ Рельсовые цепи (РЦ) на железных дорогах мира, в том числе на железных дорогах России, остаются одними из основных технических средств. Они обеспечивают в комплексе контроль свободности участков железнодорожного пути и целостности рельсов, а также передачу этой информации на локомотивы и в аппаратуру телеконтроля о свободности или занятости лежащих впереди по маршруту движения участков пути.

Однако РЦ требуют относительно высоких вложений в инфраструктуру при строительстве, подвержены действию различных помех, а их эксплуатация достаточно дорога. В связи с этим постоянно ведутся активные работы по их замене другими устройствами или системами без РЦ.

Одним из направлений в этой области является создание систем интервального регулирования движения поездов без РЦ с использованием радиоканалов [1, 2]. В Германии, например, на линии Эрфурт – Лейпциг при скорости движения до 300 км/ч работает система без светофоров, в которой используется цифровая система передачи данных по радиоканалу стандарта GSM-R [3]. На железных дорогах Северной Америки также применяются каналы GPS и в двухуровневой системе управления движением поездов PTC (Positive Train Control) [4]. Многоуровневые системы применяются и на отечественных железных дорогах.

Внедрение европейских систем обеспечения безопасности и управления движением поездов ETCS/ERTMS (European Train Control System / European Rail Traffic Management System) тре-

бует установки путевых бализ и строительства радиоблок-центров. В то же время есть три системы спутниковой связи GPS (США), GLONASS (Россия) и Galileo (Европа), которые с относительно высокой точностью определяют местоположение транспортной единицы.

В 2017 г. на острове Сардиния (Италия) на опытном участке успешно реализован проект ERSAT EAV (Enabling Application Validation) [5]. Применение этих технологий позволяет существенно снизить стоимость внедрения ETCS на линиях с низкой интенсивностью движения поездов. Спутниковая навигация Galileo и общедоступные сети радиосвязи в этой системе используются для определения местоположения поездов вместо путевых приемопередатчиков, формируя виртуальные приемопередатчики с интервалом 50 м. Виртуальные бализы и спутниковая связь не требуют установки путевых бализ и напольных сигналов.

Контроль свободности участков пути обеспечивают также счетчики осей. Они заняли определенную нишу в сфере железнодорожной автоматики, связанную с выполнением этой функции на магистральных и промышленных железных дорогах, но пока серьезно не потеснили РЦ.

В то же время на магистральных железных дорогах России, стран постсоветского пространства и развитых стран мира продолжается широкое использование РЦ. Например, в Германии они применяются для контроля участков пути примерно в составе половины действующих систем ЖАТ [6]. Они широко использу-

ются на железных дорогах США, Японии, Китая.

Рельсовые цепи также используются и в многоуровневых системах интервального регулирования движения поездов, на верхних уровнях которых применяется спутниковая навигация или цифровая радиосвязь [1, 4].

Таким образом, в настоящее время использование спутниковой навигации, цифровой радиосвязи, счетчиков осей, устройств вибродиагностики и различных путевых приемопередатчиков только в определенной мере сужает область применения РЦ.

На основании изложенного можно считать, что в обозримом будущем РЦ по-прежнему будут применяться для контроля свободности участков пути и передачи сигналов на локомотивы в системах ЖАТ. В связи с этим требуется совершенствование способов повышения их надежности, помехоустойчивости, помехозащищенности и методов технического обслуживания.

В РЦ сигналы передаются по рельсовым линиям, которые являются своеобразными воздушными линиями связи, подверженными влиянию деградационных процессов, а также температурных, механических, электрических и электромагнитных воздействий, меняющих условия протекания по ним сигнальных токов. Источниками воздействующих на аппаратуру РЦ помех могут быть: смежные РЦ, линии электропередач, устройства электропитания, радиочастотные электромагнитные поля, электростатические разряды, разряды молний, контактная и рельсовая сети тягового электроснабжения. Поэтому для устойчивой работы РЦ важным является обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС).

Сбои – это самовосстанавливающиеся отказы. Согласно теории надежности интенсивность отказов – это один из показателей безотказности объектов, поэтому для оценки устойчивости работы РЦ можно использовать их интенсивность. А устойчивость работы АЛС зависит еще от электромагнитной обстановки (ЭМО) и на электровазоне, и на конкретном отрезке пути, по которому движется поезд.

Количественную оценку устойчи-

вости работы АЛС принято оценивать модифицированным показателем – интенсивностью сбоев в работе системы. Особенность этого показателя в том, что он вычисляется как среднее количество сбоев АЛС в единицу времени, приходящееся на километр пройденного головным электровозом пути на конкретном участке, и имеет размерность «сбои/поездо-км-ч». Предложенный показатель позволяет как выявлять наиболее неблагоприятные участки, так и анализировать информацию, на каких локомотивах аппаратура АЛС менее устойчива к помехам, или как влияют на ее работу вес и/или скорость движения поезда [7].

Сбои в работе РЦ от действия помех приводят к ложным перекрытиям на более запрещающее показание напольных и/или локомотивных светофоров. В результате уменьшается пропускная способность участков железных дорог и ухудшается безопасность движения поездов, особенно в случае использования экстренного торможения.

Внешними источниками, оказывающими опасное и мешающее влияние на эту аппаратуру, являются грозовые разряды, линии электропередач и электроснабжения, контактная и рельсовая тяговые сети электрифицированных железных дорог, смежные РЦ. Неравномерность продольного магнитного поля рельсов может создавать при движении поезда помехи, вызывающие часто повторяющиеся сбои работы аппаратуры АЛС.

Источниками импульсных перенапряжений, влияющих на РЦ, являются коммутационные перенапряжения и грозовые разряды.

На российских дорогах доля пассажирских и пригородных поездов, задержанных из-за воздействия грозовых разрядов, от общего количества задержанных по вине хозяйства автоматики и телемеханики поездов доходит до 12 и 8 % соответственно.

Для устройств РЦ и АЛС более опасны не прямые, а косвенные воздействия грозовых разрядов вблизи рельсовых линий. Эти разряды возникают гораздо чаще, чем прямые удары молнии. Напряжения, индуцированные удаленными грозовыми разрядами, могут

создавать ЭДС в дополнительной обмотке ДТ в 10–100 раз превышающие рабочее напряжение, что приводит к повреждениям изоляции.

Коммутационные перенапряжения являются следствием перераспределения энергии между элементами электрических цепей при их включении и выключении. Наиболее мощные коммутационные перенапряжения вызваны срабатыванием коммутационных аппаратов в распределительных устройствах энергосистем.

Больше всего на аппаратуру РЦ и АЛС влияют токи при коротких замыканиях контактной сети. На питающих и релейных концах РЦ при коротком замыкании контактной сети постоянного тока появляются импульсы напряжения более 1,15–1,25 кВ. При коротком замыкании контактной сети переменного тока эти напряжения могут превышать 2–4 кВ. А изоляция между обмотками и сердечниками используемых в РЦ релейных и путевых трансформаторов рассчитана на испытательное напряжение 1500 В переменного тока частотой 50 Гц.

Низкая эффективность существующих средств защиты от перенапряжений обусловлена их инерционностью. Недостаточная защищенность аппаратуры от этих воздействий не дала возможность широко использовать децентрализованную унифицированную микропроцессорную систему автоблокировки типа АБ-УЕ и кодовую автоматическую блокировку на электронной элементной базе КЭБ-2.

На электрифицированных участках дорог главным источником помех являются тяговые токи. По статистике на участках с автономной тягой аппаратура АЛС работает в 30–50 раз, а аппаратура РЦ в 6–7 раз устойчивее, чем на участках с электротягой переменного тока. По сравнению с этими участками при электротяге постоянного тока количество сбоев в работе АЛС и РЦ в среднем в 4–5 раз меньше. Это связано с меньшим уровнем помех от тягового тока и более узким диапазоном их гармонического состава. Существенно влияние тягового тока на РЦ и в метрополитене [8].

Для защиты РЦ от мешающего

действия тяговых токов применяются различные способы. Несущая частота сигнальных токов выбирается так, чтобы она отличалась от частоты тягового тока и его гармоник. Это позволяет повысить устойчивость работы этих устройств за счет фильтрации помех. Но величина тягового тока может на один-два порядка превышать величину сигнальных токов, а его гармонический состав может быстро и существенно меняться во времени. Это затрудняет защиту от помех с помощью использования простых электрических фильтров в слаботочной аппаратуре РЦ. Только применение многократной фильтрации помех в путевых приемниках тональных РЦ существенно повысило их устойчивость к помехам.

Решить эту задачу в каналах передачи информации на локомотивы можно путем совершенствования применяемых способов кодирования, что было использовано при разработке системы АЛС-ЕН.

Приемные локомотивные катушки АЛС включаются встречно, поэтому ЭДС помех, наводимые в них тяговыми токами в рельсах, направлены встречно. В дополнительных обмотках дроссель-трансформаторов таким же образом направлены ЭДС помех от этих токов. Поэтому при равенстве тяговых токов в рельсах под катушками АЛС или в месте подключения к рельсам аппаратуры РЦ помех от этих токов в соответствующих приемниках нет.

Однако применение этих способов далеко не всегда обеспечивает требуемую устойчивость работы РЦ и АЛС. Поэтому исследования причин возникновения и особенностей формирования помех на аппаратуру являются актуальными.

По просьбе специалистов Восточно-Сибирской дороги в конце

прошлого столетия в ИрГУПСе начались работы по исследованию ЭМС систем ЖАТ. Первым итогом этих работ стала замена на участке Зима – Слюдянка типов используемых РЦ без выключения АЛСН во время перевода электротяги с постоянного на переменный ток. При этом удалось обойтись без больших затрат.

При подготовке к открытию тяжеловесного движения на перевальном участке Иркутск – Слюдянка потребовалось выяснить причины недостаточной устойчивости работы РЦ и АЛС при электротяге переменного тока. Предстояло понять, почему медные приварные стыковые соединители сечением 50 мм², рекомендуемые нормативными документами для участков с электротягой, массово выходят из строя спустя три-четыре года эксплуатации, хотя заявленный производителем срок их службы составляет семь-восемь лет.

Исследования в эксплуатационных условиях и на специально созданном стенде показали, что главной причиной этого является увеличение электрического сопротивления переходов между медными тросами и стальными манжетами вследствие действия электрохимической коррозии. Было предложено использовать вместо типовых соединителей с медным тросом соединители со стальным отоженным тросом.

Эксплуатационные испытания стальных стыковых соединителей показали, что они успешно пропускают переменный тяговый ток на стыках рельсовых звеньев и не требуют замены до очередного капитального ремонта пути. На дороге было налажено производство и применение этих стыковых соединителей [9]. Технические решения, полученные в результате

этих исследований, также успешно применяются на железных дорогах Европы [10].

Формирование помех на путевых и локомотивных приемниках под влиянием многих факторов происходит весьма динамично. Это подтверждает анализ статистических данных и данных системы ГИД «Урал», результатов измерений при движении поездов различного веса цифровыми запоминающими осциллографами сигналов на катушках АЛСН и на путевых приемниках РЦ, а также асимметрии тягового тока и продольного и поперечного электрических сопротивлений рельсовых линий. Доказательством служит следующий пример.

Станция Половина Восточно-Сибирской дороги оборудована двухниточными фазочувствительными РЦ частотой 25 Гц. В течение трех лет в горловине, где расположена тяговая подстанция, постоянно происходили перекрытия входного светофора на запрещающее показание приближающему к нему поезду в момент отправления по соседнему пути грузового состава. Причем эти случаи происходили в одни и те же числа декабря практически в одно и то же время.

Анализ записанных осциллограмм напряжений на дополнительных обмотках ДТ в изолированных секциях этой горловины показал, что их форма сильно искажена. Фрагменты осциллограмм напряжения на дополнительной обмотке ДТ в одной из РЦ горловины при приближении поезда к станции приведены на рис. 1.

На осциллограммах видно, что изменение режимов работы тяговых двигателей электровоза и одновременно режимов работы других электровозов в зонах между тяго-

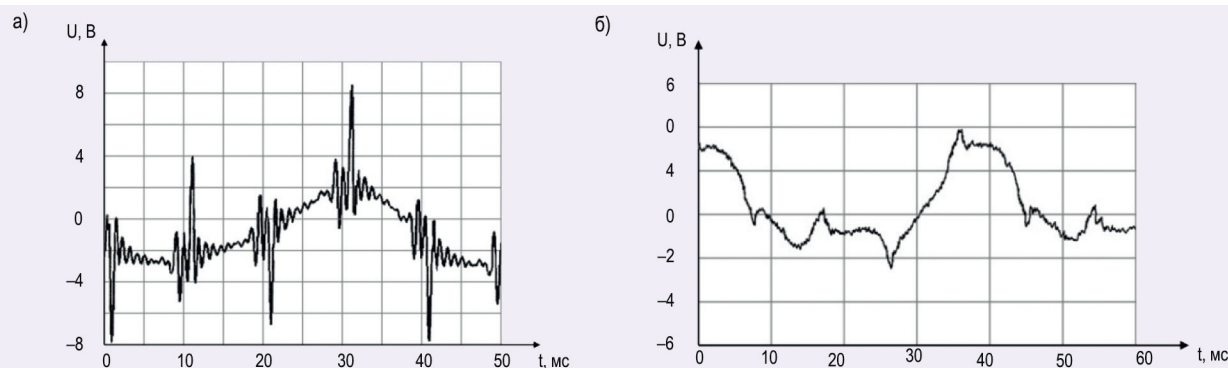


РИС. 1

выми подстанциями существенно влияют на степень искажения синусоидальности кривой сигнального напряжения. Например, на кривой напряжения на дополнительной обмотке ДТ видны импульсы помех с частотой 450 Гц (рис. 1, а). Наибольшее искажение синусоидальности сигнального тока происходит под воздействием первой гармоники тягового тока (рис. 1, б).

В результате анализа двухниточного плана станции и записанных цифровым осциллографом сигналов в РЦ этой горловины станции оказалось, что якорь путевого реле ДСШ-12 отпадал ложно под воздействием помех повышенного уровня, вызванных асимметрией тягового тока. При этом одновременно была повышена степень искажения синусоидальности сигнального тока.

В зимнее время асимметрия возрастала из-за пониженного электрического сопротивления рельсов. Так, при разгоне поезда по соседнему пути усиливалось действие взаимной индуктивности рельсовых нитей исследуемого пути с контактным проводом и рельсовыми нитями этого пути. Эти процессы при одновременном искажении формы сигнального тока и вызывали ложную занятость РЦ. Исключить подобные случаи удалось только благодаря изменению схемы горловины станции с выделенными изолированными секциями и схемы подключения к рельсовой сети отсасывающей линии тяговой подстанции.

В летнее время на некоторых участках Транссиба, оборудованных железобетонными шпалами, фиксировалась ложная занятость даже тональных РЦ и повышенная интенсивность сбоев АЛС. Предполагалось, что причиной является неисправность электроизолирующих элементов этих шпал. Существовавшие способы контроля состояния электрической изоляции железобетонных шпал позволяли обнаружить только отказ электроизолирующих элементов закладных болтов одновременно двух рельсов. Контролировать же с их помощью состояние электроизолирующей прокладки, устанавливаемой под подкладку рельса, было невозможно.

Был запатентован способ диагностики состояния электрической

изоляции железобетонных шпал, с помощью которого появилась возможность достоверно отбраковывать эксплуатируемые железобетонные шпалы. Использование этого способа позволило решить данную проблему.

По заданию ОАО «РЖД» в план работ ИрГУПС были включены исследования влияния электромагнитных помех от электрооборудования электровоза на устойчивость работы АЛС на участках с электротягой переменного тока. Кроме того, было запланировано выяснение причин повышенной интенсивности сбоев АЛС после капитального ремонта пути.

Анализ работы АЛС на главном ходу Восточно-Сибирской дороги на основе данных ГИД «Урал», АСУ-БСК и АСУ-Ш-2 показал, что интенсивность отказов этой аппаратуры на электровозах разных серий на одних и тех же участках в одинаковых условиях эксплуатации может различаться в несколько раз. Так, интенсивность сбоев АЛСН в режиме тяги была больше, чем в режиме рекуперативного торможения. С увеличением веса поезда отмечалась тенденция к росту этой интенсивности.

Следовательно, проведения исследований с целью повышения устойчивости работы АЛС только в рельсовых линиях и/или в аппаратуре РЦ может оказаться недостаточно. Остался нерешенным вопрос – какую долю в соотношении «сигнал/помеха» на входе локомотивного приемника АЛС составляют помехи от электрооборудования электровозов разных серий.

На Красноярской дороге проводились исследования магнитного поля рельсов и гармонический анализ записанных осциллографами напряжений на локомотивных катушках АЛС при движении поездов по главному ходу после капитального ремонта пути. Было выявлено, что помехи на работу АЛС создают как вновь уложенные в путь рельсы за счет неравномерной их продольной намагниченности, так и смененные рельсы в случае их неправильной укладки внутри колеи или на концах шпал за счет повышенной намагниченности их концов.

Спектр напряжения создаваемых при этом помех находился в диапазоне от единиц до 40 Гц

с двумя пиковыми значениями их уровня. При движении поезда со скоростью 60–80 км один пик находился на частоте 3–5 Гц, а второй – на частоте 24 Гц. Эти частоты входят в полосу пропускания локомотивного фильтра ФЛ-25/75, а фильтры в канале АЛСН аппаратуры КЛУБ-У от влияния помех защищены не полностью. В связи с этим было предложено перейти для питания РЦ при электротяге на частоту сигнального тока 75 Гц.

На участках с электротягой переменного тока сначала применялись РЦ с частотой сигнального тока 75 Гц. Напряжение этой частоты вырабатывалось специальными электромашинными генераторами на станциях, а затем подавалось в высоковольтную линию для питания РЦ на перегонах. Эти генераторы были относительно дорогими и недостаточно надежными, а использование высоковольтной линии только для питания РЦ было не очень рациональным.

Упростить и удешевить систему электропитания РЦ при электротяге позволило использование недорогих и малогабаритных статических преобразователей частоты типа ПЧ-50/25, разработанных Н.Ф. Пенкиным. Однако качество систем АЛС, работающих на частоте сигнального тока 25 Гц при появлении неравномерности продольных магнитных полей рельсовых линий, резко ухудшалось.

При переходе на сигнальную частоту 75 Гц принципиальных трудностей не возникает, однако появляется необходимость раздельной работы локомотивных фильтров на частоте 25 или 75 Гц.

Современный уровень развития полупроводниковой техники дает возможность создания и изготовления недорогих малогабаритных статических преобразователей напряжения частотой 50 Гц в напряжение частотой 75 Гц для РЦ. Эти преобразователи разработали отечественные производители.

В результате исследований удалось разработать ряд мер [11], реализованных на перевальном участке через Северобайкальский хребет. Они позволили при движении тяжеловесных поездов уменьшить интенсивность сбоев АЛСН. относительно уровня, который был на этом участке ранее.

Итоги исследований были обобщены в книге [12]. Однако в связи с прекращением финансирования работ по хозяйдоговорам экспериментальные исследования в условиях эксплуатации были завершены, поэтому удалось решить не все вопросы.

Например, при измерениях в условиях эксплуатации было обнаружено, что абсолютное значение асимметрии тягового тока в рельсовой линии всегда больше, чем асимметрия сопротивлений ее рельсовых нитей, а ее относительное значение (коэффициент асимметрии) возрастает при уменьшении тягового тока в рельсовой линии. Анализ статистических данных за несколько лет на Восточно-Сибирской и Красноярской дорогах показал также, что увеличение интенсивности сбоев АЛС происходило в ноябре-декабре, т.е. при замерзании грунта.

При последующих теоретических исследованиях выяснилось, что появление асимметрии сопротивлений рельсовых нитей является только первопричиной возникновения в них асимметрии тягового тока. А на величину асимметрии тягового тока существенное влияние оказывают взаимные индуктивности рельсовых нитей с другими рельсовыми нитями и с высоковольтными линиями электропередачи.

Было установлено, что процесс формирования асимметрии тягового тока в рельсовой линии обладает положительной обратной связью, поэтому из-за действия взаимной индуктивности между собственными рельсовыми нитями рельсовой линии асимметрия тягового тока в рельсовых линиях растет.

Графики зависимости асимметрии тягового тока от взаимной индуктивности между рельсовыми нитями и их удельного сопротивления представлены на рис. 2. Они получены в результате исследований сопротивления рельсовой линии при наличии только продольной асимметрии. На графиках видно, что за счет действия рассматриваемой взаимной индуктивности асимметрия тягового тока в рельсовых линиях может возрастать в 2,5 раза. Причем эта зависимость становится сильнее, когда величина коэффициента асимметрии

тягового тока близка к предельно допускаемому значению. Обнаружено, что эта величина является функцией величин удельного сопротивления рельсовых нитей и коэффициента асимметрии тягового тока.

Эти зависимости объясняют увеличение интенсивности сбоев при отрицательных температурах окружающей среды, когда, казалось бы, после подготовки напольных устройств к работе в зимних условиях этого всплеска быть не должно. Именно по этой причине в рельсовых линиях около тяговых подстанций, как правило, не бывает повышенной интенсивности сбоев в работе РЦ и АЛС. По этой же причине увеличение тягового тока в рельсах при движении скоростных и тяжеловесных поездов не приводит к пропорциональному росту интенсивности этих сбоев [13].

Таким образом, асимметрия тягового тока в рельсовых линиях является также функцией тягового тока в рельсах и в контактных проводах; тока в высоковольтных линиях на опорах контактной сети; температуры окружающей среды; продольного и поперечного сопротивлений рельсовых нитей.

Для определения меняющихся во времени значений асимметрии тягового тока в рельсовых линиях двухпутных перегонов в местах подключения к рельсам аппаратуры РЦ, оборудованных ДТ, был разработан специальный метод [15]. Он также позволяет определять асимметрию в любой точке рельсовой линии под приемными локомотивными катушками АЛС с учетом взаимной индуктивности между рассматриваемыми электрическими линиями.

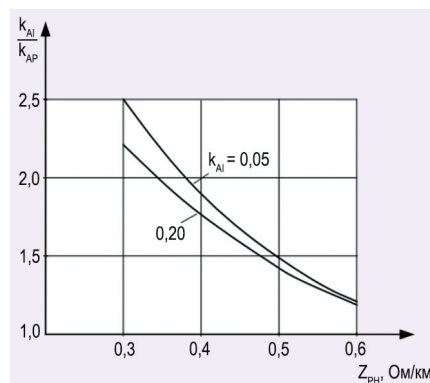


РИС. 2

Тяговые токи в рельсах оказывают большее влияние на работу приемников АЛС по сравнению с приемниками РЦ. Это объясняется следующим. Во-первых, асимметрия тягового тока в месте подключения приемника РЦ к рельсам определяется разностью сопротивлений рельсовых нитей по всей их длине. Неравномерность распределения по длине рельсовой линии степени увеличения электрических сопротивлений элементов ее рельсовых нитей приводит к выравниванию суммарных сопротивлений нитей и уменьшению асимметрии их значений. Во-вторых, сопротивления основных обмоток ДТ на концах РЦ исполняют роль балластных сопротивлений, что также приводит к уменьшению асимметрии сопротивлений рельсовых нитей.

Когда головной электровоз поезда вступает на РЦ, в рельсовых нитях перед ним остается только по одному ДТ и, следовательно, по одному балластному сопротивлению. По мере движения поезда к концу РЦ величина сигнального тока под катушками АЛС растет, но отрезки рельсовых нитей до конца РЦ укорачиваются, что приводит к уменьшению усреднения величин сопротивлений их элементов.

Поскольку ситуация с ЭМО на магистральных линиях меняется относительно быстро, в рассматриваемой области появляются новые проблемы, которые также необходимо решать. Активно расширяется область применения скоростного движения; увеличиваются вес и интенсивность движения тяжеловесных поездов, в том числе сдвоенных. Применяются новые электровозы, помехи от тягового тока которых имеют другой гармонический состав. Расширяется область использования в земляном полотне пенополистирола и геотекстиля с повышенным удельным электрическим сопротивлением, что приводит к изменению условий «возвращения» переменных тяговых токов от электровозов обратно на тяговые подстанции, свойств рельсовых линий как распределенных заземлителей. Кроме того, усиливается мешающее влияние тягового тока на РЦ и АЛС, что особенно сильно проявляется в экстремальных условиях – на

скалистых перевальных участках при промерзшем грунте.

В результате растет интенсивность сбоев и отказов РЦ и аппаратуры АЛС, ухудшаются безопасность и бесперебойность движения поездов, увеличиваются затраты на эксплуатацию систем ЖАТ. Все это отрицательно сказывается на экономических показателях ОАО «РЖД».

Переменный тяговый ток активно стекает из рельсов в землю. В результате все элементы тяговой рельсовой сети работают в повторно-кратковременном режиме, при котором протекающий через них ток растет до максимальных значений только при приближении к ним поезда. В экстремальных же случаях практически весь переменный тяговый ток «возвращается» на тяговые подстанции по рельсовой тяговой сети, что существенно усложняет работу РЦ и АЛС, требует изменения способа заземления устройств, в том числе для обеспечения условий электробезопасности. К сожалению, на сегодняшний день научно обоснованных решений этих вопросов не существует.

Увеличение тяговых токов в рельсовых линиях усиливает их мешающее влияние на РЦ и АЛС. В то же время сейчас нет даже более или менее строго обоснованных норм допускаемой величины тока асимметрии для РЦ и АЛС разных типов. Например, для участков с электротягой переменного тока предельным значением тока асимметрии считается 15 А или 5 % тягового тока величиной 300 А в рельсовой линии. Но эта норма была получена для работы дроссель-трансформаторов ДТ1-150, а не для работы РЦ или АЛС в условиях помех.

В настоящее время на некоторых участках ОАО «РЖД» величина переменного тягового тока в каждой рельсовой нити может достигать 800 А. В таких условиях требования к относительному значению асимметрии переменного тягового тока (коэффициенту асимметрии) должны быть более жесткими. В связи с этим необходимо ужесточить требования к величине продольной и/или поперечной асимметрии тягового тока.

Простая линейная экстраполяция известных данных на условия с

более высокими тяговыми токами, в том числе при использовании ДТ других типов, может оказаться некорректной, так как процессы формирования помех от переменных тяговых токов на РЦ и АЛС нелинейны [13]. Для определения требований к допустимому значению асимметрии сопротивлений рельсовых нитей в изменившихся условиях необходимы научные исследования.

Есть ряд проблем при оценке ЭМО в конкретных условиях, при измерениях и контроле электрических и магнитных параметров рельсовых линий, величины и гармонического состава тяговых токов. Эти проблемы требуют особого обсуждения и в данной статье не рассматриваются.

Научные исследования по ЭМС систем ЖАТ ведутся во всех отраслевых университетах. Благодаря этому удалось решить многие вопросы, касающиеся безопасности этих систем и устойчивости их работы под воздействием различных мешающих влияний, оценки ЭМО в конкретных условиях эксплуатации этих систем, выяснения физической сущности процессов возникновения помех, разработки способов контроля и диагностики для определения причин неустойчивой работы систем и совершенствования способов технической эксплуатации систем с учетом мешающих факторов.

Результаты этих исследований используются при разработке новых, а также модернизации и техническом обслуживании эксплуатируемых систем ЖАТ.

В решение проблем в области РЦ и АЛС большой вклад внесли ученые научной школы МИИТа во главе с А.М. Брылеевым. Например, научные разработки под руководством профессора Ю.А. Кравцова позволили создать наиболее защищенную от помех аппаратуру тональных РЦ, а также обеспечить требуемую их устойчивость на участках скоростного движения.

Комплекс научных исследований под руководством профессора В.М. Лисенкова позволил разработать систему АЛС-ЕН, успешно действующую на участках со скоростным и тяжеловесным движением.

В ЛИИЖТе под руководством А.И. Брейдо была разработана технология технического обслуживания систем ЖАТ, которая до настоящего времени принципиально не менялась. Под руководством В.В. Сапожникова и Вл.В. Сапожникова разработаны методы доказательства безопасности систем ЖАТ и сертификации аппаратуры.

Ограниченность объема статьи не позволяет отметить все значимые научные разработки в области теории и технических средств ЖАТ, разработанные преподавателями и сотрудниками железнодорожных вузов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Розенберг Е.Н. Талалаев В.И., Шаманов В.И. Технико-экономическая эффективность многоуровневой системы управления и обеспечения безопасности движения поездов. М.: ВНИИАС, 2004. 121 с.
2. Шаманов В.И. Системы интервального регулирования движения поездов с цифровыми радиоканалами // Автоматика на транспорте. 2018. Т. 4, № 2. С. 223–240.
3. Erste signalfreie Fernverkehrsstrecke // Signal + Draht. 2016. № 1/2. S. 68. (Kurzberichte).
4. US railways rise to PTC challenge / Vantuono W. // International Railway Journal, 2009. Vol. 49, Issue 10. P. 32–34, 36.
5. Wirtschaftlichkeit eines satellitengestützten ERTMS für deutsche Regionalstrecken / Bussmann A., Jäger B., Scheier B., Brinkmann F. // Signal+Draht. 2016. № 10. S. 6–11.
6. Sauer C. Gleisstromkreise – ein veraltetes oder aktuelles Mittel zur Gleisfreimeldung // Eisenbahningenieur. 2014. № 7. S. 25–30.
7. Шаманов В.И. Помехи и помехоустойчивость автоматической локомотивной сигнализации : учебное пособие. Иркутск: ИрГУПС, 2005. 236 с.
8. Bestemyanov P.F. A method of statistical modeling of electromagnetic interference in automatics and telematics channels in railway transport // Russian Electrical Engineering. 2015. Vol. 86, No. 9. P. 503–508.
9. Стальные стыковые соединители на участках с электрической тягой переменного тока / Шаманов В.И., Косякин В.В., Шабалин А.Н., Шаманова С.И. // Автоматика, связь, информатика., 1999. № 7. С. 8–10.
10. Kurzweil F. Diebstahlsichere Verbinder bei Gleisstromkreisen // Signal + Draht. 2014. № 3. S. 29–32.
11. Воротилкин А.В., Хоменко А.П. Проблемы влияния тяжеловесных поездов на приборы безопасности // Железнодорожный транспорт. 2006. № 10. С. 17–21.
12. Шаманов В.И. Электромагнитная совместимость систем железнодорожной автоматики и телемеханики. М.: УМЦ ЖДТ, 2013. 244 с.
13. Shamanov V. Formation of interference from power circuits to apparatus of automation and remote control // 2018 IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS), Kazan. 2018. P. 140–146. doi: 10.1109/EWDTS.2018.8524676.



ЛИНЬКОВ

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

РЕЛЬСОВЫЕ ЦЕПИ: ИСПОЛЬЗОВАТЬ ДАЛЬШЕ ИЛИ ОБОЙТИСЬ БЕЗ НИХ?

Вопреки сомнениям пессимистов круглый стол по обсуждению отраслевой проблемы о будущем рельсовых цепей прошел успешно. Такой площадки для общественного рассмотрения специалистами «узких» вопросов при реализации крупных проектов в нашей отрасли не хватало.

■ Предварительные публичные слушания по «узким» вопросам позволили бы исключить недостатки в реализуемых проектах, например МЦК, где использование коротких рельсовых цепей одной длины (300 м) привело к значительной избыточности аппаратуры.

Отсутствие информации о новых разработках и реализуемых проектах приводит к отставанию от требуемого уровня квалификации не только преподавателей вузов, но и студентов, которые не привлекаются для участия в новых работах. А ведь сегодняшний студент – это завтрашний инженер, проектировщик, разработчик, тот, кто будет создавать, проектировать и обслуживать системы будущего. Отстранение науки от сегодняшних проблем грозит проблемами завтрашними. В итоге такой подход приводит к необходимости покупки техники и технологий за рубежом. Россия – железнодорожная держава, которая должна быть в авангарде технического прогресса в транспортной отрасли и экспортировать свои разработки.

Теории рельсовых цепей, функциональной эффективности, безопасности, надежности и помехозащищенности являются основой технологий и технических средств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи.

Внедрение рельсовых цепей в СССР началось в 1931 г. в составе автоблокировки. Числовую

кодую автоблокировку разработали специалисты ВНИИЖТа в 1946–1948 гг. Затем началось ее внедрение совместно с АЛСН. Одним из разработчиков этих систем был будущий первый заведующий кафедрой «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте», дважды лауреат Сталинской премии, доктор технических наук, профессор А.М. Брылеев. Он же является основателем трех школ МИИТа: по рельсовым цепям; альтернативным системам интервального регулирования движения поездов (СИРДП) (координатным системам ИРДП, СИРДП с радиоканалом и др.); эффективности ИРДП. Каждая школа работала в интересах всех видов рельсового транспорта: железнодорожного, промышленного, метрополитена, скоростного трамвая.

Еще одна школа по безопасности движения поездов была создана вторым заведующим кафедрой, проректором МИИТа по научной работе выдающимся ученым, доктором технических наук, профессором В.М. Лисенковым.

Эти школы были мировыми лидерами в своих областях. Разработкой преподавателей кафедры до сих пор используются на железных дорогах (числовая кодовая автоблокировка, автоматическая локомотивная многозначная сигнализация единого ряда (АЛС-ЕН), диспетчерская сигнализация «Диалог» и др.).

Кафедра первой в стране начала разработку микропроцессорных систем управления движением поездов, а также подготовку специалистов для их эксплуатации. Однако сегодня механизм организации и финансирования научных работ нормально не функционирует, поэтому эти школы находятся в критическом состоянии. Без научной работы тормозится развитие техники и технологий, страдает качество учебного процесса.

В настоящее время кафедра ведет разработку научного комплекса «Технологии хозяйства автоматики и телемеханики рельсовых видов транспорта». Важнейшей составляющей этого комплекса является дисциплина «Технологии управления движения поездов и оценка их функциональной эффективности», базирующаяся на принципе технологического подхода. Такой подход подразумевает разработку устройств на основе опережающего создания эффективной технологии, которая в дальнейшем реализуется в виде технических средств.

Вернемся к вопросу о рельсовых цепях. С точки зрения науки проблема выбора между СИРДП на основе рельсовых цепей и альтернативными системами без рельсовых цепей должна решаться в форме фундаментальной научной работы, в которой будет сопоставлена сравнительная ком-

плексная эффективность рассматриваемых вариантов СИРДП.

Для решения задачи по оценке эффективности анализируется отечественный и зарубежный опыт, выбираются показатели эффективности. Затем для расчета количественных показателей разрабатываются соответствующие математические модели и методы их использования, алгоритмы и программное обеспечение. Проводятся расчеты показателей. В простейшем случае выбор лучшего варианта по значениям показателей делают субъективно эксперты. В более сложных и спорных случаях стараются ввести интегрированный показатель, который объединяет несколько показателей, либо используют специальные методы.

С момента своего основания кафедра «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте» стала ведущей по направлению «Эффективность технологий и систем ЖАТ». Однако с 2002 г. все работы по данному направлению ведутся только на общественных началах и на устаревших компьютерах.

Сегодня говоря о цифровизации, прежде всего, нужно учитывать эффективность. Надо давать отчет, какой эффект мы получим на каждую единицу затрат. Например, одним из показателей эффективности является межпоездной интервал, который используется для определения пропускной способности. Именно с ним связаны большие проблемы, увеличившиеся после обновления некоторых нормативных документов. Так, расчетная пропускная способность новых (в том числе микропроцессорных) систем автоблокировки с тональными рельсовыми цепями (ТРЦ) оказалась на 30 % меньше, чем считалось при их проектировании и на 40 % меньше, чем при классической релейной кодовой автоблокировке.

В Управлении автоматики и телемеханики и ЦДИ ОАО «РЖД» понимают важность функциональной и экономической эффективности как отдельных систем, так и всего комплекса управления поездов и всегда оказывают моральную поддержку в нашем

стремлении развивать компетенции в указанной области, но финансировать работы, признанные актуальными, не могут в силу сложившейся системы принятия решений и распределения ответственности.

К сожалению, сегодня распространено мнение, что технологический и технический прорыв, задачу достижения которого поставил президент России, можно решить только за счет инвестиций без проведения фундаментальных и прикладных научных исследований. Считаем, что для осуществления качественного скачка необходима разработка и реализация государственной концепции обеспечения прорыва. Такой подход необходим и в области управления движением поездов. Железнодорожная концепция должна четко ответить на вопросы: какие структурные изменения должны быть проведены для обеспечения национальной безопасности и эффективности страны в области управления движением, кто персонально будет нести ответственность за успешность реализации задачи прорыва в рассматриваемой области. Полагаю, что успешная реализация концепции станет драйвером повышения эффективности железнодорожной отрасли и экономики страны в целом.

Отвечая на вопрос, вынесенный для обсуждения на круглом столе о нужности или ненужности рельсовых цепей, хотелось бы снова вернуться к истории. На кафедре еще в 60-х годах под руководством А.М. Брылеева и И.Е. Дмитренко начали проводиться работы по созданию и испытанию альтернативных СИРДП. Профессор В.М. Лисенков, связист по базовому образованию, в своих научных работах первоначально занимался альтернативными каналами связи для СУДП. Но, возглавив в 1986 г. кафедру, он распорядился прекратить научную работу по рельсовым цепям, считая это направление неперспективным. Тем не менее, спустя 28 лет свою последнюю монографию он написал по теме «Методы анализа и синтеза рельсовых цепей». Это еще раз дока-

зывает, что окончательный отказ от рельсовых цепей на данном этапе невозможен.

Однако это не означает, что не нужно заниматься разработкой и совершенствованием альтернативных СИРДП. Альтернативные СИРДП должны пройти путь от вспомогательных систем ИРДП, стать резервными, лишь затем, возможно, и основными. Должна быть публично доказана их комплексная эффективность (безопасность, надежность, экономичность и функциональность).

Кафедра Российского университета транспорта «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» готова выполнить для ОАО «РЖД» фундаментальные научно-исследовательские работы по темам: «Сравнительная комплексная эффективность СИРДП с рельсовыми цепями и альтернативных СИРДП без рельсовых цепей» и «Анализ проблемы оценки межпоездных интервалов».

Кроме того, кафедра предлагает разработчикам технических средств управления движением предоставлять свои решения для использования в учебном процессе, проведение сравнительного анализа их эффективности с последующей публикацией результатов исследований в журнале «Автоматика, связь, информатика».

Учитывая успешность обсуждения на площадке журнала будущего рельсовых цепей специалистами отрасли, считаю целесообразным и в дальнейшем проведение в таком формате конференций по актуальным направлениям развития технологий и систем управления движением поездов, а также публичных защит наиболее значимых проектов.

Вместе с тем, было бы важно и интересно ознакомиться на страницах журнала с мнением представителей смежных отраслей о том, каким образом должен быть реализован технологический и технический прорыв в развитии железнодорожной отрасли страны, который обеспечит передовые позиции на международном рынке железнодорожных технологий и технических средств.



ПОПОВ
Павел Александрович,
АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте», руководитель Центра систем управления и обеспечения безопасности движения поездов, Россия, Санкт-Петербург

Рельсовые цепи уже в течение многих десятилетий являются надежным и проверенным средством интервального регулирования и обеспечения безопасности движения поездов. В то же время их строительство, содержание, обслуживание требуют большого количества ресурсов. Поэтому в данной статье рассматриваются технологии, способные заменить рельсовую цепь, и анализируются вопросы и проблемы, возникающие при переходе к системе интервального регулирования без рельсовых цепей и другой напольной автоматики.

ВОЗМОЖНА ЛИ ЖИЗНЬ БЕЗ РЕЛЬСОВОЙ ЦЕПИ?

■ Мировой тенденцией в железнодорожной автоматике является сокращение стационарной распределенной инфраструктуры железных дорог для уменьшения расходов на обслуживание. В связи с этим постоянно возникают вопросы по созданию систем управления подвижным составом без напольного оборудования или с его минимальным количеством. Основным средством интервального регулирования сегодня служит рельсовая цепь, которая обеспечивает определение занятости участка пути (рельсовой линии), контроль местоположения состава на основе занятости, передачу информации по рельсопроводному каналу и контроль целостности рельсовой линии.

Интервальное регулирование при отсутствии рельсовых цепей означает необходимость контроля местоположения всего подвижного состава на участке управления и контроля целостности подвижного состава с учетом требований по функциональной безопасности. Реализация указанной функциональности влечет разработку и внедрение бортовой системы позиционирования подвижного состава, радиосвязи и контроля целостности подвижного состава.

Каждая из этих систем представляет собой сложный комплекс. К примеру, система позиционирования включает в себя такие компоненты как электронная бортовая карта (формат представления данных и хранения), определение системы координат, расчет местоположения на основе комплексирования показаний различных датчиков, вычисление доверительного интервала найденного местоположения.

На сложность такой задачи указывает большое количество проектов, осуществляемых в мире для создания безопасной

системы позиционирования. Наиболее известными из них являются Star [1], SmartRail 4.0 [2] и Satloc. Так, цель проекта Star – заполнение пробела между требованиями системы ERTMS по безопасности и существующими возможностями спутниковой навигации, а раздел программы SmartRail 4.0 посвящен системе позиционирования. В статье [3] утверждается, что точная и надежная система локализации подвижного состава является ядром автоматизации железнодорожного транспорта.

Основой системы позиционирования является система координат. Исторически на железной дороге используется линейная система координат, которая основана на показаниях пикетных и километровых столбиков, установленных вдоль железнодорожного полотна. Однако эта система не соответствует физическим расстояниям [4], что неприемлемо для бортовой системы управления. В системе управления ERTMS/ETCS используется относительная система координат, где положение поезда определяется расстоянием относительно последней пройденной группы бализ [5] в метрах (относительная система координат также используется в отечественной системе САУТ).

Спутниковый приемник позволяет выдавать результаты в следующих системах координат: геоцентрической (декартовы координаты x, y, z относительно центра Земли), географической (широта, долгота, высота), в декартовых планарных координатах в проекциях Гаусса-Крюгера, Меркатора (наиболее распространенная в мире UTM система координат).

Такие системы координат не соотносятся с линейными, поэтому на железной дороге применя-

ют электронные карты ЭК, одна из задач которых заключается в установлении соответствия между координатами спутникового навигатора и линейными координатами. Наиболее простым методом является проекция спутниковой координаты на ближайшую ось (линию) железнодорожного пути на основе косинусного произведение.

Основная задача бортовой системы позиционирования и ЭК заключается в определении расстояния до точки остановки в виде хвоста впереди идущего поезда, светофора с запрещающим показанием. Поэтому ЭК должна содержать физические расстояния между смежными объектами. В работе [4] предлагается топологический метод вершин, которыми могут служить железнодорожные стрелки.

Объекты, относительно которых отсчитываются расстояния, должны быть фиксируемы независимым датчиком. Для стрелок таким сенсором может выступать оптическая камера и акселерометр для определения факта проследования по отклонению. Местоположение поезда определяется такими объектами и показателями, как станция, стрелка, съезд стрелки, расстояние от стрелки.

Важная составляющая системы локализации подвижного состава – наличие радиосвязи между поездом и центром управления (центром радиоблокировки). Алгоритм действия радиосвязи установлен в системе ERTMS/ETCS уровня 2. При потере соединения с центром радиоблокировки бортовое оборудование пытается восстановить соединение [6]. Если по истечении времени T_NVCONNACT соединение не восстановлено, бортовое оборудование поезда должно осуществить остановку посредством служебного торможения. Дальнейшее движение возможно только в режиме «под ответственность машиниста». В то же время стандарты системы ERTMS/ETCS [5] устанавливают возможность наличия зон с отсутствием радиопокрытия и описывают алгоритмы проезда через них.

Потеря радиосвязи с поездом будет как минимум равносильна

неисправности рельсовой цепи с ложной занятостью, так как отсутствует информация о местоположении поезда. Движение при такой неисправности допустимо с ограничением скорости в режиме прямой видимости с возможностью остановки при обнаружении препятствия.

Тяжесть последствий при потере радиосвязи в части ухудшения эксплуатационных характеристик требует повышенной надежности средств связи. Для решения данной проблемы, к примеру, в системе ETCS/ERTMS нормой является использование на борту двухканальной радиостанции передачи данных и строительство базовых станций с двойным перекрытием зон связи. В качестве системы связи возможно применение любой аппаратуры, обеспечивающей пропускную способность более 2 кбит/с. В работе [7] указывается стремление исключить зависимость от несущей частоты.

Третья составляющая системы локализации подвижного состава – контроль целостности на борту поезда. Основной способ решения заключается в размещении датчика на последнем вагоне с передачей информации на локомотив о местоположении последнего вагона. Важной задачей является обеспечение электропитания для датчика контроля хвоста поезда.

Необходимо отметить, что представляет определенную сложность первоначальная инициализация системы без напольной инфраструктуры. Как понять при включении системы (установке новой версии программного обеспечения), что на каком-то пути не стоит брошенный вагон или локомотив с неисправной радиостанцией. Кроме того, нельзя допустить въезд на железнодорожный участок подвижного состава, необорудованного радиостанцией для подключения к центру радиоблокировки. Возможным решением для первоначальной инициализации системы без напольной инфраструктуры является ограждение зоны без рельсовых цепей счетчиками осей. В таком случае въезд поезда без подключения к центру радиоблокировки будет обнаружен и появится возмож-

ность применения соответствующих мер противодействия.

Таким образом, в заключение следует сказать, что на сегодняшний день нет готовых технологий, позволяющих отказаться от использования напольной инфраструктуры (рельсовых цепей, счетчиков осей). Однако огромное число исследовательских проектов по всем направлениям позволяет быть уверенным в создании технических решений, которые дадут возможность существенно сократить количество напольной инфраструктуры. И нет сомнений в том, что в ближайшие годы будет решен вопрос создания систем точного и надежного позиционирования, радиосвязи нового поколения, бортовой системы контроля целостности.

ЛИТЕРАТУРА

1. STARS [Электронный ресурс] : сайт проекта. URL: <http://www.stars-rail.eu/project/> (дата обращения 21.01.2019 г.).
2. Safe and precise localisation of Railway Objects GNSS Multisensor based architecture for highly accurate and safe object localisation in railways [презентация] / E. Schnieder, R. Schild, U. Becker, A. Brand, T. Freissler // SmartRail 4.0 [Электронный ресурс]. 2018. URL: https://smartrail40.ch/download/downloads/STech2018_Sitges_Barcelona_vRS.pdf (дата обращения 21.01.2019 г.).
3. Precise and reliable localization as a core of railway automation (Rail 4.0) [Электронный ресурс] / M. Hutchinson, J. Marais, E. Masson, J. Mendizabal, M. Meyer zu Horste // International Congress on High-speed Rail: technologies and long term impacts, Oct 2017, Madrid, Spain. 2017. 10p. id: hal-01662758.
4. Hintze P., Pruter F. "But that's not the kilometer in the plan!" – the potential of georeferenced railway infrastructure data // Signal+Draht. 2018. № 11. S. 6–15.
5. Subset-026 v360 System Requirement Specification [Электронный ресурс] : сайт проекта. URL: https://www.era.europa.eu/node/641/211_en (дата обращения 21.01.2019 г.).
6. Senesi F., Marzilli E. ETCS European Train Control System. Development and implementation in Italy. Roma : CIFI, 2007. 316 p.
7. Study on the architecture of on-board radio communication equipment. Final report / European Union Agency for Railways : FR01T17J09_ERA_OP31_RP_008. 2017. URL: https://www.era.europa.eu/sites/default/files/activities/docs/study_on_architecture_on-board_radio_equipment_en.pdf (дата обращения 21.01.2019 г.).



БАЛУЕВ
Николай Николаевич,
ОАО «РЖД», эксперт Центра
организации скоростного и
высокоскоростного сообщения,
Россия, Москва

Прежде, чем обсуждать перспективы дальнейшего применения рельсовых цепей в составе систем железнодорожной автоматики и телемеханики, необходимо рассмотреть два возможных сценария отказа от рельсовых цепей и замены их на некое альтернативное техническое средство. Первый сценарий – замена РЦ при плановой полной модернизации объектов ЖАТ. Второй сценарий – целевая замена РЦ на альтернативное техническое средство в рамках отдельной инвестиционной программы – независимо от срока службы объектов ЖАТ.

РЕЛЬСОВЫЕ ЦЕПИ – ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА...

■ В первом случае следует принять во внимание, что реальный срок службы объектов ЖАТ сети дорог ОАО «РЖД» до их полной модернизации составляет порядка 50 лет. Соответственно, в ближайшие 50 или более лет в составе объектов ЖАТ будут эксплуатироваться рельсовые цепи.

При реализации второго сценария очевидно, что потребуются значительные инвестиционные затраты, не имеющие под собой технико-экономического обоснования их эффективности.

В части рассмотрения вопроса о перспективности использования рельсовых цепей в составе объектов ЖАТ можно отметить следующее.

Известны три блока режимов работы РЦ.

Первый – нормальный, шунтовой, режим короткого замыкания. Функционально – это контроль свободности или занятости изолированного участка. Именно этот режим был реализован Вильямом Робинзоном в 1867 г. для обеспечения контроля свободности станционного участка пути. Им же в 1869 г. была предложена система автоблокировки, ключевым элементом которой было применение рельсовой цепи в качестве средства контроля свободности блок-участка. Соответственно, в 2017 г. исполнилось 150 лет со «дня рождения» РЦ, а в 2019 г. – исполнится 150 лет со «дня рождения» автоблокировки на основе РЦ.

Второй – контрольный режим. Это режим «попутный», специально его никто не изобретал, он возник «сам». Функционально – это контроль целостности рельсовой линии. Этот режим работает на обеспечение безопасности движения в хозяйстве пути.

Третий – режим АЛС, режим передачи информации на локомотив. Это режим, который в течение первых 60–70 лет существования РЦ вообще не использовался. Затем, в течение

нескольких десятков лет, считался «вспомогательным» и только в последние 40 лет стал «тоже основным». Именно этот режим в современных условиях становится ключевым.

Если говорить о первом режиме, об использовании РЦ в качестве датчика свободности участка пути от подвижного состава, ему есть альтернативы, такие как счетчики осей, индуктивные шлейфы и датчики на основе волоконно-оптического кабеля

Счетчики осей внедряются медленно, стоят дорого, работают ненадежно. Все три особенности взаимосвязаны, ключевой фактор – дорого. Цены на них искусственно завышены как минимум на два порядка, поэтому нет и не будет ни массового их внедрения, ни соответственно высокой надежности. При этом функционально счетчики осей могут быть востребованы для маневровых районов станций, зоны депо и других участков в качестве основных средств контроля. На главных путях станций и перегонов они могут использоваться в качестве дублирующих средств для РЦ (если, конечно, разработчики и изготовители приведут цены в соответствие).

Индуктивные датчики давно и успешно работают на горочных стрелках, в системах оповещения для КТСМ. Они могут и должны применяться для контроля свободности автодорог от автомобилей на переездах. Пока количество внедренных устройств мало, поэтому оценить их стоимостные и надежностные показатели очень сложно. Если говорить о «завтра», то нужно четко обрисовать функционал их применения.

Датчики на основе волоконно-оптического кабеля – это инновация, информации по ним пока также мало. Можно предположить, что потенциал их использования для построения системы контроля свободности участков пути большой, нужно интенсивно продол-

жать работу по всем возможным (и невозможным) направлениям.

Второй, контрольный режим, – откровенно «путейский». И чем больше у путейцев развивается дефектоскопия, тем менее важным становится этот режим. Кроме того, он решает задачу выявления только поперечного излома рельса, да и то не во всех случаях.

Необходимо отметить, что лет тридцать назад была поставлена задача – сделать электрический контроль целостности рельсовой линии независимым от РЦ, т.е. требовалось «прострелить» отдельно каждый рельс от станции до станции электрическим сигналом. Для перегонов с ПАБ (это около 20 тыс. км пути), наверное, это продолжает оставаться актуальным и сейчас. При рассмотрении темы отказа от применения РЦ решение этой задачи было бы фактором положительным. Не исключено, что ее можно решить в рамках систем с использованием волоконно-оптических датчиков.

Режим АЛС в контексте разговора о потенциале систем, построенных на базе волоконно-оптических датчиков, становится определяющим! Использование цифрового радиоканала для передачи информации на локомотив – в мире это уже «и вчера», «и сегодня». У нас – пока первые шаги, скорее – мечты, чем реальное использование. Однако уже есть понимание новых проблем, таких как кибербезопасность, потенциальные деструктивные воздействия различной направленности.

В связи с этим, передача информации на борт по рельсам, развитие «старой» числовой АЛС в современную многозначную цифровую АЛС-ЕН с передачей информации по рельсам становится самой главной функцией РЦ. Именно в этом видится основная проблема, связанная с внедрением любых альтернативных технических средств или систем контроля. Если будет решена задача гарантированной передачи информации на борт без использования рельсовой линии, то можно поднимать вопрос об отказе от применения РЦ. Пока эта задача не будет решена, будет продолжаться внедрение РЦ, в том числе на участках скоростного и высокоскоростного движения поездов.

ЕСТЬ ЛИ АЛЬТЕРНАТИВА РЕЛЬСОВЫМ ЦЕПЯМ?



БЛЁСКИН

Максим Александрович,
институт «Гипротрансигнал-связь» – филиал АО «Росжелдорпроект», заместитель главного инженера – начальник технического отдела, Россия, Санкт-Петербург

■ Исторически на сети магистральных железных дорог стран бывшего СССР основным устройством контроля занятости участков пути служат рельсовые цепи, выполняющие также функции контроля целостности рельсовой нити и передачи информации на бортовые устройства локомотивов. Это один из самых важных элементов, обеспечивающих безопасность движения поездов.

Вне зависимости от схем включения рельсовая цепь была и остается далеко не самым надежным элементом железнодорожной инфраструктуры из-за подверженности различным внешним влияниям, будь то электромагнитные помехи, изменение свойств грунта и др. Кроме того, эти устройства чрезвычайно требовательны к техническому содержанию. Именно поэтому с момента появления первых рельсовых цепей непрерывно ведутся работы по их совершенствованию. Современные рельсовые цепи имеют достаточно высокие показатели надежности, в том числе благодаря применению цифровых технологий.

Однако при всех достигнутых преимуществах у современной аппаратуры РЦ появились и новые недостатки. Основной из них – высокое электропотребление и тепловыделение, приводящие в совокупности с работой другой микропроцессорной постовой аппаратуры к существенному увеличению нагрузок на внешние системы электроснабжения нетяговых потребителей, необходимости выполнять планировку постов ЭЦ с учетом обеспечения необходимого климатического режима. Это сказывается на величине капитальных затрат при модернизации устройств ЖАТ.

Несмотря на все перечислен-

ные недостатки рельсовых цепей, на сегодняшний день сеть магистральных железных дорог пока не готова к широкомасштабному переходу на альтернативные устройства позиционирования подвижного состава. Одна из причин заключается в отсутствии ожидаемых результатов от попыток заменить рельсовые цепи другими устройствами. Другая причина – ряд новых технологий, таких, как виброакустические датчики, еще находятся на начальной стадии апробирования. При отсутствии достаточного опыта их эксплуатации говорить о широкомасштабном внедрении альтернативных устройств преждевременно. В целом же следует отметить, что ввиду повышенной ответственности, предъявляемой к функциям контроля свободности/занятости участков пути, создание новых систем должно сопровождаться полномасштабными научными исследованиями.

Тем не менее, внедрение технических средств, альтернативных рельсовым цепям, более эффективных как с технической, так и с экономической точки зрения, неизбежно начнется – это вопрос времени. Это совершенно не означает, что рельсовые цепи в долгосрочной перспективе будут вытеснены с железнодорожных магистралей. Возможно, перечень их функций будет сокращен, например, исключен контроль целостности рельсов и кодирование. Вместе с тем при применении более совершенных и технологичных систем рельсовые цепи можно будет использовать как резервную систему контроля. Но, предполагая, что отечественные железные дороги полностью от рельсовых цепей никогда не откажутся.



СУПОНЕВ

Владимир Юрьевич,
ОАО «РЖД», Октябрьская
дирекция инфраструктуры,
начальник Санкт-Петербург
Сортировочный Московской
дистанции СЦБ,
Россия, Санкт-Петербург

РЕЛЬСОВЫЕ ЦЕПИ: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

Современные системы железнодорожной автоматики и телемеханики, обеспечивающие безопасность движения поездов, регулирующие движение и автоматизацию процесса расформирования составов на сортировочных горках, построены на основе электрических рельсовых цепей как основных путевых датчиков. Разработан и применяется ряд альтернативных решений, заменяющих рельсовые цепи, однако основой для систем ЖАТ остаются рельсовые цепи.

■ В зоне обслуживания Санкт-Петербург Сортировочный Московской дистанции СЦБ находятся 1943 рельсовых цепи, в том числе 1569 станционных (422 — на сортировочных горках) и 374 — перегонных. Применяются различные типы рельсовых цепей: тональные, фазочувствительные частотой 25 и 50 Гц, импульсные частотой 50 Гц.

Ежегодные расходы дистанции на работы по содержанию рельсовых цепей согласно графика технического обслуживания, расследование предостерегающих состояний и сбоев кодов АЛСН, устранение отказов, закупку материалов для содержания рельсовых цепей составляют около 14,5 млн руб. (20 % эксплуатационных расходов дистанции). Кроме того, следует принимать во внимание потери времени на ожидание перерывов в графике проследования поездов и маневровых передвижений и перемещение работников.

Для повышения эффективности производственных процессов необходимо снижение трудоемкости путем внедрения новых технологий, позволяющих обеспечить мониторинг работы рельсовых цепей и переход на обслуживание устройств по состоянию. Это позволит сократить трудозатраты и фонд оплаты труда на выполнение этих операций.

Внедрение устройств контроля сопротивления изоляции АКЦИ-24

позволяет автоматизировать выполнение технологических карт:

«Измерение на станциях и перегонах сопротивления изоляции жил кабеля, в том числе запасных, по отношению к «земле» с минимальным отключением монтажа» (10.1.3) и «Измерение сопротивления изоляции жил кабеля по отношению к «земле» и другим жилам» 10.1.7. Благодаря этому удастся оптимизировать численность работников дистанции.

Устройства УКТРЦ-М, АКНСИ позволяют проверять станционные рельсовые цепи на шунтовую чувствительность, измерять напряжение на путевых реле, основного и резервного источников электропитания. Таким образом, автоматизируется выполнение технологических карт 3.5, 3.6, 3.13, 11.1.6, 11.1.7, 11.1.10, 14.1.

Внедрение устройств измерения сигналов рельсовых цепей ПМИ-РЦ автоматизирует контроль параметров кодирования рельсовых цепей (технологическая карта 3.16).

В перспективе использование систем видеофиксации состояния элементов рельсовых цепей на базе вагонов-лабораторий совместно с аппаратно-программным комплексом позволит отказаться от осмотров рельсовых цепей линейными работниками (согласно технологическим картам «Проверка на станциях и перегонах состояния изолирующих элементов рельсовых цепей, стыковых соеди-

нителей и перемычек дроссельных, к кабельным стойкам, путевым трансформаторным ящикам» 3.1 и 3.2). В результате уменьшатся трудозатраты и сократятся сроки выявления и устранения замечаний.

Помимо значительных затрат труда и средств на техническое обслуживание рельсовые цепи имеют ряд других недостатков, снижающих эффективность технической эксплуатации. Среди них: зависимость работы РЦ от погодных и климатических условий и состояния верхнего строения пути; ухудшение шунтовой чувствительности при загрязнении поверхности рельсового полотна и колесных пар подвижного состава.

В процессе эксплуатации у линейных работников сформировались определенные требования к рельсовым цепям или иным датчикам контроля нахождения подвижного состава и целостности рельсового полотна. Целесообразно, чтобы эти устройства были необслуживаемыми со встроенными средствами мониторинга и самодиагностикой, требовали минимальных затрат при эксплуатации. В частности, для малоинтенсивных участков необходимы новые решения, позволяющие уменьшить затраты на содержание инфраструктуры путем отказа от изолирующих стыков, медных линий связи, дроссель-трансформаторов и др. Решить эти задачи под силу отечественным разработчикам и производителям оборудования.



ФУРСОВ
Сергей Иванович,
 ОАО «ЭЛТЕЗА», руководитель
 дирекции по внедрению
 и сопровождению МПСУ ЖАТ,
 Россия, Москва

На российских железных дорогах представлен широкий спектр рельсовых цепей. Условно они делятся по принципу действия, виду сигнала, режиму питания, типу путевого приемника, месту применения и элементной базе. Однако функционально все рельсовые цепи предназначены для выполнения нормального, контрольного и шунтового режимов, а также режима короткого замыкания. Кроме того, при наличии кодирования РЦ обеспечивают передачу кодовых сигналов на локомотив.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

■ Основными элементами рельсовых цепей являются устройства СЦБ, стыковые соединители, изолирующие стыки, соединители обратной тяговой канализации на электрифицированных участках, междупутные перемычки. Все эти элементы обслуживают линейные работники, т.е. на работу РЦ влияет человеческий фактор. Кроме того, их надежность зависит от климатических условий и состояния верхнего строения пути. При определенных условиях не гарантирована стабильная работа РЦ в шунтовом режиме. В связи с этим схемные решения электрических централизаций, систем интервального регулирования движения поездов дополнены средствами защиты от кратковременной потери шунта под подвижной единицей, а также функциями логического контроля занятости путей и участков, контроля проследования подвижного состава по маршрутам станции и перегонов. При реализации принципа подвижного блок-участка требуется оборудование каждой рельсовой цепи устройствами кодирования, что приводит к увеличению количества оборудования и потребляемой электрической энергии.

Сегодня в качестве альтернативы рельсовым цепям применяются системы счетчиков осей, которые точно определяют фактическую свободу и занятость стрелочных и путевых участков станций, блок-участков, перегонов, позволяют сократить количество напольного оборудования, а также независимо от состояния рельсовых соединителей выполняют функцию РЦ по контролю свободы и занятости участка пути.

Среди недостатков систем счета осей можно выделить следующие: ложное срабатывание датчиков и сбой счета осей при проходе путеизмерительной и снегоуборочной техники, перемещений над ними металлических предметов, например, модеронов с путевым инструментом, дефектоскопных тележек и др.; отсут-

ствие контроля целостности рельсов; продолжение кодирования при сходе подвижной единицы на кодируемых участках и нарушении шунтирования рельсов; возможность получения разрешающего кода вслед движущемуся поезду. Кроме того, путевые датчики повреждаются снегоуборочной техникой. Они также требуют технического обслуживания (проверки геометрических параметров расположения датчика на рельсе, уровня контрольного сигнала).

Применение новых методов виброакустического зондирования волоконно-оптического кабеля с учетом получаемых с локомотива данных систем навигации ГЛОНАСС/GPS позволяет определить координаты подвижной единицы и организовать движение поездов по принципу интервального регулирования на основе полученных сведений. При этом информация от радиоблок-центра передается по радиоканалу на локомотивные устройства, которые взаимодействуют с оборудованием на станциях.

Одновременно виброакустическое зондирование позволяет контролировать состояние верхнего строения пути: рельсы, их скрепления, стыки и колесные пары подвижного состава, выявляя до 80 % дефектов. Такое решение дает возможность избавиться от многих недостатков рельсовых цепей и системы счета осей, снять инфраструктурные ограничения по механизации и автоматизации обслуживания и ремонту верхнего строения пути.

Следует отметить, что многих подобных недостатков можно избежать, если отказаться от передачи кодовых сигналов на локомотив посредством рельсовой цепи и перейти на передачу информации на бортовые устройства по радиоканалу с обеспечением требуемой надежности и безопасности.

Однако, несмотря на явные преимущества этой технологии, сегодня для ее широкого внедрения имеется ряд препятствий. В

частности, требуется покрытие сети ОАО «РЖД» цифровой сетью передачи данных – TETRA, DMR, LTE с возможностью обмена информацией с каждой подвижной единицей как минимум с двух пунктов. Это обеспечит надежность, повысит точность позиционирования особенно для крупных станций со значительным количеством путей при их поперечной конфигурации.

Недостатками этой технологии также является отсутствие контроля целостности рельсовой цепи, необходимость применения реперных точек для обнуления ошибки позиционирования подвижного состава, электронных карт участков с высокой точностью привязки.

При выборе состава и принципов работы технических средств ЖАТ для применения на том или ином участке необходимо учитывать технико-экономические показатели. Несомненно, они отличаются для линий высокоскоростного движения, интермодальных перевозок с высокой интенсивностью движения поездов, линий различной категорийности (от первой до четвертой) и линий в разных природно-климатических условиях и регионах. Отказываться от применения рельсовых цепей на перечисленных линиях, в том числе на линиях 2-й категории, пока преждевременно. Для линий 3-й и 4-й категорий в местности с тяжелыми климатическими условиями (Якутия, Северный широтный ход) допустимо применение полуавтоматической блокировки с системой счета осей для контроля свободности перегона и автоматической подачи сигнала прибытия. Целесообразно их дополнить системой «Анаконда», первоначально применяемой для контроля состояния верхнего строения пути, а в дальнейшем для организации интервального регулирования движения поездов. На станциях также имеется опыт организации маршрутных передвижений на основе систем счета осей с реализацией мероприятий, обеспечивающих безопасные условия кодирования.

Кроме этого, необходимо ускорить оснащение подвижного состава системами мониторинга (дефектоскопии) состояния верхнего строения пути с передачей информации в дорожные центры в режиме реального времени при графическом движении.

АППАРАТУРА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ



ЧИРКОВ
Николай Викторович,
ОАО «ЭЛТЕЗА», главный
специалист отдела
организации разработок
и внедрения новой техники

Для повышения эксплуатационной надежности рельсовых цепей, а также улучшения их обслуживания ОАО «ЭЛТЕЗА» расширяет номенклатуру выпускаемой аппаратуры тональных рельсовых цепей.

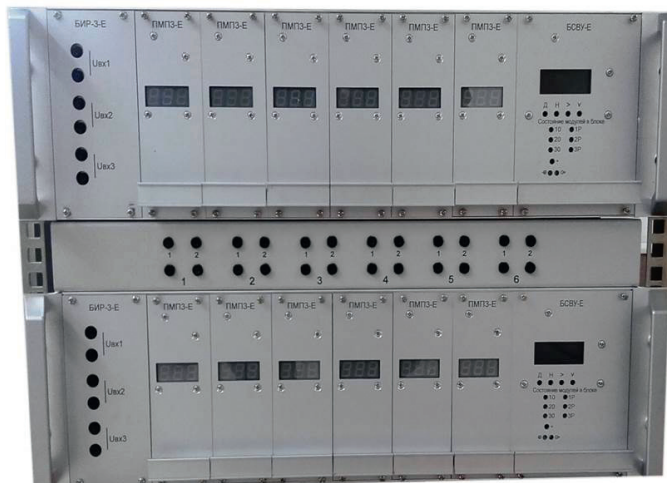
■ При разработке специалистами ОАО «ЭЛТЕЗА» современной линейки аппаратуры тональных рельсовых цепей базовым изделием была аппаратура тональных рельсовых цепей с автоматическим регулированием уровня сигнала ТРЦ-АР, созданная совместно с сотрудниками МИИТа.

Аппаратура ТРЦ-АР обеспечивает автоматическое поддержание оптимального для работы рельсовой цепи напряжения на входе путевого приемника путем безопасного изменения напряжения на выходе путевого генератора в пределах, указанных в регулировочной таблице. Благодаря этому снижается влияние человеческого фактора на процесс регулировки рельсовых цепей.

Микропроцессорный путевой приемник нового поколения (ПМП)

обладает повышенной помехоустойчивостью в рабочей полосе пропускания благодаря применению современных методов обработки сигнала. Этого удалось добиться без усложнения схемотехнических решений, лишь за счет специального программного обеспечения, реализующего алгоритмы нелинейной и спектральной обработки сигналов.

Высокая стабильность параметров аппаратуры ТРЦ-АР, особенно при воздействии внешних климатических и механических факторов и изменении напряжения электропитания, минимизирует необходимость регулировки рельсовых цепей при замене аппаратуры и обеспечивает повышение расчетного коэффициента возврата на 20 %. Это дает возможность увеличить максималь-



Аппаратура тональных рельсовых цепей с автоматическим регулированием уровня сигнала ТРЦ-АР



Цифровой модуль ЦМ КРЦ-АР

ную допустимую длину станционной рельсовой цепи в 1,5 раза (с 800 до 1200 м), что ведет к сокращению количества оборудования и кабельных линий, и как следствие, к снижению капитальных затрат при строительстве электрической централизации.

Аппаратура ТРЦ-АР имеет увязку с системой удаленного диспетчерского мониторинга, и дежурный электромеханик может на АРМе оценивать состояние, работоспособность и параметры устройств.

Протоколом взаимодействия ТРЦ-АР с системами мониторинга предусмотрена передача в них информации о состоянии блоков ТРЦ-АР (нормальном, предотказе, отказе) и релейных выходов

приемников ТРЦ, а также кодов неисправностей аппаратуры, значений каналов настройки устройств, уровней выходного напряжения генераторов и входного напряжения приемников ТРЦ.

Для повышения качества проверки технических характеристик аппаратуры на предприятии или в РТУ дистанций СЦБ производится автоматизированный стенд АСП ТРЦ-АР, на котором в автоматическом интерактивном режиме под управлением программного обеспечения выполняется настройка и проверка устройств.

Функции оператора заключаются в выполнении простых, не требующих высокой квалификации операций. После окончания проверки программа автоматически создает протокол проверки.

В линейку аппаратуры ТРЦ также входят микропроцессорные путевые генераторы и приемники в штепсельном конструктиве. Эти изделия являются полными функциональными аналогами устройств, применяемых в действующих системах.

Микропроцессорные путевые генератор и приемник с резервированием (ГМП1-Р и ПМП1-Р) обеспечены 100 %-ным резервом, а их габаритные размеры и схемы подключения не изменены по сравнению с аналогами.

Применение современной элементной базы и наличие развитой системы самодиагностики повышает надежность и стабильность работы, обеспечивает функциональную безопасность и возможность передачи информации о состоянии

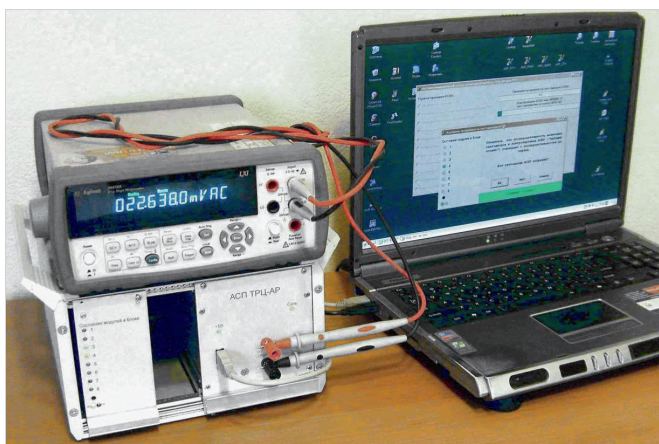
устройств в систему диспетчерского контроля.

С целью расширения функций аппаратуры ТРЦ-АР, дополнения ее устройствами кодирования, защиты, а также реализации цифровой увязки с системами МПЦ разработан цифровой модуль контроля рельсовых цепей с автоматическим регулированием уровня сигнала ЦМ КРЦ-АР. Модуль представляет собой функционально законченную подсистему контроля и кодирования рельсовых участков с приемом и передачей информации через цифровой и/или релейный интерфейс. В его состав входит аппаратура: тональных рельсовых цепей (ГМП2-Е, ПМП3-Е, ФПМ-Ц); кодирования рельсовых цепей сигналами АЛСН (генераторы кодирования ГЛС-Е, модули конденсатора МК4); защиты от грозовых и коммутационных перенапряжений (первой и второй ступеней); обмена данными с микропроцессорными и релейными централизациями (концентратор связи нижнего уровня КСн, дискретные объектные контроллеры ОКД-Е).

Повышение коэффициента готовности и надежности работы достигается за счет 100 %-ного резервирования каждого прибора и дублирования каналов передачи данных. Поскольку обмен данными с МПЦ происходит по цифровому интерфейсу (RS-422, Ethernet), отпадает необходимость применения реле. Современная аппаратура кодирования позволяет исключить сбои АЛСН, а также менять частоту кодирования рельсовых цепей (25, 50, 75 Гц) по команде от МПЦ.

С целью расширения функциональных возможностей ЦМ КРЦ-АР ведется работа, связанная с добавлением функции кодирования сигналами АЛС-ЕН, что особенно актуально с учетом развития скоростного и высокоскоростного движения.

Таким образом, благодаря перечисленным преимуществам, аппаратура тональных рельсовых цепей нового поколения ОАО «ЭЛТЕЗА» наиболее полно отвечает всем современным требованиям и обеспечивает высокий уровень безопасности и надежности работы рельсовых цепей.



Автоматизированный стенд проверки аппаратуры АСП ТРЦ-АР



АЛЬТЕРНАТИВЫ РЕЛЬСОВЫМ ЦЕПЯМ. ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ



ТИЛЬК
Игорь Германович,
председатель совета директоров
АО «НПЦ «Промэлектроника»,
канд. техн. наук,
Россия, г. Екатеринбург



ЛЯНОЙ
Вадим Вадимович,
член совета директоров
АО НПЦ «Промэлектроника»,
Россия, г. Екатеринбург



ГНИТЬКО
Ростислав Васильевич,
руководитель бюро
перспективных исследований
АО «НПЦ «Промэлектроника»,
Россия, г. Екатеринбург

На место рельсовых цепей (РЦ) как средства контроля свободы/занятости участков пути претендуют две основные технологии: счета осей преимущественно с помощью индуктивных датчиков колеса (ИДК) и оптосенсорные системы. Рассмотрим возможности и ограничения каждой из них в сравнении с рельсовыми цепями.

■ Индуктивные датчики колеса и созданные на их основе системы счета осей (ССО) применяются с середины XX века. По сравнению с РЦ они имеют меньшую стоимость жизненного цикла. В настоящее время в мире внедрено более полумиллиона счетных пунктов. Таким образом, сегодня накоплен большой опыт эксплуатации ИДК и ССО, область применения и функциональные возможности которых значительно шире, чем у РЦ.

Технология счета осей уже давно вышла за рамки своей основной функции. На ее основе созданы новейшие решения для прикладных задач эксплуатации, информационно-логистических систем предприятий, а также объектные контроллеры счета осей с использованием беспроводных сетей передачи данных. Датчики нового поколения позволяют собирать, обрабатывать и передавать широкий спектр данных, при этом на порядок снизилась вероятность сбоев и отказов по сравнению с датчиками 90-х и 2000-х годов.

Однако по своей природе ИДК являются точечными датчиками и не обеспечивают две функции РЦ – контроль излома или изъятия рельса и АЛСН.

Но являются ли РЦ релевантным средством контроля излома или изъятия рельса?

По данным исследований российских ученых В.М. Филиппова и А.А. Маркова, основные случаи изломов рельсов происходят в зоне сварных стыков (более 35 %), из-за поперечных трещин в головке рельсов (25 %) и из-за трещин коррозионного происхождения в подошве рельсов (20 %).

Исследования, проведенные на Горьковской дороге, показали, что большинство изломов рельсов происходит под поездами, в местах со сверхнормативными

отступлениями в параметрах путевой решетки, где возникает продольное кручение рельса от приложенной поездной нагрузки. В подошве рельса зарождается и развивается усталостная трещина, которая приводит к излому рельса под поездами по дефектам 69 и 79, а при боковом смещении головки рельса внутрь колеи происходит динамическое соударение гребня колеса и головки рельса. Результатом является зарождение и развитие горизонтальных и поперечных трещин.

Рельс с трещиной уже является остродефектным и подлежит незамедлительной замене. При этом остродефектные и дефектные рельсы не обеспечивают разрыв электрической цепи, а поэтому не выявляются контрольным режимом РЦ и должны обнаруживаться только методами дефектоскопии. Причем наиболее перспективной аппаратной реализацией следует считать установку дефектоскопического оборудования на локомотивах.

Кроме того, в момент излома рельса под поездом рельсовая цепь находится в шунтовом режиме и не может выявить это явление. Таким образом, РЦ как средство контроля излома или изъятия рельса целесообразно применять только на участках с интенсивным и особо интенсивным движением.

Для передачи данных о поездной ситуации и допустимой скорости движения без РЦ следует применять различные виды цифровых радиоканалов, обеспечивающих множественный доступ и автоматический процесс передачи абонента от одной базовой станции к другой. Выбор типа сети обмена данными определяется экономической целесообразностью, но при этом необходимо учитывать пригодность этой сети с точки зрения обеспечения безопасности движения поездов.

Речь идет об обеспечении необходимой скорости обмена данными с учетом интенсивности движения, специфики радиоканала, помеховой обстановки и алгоритмов обработки информации. В связи с этим рискованно использовать сети, разработанные для Интернета вещей (LoRaWAN и др.), из-за крайне низкой скорости передачи данных и уязвимости для хакерских атак. Более приемлемы высокоскоростные сети типа Wi-Fi, Wi-Max (с доработкой ПО), LTE-R и др.

В зависимости от характера и интенсивности движения радиосеть может обеспечивать непрерывное, квазинепрерывное (на станциях, блок-постах и участках приближения к ним) и даже точечное кодирование. В качестве дополнительного или альтернативного (для малоделятельных участков) средства точечного кодирования могут использоваться шлейфы или активные путевые приемоответчики (транспарентные бализы).

В начале XX века в мире получили широкое распространение оптосенсорные технологии. Они базируются на возникновении электрических эхо-сигналов при поперечных или продольных деформациях волоконно-оптического кабеля (ВОК) и при изменении его температуры. Технология FBG, основанная на изменении свойств брэгговских решеток кабеля, требует применения специальных ВОК. Большой интерес представляет технология C-OTDR, использующая рэлеевские отражения в типовых ВОК. На ее базе создан ряд оптосенсорных систем (Distributed Acoustic Sensing, DAS).

Анализ отраженных сигналов, принятых рефлектометром, позволяет выявить множество событий, происходящих на участке железной дороги протяжен-

ностью до нескольких десятков километров. Среди них можно выделить следующие: прохождение подвижного состава (на основании чего возможно строить системы ИРДП и формировать ГИД); определение дефектов колесных пар, тележек и рельсов; несанкционированный доступ к объектам железнодорожной инфраструктуры, в том числе изъятие рельса; сход подвижного состава; определение загрузки вагонов, скорости поезда и др.

По совокупности функциональных возможностей системы DAS экономически намного эффективнее традиционных средств фиксации указанных событий.

Вместе с тем есть ограничения применения DAS в системах обеспечения безопасности движения поездов. Физические принципы оптосенсорных технологий определяют однозначные соотношения между длиной контролируемого участка, разрешающей способностью и отношением сигнал/помеха. Поэтому продольная точность в типовых применениях не превышает 5–10 м, что исключает использование DAS на станциях. Отмечена практическая невозможность различения, по какому из путей многопутного участка следует поезд. Параметры оптосенсорных систем сильно зависят от внешних механических факторов (например, сейсмической активности).

Сравнивая свойства и функциональные возможности РЦ, ССО и DAS, можно сделать вывод, что у каждого из апробированных способов обнаружения проходящего по пути состава есть свои сильные и слабые стороны, а максимальный эффект дает их комбинированное применение. Безопасное определение свободности/занятости участка пути без дополнительных систем обеспечивают только РЦ и ССО.

Отдельно взятый координатный метод определения свободности/занятости на базе СНС, триангуляции, пассивных бализ, одометров, доплеровских радаров и других также не обеспечивает требуемый уровень безопасности из-за нерешенной пока задачи автоматического контроля координаты хвостового вагона. Но, как дополнение к одному из базовых, этот метод представляет собой важнейшее средство интервального регулирования.

В заключение предлагаем несколько вариантов оснащения участков с различным характером и интенсивностью движения.

Для малоделятельных участков базовая технология – счет осей и микропроцессорная полуавтоматическая блокировка МПБ. По требованию заказчика дополняется устройствами кодирования на базе точечного или квазинепрерывного радиоканала. При увеличении трафика (рис. 1) устанавливается автоматический блок-пост.

При дальнейшем увеличении интенсивности движения осуществляется переход к автоблокировке на базе счета осей (прототип – система СИР-ЭССО) с непрерывным радиоканалом для кодирования (рис. 2).

На участках с интенсивным и особо интенсивным движением, а также высокоскоростных применяется автоблокировка на базе РЦ (рис. 3). По требованию заказчика в качестве 100 %-ного резерва может использоваться СИР-ЭССО с непрерывным радиоканалом. Для повышения пропускной способности возможно применение координатного метода.

Во всех случаях дополнительно может быть использована DAS-система для расширения функциональных возможностей и повышения безопасности и готовности комплексной системы контроля свободности/занятости участка.

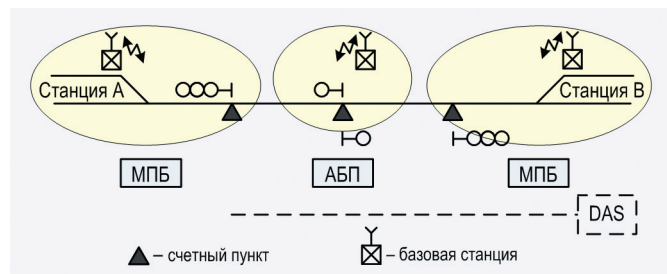


РИС. 1

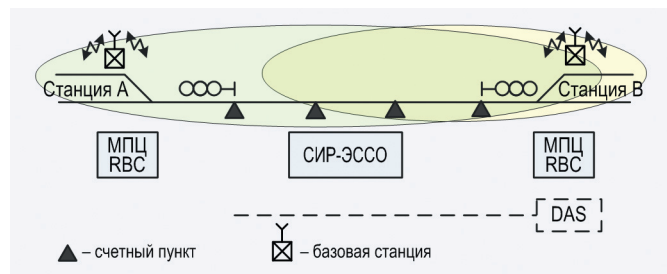


РИС. 2

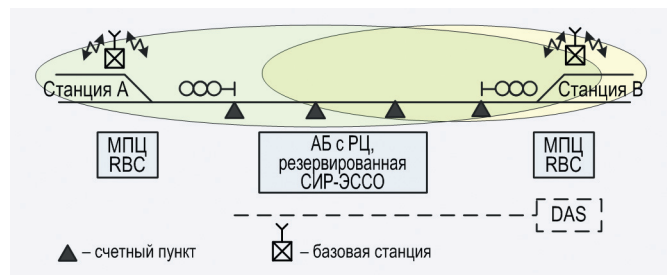


РИС. 3

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ: ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР

Рельсовые цепи, служившие человечеству практически полтора века, сегодня находятся на грани «поглощения» новыми информационными технологиями и способами реализации возложенных на них функций. В этой статье описываются ключевые, по мнению автора, пути совершенствования технологий, способных «взять на себя» все функции рельсовых цепей.

■ Рельсовые цепи в настоящее время на многих железных дорогах, в том числе постсоветского пространства, являются базовой технологией позиционирования подвижных единиц. Они изобретены около полутора века назад американским инженером Вильямом Робинзоном (рис. 1) и на протяжении всего этого времени непрерывно совершенствовались и совершенствуются до сих пор. Тем не менее, изобретенная в 1872 г. нормально замкнутая рельсовая цепь, широко применяемая в настоящее время, решала одну единственную задачу – контроль положения подвижных единиц. С этой целью она использовалась на протяжении многих десятилетий. Функции же рельсовой цепи, связанные с передачей данных на тяговые подвижные единицы и диагностированием рельсового пути, начали использоваться несколько позже [1]. Например, первая система автоматической локомотивной сигнализации непрерывного действия была включена в работу в 1923 г. Именно эти «дополнительные» функции рельсовой цепи сегодня многими специалистами в области железнодорожной автоматики называются основными «камнями преткновения» развития и внедрения новых технологий позиционирования подвижных единиц.

Изобретенная задолго до эры информатизации рельсовая цепь взяла на себя важнейшие функции и крепко «засела» в основании многих систем управления движением поездов. Тем не менее, взглянув на данное изобретение с позиции сегодняшнего

дня, можно отметить применение морально устаревших принципов управления, передачи и диагностики состояния пути. Рельсовая цепь позиционирует подвижную единицу весьма надежно, но только в пределах участка контроля, который может иметь существенную длину (т.е. контроль является дискретным), а само позиционирование не учитывает и не может учесть свойства подвижного состава (тип, количество вагонов, вес, допустимые скорости и др.). Выходом считается уменьшение длин рельсовых цепей, что не является универсальным методом и приводит к значительному увеличению числа аппаратных средств, энергопотребления, и соответственно затрат на внедрение, содержание и обслуживание, а также рисков отказа.

На работу рельсовой цепи



РИС. 1

завязаны и все другие средства обеспечения безопасности движения поездов, в том числе, такие важные, как средства переездной автоматики [2]. Наличие рельсовых цепей практически не дает возможности оптимизации работы переездной автоматики и учета характеристик приближающихся к переездам железнодорожных подвижных единиц, внедрения динамического извещения. Трудности выполнения режимов функционирования обуславливают огромное число отказов рельсовых цепей (по статистике около трети отказов средств железнодорожной автоматики приходится именно на рельсовые цепи [3]) и процедур по их техническому обслуживанию и ремонтам. Кроме того, наличие рельсовых цепей требует использования дорогостоящего и сложного оборудования, среди которого можно выделить дроссель-трансформаторы, специальные устройства крепления стрелочных электроприводов к рельсам с дополнительными средствами изоляции и аппаратуру систем технического диагностирования и мониторинга для предупреждения развивающихся отказов [4]. Корректная работа рельсовой цепи зависит от множества факторов, а ее нарушение объясняется жесткими условиями эксплуатации при постоянных климатических изменениях, а также взаимодействием с тяговыми подвижными единицами и сетью их энергоснабжения.

Нельзя не обратить внимание на трудности проектирования технических средств автоматизации при использовании технологии

рельсовых цепей, необходимость выполнения расчетов их параметров, проработки вопросов канализации обратного тягового тока и др.

Таким образом, использование технологий рельсовой цепи приводит к увеличенной стоимости и всего жизненного цикла систем автоматики.

На пути к развитию железнодорожной транспортной системы проводниками в «будущую жизнь без рельсовых цепей» оказываются информационные технологии.

При разработке технических средств и приспособлений для организации движения поездов априорно понимается необходимость их дальнейшего технического обслуживания, контроля и диагностирования состояния, изменяющегося при эксплуатации. Это провоцирует создание двух направлений при эксплуатации средств инфраструктуры: периодического обслуживания с привлечением сервисных бригад и разработку дополнительных средств контроля технического состояния. Подобные технические средства могут быть не ограничены выполнением только одной диагностической функции, а ориентированы и на решение других задач, выполняющих дополнительную функцию как дополнительную. Это относится к большинству технических средств автоматизации, в том числе, и к рельсовым цепям, на которые в настоящее время возлагается три основные функции: дискретный контроль положения подвижных единиц в пределах границ участка контроля, передача данных на локомотив и контроль целостности рельсовых нитей.

Необходима не просто модернизация рельсовых цепей, некоторая их улучшенная конструкция или сверхнадежное оборудование, нужен качественный скачок в совершенствовании технологий позиционирования подвижных единиц, передачи данных и контроля состояния железнодорожного пути. И эти технологии есть в современном мире.

Задача позиционирования подвижных единиц во многих странах мира уже давно решается без использования рельсовых цепей. Для этих целей могут быть задействованы системы счета осей, а

также спутниковое позиционирование [5–7].

Функции рельсовых цепей как передатчика сигналов на локомотив вполне очевидно могут также быть безболезненно замещены. Передача данных может быть возложена не на рельсовый канал, а на развитые беспроводные тракты. При этом современные технологии уже сейчас позволяют передавать широкий спектр данных (допустимая и рекомендуемая скорость (данного и впереди/позади идущих поездов), расчеты тяговых характеристик, прогнозные времена хода и др.), а не ограничиваться только аналогом какого-либо цвета световой сигнализации. Защита информации при передаче обеспечивается путем применения современных методов кодирования и защиты [8].

Ключевая проблема, как представляется, состоит не в том, чтобы улучшить конструктивно саму рельсовую цепь, а в том, чтобы создать такую конструкцию самого рельсового пути, который бы имел свойство сообщать о своем техническом состоянии (так называемый «контролепригодный рельсовый путь»). Для такого сложного и распределенного объекта как железнодорожный путь подобная задача до сих пор реализуется косвенно путем применения рельсовых цепей. Однако полнота и глубина контроля и диагностирования весьма ограничены. К примеру, рельсовые цепи не способны на 100 % контролировать трещины в рельсах и, тем более, нарушения геометрических параметров колеи (превышение/понижение рельсов относительно друг друга, просадка грунта, деформация рельсов и др.).

Прежде всего, следует обратить внимание на диагностические функции и возможности их развития. Для качественного скачка вперед необходим пересмотр тех принципов и парадигм, которые возлагались на сами рельсы при создании. Рельсы тогда и сейчас понимаются только как направляющие для движения колесных пар, а не как устройства, снабженные расширенным функционалом.

Возможны два пути совершенствования технологии эксплуатации рельсового пути: развитие внешних средств технического

диагностирования и мониторинга, проводящих некие измерительные процедуры с рельсами извне (электрические, акустические (ультразвуковые) импульсы и др.), или же наделение самих рельсов интеллектом (пусть и простым).

Первый путь развития – это контроль технического состояния рельсового пути с борта подвижного состава (специализированного дефектоскопа и тяговых подвижных единиц). Часть функций по дефектоскопии может быть передана на локомотив для ежедневного мониторинга, а часть – остаться за дефектоскопами, которые в настоящее время с частотой не менее двух раз в месяц обследуют железнодорожный путь.

Основной проблемой является недостаточное развитие специализированных технологий дефектоскопии и возможности передачи части диагностических функций на средства бортовой автоматики. Поверхностные повреждения, отсутствие креплений на рельсах, некоторые острые дефекты рельсов могут идентифицироваться с борта тяговой единицы, тогда как находящиеся в стадиях зарождения и постепенно развивающиеся неисправности рельсов – выявляться после прохода специализированного подвижного состава. Работы в этом направлении ведутся, можно отметить результаты одной из таких [9]. Не последнюю роль в этом направлении могут сыграть и геоинформационные системы, использование которых становится все более востребованным в железнодорожной отрасли [10].

Второй путь – путь наделения неодушевленного металлического предмета интеллектом, может показаться фантастическим, но он достижим в условиях современного развития науки и техники. Требуется закрепление или «вживание» измерительных датчиков в сами рельсы путем либо незначительного изменения профиля рельса на этапе изготовления, либо внесение незначительных конструктивных изменений в уже подготовленные и установленные рельсы, либо добавления новых материалов с диагностическими свойствами и возможностью их контроля при эксплуатации. Датчики состояния рельсов могут быть

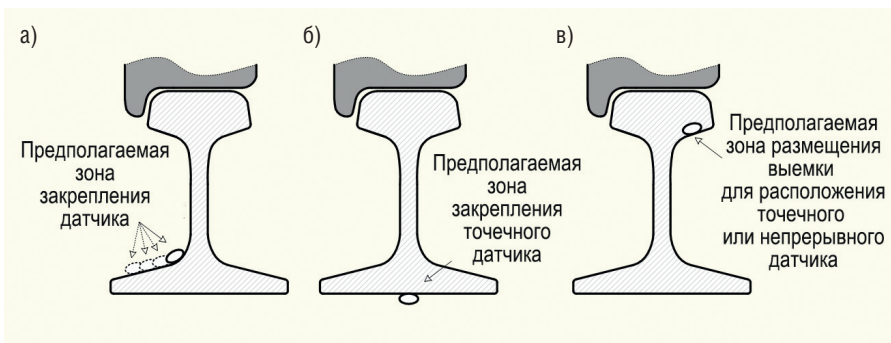


РИС. 2

расположены непрерывно или дискретно через определенные расстояния. Варианты расположения таких датчиков показаны на рис. 2 (а) – крепление на подошву рельса, (б) – крепление под подошвой рельса, (в) – размещение в головке рельса. Датчики могут функционировать на различных физических эффектах как непрерывно, так и срабатывать от прохода колесных пар (пассивные датчики по аналогу счетчиков осей), и посылать тестовые импульсы в рельсы, проверяя тем самым их целостность. Необходимое количество датчиков, способы их крепления и контроля требуют дополнительных исследований.

Перспективным может оказаться изменение формы рельса и добавление желоба для помещения в него непрерывного оптического датчика (результаты консультаций с профильными предприятиями по производству рельсовых плетей позволяют говорить о перспективах такой модернизации). Следует отметить, что используемая форма рельса не всегда была таковой, хотя и предложена еще в 1830 г. [11]. Диагностические функции в момент изобретения не закладывались авторами, но сейчас развитие технологий позволяет это делать.

Подобные изменения способны полностью «перевернуть» мир железных дорог, так как они позволят контролировать не только все геометрические параметры рельсового пути и отказаться от такого архаизма, как рельсовая цепь,

но также ввести дополнительные функции контроля различных параметров движущегося поезда (самый простой – взвешивание на ходу). Конечно, у представленного способа интеграции датчиков в рельсы имеются свои особенности, и требуются исследования в плане возможностей стыковки рельсов, сваривания, резки и др. Более того, открываются пути в создании новых систем управления движением поездов, основанных на энергии фотона (так называемых квантовых систем управления движением [12]).

Современные технологии во всех областях науки и техники – от физики и материаловедения до теории информации и кодирования, – сегодня позволяют со всей уверенностью отметить необходимость отказа от морально устаревающей и несовершенной технологии рельсовой цепи. Дальнейшее развитие данной технологии является высокзатратным и по сути тупиковым, так как не позволяет достичь новых качеств самих систем управления движением поездов.

Отказ от рельсовой цепи, естественно, не может оказаться моментальным в силу консерватизма железнодорожного сообщества, определенных экономических интересов, а также простой боязнью перемен и интеллектуализации и роботизации транспорта. Тем не менее, следует непременно ожидать, что рельсовая цепь «раздаст» свои функции другим техническим объектам отрасли и

уступит место более эффективным технологиям современности, оставив в нашей памяти величайшее открытие XIX века, изменившее человечество и позволившее изменить представление о безопасности движения поездов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аркатов В.С., Кравцов Ю.А., Степенский Б.М. Рельсовые цепи. Анализ работы и техническое обслуживание. М.: Транспорт, 1990. 295 с.
2. Ефанов Д.В. Цифровой железнодорожный переезд // Автоматика, связь, информатика. 2018. № 11. С.11–15.
3. Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи : учебное пособие / Сапожников В.В., Сапожников В.В., Ефанов Д.В., Шаманов В.И. М.: УМЦ ЖДТ, 2017. 318 с.
4. Ефанов Д.В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : монография. СПб.: ПГУПС, 2016. 171 с.
5. Theeg G., Vlasenko S. Railway Signalling & Interlocking. 2nd ed. Hamburg : PMC Media House, 2018. 458 p.
6. Pointner F. Train detection : a snapshot // Ultimate Rail. 2018. Issue 1. P. 7–13. URL: https://issuu.com/trauscher-sensortechnology/docs/ultimate_rail_2018-01_en.
7. ETCS Level 2 without GSM-R / Arend L., Pott L., Hoffmann N., Schanck R. // Signal+Draht. 2018. № 10. S. 18–28.
8. Ryan W.E., Lin S. Channel Codes: classical and modern. Cambridge : Cambridge University Press, 2009. 708 p.
9. Пат. 2521095 РФ. В61К 9/08 Способ диагностики рельсового пути / Марков А.А., Кузнецова Е.А., Антипов А.Г., Веревкин А. Ю.; патентообладатель Марков А.А. № 2013113759/11; заявл. 27.03.2013; опубл. 27.06.2014; Бюл. № 18.
10. Prüter F., Hintze P. "But that's not the kilometre in the plan!" – The Potential of Georeferenced Railway Infrastructure Data // Signal+Draht. 2018. № 11. S. 6–15.
11. Американская железнодорожная энциклопедия : Ж.-д. путь. Искусственные сооружения. Здания. Экипировка подвижного состава. СЦБ : сокр. пер с англ. М.: Трансжелдориздат, 1959. 416 с.
12. Efanov D.V., Osadchy G.V., Khoroshev V.V. Testing of optical sensors in measuring systems on railway marshalling yard // 2018 IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS), Kazan, Russia, September 14-17. 2018. P. 1-6. doi: 10.1109/EWDTS.2018.8524798.

ЕФАНОВ

Дмитрий Викторович,

ООО «ЛокоТех-Сигнал», руководитель направления систем мониторинга и диагностики, д-р техн. наук, Россия, г. Москва



ЖУРНАЛ «ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ МИРА»

На круглом столе «АСИ» присутствовали наши коллеги из журнала «Железные дороги мира», в котором публикуются статьи о зарубежном опыте в транспортной области. Предлагаем Вашему вниманию статьи, связанные с тематикой обсуждения.



«ИНТЕГРАЦИЯ ETCS И СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ В ПРОГРАММЕ SMARTRAIL 4.0» (№12, 2018 г.)

В статье говорится о том, что более экономичным и целесообразным переходом от существующих к перспективным системам управления считается использование непрерывно развивающегося комплекса из датчиков разных видов. Так, в парках отстоя еще долгое время будут сохраняться рельсовые цепи и счетчики осей, на перегонах потребность в них отпадет быстрее благодаря появлению бортовых средств контроля полноты следования поездов. Возможность использовать показания разных датчиков позволит сократить интервал попутного следования даже при условии, что за поездом, полностью контролирующим свою целостность и местоположение (например, при помощи средств ETCS уровня 3), движется поезд, местоположение которого контролируют счетчики осей. Конечной целью является контроль местоположения и целостности поездов бортовыми средствами с передачей информации по радиоканалу, что позволит отказаться от значительного количества напольных устройств и радикально упростить логику систем централизации.



«ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ DAS НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ» (№1, 2019 г.)

В статье рассказано о волоконно-оптической технологии акустического зондирования, которое можно применять для определения целостности рельсовой линии. Статья основана на результатах исследования возможностей применения технологии DAS на железных дорогах, которое провела Федеральная железнодорожная администрация США. Эти результаты подтверждают пригодность новой технологии для выявления изломов рельсов под движущимися поездами с точностью 20 м и возможность реализации на ее основе ряда других приложений, в том числе слежения за поездами. Один комплект аппаратуры акустического зондирования способен контролировать участок протяженностью до 40 км. Кроме того, на основе такой технологии могут быть реализованы другие приложения, в том числе для мониторинга состояния пути и подвижного состава, включая обнаружение дефектов колес, генерирующих повышенные ударные воздействия на путь, оползни и камнепады.



На сайте журнала «ЖДМ» <http://www.zdmira.com> Вы всегда найдете свежие новости железных дорог, городского рельсового транспорта и железнодорожной промышленности

Новая версия 8.0 среды автоматизированного тестирования Cantata получила сертификат SGS-TüV

■ Среда автоматизированного модульного и интеграционного тестирования Cantata фирмы QA Systems (Германия) предназначена для тестирования программного обеспечения на языке C/C++, подлежащего сертификации по стандартам функциональной безопасности ПО. Новая версия Cantata 8.0 получила сертификат SGS-TüV Saar GmbH как «средство верификации программного обеспечения, относящегося к безопасности», соответствующее стандартам:

IEC 61508 (общепромышленное оборудование) – до уровня SIL 4;

EN 50128 (железнодорожные системы) – до уровня SIL 4;

ISO 26262 (автоэлектроника) – до уровня ASIL D;

IEC 62304 (медицинская техника) – до класса C;

IEC 60880 (системы контроля АЭС) – для категории A.

Набор сертификационных материалов по этим стандартам (Certification Kit) и руководство по применению среды Cantata в процессе сертификации (Safety Manual) входят в комплект поставки Cantata 8.0. Как дополнительный продукт поставляется комплект квалификационных материалов по требо-

ваниям DO-178C (авионика). Среда Cantata применяется также при разработке ПО космических систем по требованиям NASA-8719.13C и ECSS-E-40 (European Cooperation for Space Standardization).

Новый релиз 8.0 включает ряд новых функций, главными из которых являются управление внесением изменений в тесты при изменениях в исходном коде (Code Change Analysis) и адаптация одного и того же набора тестов в случае использования ПО на различных аппаратных платформах с различными инструментальными средствами (Target Deployment Switching).

Среда Cantata имеет более чем 20-летнюю историю. Она является развитием среды IPL Cantata++, интеллектуальная собственность на которую была приобретена компанией QA Systems у компании IPL в 2012 г.

Дистрибьютор компании QA Systems в России – компания АВД Системы, поставщик средств разработки программного обеспечения критически важных для безопасности сертифицируемых встраиваемых компьютерных систем.

www.avdsys.ru/test



На правах рекламы

Среда автоматизированного тестирования ПО критически важных для безопасности, сертифицируемых встроенных микропроцессорных систем



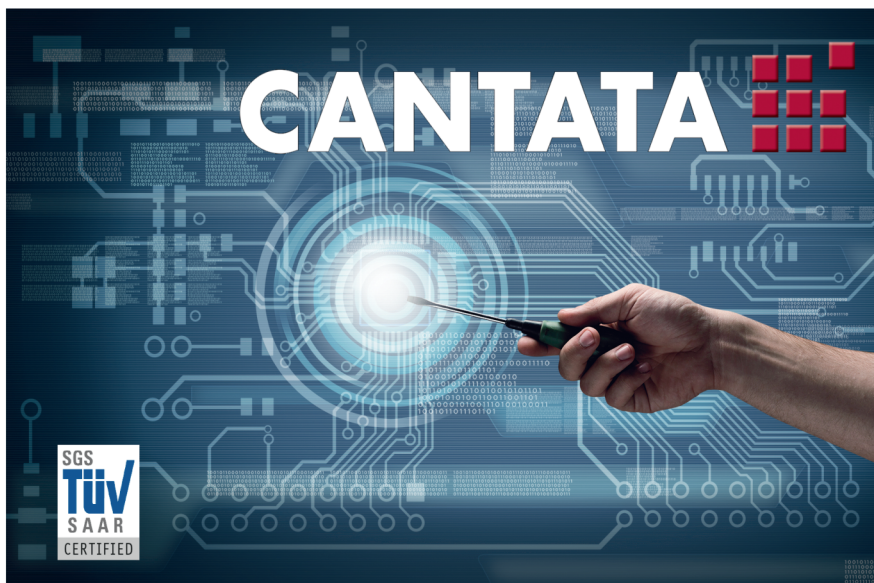
DO-178C



IEC 61508



IEC 60880



EN 50128



ISO 26262



IEC 62304

Дистрибьютор в РФ ООО «АВД Системы» - (916) 194-4271, avdsys@aha.ru

www.avdsys.ru/test

Реклама

Диверсификация - Высокотехнологичная гражданская продукция - Экспортный потенциал

Диверсификация - Высокотехнологичная гражданская продукция - Экспортный потенциал

УДК 681.518.5

СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ



ДИЯЗИТДИНОВ
Ринат Радмирович,
Поволжский государственный
университет телекоммуникаций
и информатики, доцент,
канд. техн. наук,
Россия, г. Самара

Ключевые слова: техническое зрение, обработка изображений, видеокмеры, железнодорожная инфраструктура, стыковые накладки

Аннотация. В статье представлено описание системы технического зрения (СТЗ), предназначенной для мониторинга объектов инфраструктуры железной дороги – стыковых накладок, соединяющих рельсовые плети. Актуальность разработки системы мониторинга рельсовых накладок заключается в повышении безопасности движения благодаря предоставлению оперативной информации о состоянии пути. Приведена конструкция СТЗ, а также условия съемки при движении вагона-путеизмерителя, даны основные элементы алгоритма обработки видеоданных и распознавания рельсовой накладки. Указаны особенности алгоритмов при влиянии неоднородностей на поверхности катания и при наличии ложных объектов, похожих на стыковые накладки по используемым для распознавания признакам.

■ Железнодорожный путь представляет собой совокупность рельсовых плетей, соединенных друг с другом стыковыми накладками. Это также относится и к так называемому «бесстыковому пути», поскольку в нем применяются протяженные плети длиной 800 м, соединяемые между собой накладками.

Высокие механические и вибрационные нагрузки приводят к ослаблению болтовых соединений и к другим дефектам, таким как трещины в накладке. В результате дефектов рельсовые плети будут свободно лежать на шпальной решетке, нарушая тем самым целостность пути. Данная ситуация может повлечь за собой серьезную аварию, например сход железнодорожного состава [1, 2]. По этой причине контроль состояния стыковых накладок является актуальной задачей.

В настоящее время контроль осуществляется ручным способом: на места расположения накладок выезжает бригада, которая проводит внешний осмотр состояния накладки, болтовых соединений и проводит замеры стыкового зазора. По результатам осмотра принимается решение о возможном ограничении скорости движения или проведении аварийно-восстановительных работ.

Одним из важных параметров при сборе информации о состоянии накладок является время измерений. При ручном способе измерения затрачиваемое на это время не соответствует современным требованиям по оперативному контролю железнодорожного пути.

В течение последних лет на железнодорожном транспорте используются системы технического зрения (СТЗ), которыми оборудуют вагоны-путеизмерители. Их назначение – визуальный контроль объектов инфраструктуры верхнего строения пути: целостность рельсов, шпал, стыковых накладок, креплений, размеров стыковых зазоров и др. [3, 4]. Однако существующие СТЗ не позволяют обнаруживать и контролировать состояние стыковых

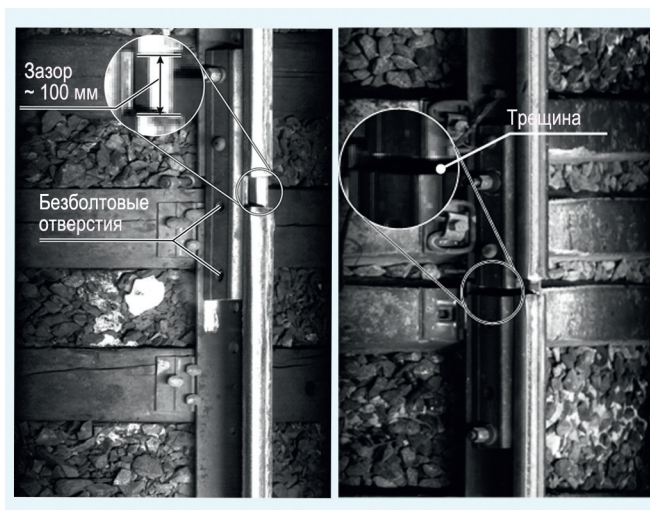


РИС. 1

накладок. Для выявления в них дефектов необходимо просматривать весь отснятый видеоматериал, что также не отвечает требованиям оперативного контроля [5].

Для решения этой задачи был разработан алгоритм обнаружения стыковых накладок на видеоизображении. Просмотр найденных объектов занимает гораздо меньше времени, чем полный проезд (изображения с объектами составляют лишь несколько процентов от всего объема видеоматериала). Тем самым специалистам-путейцам предоставляется оперативная информация о состоянии пути в первую очередь о зафиксированных дефектах пути. Примеры видеокадров с дефектами, зафиксированными посредством системы обнаружению накладок, представлены на рис. 1.

■ Основой системы технического зрения является видеокамера, установленная под вагоном-путеизмерителем. На рис. 2 показана схема размещения видеокамер на платформе вагона. Для получения максимума информации о состоянии объектов верхнего строения пути камеру располагают под углом. В ее поле зрения попадают поверхность катания и подошва рельса, шпальная решетка с балластной призмой (слоем гальки). Дополнительно на платформе устанавливают светозащитные экраны от солнечных лучей и источники освещения для работы в ночное время суток.

■ Обнаружение стыковых накладок проводится по следующей схеме: на кадре определяется граница, соответствующая внешней границе катания. Зная расстояние от внешней границы до стыковой накладки, устанавливается область, в которой может располагаться накладка.

Для оценки внешней границы поверхности катания был разработан способ, основанный на анализе среднеквадратичного отклонения (СКО) яркости столбцов ПЗС-матрицы [6, 7]. В основе этого спо-

соба лежит следующая идея: поверхность катания представляет собой однородную поверхность в отличие от области изображения шпальной решетки с галькой с внешней стороны рельса. Причем однородная поверхность катания характеризуется низким значением СКО, а шпальная решетка с галькой – высоким. Максимальный перепад по СКО от меньшего к большему значению определяет искомую границу.

Алгоритм оценки внешней поверхности катания заключается в расчете СКО яркости для каждого столбца изображения и определении местоположения максимального перепада по СКО.

Внешняя граница поверхности катания может принимать значение i , которое может меняться в пределах $[i_{\min}, i_{\max}]$, где i – номер столбца ПЗС-матрицы.

Чтобы определить перепад в точке i , справа и слева от нее выделяются отрезки одинаковой длины. Затем вычисляется среднее значение СКО для этих отрезков по формулам:

$$L_i = \sqrt{\frac{S_{i-N}^2 + S_{i-N+1}^2 + \dots + S_{i-1}^2}{N}},$$

$$R_i = \sqrt{\frac{S_{i+1}^2 + S_{i+2}^2 + \dots + S_{i+N}^2}{N}},$$

где L_i – среднее СКО для отрезка, находящегося слева от i -той точки,

R_i – среднее СКО для отрезка, находящегося справа от i -той точки,

N – количество точек в отрезке,

S_i – СКО яркости i -го столбца ПЗС-матрицы.

Перепад в точке i составляет $\Delta_i = L_i - R_i$.

Максимальный перепад, соответствующий внешней границе поверхности катания, можно определить по выражению

$$k = \arg \max(\Delta_i), i = i_{\min}, \dots, i_{\max}.$$

Алгоритм поиска внешней границы поверхности катания, реализованный в системе технического зрения, проиллюстрирован на рис. 3.

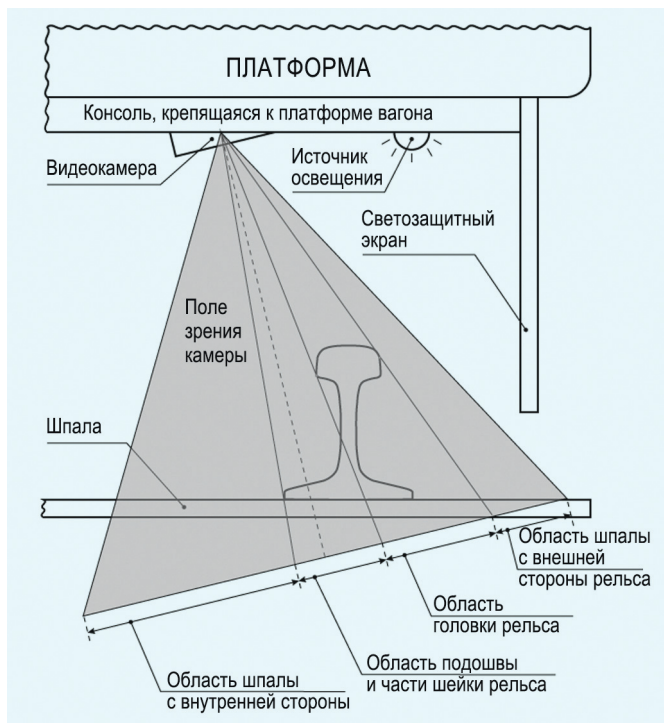


РИС. 2

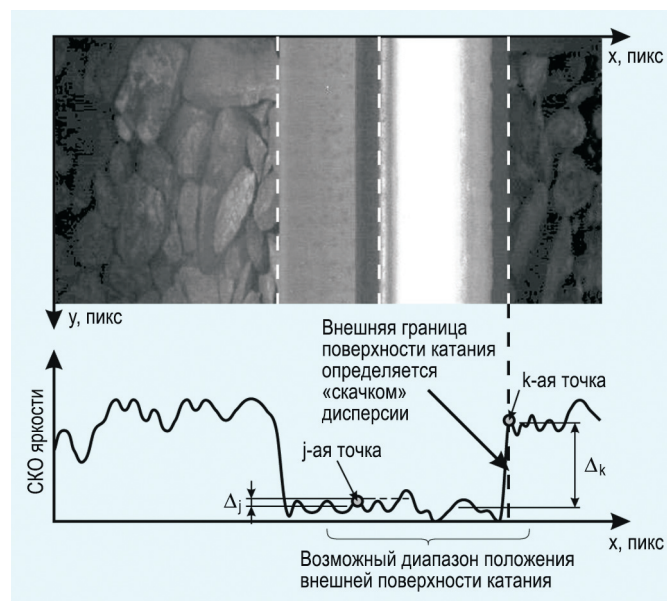


РИС. 3

Зная расстояние от внешней границы до стыковой накладки, устанавливается область, в которой может находиться накладка.

Для обнаружения стыковой накладки разработан алгоритм, состоящий из двух этапов. На первом этапе используется усреднение яркости вдоль строки ПЗС-матрицы в области интереса, которая на рис. 4 отмечена как «область предварительного поиска накладки» – сигнал S и пороговая функция – сигнал W . В этой области накладка более светлая, чем окружающий фон (рис. 5, а).

Пороговая функция W рассчитывается как

$$W = \text{median}(s) \cdot k_m,$$

где $\text{median}(\cdot)$ – функция вычисления медианы;

k_m – постоянный множитель (экспериментальным путем установлено, что для уверенной фиксации стыковой накладки k_m выбирается равным 1,3).

Ширина стыковой накладки с шестью отверстиями составляет 1 м. При разрешении камеры 1 пиксель/мм, на изображении накладка будет занимать приблизительно 1000 пикселей. Длина вектора S выбирается равной утроенной длине накладки, т.е. 3000 пикселей.

Области изображения, для которых выполняется условие $S > W$, потенциально могут содержать наладку (на рис. 5, б сигналы S и W показаны сплошной линией и линией из точек соответственно).

На втором этапе используется среднеквадратичное отклонение яркости вдоль строки ПЗС-матрицы в области интереса, которая на рис. 4 отмечена как «область болтовых соединений» – сигнал P и пороговая функция – V (на рис. 5, в сигналы P и V показаны сплошной толстой и сплошной тонкой линией соответственно).

В этой области болтовые отверстия представляют собой изображения неоднородной яркости, что позволяет очень точно спрогнозировать положение краев и центра накладки на изображении.

Пороговая функция V рассчитывается по выражению:

$$V = R + C,$$

где C – постоянная составляющая, значение которой определяется опытным путем. Для уверенной фиксации болтовых отверстий C принимается равной 5,0 у.е. (под у.е. понимается дискретное значение яркости, которое меняется в пределах от 0 до 255 у.е.);

$$R_i = \sum_{j=1}^N P_{i-j} \cdot H_j,$$

где P – СКО яркости вдоль строки ПЗС-матрицы;

$H = [1, 1, \dots, 1]/N$ – импульсная характеристика усредняющего фильтра, N – длина фильтра.

i – номер отсчета сигнала.

Средняя ширина болтового отверстия составляет 30 мм. При разрешении камеры 1 пиксель/мм, болтовое отверстие на изображении будет занимать около 30 пикселей. Длина усредняющего фильтра выбирается равной утроенной ширине болтового отверстия, т.е. $N = 90$.

В результате сравнения сигналов P и V формируется логический сигнал U (на рис. 6, г показан сплошной толстой линией):

$$U_i = \begin{cases} 0, & \text{if } P_i > V_i \\ 1, & \text{if } P_i \leq V_i \end{cases},$$

где i – номер элемента в сигнале P_i и V_i .

Для привязки к центру накладки полученный сиг-

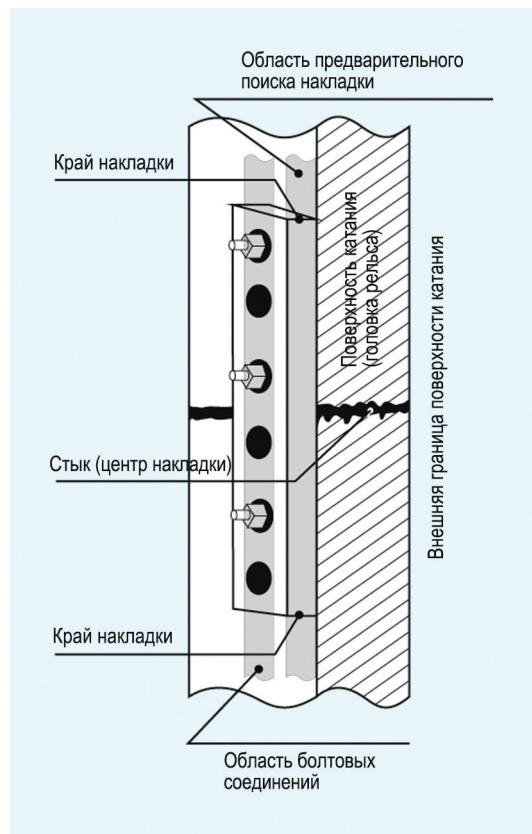


РИС. 4

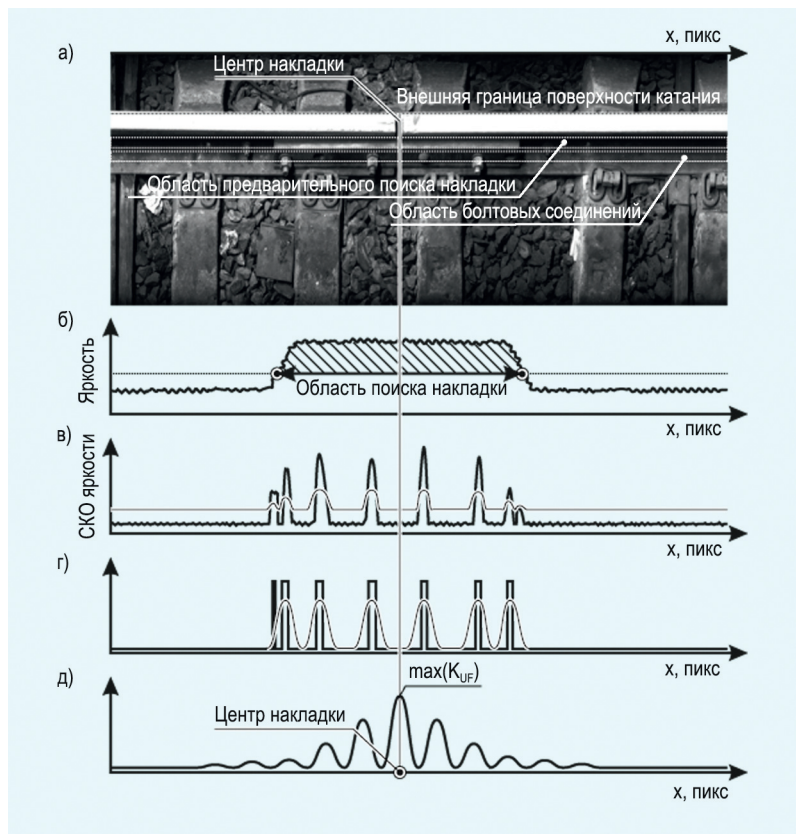


РИС. 5



РИС. 6

нал U сравнивается с опорным сигналом F корреляционным способом.

Опорный сигнал F состоит из шести колоколообразных импульсов (на рис. 5, г показан сплошной тонкой линией), центры которых совпадают с центрами болтовых отверстий (на рис. 5, д изменение коэффициента корреляции K показано сплошной толстой линией).

Максимум коэффициента корреляции K_{UF} будет соответствовать центру стыковой накладки.

Итоговое решение о наличии/отсутствии стыковой накладки принимаются путем сравнения количества граничных точек, найденных по краям накладки с порогом.

■ Среди основных особенностей работы алгоритма, выявленных в ходе опытной эксплуатации СТЗ, можно выделить следующие наиболее характерные ситуации: неверное определение внешней границы поверхности катания рельса из-за дефектов на рельсе; обнаружение объектов, похожих на стыковые накладки.

Алгоритм оценки внешней границы поверхности катания базируется на положении, что область поверхности катания характеризуется более низким значением СКО по сравнению с СКО области шпальной решетки с галькой. Однако наличие дефектов, таких как сколы, имеющие вид резких изменений яркости, приводит к росту СКО в области поверхности катания. Это в свою очередь приводит к неверной оценке границы.

Для корректной обработки таких ситуаций используется следующий прием: значения яркости вдоль столбца сортируются по возрастанию. При этом 10 % значений, находящихся по краям, отбрасываются и не участвуют при расчете СКО. Это позволяет правильно определять внешнюю границу поверхности катания при наличии дефектов на ней.

На поверхности подошвы рельса могут располагаться объекты, которые по используемым в алгоритме признакам, похожи на стыковые накладки (например, пешеходные переходы, рельсовые пересечения, участки подошвы рельса с отметинами белой краски и др. – см. рис. 6).

Высокая степень ложного срабатывания (от 1 до 10 % от общего числа обнаруженных объектов) является существенным недостатком СТЗ. По этой причине предварительные результаты оператор корректирует, удаляя ложные стыковые накладки. Не-

смотря на это, время работы оператора, затраченное на просмотр и корректировку обнаруженных объектов, много меньше, чем полный просмотр видеоматериалов всего проезда.

Таким образом, использование алгоритма обнаружения стыковых накладок позволило значительно сократить время обработки проезда и повысило оперативность контроля железнодорожного пути.

Подводя итог, можно сказать, что основной задачей при разработке системы технического зрения на вагонах-путеизмерителях являлся визуальный контроль объектов инфраструктуры железнодорожного пути. Однако процесс

обработки видеоматериалов имеет два серьезных недостатка:

длительное время расшифровки не отвечает современным требованиям оперативного контроля за состоянием пути;

монотонная работа просмотра видеоданных, проводимая оператором, приводит к большому количеству пропуска дефектов.

Автоматизация процесса расшифровки при обнаружении объектов инфраструктуры (стыковых накладок) позволяет устранить указанные недостатки, так как объем видеоматериалов составляет менее процента от общего объема видеoinформации.

Доля ложно обнаруживаемых объектов не превышает 10 % от общего числа зарегистрированных объектов. Для уменьшения этого параметра результаты обнаружения корректируются оператором, который удаляет ложные стыковые накладки. Уменьшение времени обработки проезда (приблизительно в 100 раз) значительно повышает оперативность контроля железнодорожного пути.

С помощью системы технического зрения можно решать и другие задачи, связанные с контролем напольных объектов инфраструктуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бесстыковой путь / Альбрехт В.Г., Виноградов Н.П., Зверев Н.Б., Коган А.Я. М.: Транспорт, 2000. 408 с.
2. Павленко В.В. Система определения предостказного состояния бесстыкового пути для обеспечения безопасности движения поездов // Транспорт Российской Федерации. 2011. № 5. С. 31–33.
3. Опыт использования технологии обработки изображений при проектировании интеллектуальных транспортных систем / Еремин С.Н., Малыгин Л.Л., Михайлов А.Е., Царев В.А. // Искусственный интеллект в XXI веке : труды междунар. конгресса ICAI '2001. М.: Физматлит, 2001. Т. 2. С. 676–690.
4. Иванов Ю.А. Технологии компьютерного зрения для наблюдения за объектами путевой инфраструктуры // Вестник института проблем естественных монополий. Техника железных дорог. 2011. № 4. С. 57–61.
5. Васин Н.Н., Диязитдинов Р.Р. Алгоритмы идентификации объектов в системах видеонаблюдения с использованием статистических методов // Инфокоммуникационные технологии. 2011. Т. 9, № 3. С. 23–28.
6. Методы компьютерной обработки изображений / Гашников М.В. и др; под ред. В.А. Соифера. М.: Физматлит, 2003. 784 с.
7. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. 2-е изд. М.: Техносфера, 2007. 856 с.

БУДУЩЕЕ – НАША ЦЕЛЬ

(Окончание. Начало на стр. 2 обложки)

■ В первый день Слета состоялся творческий конкурс, в котором все команды выступили с «визитными карточками», представляя свою дирекцию связи.

Первое место за лучшее представление получили иркутяне, второе – саратовцы, третье – связисты Московской дирекции. Кроме того, по результатам творческих выступлений в номинации «Артистизм» победили челябинцы. «Специальную номинацию» выиграли красноярцы. Творческие и активные связисты из Читы удостоились награды сразу в двух номинациях: «Креативность» и «Выбор молодежи ЦСС».

Насыщенная программа Слета продолжилась общим собранием председателей советов молодежи дирекций связи, на котором молодые активисты делились результатами проделанной работы, обсуждали проблемные вопросы и перенимали опыт успешных коллег.

В рамках Слета были подведены итоги еще нескольких номинаций. Были определены лучший молодежный совет ЦСС (Ростовская дирекция) и лучший председатель совета молодежи ЦСС (Ярославская дирекция).

Завершением первого дня стала уже третья игра «Что? Где? Когда?» молодежной лиги ЦСС, где связисты проявили свою эрудированность и умение принимать командное решение. Наибольшее количество очков набрала команда Нижегородской дирекции, которая и стала победителем игры.

Во второй день Слета прошла защита инновационных проектов, направленных на повышение эффективности филиала по приоритетным направлениям развития и ключевым производственным процессам.

Первое место в конкурсе инновационных проектов заняла Саратовская дирекция, представившая программу для мониторинга мультимплексов BTK-12 без использования оптического тракта мультимплексов PDH. В перспективе применение такого микрокомпьютера позволит рас-

ширить функционал дистанционного контроля всего узла связи. Устройство даст возможность осуществлять контроль температурно-влажностного режима, управляя системами кондиционирования и отопления. С его помощью будет возможно производить видеотрансляцию, фотофиксацию и др. Кроме того, дополнительный доход должна принести сдача в аренду оптических волокон, высвобождающихся в результате реализации проекта.

Команде из Новосибирской дирекции было присуждено второе место за проект «Оповещение пассажиров на остановочных платформах». Произведя SWOT-анализ проекта, специалисты дирекции сделали вывод, что несмотря на необходимость закупки погодонезависимых шкафов для размещения оборудования и прокладку отдельного кабеля питания совместно со службой электрификации и электроснабжения проект имеет ряд преимуществ. Среди них: экономия финансовых средств за счет отсутствия необходимости привлечения сторонних организаций для установки и обслуживания оборудования; низкая стоимость оборудования, а также его обслуживание штатом дирекции связи.

Третье место жюри отдало

проекту «Дистанционный разряд и мониторинг АКБ», предложенному специалистами Московской дирекции. Задачи проекта состоят в оптимизации процесса выполнения работы по контрольному разряду аккумуляторных батарей, реализации постоянного мониторинга их состояния на станции, и снижении эксплуатационных расходов при выполнении этой работы. К преимуществам данного предложения можно отнести экономию трудозатрат электромехаников на выполнение ГТП по разряду АКБ и исключение простоя автомобиля с водителем при выполнении работы по контрольному разряду батарей.

Суть проекта команды из Нижегородской дирекции связи заключается в удаленной проверке аудиостудий с применением блока интерфейса БИ-2108 в составе конференц-системы «КС-100». Целью проекта является повышение операционной эффективности работы дирекции за счет автоматизации процесса проверки аудиостудий. Реализация проекта обеспечит экономию человеческих и топливных ресурсов; перераспределение трудозатрат; удаленный контроль состояния работы студийного оборудования и визуальный контроль присутствующих в студии.



Награждение победителей

Кроме того, темы проектов связистов касались доработки мобильной ЕСМА в части автоматизации целевых и предсменных инструктажей; применения дуплексного усилителя для увеличения зоны покрытия радиосвязи УКВ-диапазона; применения VR-технологий для обслуживания устройств связи; автоматизации процесса регистрации и оповещения селекторных совещаний и др.

Традиционный приз от журнала «Автоматика, связь, информатика» – сертификат на годовую электронную подписку получила команда Красноярской дирекции связи, на протяжении нескольких

Слетов удивляющая необычными творческими выступлениями.

Для гостей Ярославля организаторы устроили увлекательную экскурсию по городу. Молодые специалисты ЦСС не только познакомились с красивым старинным городом, но и завели новые профессиональные связи и дружеские знакомства. В течение девяти лет Слет молодежи Центральной станции связи является площадкой для формирования эффективной коммуникационной среды для молодых работников филиала, а также содействия развитию их личностного и профессионального потенциала.

НАУМОВА Д.В.

ABSTRACTS

Methods and technical means for rolling stock positioning

GAPANOVICH VALENTIN, Senior Advisor to the General Director JSC «RZD», member of the Board of JSC «RZD», Ph.D. (Tech.), Moscow, Russia, ca_chistoprudovas@center.rzd.ru

GOLOVIN VLADIMIR, Deputy Director General, Scientific Production Association SAUT, Ph.D. (Tech.), Yekaterinburg, Russia, golovin@saut.ru

ASTRAKHAN VLADIMIR, Head of the Center, JSC Research and Design Institute for Information Technology, Signalling and Telecommunications on Railway Transport, Candidate of Technical Sciences, Moscow, Russia, v.astrahan@vniias.ru

Keywords: rolling stock positioning (railway coordinates), track circuits, axial track and speed meter, satellite navigation system, optical fiber cable, inductive loop, eurobalise, axle counter sensor, ultrasonic sensor for measuring distance between obstacles.

Abstract. The availability of accurate and complete data on the geostructure of railways and rolling stock position is an essential condition for the efficiency of the transportation process, a basis for punctuality, traffic safety and operation at stations. The article deals with the methods and technical means for rolling stock positioning (railway coordinates) and speed calculation. They have evolved significantly due to the development of innovative technologies in science, engineering, control and communication systems.

Ways of increasing stability of work track circuits

SHAMANOV VIKTOR, Russian University of Transport (MIIT), professor at the Department of automatics, telemechanics and telecommunications, Dr.Sci. (Tech.), Moscow, Russia, shamanov_vi@mail.ru

Keywords: rail circuits, automatic locomotive signaling, rail and electric lines, lightning and switching over voltages, traction currents, increasing.

Summary: The article presents an analytical review of scientific research in the field of railway automation and telemechanics, carried out by the teachers and researchers of the railway universities of the country. It is shown that rail circuits remain one of the main technical means in these systems on the Railways of the world. Discusses issues of ensuring the stability of the operating of rail circuits under the action of interference. The most significant results of scientific research carried out in universities in the area under consideration are presented, and the reasons for the difficulties of successful continuation of these works in modern conditions are analyzed.

Machine Vision System for Railway Object Detection

DIYAZITDINOV RINAT, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, assistant professor, Ph.D. (Tech.), Samara, Russia, rinat.diyazitdinov@gmail.com

Keywords: machine vision, image processing, line cameras, railway infrastructure, bar joints.

Summary: The article was described the machine vision system which was using for diagnostic railway by bar joints. Bar joints put together the rails. A relevance of developing diagnostic bar joints system is safety transport enhancement due to fast transmitting information about railway statement. The article was shown a design of machine vision system and shooting condition during train movement. The image region size is changed due to movement camera relatively rails. The analysis this fact was shown the size variation influence very small at algorithms. These certain heavily simplify the recognition task. Also the work was described the main part of video data processing. The rating base line (rail's running surface) algorithm was developed based properties bright standard deviation of image columns. The recognition bar joints algorithm includes two stages – pre-finding and final decision about detection aim objects. In final article part was described some features in real exploitation conditions: defect's influence on rail's surface to algorithm, false detection elements railway objects like "Bar Joints".

АВТОМАТИКА СВЯЗЬ ИНФОРМАТИКА



Главный редактор:

Т.А. Филюшкина

Редакционная коллегия:

В.В. Аношкин, Н.Н. Балугев,
Б.Ф. Безродный, В.А. Воронин,
В.Э. Вохмянин, В.М. Кайнов,
А.К. Канаев, В.А. Ключко,
С.А. Кобзев, В.Б. Мехов,
С.А. Назимова, Г.Ф. Насонов,
А.Б. Никитин, Г.А. Перотина,
Е.Н. Розенберг, И.Н. Розенберг,
К.В. Семион, А.Н. Слюняев,
Е.И. Чаркин

Редакционный совет:

С.А. Алпатов (Челябинск)
Д.В. Андронов (Иркутск)
В.В. Балакирев (Воронеж)
В.Ю. Бубнов (Москва)
А.С. Гершвальд (Москва)
Е.А. Гоман (Москва)
А.Е. Горбунов (Самара)
А.В. Горелик (Москва)
Д.В. Ефанов (Москва)
Л.М. Журавлёва (Москва)
А.М. Замышляев (Москва)
И.П. Кнышев (Москва)
С.Ю. Лисин (Москва)
В.Н. Новиков (Москва)
А.И. Петров (Москва)
Д.М. Поменков (Москва)
А.Н. Пузиков (Санкт-Петербург)
М.А. Сансызбаев (Москва)
С.Б. Смагин (Москва)
В.И. Талалаев (Москва)
А.С. Ушакова (Калининград)
К.Д. Хромушкин (Москва)
А.В. Черномазов (Ростов-на-Дону)
А.Н. Шабельников (Ростов-на-Дону)
В.И. Шаманов (Москва)
И.Б. Шубинский (Москва)

Адрес редакции

129272, Москва,
Рижская пл., д. 3

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

Телефоны: отделы СЦБ и пассажирской
автоматики – 8 (499) 262-77-50;
отдел связи, радио и вычислительной
техники – 8 (499) 262-77-58;
реклама – 8 (499) 262-16-44

Компьютерная верстка Е.И. Блиндер

Подписано в печать 31.01.2019
Формат 60x88 1/8.
Усл. печ. л. 6,84. Усл. кр.-отт. 8,00
Уч.-изд. л. 10,1

Зак. 19012
Тираж 1720 экз.

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