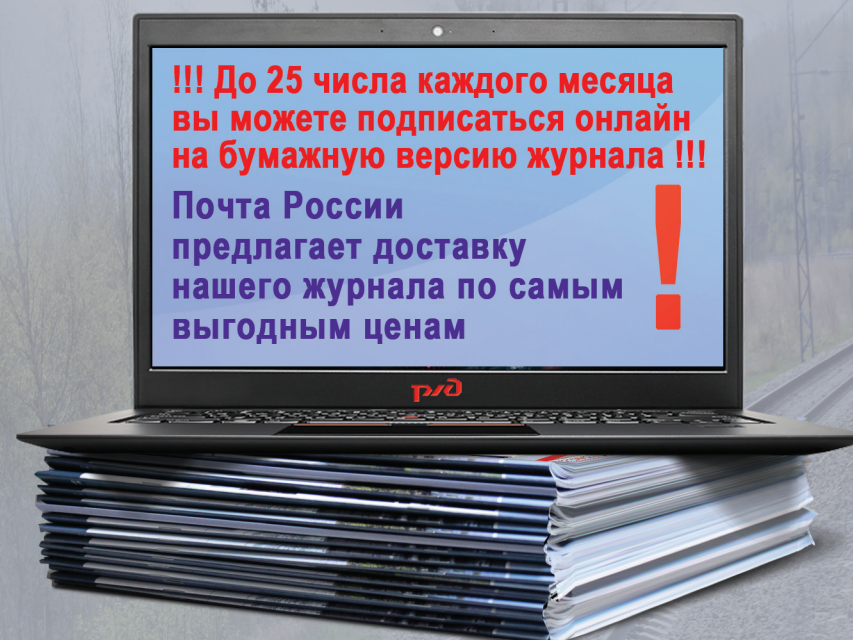


ЖУРНАЛ «АСИ» приглашает к сотрудничеству!

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Журнал «Автоматика, связь, информатика» уже 95 лет является важным 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. Журнал призван быть средством общения и обмена мнениями между специалистами дорог, конструкторами, проектировщиками, эксплуатационниками.

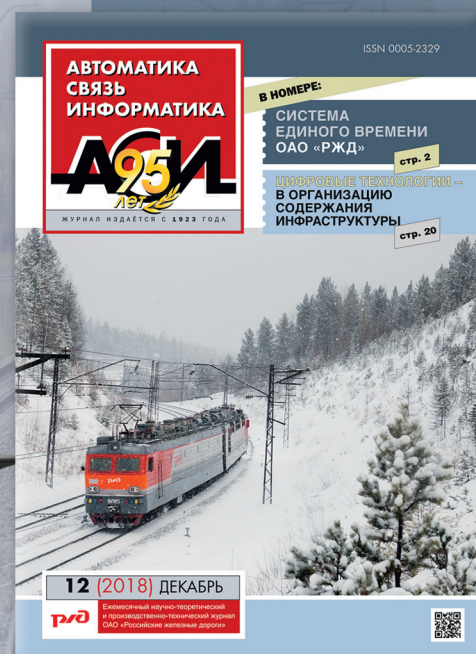


Для оформления онлайн-подписки достаточно перейти по ссылке <https://podpiska.pochta.ru/press/П5063>, заполнить заявку на получение журнала на домашний адрес, до востребования или через почтовый ящик и оплатить ее

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:
8(499)262-77-50;
8(499)262-77-58;
8(495)262-16-44

Роспечать
70002
70019
Почта России
П5063
П5074

ISSN 0005-2329, Автоматика, связь, информатика, 2018, № 12, 1–48

АВТОМАТИКА СВЯЗЬ ИНФОРМАТИКА

АСИ

95 лет

ЖУРНАЛ ИЗДАЁТСЯ С 1923 ГОДА

В НОМЕРЕ:

СИСТЕМА
ЕДИНОГО ВРЕМЕНИ
ОАО «РЖД»

стр. 2

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ –
В ОРГАНИЗАЦИЮ
СОДЕРЖАНИЯ
ИНФРАСТРУКТУРЫ

стр. 20



12 (2018) ДЕКАБРЬ

РЖД

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



ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В ТРАНСПОРТНОЙ СФЕРЕ

■ В ноябре в Москве в рамках «Транспортной недели» прошел XII международный форум и выставка «Транспорт России». В мероприятии приняли участие члены Правительства РФ, руководители федеральных и региональных министерств, транспортных ведомств, главы регионов, руководители крупнейших российских и зарубежных компаний, осуществляющих деятельность в области транспорта, ученые, представители общественных организаций.

Открывая форум, министр транспорта РФ Е.И. Дитрих призвал всех участников заглянуть за горизонт в будущее, попытаться создать образ транспорта, который хотелось бы видеть через 15–20 лет. Он отметил, что в ближайшем будущем очевидным фактором успеха транспортной системы будет высокий уровень ее цифровизации.

Развитие и интеграция платформенных решений различных видов транспорта должны привести к формированию единой цифровой платформы транспортного комплекса России (ЦПТК). Ее реализация позволит создать единое защищенное цифровое пространство с общими стандартами электронного взаимодействия, единым реестром дан-



ных и государственной системой обеспечения транспортной безопасности.

Опыт цифровой трансформации, вопросы создания единой цифровой платформы, сквозных технологий, доступного и понятного электронного документооборота обсуждались на пленарной дискуссии «Транспорт России. Единая цифровая платформа».

Принявший участие в этой дискуссии генеральный директор – председатель правления ОАО «РЖД» О.В. Белозёров отметил, что выполнить задачи, определенные в «майском» указе президентом страны, невозможно без опоры на научно-технический прогресс и современные информационные технологии. При этом цифровизация для компании является ключевым направлением инновационного развития. Внедрение цифровых технологий и сервисов позволит к 2025 г. достичь доли грузовых перевозок, доступных к оформлению в электронном виде, до 75 %, продажи электронных билетов на пассажирские поезда дальнего следования – до 70 %, электронных документов при взаимодействии с участниками перевозочного процесса – 90 %.

Участники дискуссии признали, что компании, не занимающиеся цифровизацией, в скором времени уйдут с рынка. Создать единое связанное пространство возможно только благодаря технологической интеграции платформ и взаимному обмену данными между корпорациями, время разрозненных экосистем прошло. Кроме того, необходим закон о больших данных, который будет регулировать их сбор и распространение.

В заключение пленарной дискуссии Е.И. Дитрих отметил, что быстро меняющийся мир также быстро меняет потребности человека. Уже сегодня технологии позволяют ему осуществлять свои желания «в один клик». Создаваемая платформа должна обеспечить предоставление быстрой и качественной услуги, и помимо этого анализ больших данных о клиенте позволит предсказывать его желания и предлагать индивидуальную услугу. Однако в этом есть опасность, что система предложит адресную услугу за более высокую цену. Все эти вопросы должны решаться. Цифровая трансформация, направленная на качественное улучшение жизни, началась, и обратного пути нет.

Министр транспорта предложил участникам транспортного рынка создать в своих компаниях инновационные технологические комитеты. Они могли бы анализировать технологии работы по отдельным направлениям, тесно взаимодействуя с непосредственными участниками этих процессов, подхватывать новые идеи, оценивать и реализовывать их. «Это было бы хорошим результатом дискуссии» – подытожил министр.

НАЗИМОВА С.А.



ЦИФРОВИЗАЦИЯ – МЕРА ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

■ В ноябре в Российском университете транспорта (МИИТ) прошла 19-я Всероссийская научно-практическая конференция «Безопасность движения поездов». Основной темой конференции стала цифровая трансформация системы управления рисками и безопасностью движения на железнодорожном транспорте. В ней приняли участие ученые, разработчики, специалисты ОАО «РЖД», делегации железнодорожных специалистов из Казахстана, Эстонии, Армении и Латвии.

Мероприятие включало в себя пленарное заседание, круглые столы и выставку, демонстрирующую разработки в области обеспечения безопасности движения.

С приветственным словом к участникам пленарного заседания обратился научный руководитель университета В.Н. Морозов. Он отметил, что цифровизация и интеллектуальное управление железнодорожным транспортом – это не просто дань времени, это необходимая мера для повышения безопасности движения поездов.

Заместитель генерального директора – начальник Департамента безопасности движения ОАО «РЖД» Ш.Н. Шайдуллин подчеркнул, что безопасность движения всегда была и остается важнейшей составляющей устойчивой работы железных дорог. Эта конференция является примером ответственного и системного диалога представителей отраслевой науки и транспортного сообщества в одной из самых актуальных для отрасли тем. Очевидно, что дальнейшее повышение надежности и безопасности железнодорожного транспорта возможно только на основе цифровых технологий. Большой потенциал имеют методы дистанционной диагностики и сквозного мониторинга, ведущие к безлюдным технологиям управления. Практические разработки в этих областях и их последующее внедрение – приоритеты холдинга «РЖД». Важной задачей является создание комплексных решений, которые объединят железнодорожные разработки и ключевые технологии из других областей. В долгосрочной перспективе руководство компании нацелено на создание цифровой платформы для управления безопасностью движения, позволяющей интегрировать различные эксплуатационные сервисы, что принесет значимый и системный эффект.

Главный инженер Центральной дирекции инфраструктуры Г.Ф. Насонов в своем докладе обозначил позитивное влияние цифровизации на повышение безопасности движения, подведя итоги работы по внедрению Единой корпоративной автоматизированной системы управления инфраструктурой (ЕК АСУИ) и других цифровых систем контроля за состоянием подвижного состава и инфраструктуры в режиме реального времени. Их применение дало возможность снизить количество отказов технических средств в вагонном комплексе по сравнению с предыдущим годом на 18 %, а событий, связанных с нарушением безопасности движения, – на 25 %.



Важной составляющей мероприятия стали заседания круглых столов по различным тематикам.

Участники круглого стола «Цифровая трансформация системы управления рисками и безопасностью движения на железнодорожном транспорте» обсудили такие вопросы, как концепция цифрового локомотива, комплексные инфраструктурные решения в проекте ВСМ «Москва – Казань», интеллектуальные системы обеспечения безопасности движения поездов и др.

О ключевых показателях деятельности, определяющих количественную оценку уровня зрелости культуры безопасности движения, рассказала профессор кафедры «Экономика, организация производства и менеджмент» РУТ (МИИТ) О.В. Ефимова. В новой цифровой эре каждый производственный процесс должен быть завершен конкретным ключевым показателем, на который он работает. Это касается не только безопасности движения, но и всей системы цифровой трансформации в ОАО «РЖД». Важнейшими элементами культуры безопасности является технологическая исполнительская дисциплина, профессиональный образовательный уровень персонала, подготовка производства и достойное ресурсное обеспечение всех процессов компании.

На заседании, посвященном цифровым технологиям при эксплуатации объектов инфраструктуры и подвижного состава, выступления касались актуальных проблем развития хозяйств автоматики и телемеханики, пути, локомотивного и вагонного хозяйств, электрификации и электроснабжения, а также организации управления перевозочным процессом.

Цифровая экосистема, как стратегия успеха развития культуры безопасности, также стала темой состоявшегося круглого стола, во время которого были обсуждены современные аспекты профессионального психофизиологического отбора и снижения рисков влияния человеческого фактора в системе управления безопасностью движения.

По результатам заседаний участниками были выработаны предложения для проекта формирования дорожной карты цифровой трансформации в вопросах безопасности движения.

НАУМОВА Д.В.

Новая техника и технология

Гапанович В.А.,
Слюняев А.Н.

СИСТЕМА ЕДИНОГО ВРЕМЕНИ ОАО «РЖД»

СТР. 2

Рыжков А.В., Новожилов Е.О.

Средства и способы обеспечения единого точного времени7

Попов П.А.

Синхронизация времени бортовых устройств
с последовательными интерфейсами12

Розенберг Е.Н., Коровин А.С.

Глобальные тренды развития интеллектуальных
транспортных систем14

Инфраструктурный комплекс

Насонов Г.Ф.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – В ОРГАНИЗАЦИЮ СОДЕРЖАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ

СТР. 20

Аношкин В.В.

Внедрение инноваций в хозяйстве автоматики
и телемеханики23

Кайнов В.М.

Виртуальная железная дорога26

Новиков В.Н.

Принципы построения систем диспетчерского управления.....29

Киселёв И.А.

Информационные системы хозяйства автоматики
и телемеханики32

За рубежом

Моисеенко В.В.

Современные тенденции развития систем управления
движением36

Информатизация транспорта

Петров А.И.

ЦЕНТРЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ГВЦ ОАО «РЖД»

СТР. 39

Суждения, мнения

Пронкин А.В.

Системы СЦБ как основа цифровой железной дороги41

Указатель статей, опубликованных в журнале

«Автоматика, связь, информатика» в 2018 г.43

Назимова С.А.

Цифровая трансформация в транспортной сфере 2 стр. обл.

Наумова Д.В.

Цифровизация – мера повышения безопасности
движения 3 стр. обл.

На 1-й стр. обложки: перегон Подкаменная – Глубокая Восточно-
Сибирской дороги (фото Конюшкина Г.Ю.)

АВТОМАТИКА
СВЯЗЬ
ИНФОРМАТИКА

АСИ
95
лет

12 (2018)
ДЕКАБРЬ

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

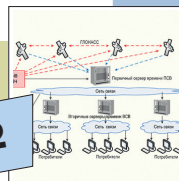
Использование и любое
воспроизведение на
страницах интернет-сайтов,
печатных изданий
материалов, опубликованных
в журнале, разрешается
только с письменного
согласия редакции

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»
2018





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



СЛЮНЯЕВ
Александр Николаевич,
ОАО «РЖД», Центральная
станция связи, главный инженер

УДК 681.518:656.254:006.92

СИСТЕМА ЕДИНОГО ВРЕМЕНИ ОАО «РЖД»

Ключевые слова: система единого времени, риски, реализация, пакетные сети, единое точное время, цифровая железная дорога, протокол NTP, передача сигналов

Аннотация. Российские железные дороги – это прежде всего самый сложный разветвленный комплекс объектов инфраструктуры, размещенный в 9 часовых поясах и 78 субъектах Российской Федерации. В ОАО «РЖД» уже функционирует более 1500 автоматизированных систем управления и информационных систем, их номенклатура и количество постоянно растут. Значительная часть этих систем связана с управлением движением поездов, маневровыми передвижениями и работой сортировочных станций, с обеспечением безопасности (движения, труда, транспортной, информационной и др.), управлением финансами, ресурсами, затратами и др. В статье рассматриваются вопросы необходимости и важности обеспечения холдинга «РЖД» единым точным временем в условиях цифровой трансформации, новые требования и перспективы внедрения системы единого времени, общие принципы распределения сигналов точного времени по телекоммуникационной сети.

■ В условиях грядущей цифровой трансформации холдинга «РЖД» огромную роль играет слаженность, синхронность работы и взаимодействия всего комплекса объектов инфраструктуры и подвижного состава, информационно-управляющих систем.

Не так давно считали, что Система единого времени – это «...совокупность пунктов космодрома, оснащенных специальными часами (атомными, молекулярными или кварцевыми) и предназначенных для распространения образцовых частот и сигналов точного времени среди определенного круга потребителей. Сигналы единого времени, передаваемые от одного центра разным потребителям, позволяют синхронизировать работу различных систем и служб стартового комплекса и всего космодрома, фиксировать точное время начала и конца работы, многочисленных приборов, устройств, механизмов, систем, агрегатов в период

предстартовой подготовки, пуска и полета космических объектов» [1].

В ОАО «РЖД» действуют и организуются новые высокоскоростные и скоростные магистрали, поезда на которых за одну секунду «пролетают» до 70 м пути (250 км/ч), не за горами движение со скоростями до 450–500 км/ч. В условиях повышения скорости и интенсивности движения и необходимости сокращения пространственно-временных межпоездных интервалов важно развитие систем синхронизации, направленное на повышение точности. Они реализуются в таких областях и технологиях, как цифровые системы, включая перспективные FRMS; системы связи DWDM/CWDM, 4G, 5G, GSM-R; расчетные, включая информационные и телекоммуникационные системы банков; информационно-управляющие, связанные с передачей ответственных управляющих команд и информации; учета объемов предоставленных услуг

и их стоимости (биллинг); определения местоположения и скорости объектов, включая спутниковые навигационные системы и др.

Например, одна из основных задач повышения пропускной способности железных дорог может решаться тремя способами: увеличением количества путей существующих дорог и полигонов, повышением скорости движения поездов, сокращением межпоездных интервалов или комплексированием этих способов.

Первый способ требует наиболее значительных финансовых и временных затрат, что связано с необходимостью большого объема строительно-монтажных работ. Второй и третий менее затратные, но для их реализации требуется внедрение современных интеллектуальных, высокопроизводительных и быстродействующих систем управления движением и обеспечения безопасности движения, действие которых практически невозможно без точности

контроля временных параметров движения поездов и их местоположения посредством эталонных сигналов времени.

РИСКИ, СВЯЗАННЫЕ С ОТСУТСТВИЕМ СЕВ

■ В 2017–2018 гг. Центральной станцией связи совместно со специалистами НИИАС, НИИФТРИ был проведен анализ рисков, которые с большой вероятностью могут появляться при отсутствии правильно спроектированной и внедренной Системы единого времени (СЕВ).

Установлено, что с развитием новых технологий, таких как системы интервального регулирования движения поездов с плавающими блок-участками, в том числе технологии «виртуальной автосцепки»; системы электронных платежей и расчетов; ЭТП, on-line сервисов для пассажиров и клиентов, интернета вещей и других возрастает количество устройств и систем, которые для обработки сообщений и/или подготовки и принятия решений используют сигналы точного времени.

В случае рассинхронизации и/или неконтролируемого ухода времени возникают риски сбоев по всем технологическим системам и АСУ. Они могут привести к потере данных, управляемости систем, а также повлиять на безопасность движения поездов.

Наиболее вероятны следующие риски:

расхождение времени между серверами удостоверяющего центра или времени рабочих мест с системами, основанными на такой авторизации (Электронная почтовая система и др.) при расхождении времени между рабочими станциями и контроллерами домена;

сбои при работе информационных систем, связанные с нарушением очередности поступления сообщений (АСУФР, АСОУП, АСУТР и др.);

нарушения в системах логирования, анализа и обработки событий и

инциденты в системах мониторинга и управления (ЕСМА, ЕСПП и др.), потери или искажения данных;

восприятие «верхними» ИУС информации об одном событии, поступающем из разных «нижних» ИУС, как о двух и более, и последующий их некорректный анализ;

восприятие прошедшей поездки в ситуации ИУС управления движением, как актуальной, и, как следствие, возможность формирования новой или искажение существующей команды до категории опасной;

прекращение реализации функций «хендовера» в цифровых системах радиосвязи, разрыв установления соединений с потерей информации;

неверные расчеты объемов предоставленных услуг и их стоимости, что влечет либо потерю доходов, либо претензии клиентов и штрафы;

нарушение графиков движения (отправления, прибытия) поездов и претензии пассажиров;

сбои вплоть до прекращения функционирования ИУС, использующих технологии временного разделения каналов;

повышение возможности несанкционированного доступа и нарушения в работе банковских систем;

дезинформирование пассажиров и клиентов из-за неправильной работы часов, информационных табло, справочных установок и автоинформаторов;

повышение вероятности неправильной постановки железнодорожного пути в проектное положение из-за разницы во времени между комплексной системой пространственных данных КСПД и путевой машиной;

увеличение возможности веерного отключения электроснабжения по причине отсутствия синхронизации защиты по времени.

В рамках реализации таких приоритетных проектов, как «Цифровая железная дорога» и «Высокоскоростная технологическая сеть передачи данных», СЕВ играет очень важную роль в связи с тем, что возможно появление новых серьезных рисков в работе интеллектуальных систем.

По этим причинам необходимо продолжить и в максимально короткое время завершить в полном объеме проект «Система единого времени ОАО «РЖД», начало

которому было положено еще в 2013 г. Следует отметить, что на данный момент СЕВ ОАО «РЖД» получает сигналы точного времени от одного эталона времени ($T_{\text{нцл}}$) Министерства обороны Российской Федерации.

Система единого времени должна обеспечивать: общее восприятие времени всеми объектами и системами, включая существующие дежурно-диспетчерские службы; привязку к шкале единого времени и синхронизацию работы территориально разнесенных технических, программных, программно-технических комплексов и автоматизированных систем; необходимую точность сигналов единого времени, получаемых потребителями.

Наличие Единого точного времени (ЕТВ) в СЕВ будет способствовать установлению четких причинно-следственных связей между событиями и процессами; фиксированию с необходимой точностью моментов времени начала и окончания событий или процессов, а также их последовательности во времени; созданию единого временного пространства головного центра с территориально разнесенными подчиненными и взаимодействующими подразделениями.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЕТВ

■ Время является важным техническим и социальным понятием. Обществу необходимо «хронирование», причем во всех сферах деятельности и особенно там, где от восприятия времени зависит безопасность и успешное выполнение заданных функций. Это положение в полной мере относится к работе ОАО «РЖД».

Что же такое Единое точное время? Для ответа на этот вопрос вкратце остановимся на понятиях «время» и «шкала времени». Международный союз электросвязи [2] трактует эти понятия следующим образом: «время – это строго необратимый континуум упорядоченных событий. Шкала времени – система однозначно упорядоченных событий, в которой время является мерой интервала между двумя событиями или мерой длительности события».

Существует целый ряд различных шкал времени. При этом следует отметить, что параметры всего многообразия шкал времени,

как и параметры обыкновенных часов, сводятся к такому набору: сущность базового периодического процесса, точность частоты и равномерность хода, стабильность частоты хода в интервале времени, момент и точность начальной установки времени, возможность и необходимость корректировки.

Международная регламентация шкал времени схематически показана на рис. 1, а российская национальная регламентация шкал времени – на рис. 2.

В международном масштабе используется шкала так называемого Всемирного координированного времени UTC (Universal Time Coordinated), формируемая путем интеграции данных большого количества национальных лабораторий, имеющих эталоны времени и частоты.

Российская Федерация использует собственную шкалу времени UTC (SU), незначительно отличающуюся от UTC. В России в качестве единого времени, распространяемого с помощью систем связи, принято московское время. Единое московское время базируется на шкале UTC (SU). Согласно статье 49 закона РФ «О связи» все операторы должны иметь на сетях связи единое учетно-отчетное московское время.

Основным способом доставки потребителям ЕТВ является доставка посредством современной телекоммуникационной сети. В качестве примера на рис. 3 представлена схема доставки ЕТВ в рамках пакетной телекоммуникационной сети и в варианте с использованием широко распространенного сетевого протокола времени NTP (Network Time Protocol). Аббревиатура ЭСЧВ ГСВЧ на схеме означает эталонный сигнал частоты и времени Государственной службы времени и частоты, ГЛОНАСС – глобальная навигационная спутниковая система.

Под NTP подразумевается ряд протоколов и алгоритмов синхронизации времени с использованием метода двусторонней передачи сигналов (меток) времени с целью согласования сравниваемых временных шкал. В англоязычной литературе он известен как TWTT (Two Way Time Transfer). В NTP этот метод развит, конкретизирован и дополнен соответствующими алгоритмами так, чтобы обеспечить синхронизацию по времени терминалов потреби-

телей, компенсировав при этом нежелательное влияние задержек меток времени по мере их прохождения в телекоммуникационной сети, причем по различным путям от разных серверов времени.

Протокол NTP глубоко стандартизирован в международном масштабе. Работу по NTP поддерживает большинство типов оборудования, действующих со стеком протоколов TCP/IP. В этом протоколе предусмотрена возможность обмена метками времени не только между клиентом в пункте А и сервером в пункте В, но и между клиентом и многими серверами, а также возможен режим равноправного обмена (peer-to-peer). Реально при использовании протокола NTP сигнал ЕТВ несет метки времени, передаваемые в пакетном формате по заданному алгоритму в обоих направлениях передачи (уже упоминавшийся метод TWTT). При этом в качестве сигнала времени должны использоваться секундная метка

времени – импульсный сигнал прямоугольной формы (1 pulse per second, 1PPS), фронт которого соответствует началу каждого секундного интервала в шкале времени и код времени – кодовый сигнал, содержащий информацию о текущем значении года, месяца, числа, часа, минуты, секунды.

В качестве опорной частоты сигналов ЕТВ должны использоваться импульсные сигналы типа «меандр», сформированные на базе сигналов системы тактовой сетевой синхронизации – ТСС (2048 кГц) или 1PPS (1 Гц).

Следует отметить, что NTP не предъявляет особых требований к сети Ethernet, не требует какой-либо дополнительной аппаратной поддержки. Этот протокол обеспечивает точность доставки времени около десятков микросекунд в масштабах локальных сетей и до десятков миллисекунд в глобальной сети.

Существует и относительно широко распространен в мировой практике протокол времени РТР

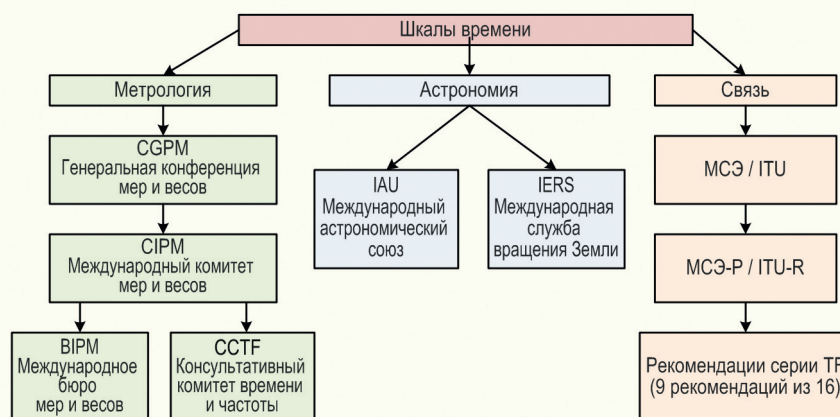


РИС. 1

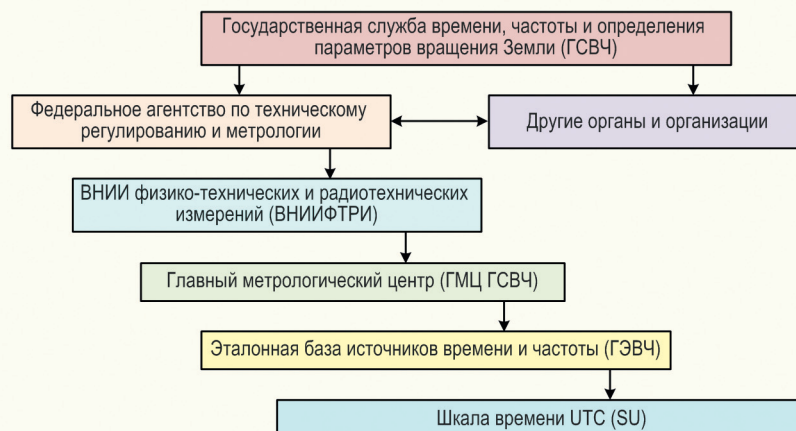


РИС. 2

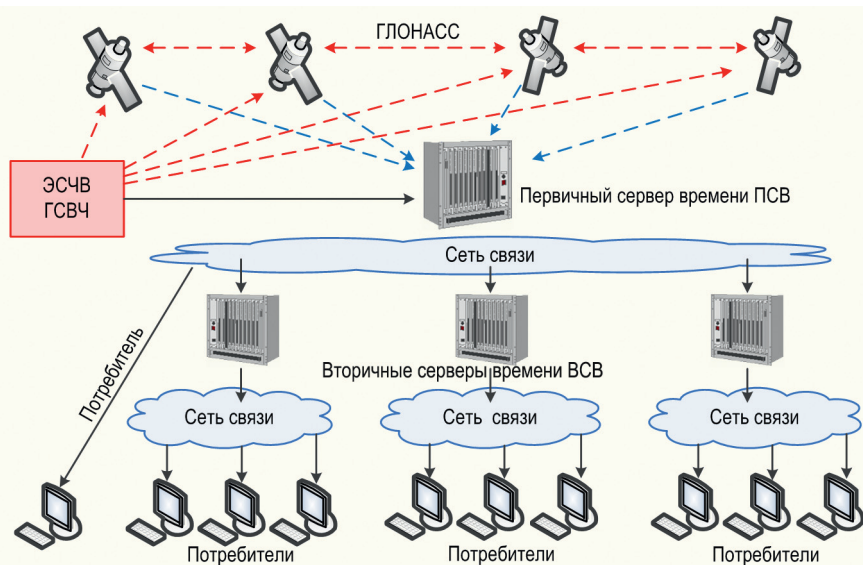


РИС. 3

(Precision Time Protocol), обеспечивающий более высокую точность. Этот протокол может обеспечить точность до сотни наносекунд.

Проектирование системы единого времени для больших инфокоммуникационных сетей является достаточно сложной задачей, требующей технико-экономических исследований. При этом следует учитывать такие параметры как точность, надежность, безопасность, удобство эксплуатации, возможность контроля, сроки реализации, капитальные затраты, эксплуатационные расходы и др.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СЕВ ОАО «РЖД» [3]

■ Ранее существовало ошибочное мнение, что хорошие встроенные автономные кварцевые часы при их правильной установке могут обеспечить единство времени, достаточное для нужд ОАО «РЖД». Однако метод «сверим наши часы» явно не дает необходимой точности и принципиально подвержен влиянию человеческого фактора. Естественно, что такой метод сегодня не применим.

Действительно, можно представить, что во всех узлах сети время устанавливается по автономным часам. При этом точность обычных электронных часов может быть достаточной или все узлы могут быть оснащены приемниками глобальных навигационных спутниковых систем, по которым устанавливается время с высокой точностью. Однако в обоих случаях (независимо от точности) установка ЕТВ не защищена от влияния

человеческого фактора. Это влияние может быть как случайным (персонал не заметил сбоя часов), так и преднамеренным (желание скрыть первопричину повреждения сети, получить выгоду при взаиморасчетах и др.). Более того, централизованный контроль этих и других нарушений, практически невозможен при автономии часов, также как и мониторинг качества установления и поддержания точного времени в сетевом масштабе.

Применительно к СЕВ ОАО «РЖД» синхронизация часов на всех объектах должна быть автоматической, постоянной и обеспечивающей достаточно высокую точность. Наличие единого времени должно контролироваться, а система реагировать на случайные и злонамеренные вмешательства.

Таким образом, в основе решения проблемы ЕТВ для ОАО «РЖД» должны лежать следующие принципы: исключение или минимизация влияние человеческого фактора и постоянный контроль обеспечения ЕТВ.

Такие требования могут быть выполнены при получении первичного сигнала времени по шкале UTC (SU) от одного из государственных эталонов и использовании протокола времени NTP для доставки ЕТВ потребителям. Именно так построена существующая СЕВ ОАО «РЖД».

РЕАЛИЗАЦИЯ СЕВ ОАО «РЖД» И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПЛАНЫ [3]

■ Как уже указывалось, в основе СЕВ ОАО «РЖД» лежит использование протокола NTP. Этот про-

токол рассчитан на применение в среде пакетных сетей. В рамках модернизации технологической сети связи ОАО «РЖД» предусмотрено создание (поверх оптической транспортной платформы) пакетной сети на технологии IP/MPLS. Именно сеть IP/MPLS служит средой для распространения ЕТВ.

Определенный опыт внедрения элементов СЕВ был получен в период подготовки и проведения Олимпиады-2014. В качестве источника первичного сигнала ЕТВ тогда использовался и продолжает использоваться эталон времени (Tnull), расположенный в Главном научном метрологическом центре Министерства обороны РФ.

После успешного опыта внедрения сегмента СЕВ на олимпийских объектах началось внедрение СЕВ на тех участках телекоммуникационной сети, где применяются пакетные технологии с IP в качестве протокола верхнего уровня. Имеются в виду участки сетей передачи данных СПД ОТН (включая ЕСМА) и СПД ОБТН. В результате СЕВ была распространена на дорожные сегменты СПД ОТН четвертого и пятого кольца Московской, Нижегородской, Саратовской, Самарской, Екатеринбургской и Челябинской дирекций связи.

В феврале 2018 г. заместителем генерального директора – главным инженером ОАО «РЖД» С.А. Кобзевым была утверждена «Схема передачи сигналов СЕВ, синхронизированных от эталона времени Российской Федерации в СПД ОБТН ОАО «РЖД» (рис. 4) и согласована Пояснительная записка к ней. В схеме приняты следующие обозначения: ФБУ ГНМЦ – Федеральное бюджетное учреждение «Главный научный метрологический центр», АРСВ – аппаратура распределения сигналов времени, ПЭГ – первичный эталонный генератор, ВЗГ – ведомый задающий генератор, СТБ – сервер точного времени, МЭ – межсетевой экран, СУ – система управления.

В Пояснительной записке указано, что сигнал точного времени от эталона поступает на аппаратуру АРСВ-3100з, которая формирует собственную шкалу времени и передает ее по трем каналам Е1 систем SDH на входы АРСВ Московской, Екатеринбургской и Иркутской дирекций связи. При этом осуществляется компенсация

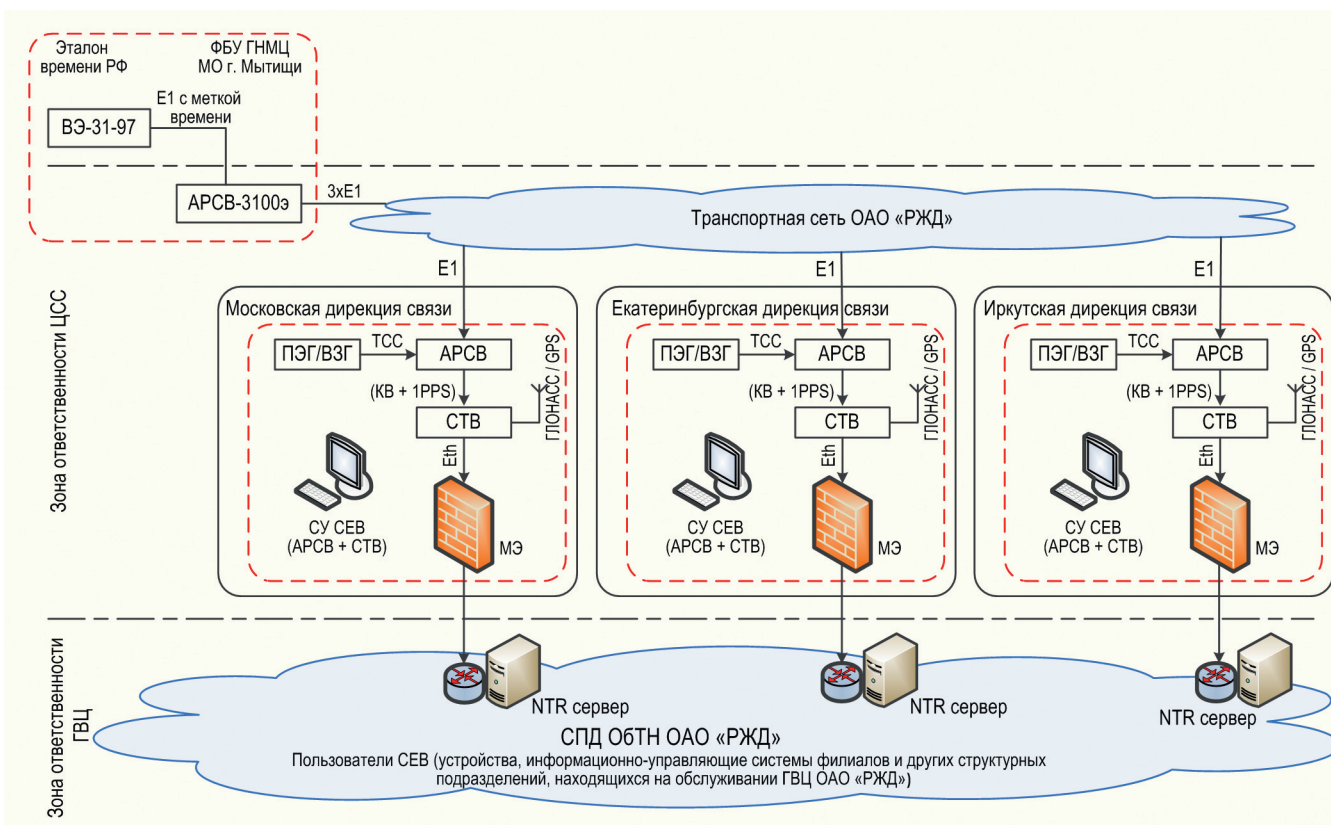


РИС. 4

сетевых задержек на основании измерения так называемых круговых задержек в каналах E1. От этих APCB дирекций связи сигнал с меткой времени передается на входы CTB по интерфейсам «KB+1PPS» (где KB – код времени). Далее сигнал по протоколу NTP поступает через МЭ на серверы NTP СПД ОБТН. Для обеспечения информационной безопасности используются списки контроля доступа ACL (Access Control List) к CTB.

Присоединение к СЕВ пользователей, не являющихся абонентами СПД ОБТН и, в частности, СПД ОТН, выполняется по отдельным проектам. При этом они должны обеспечить установку собственных CTB.

Однако действующая на сети ОАО «РЖД» в настоящее время СЕВ далеко не полностью соответствует перспективным запросам холдинга. В связи с развертыванием комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога» (ЦЖД) и предстоящим строительством Высокоскоростной технологической сети передачи данных (ВСТСПД) дальнейшее развертывание СЕВ должно быть направлено в первую очередь на полный охват инфраструктуры и объектов ЦЖД и ВСТСПД. Это

обстоятельство потребует нового проектирования и внесения определенных корректировок в схему, утвержденную руководством ОАО «РЖД» (см. рис. 4). Кроме того, существенно возрастает масштаб и количественные показатели СЕВ.

Важной и до сих пор не решенной задачей является распространение СЕВ на подвижной состав, в частности доставка ЕТВ в кабину машиниста. Возникает также необходимость строгой гармонизации графиков развертывания указанных инновационных проектов и развития СЕВ.

Кроме того, следует провести исследования и установить необходимую точность доставки времени различным потребителям и точность синхронизации по времени управляющих и информационных систем. Возможно потребуются введение различных классов точности.

Отдельно необходимо затронуть вопрос финансирования развертывания СЕВ. Такое положение, как невозможность реализации проекта ЦЖД без обеспечения единым точным временем и вообще чрезвычайная важность обеспечения холдинга «РЖД» единым точным временем, иногда недооценивается, что вызывает

стремление сэкономить на этом. Во избежание негативных последствий следует обязательно предусматривать в инвестиционных планах на ближайшую перспективу финансирование внедрения СЕВ.

В заключение отметим, что в холдинге «РЖД» система единого времени находится в состоянии развития. Полноценная СЕВ, обеспечивающая доставку единого точного времени на все объекты, связанные с перевозочным процессом, включая подвижной состав, является обязательным компонентом цифровой железной дороги. Графики ее реализации и развертывания СЕВ должны быть взаимоувязаны и строго гармонизированы. В инвестиционных планах необходимо предусматривать финансовое обеспечение внедрения СЕВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большая советская энциклопедия [Электронный ресурс] : в 52 т. М. : Бука, 2012. 2 электр. опт. диска (CD ROM).
2. Recommendation ITU-R TF.686-2. Glossary and definitions of time and frequency terms (2002). ITU, 2002. URL: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/tf/R-REC-TF.686-2-200202-S!!PDF-E.pdf.
3. Рыжков А.В. Частота и время в инфокоммуникациях XXI века. Москва: Международная академия связи, 2006. 319 с. (Инфокоммуникации XXI века).

УДК 681.518:656.254:006.92

СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНОГО ТОЧНОГО ВРЕМЕНИ



**РЫЖКОВ
Анатолий Васильевич,**
Московский технический
университет связи и
информатики, главный
научный сотрудник Научно-
исследовательской части,
профессор, д-р техн. наук



**НОВОЖИЛОВ
Евгений Олегович,**
АО «Научно-
исследовательский и
проектно-конструкторский
институт информатизации,
автоматизации и связи
на железнодорожном
транспорте», начальник
отдела, канд. техн. наук

Ключевые слова: генератор тактовой сетевой синхронизации, ГНСС, ВОЛС, система единого точного времени, эталон времени и частоты

Аннотация. При организации перевозочного процесса и управления им требуется решение таких задач, как документирование времени поступления и выдачи информации, ситуационный анализ событий (очередность, последовательность во времени, длительность), прогнозный анализ и др. При этом расхождение показаний времени в различных информационных автоматизированных системах снижает эффективность и надежность их работы, ограничивает совместимость и возможность интеграции как самих систем, так и поступающей от них информации. Проблема обостряется еще и необходимостью передачи сигналов единого точного времени (ЕТВ) на значительные расстояния, поскольку большинство информационных систем имеют территориально-распределенную структуру.

■ В последние годы активно внедряются глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), на которые возложено координатное и временное обеспечение железнодорожного транспорта. Вместе с известными достоинствами (высокая точность сигналов времени и частоты, доступность в любой точке поверхности Земли и возможность размещения приемного оборудования на подвижных объектах) ГНСС имеют существенный недостаток – повышенную уязвимость, снижающую надежность их функционирования.

В то же время в фиксированных сетях передачи данных применяются стандартизованные протоколы сетевого времени NTP и RTP, обеспечивающие в глобальных сетях точность в пределах от единиц до десятков миллисекунд (NTP) и микросекунд (RTP). Однако многие современные технологии (LTE, G5, WiMAX) предъявляют существенно более высокие требования к точности синхронизации времени.

Следовательно, средствами только ГНСС и сетей передачи данных затруднительно обеспечить требуемую на современном этапе точность сигналов ЕТВ и

гарантированность их непрерывной синхронизации с эталонной шкалой времени.

В данной статье рассматриваются источники эталонных сигналов ЕТВ, средства формирования и хранения шкал времени, а также технические решения, позволяющие обеспечить потребность железных дорог в сигналах ЕТВ высокой точности на сегодняшний момент и в перспективе.

ИСТОЧНИКИ ЕДИНОГО ТОЧНОГО ВРЕМЕНИ

■ В соответствии с действующим законом № 107-ФЗ «Об исчислении времени в Российской Федерации» Государственная служба времени, частоты и определения параметров вращения Земли (ГСВЧ) распространяет информацию о точном значении московского времени и календарной дате, а также эталонные сигналы времени. При этом используется глобальная навигационная спутниковая система и спутниковые системы связи (в части передачи сигналов времени); средства радиосвязи, включая специализированные радиостанции; радиовещание и телевидение, в том числе спутниковое.

Московское время, календарная дата и эталонные сигналы времени формируются на основе шкалы времени Государственного первичного эталона единиц времени, частоты и национальной шкалы времени. Этот эталон обеспечивает воспроизведение, хранение и передачу единиц времени и частоты с наивысшей точностью. Он утвержден в соответствии с законом № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» в качестве исходного на территории Российской Федерации. Обязательные метрологические требования к измерениям времени, в том числе показатели точности измерений устанавливаются также в соответствии с законом № 102-ФЗ.

Таким образом, в нашей стране источниками ЕТВ являются государственные эталоны. При этом ГСВЧ располагает тремя основными государственными эталонами времени и частоты (ГЭВЧ) – эталонами атомного времени – первичным и двумя вторичными. Первичный эталон ГЭТ1 находится в Государственном метрологическом центре ГСВЧ, вторичные эталоны ВЭТ1-5 и ВЭТ1-7 – в Иркутском и Хабаровском филиалах.

Метрологические характеристики указанных эталонов приведены в табл. 1 [1]. Данные табл. 1 показывают, что отечественные эталоны имеют высокие метрологические характеристики.

Для единства измерений система единого точного времени (СЕВ) на железнодорожном транспорте должна иметь привязку к ГЭВЧ в соответствии с поверочной схемой, представленной в ГОСТ 8.129-2013 «Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты».

СРЕДСТВА РАСПРОСТРАНЕНИЯ СИГНАЛОВ ЕТВ

■ Для передачи эталонных сигналов единого точного времени ГСВЧ использует разветвленную сеть средств [2], которая включает в себя: длинноволновые специализированные радиостанции РБУ и РТЗ; коротковолновую радиостанцию РВМ; радиостанции сверхдлинноволнового диапазона РАБ-99, РИХ-63, -69, -77, -86, -90 и радионавигационные станции длинноволнового диапазона РНС-Е(А), РНС-Е(Д) и РНС-В(А); ГНСС ГЛОНАСС; средства телевидения; глобальную сеть Интернет.

Вместе с этим для распространения сигналов ЕТВ применяются и такие средства, как:

перевозимые рубидиевые, цезиевые и водородные стандарты (часы) с относительной погрешностью $10^{-10} - 10^{-8}$ [5];

длинно- и коротковолновые вещательные радиостанции;

зарубежные ГНСС (GPS, GALLILEO);

метрологические и прочие (например, вещательные) спутники на геостационарной орбите;

системы спутниковой связи с двунаправленной передачей сигнала;

системы проводной телефонной связи;

волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) с использованием специализированного оборудования;

системы плезиохронной (ПЦИ) и синхронной (СЦИ) цифровой иерархии, работающие по ВОЛС; микрораспределительные и коаксиальные линии связи;

сети передачи данных (СПД) с коммутацией пакетов.

Точность привязки сигналов

Метрологическая характеристика	ГЭТ1	ВЭТ1-5	ВЭТ1-7
Диапазон частоты, Гц	$1 \div 10^{14}$	$1 \div 10^8$	$1,5 \cdot 10^6 \div 10^8$
Диапазон интервала времени, с	$10^{-10} \div 10^8$	$10^{-9} \div 10^8$	$10^{-9} \div 10^8$
Относительная нестабильность	$\leq 5 \cdot 10^{-15}$	$\leq 10^{-14}$	—
Относительная погрешность воспроизведения	$\leq 1 \cdot 10^{-14}$	$\leq 2 \cdot 10^{-14}$	$\leq 4 \cdot 10^{-14}$

ЕТВ к эталонным источникам, обеспечиваемая наиболее широко применяемыми телекоммуникационными ресурсами, приведена на диаграмме (рис. 1).

В ОАО «РЖД» имеется с одной стороны широкая номенклатура технических средств, информационных автоматизированных систем – потенциальных пользователей сигналов ЕТВ, с другой – ВОЛС большой протяженности и сети электросвязи на их основе. Поэтому для применения в составе СЕВ на железнодорожном транспорте представляют интерес следующие средства распространения сигналов ЕТВ: ГНСС ГЛОНАСС; ВОЛС; сети электросвязи СЦИ и с коммутацией пакетов. Следует отметить, что применение ВОЛС позволяет осуществить непосредственное сопряжение СЕВ с ГЭВЧ с целью формирования шкалы времени ОАО «РЖД» с метрологической точностью.

Исходя из изложенного, целесообразно построение фиксированного сегмента СЕВ на основе ВОЛС и оборудования цифровой первичной сети связи ОАО «РЖД». При этом узлы СЕВ будут совмещены с узлами сети связи. Фиксированный сегмент СЕВ обеспечит

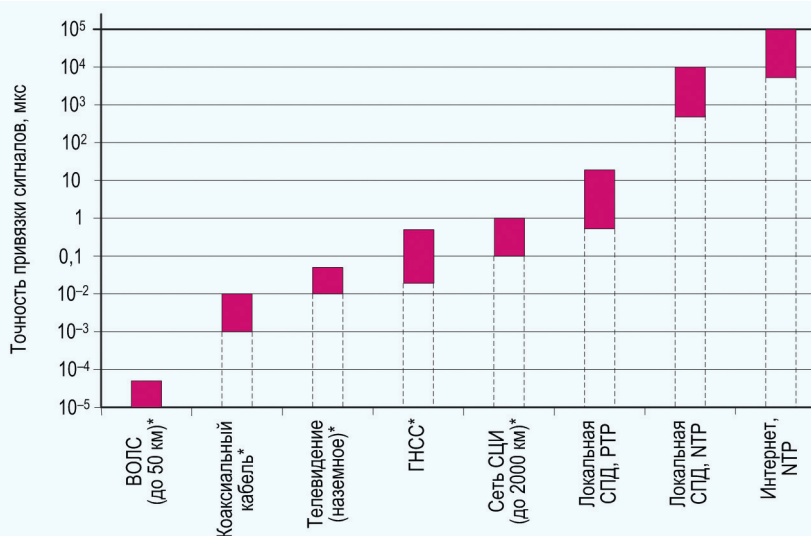
сигналами ЕТВ объекты и системы, составляющие инфраструктуру железнодорожного транспорта. Для обеспечения сигналов ЕТВ на подвижном составе целесообразно применение приемников сигналов ГНСС либо каналов цифровых систем радиосвязи.

СРЕДСТВА ФОРМИРОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ШКАЛ ВРЕМЕНИ

■ Локальные шкалы времени на узлах СЕВ формируются на основе сигналов высокоточного генераторного оборудования, в качестве которого в условиях сети электросвязи применяются генераторы системы тактовой сетевой синхронизации (ТСС).

Генератор сетевого элемента (ГСЭ) – SDH equipment clock (SEC) [3], – встроенный в аппаратуру СЦИ как источник тактовых сигналов, выполняет прием входных сигналов синхронизации от ряда источников, выбор одного из входных сигналов, фильтрацию и распределение синхросигнала между объектами.

Ведомый задающий генератор (ВЗГ) – Secondary Supply Unit (SSU) [4] – техническое средство ТСС второго уровня иерархии, выпол-



* По данным Рекомендации МСЭ-R TF.1011-1 (10/1997) «Системы, методы и службы для передачи времени и частоты»

РИС. 1

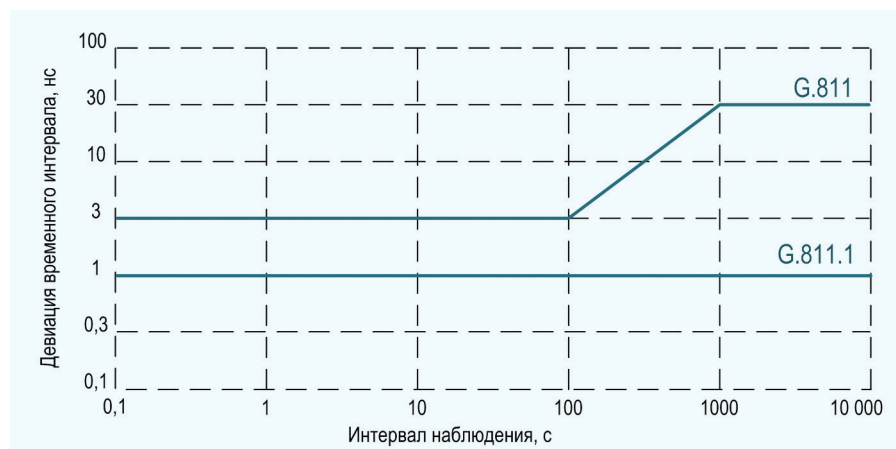


РИС. 2

няющее функции восстановления, размножения, резервирования и контроля параметров сигналов синхронизации, а также (в режиме удержания частоты) функцию резервного источника синхронизации для фрагмента сети ТСС. Этот генератор также может служить локальным источником эталонных сигналов частоты и времени при наличии в его составе приемника сигналов ГНСС.

Первичный эталонный источник (ПЭИ) – Primary Reference Source (PRS) [5] – техническое средство ТСС, формирующее эталонные сигналы синхронизации с помощью квантовых стандартов частоты или/и с помощью встроенного приемника сигналов ГНСС. Первичный эталонный генератор (ПЭГ) – техническое средство ТСС первого уровня иерархии, которое объединяет в себе функционал ПЭИ и ВЗГ.

Первичный эталон времени и частоты (ПЭВЧ) – Primary Reference Time Clock (PRTC) [6] –

представляет собой модернизированное оборудование ПЭГ, формирующее сигналы эталонной частоты и ЕТВ.

В Рекомендациях МСЭ-Т G.8273/Y.1368 (08/2013) «Обзор генераторного оборудования для синхронизации по фазе и времени (Framework of phase and time clocks)» определен новый класс устройств – APTSC (Assisted Partial Timing Support Slave Clock). Это оборудование, имеющее функции как ПЭИ (на основе приема сигналов ГНСС), так и первичного сервера PTP (Grandmaster PTP), может получать из сети внешние сигналы синхронизации 2,048 МГц и сигналы ЕТВ, включая данные протокола PTP. Такие устройства являются наиболее универсальными для функционального развития оборудования синхронизации частоты и времени.

Устройства APTSC обладают гибкой архитектурой и могут программно настраиваться на различные режимы работы: первичный

сервер PTP (Grandmaster PTP), пограничные часы (Boundary Clock – BC) или ведомые часы (Telecom Slave Clock – TSC). Они получают все большее применение и широко представлены на рынке.

Для перспективных сетей связи, в том числе стандарта 5G, международными рекомендациями определены более жесткие требования к новым эталонным источникам сигналов частотной и временной синхронизации. Это «улучшенный ПЭГ» (уПЭГ) – enhanced PRC (ePRC) и «улучшенный ПЭВЧ» (уПЭВЧ) – enhanced PRTC (ePRTC). Требования к уПЭГ описаны в Рекомендациях МСЭ-Т G.811.1 (08/2017), а к уПЭВЧ – в МСЭ-Т G.8272.1 (08/2017).

Изменения, внесенные в новые классы генераторного оборудования, касаются повышения точности и стабильности формируемых ими сигналов частоты и времени. В связи с этим потребовалось применение более высокостабильных атомных эталонов частоты и более сложных приемников ГНСС, работающих в двух диапазонах. Так, если для плезиохронной работы международных цифровых трактов величина относительной нестабильности частоты составляла 10^{-11} [5], то для улучшенных эталонных источников она должна быть не более 10^{-12} . Также ужесточены требования к величине фазовых шумов, выраженных через характеристику девиации временного интервала (рис. 2). Следует отметить, что указанные требования уже реализованы в серийно выпускаемых стандартах частоты [7].

В Рекомендации МСЭ-Т G.8271.1/Y.1371.1 (02/2012) – «Сетевые нормы при временной синхронизации в пакетных сетях» определен бюджет ошибки времени в ведомых часах линии передачи из 10 сетевых элементов по отношению к шкале времени ведущих часов при передаче сигналов ЕТВ в пакетной сети с применением протокола PTP. Бюджет ошибки времени в ведомых часах PTP представлен на рис. 3. Из данных, приведенных на рис. 3, следует, что суммарная погрешность, вносимая гипотетической линией передачи из конца в конец, не должна превышать $\pm 1,5$ мкс.

Существующее генераторное оборудование системы ТСС сети связи ОАО «РЖД», а также гене-

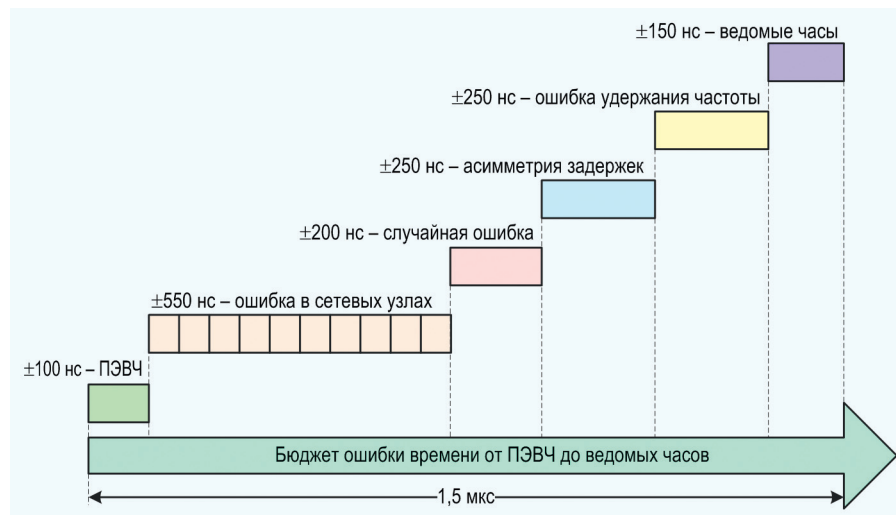


РИС. 3

раторное оборудование нового поколения позволяют на основе высокостабильных сигналов стандартных частот формировать шкалу времени с высокой точностью. При применении сигналов ТСС шкала времени будет иметь пренебрежимо малое отклонение на интервале между операциями синхронизации. Также будет обеспечено хранение шкалы времени в случае отсутствия передачи сигналов ЕТВ от эталона. Например, при относительной нестабильности частоты ТСС 10^{-9} шкала времени будет иметь уход не более 87 мкс в сутки.

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ЕТВ

■ В целях обеспечения наилучшей точности сигналов ЕТВ и экономической эффективности СЕВ целесообразно реализовать ее по иерархическому принципу. Структура одного из возможных вариантов реализации СЕВ показана на рис. 4. Узлы первого уровня получают эталонные сигналы непосредственно от ГЭВЧ. Для их передачи между ГЭВЧ и узлом первого уровня, а также между уровнями, узлами СЕВ и пользователями предусматриваются различные способы, отличающиеся точностью сигналов и стоимостью реализации.

На каждом из узлов СЕВ осуществляется формирование и хранение локальной шкалы времени на основе сигналов стандартных частот системы ТСС. Количество уровней иерархии, точность сигналов ЕТВ на каждом из уровней устанавливаются исходя из требований пользователей на настоящий момент и на перспективу (с учетом внедрения новых технологий).

Рассмотрим некоторые особенности реализации технических решений, которые могут быть применены в структуре СЕВ для распространения сигналов ЕТВ.

Непосредственное получение сигналов ЕТВ от приемника ГНСС. С точки зрения технической реализации этот способ является самым простым. Он обеспечивает точность привязки шкалы времени к ГЭВЧ около 50 нс. Причем важно, что оборудование для приема сигналов ГЛОНАСС серийно выпускается отечественными производителями и является доступным. Однако из-за уязвимости радиосистемы могут создаваться

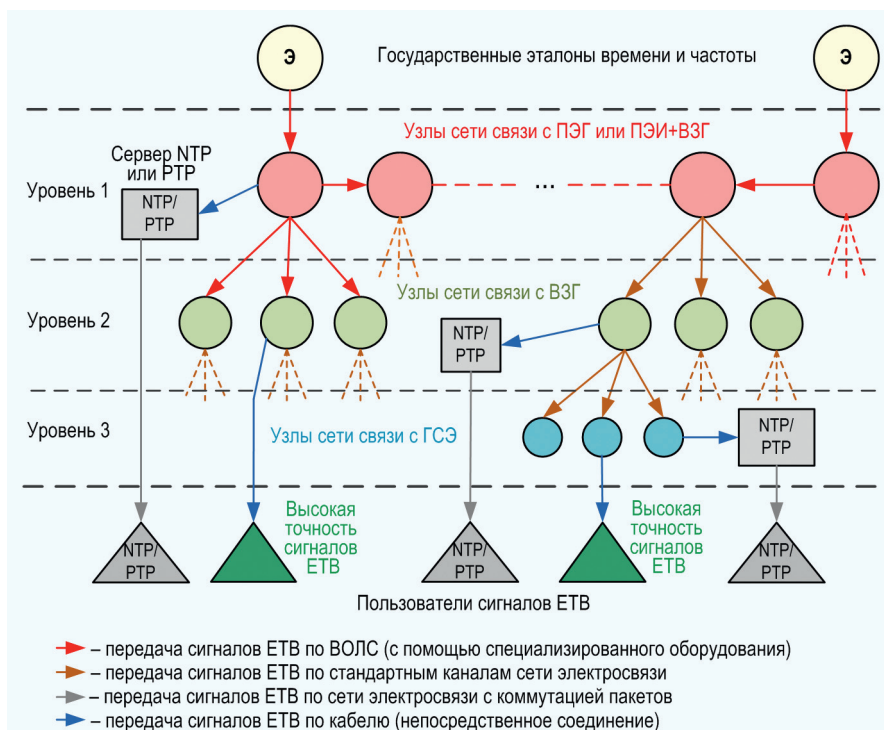


РИС. 4

ситуации, когда сигналы будут некоторое время недоступны. Вследствие этого возникает проблема хранения шкалы времени. Для ее решения у каждого пользователя сигналов ЕТВ необходимо устанавливать дорогое генераторное оборудование со встроенным приемником ГНСС, удовлетворяющее требованиям по точности [7].

Передача сигналов ЕТВ по стандартному цифровому каналу электросвязи. В 2006 г. была разработана аппаратура распределения сигналов времени (APCB) для работы в составе СЕВ по каналам 2048 кбит/с на большие расстояния. Был реализован модуль для сопряжения APCB с ГЭВЧ, позволяющий иметь СЕВ, привязанную к шкале UTC(SU) через канал передачи. Способ, предусмотренный в APCB, защищен патентом РФ [8]. Реальная эксплуатация аппаратуры подтвердила возможность передачи по каналам сети СЦИ сигналов ЕТВ с высокой точностью (около 20 мкс на 1000 км без компенсации асимметрии задержек сигнала в прямом и обратном направлениях и около 1 мкс на 1000 км в случае ее компенсации).

APCB обеспечивает прием сигналов ЕТВ как от ГЭВЧ, так и от приемного устройства ГНСС ГЛОНАСС и аналогичной аппаратуры APCB; выбор одного из двух при-

нятых сигналов для формирования шкалы времени и хранения шкалы (шаг шкалы – 15,26 нс); формирование сигналов ЕТВ для серверов NTP или PTP и предоставление сигналов ЕТВ пользователям.

Передача сигналов ЕТВ по ВОЛС, как уже упоминалось, осуществляется с помощью специализированного оборудования. Таким оборудованием может служить аппаратура передачи сигналов времени и частоты (АПСВЧ). Она представляет собой модернизированный вариант APCB, в котором сигналы ЕТВ передаются по паре оптических волокон. При этом точность синхронизации времени составляет не хуже 1,5 нс.

Применение данного оборудования дает возможность дистанционного сличения частот и шкал времени первичных, вторичных и рабочих эталонов ГСВЧ, Минобороны, ОАО «РЖД» и других организаций, нуждающихся в сигналах ЕТВ высокой точности (1–50 нс). Наиболее целесообразно в этом случае использовать технологию «Long haul», обеспечивающую длину регенерационных участков до 2–3 тыс. км и более.

Передача сигналов ЕТВ по сети с коммутацией пакетов выполняется с помощью протоколов NTP или PTP. При этом сигналы, применяемые в качестве опорных, поступают на сервер NTP

Stratum-1 (или Grandmaster PTP), обеспечивающий клиентов сети сигналами ЕТВ.

Серверы NTP и PTP производятся в основном зарубежными фирмами. Вместе с тем, сетевые протоколы NTP и PTP реализованы также в отечественном сервере «Первичный эталонный источник – Сервер синхронизации времени ССВ-1Г». Он полностью совместим с APCB, является по отношению к ней источником резервного сигнала шкалы времени и выполняет функцию сервера NTP Stratum-1 (Grandmaster PTP).

Результаты измерений точности передачи времени от серверов NTP Stratum-1 ФГУП «ВНИИФТРИ», расположенных в Московской области, Иркутске и Хабаровске, по глобальной сети Интернет представлены в табл. 2.

PTP протокол позволяет обеспечить не только высокую точность синхронизации шкал времени (доли мкс), но и воспроизвести у пользователя сигнал стандартной частоты с высокой точностью. Это актуально для пакетных сетей мобильной и сотовой связи, не имеющих доступа к ТСС магистральных сетей.

В заключение хотим отметить, что сравнение рассмотренных источников ЕТВ, средств формирования и хранения шкал времени, средств распространения сигналов ЕТВ, а также способов их распространения позволяет сделать следующие выводы.

Целесообразно строить СЕВ ОАО «РЖД» по иерархическому принципу. При этом количество уровней иерархии, требования к точностям сигналов ЕТВ на каждом уровне устанавливаются исходя из требований пользователей на настоящий момент и на перспективу (с учетом внедрения новых технологий).

Для обеспечения единства измерений реализация СЕВ должна

предусматривать прослеживаемость (привязку) к ГЭВЧ, т.е. ее сопряжение с одним или несколькими ГЭВЧ. При этом передачу сигналов от ГСВЧ к принимающему узлу СЕВ следует выполнять непосредственно по ВОЛС с применением специального оборудования (точность сигналов ЕТВ $\pm 1,5$ нс), обеспечивающего наивысшую точность времени на узле сопряжения. Аналогичным способом сигналы ЕТВ могут распространяться на первом уровне иерархии СЕВ между региональными центрами корпоративного управления железных дорог.

Между узлами СЕВ 1 и 2 уровня представляется обоснованным распространение сигналов ЕТВ по каналам электросвязи сети СЦИ (точность сигналов ЕТВ – около 20 мкс на 1000 км) либо (при необходимости) непосредственно по ВОЛС с применением специального оборудования. Между узлами 2-го и последующих уровней – способом, определяемым требованиями пользователей к точности сигналов ЕТВ.

К клиентам вычислительных сетей сигналы ЕТВ направляются от серверов NTP. По мере появления сетевого оборудования, поддерживающего протокол PTP, станет возможным внедрение серверов времени PTP.

Предложенные решения реализации СЕВ с применением ВОЛС как основной среды передачи сигналов ЕТВ позволяют использовать единое и точное время в технических средствах и автоматизированных системах железнодорожного транспорта. Другими словами, на любом узле сети связи ОАО «РЖД» могут быть получены сигналы ЕТВ, имеющие привязку к шкале времени ГЭВЧ с высокой точностью, гарантированной доступностью и информационной безопасностью. Дальнейшая доставка сигналов ЕТВ к пользователям (серверам,

рабочим станциям, системам диагностики и др.) может быть выполнена посредством существующих локальных вычислительных сетей и протоколов времени (NTP, PTP), реализующих в локальных сетях приемлемые точности синхронизации времени.

Для подвижного состава практически безальтернативным остается применение приемников ГНСС. При этом поправка на расхождение шкал системы ГЛО-НАСС и СЕВ ОАО «РЖД» при необходимости может быть получена и учтена в стационарных системах на инфраструктуре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филимонов С. Обеспечение единства времени в отрасли связи России // Первая миля. 2011. № 3. С. 8–15. URL: <http://www.lastmile.su/journal/article/2817>.
2. Эталонные сигналы частоты и времени. Характеристики и программы передач через радиостанции, наземные и космические средства навигации, сети телевизионного вещания и глобальную сеть Интернет [Электронный ресурс] // Бюллетень В16/2018 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии «Росстандарт»; Главный метрологический центр ГСВЧ; ФГУП «ВНИИФТРИ». URL: ftp://ftp.vniiftri.ru/BULLETINS/V/bull_b16_2018.pdf.
3. ITU-T Recommendation G.813 (03/2003). Timing characteristics of SDN equipment slave clocks SDH (2003). ITU, 2003. URL: <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=13084&lang=en>.
4. ITU-T Recommendation G.812 (06/2004). Timing requirements of slave clock suitable for use as node clock in synchronization networks (2004). ITU, 2005. URL: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.812-200406-I>.
5. ITU-T Recommendation G.811 (09/1997). Timing characteristics of primary reference clocks (2016). ITU, 2016. URL: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.811-199709-I>.
6. ITU-T Recommendation G.8272/Y.1367 (01/2015). Timing characteristics of primary reference time clocks (2016). ITU, 2016. URL: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.8272-201604-I!Amd1>.
7. Первичный эталонный источник VCH-1008С системы тактовой сетевой синхронизации в цифровых сетях / Э.В. Зуев, А.В. Рыжков, А.С. Пелюшенко, В.И. Саматов, Б.А. Сахаров // Электросвязь. 2013. № 2. С. 32–33.
8. Пат. 2409901 РФ H04L 5/00. Способ построения системы единого времени с использованием двунаправленных цифровых каналов электросвязи / Васильев О.К., Вериги А.М., Новожилев Е.О., Рыжков А.В., Слюняев А.Н.; патентообладатель ОАО «РЖД». № 2009110268/09; заявл. 23.03.2009; опубл. 20.01.2011. Бюл. № 2.

Т а б л и ц а 2

Населенный пункт	Доменное имя сервера в сети Интернет	Точка приема сигналов ЕТВ и измерений	Расхождение принятых сигналов ЕТВ со шкалой времени ГЛОНАСС, мс
Московская обл.	ntp1.vniiftri.ru ntp2.vniiftri.ru ntp3.vniiftri.ru ntp4.vniiftri.ru	МТУСИ	2–3; через Stratum 2 (ССВ-1Г) 5–6
Иркутск	ntp1.vniiftri.irkutsk.ru ntp1.vniiftri.irkutsk.ru	МТУСИ	2–3
Хабаровск	ntp1.vniiftri.khv.ru ntp1.vniiftri.khv.ru	МТУСИ	2–3



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

УДК 681.518:656.254:006.92

СИНХРОНИЗАЦИЯ ВРЕМЕНИ БОРТОВЫХ УСТРОЙСТВ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМИ ИНТЕРФЕЙСАМИ

Ключевые слова: синхронизация времени, бортовые устройства управления, шина CAN, открытая архитектура, спутниковый приемник

Аннотация. Рассмотрена необходимость синхронизации бортовых систем локомотива или электропоезда. Изложены принципы реализации синхронизации времени по последовательным интерфейсам CAN, RS-485, Ethernet, приведены данные по точности синхронизации.

■ Современные сложные технические системы представляют собой множество подсистем, взаимодействующих в единой сети. При таком подходе все процессы должны работать в едином временном пространстве, так как формирование данных, их передача, обработка происходят в разные моменты времени. Без учета времени формирования данных невозможно реализовать современные алгоритмы управления.

Требования по точности зависят от решаемой задачи. К примеру, при архивировании событий для последующего анализа человеком приемлемая точность может быть в пределах 1 с. При комплексировании данных для высокоточной системы позиционирования требования по точности синхронизации могут достигать уже 1 мс и менее, так как ошибка во времени влечет за собой существенную ошибку в координатах. Синхронизация времени крайне важна при разработке быстродействующей высокоточной системы, которая объединяет данные от разных источников.

На наземном сегменте проблема синхронизации данных решена достаточно давно. Существуют специальные протоколы (алгоритмы) синхронизации времени. Наиболее известный протокол NTP – сетевой протокол для синхронизации внутренних часов компьютера с использованием

сетей с переменной латентностью. Впервые протокол был разработан профессором Делаверского университета Дэвидом Л. Миллсом в 1985 г. Текущая версия протокола NTPv4 чрезвычайно устойчива к изменениям латентности среды передачи и достигает точности синхронизации до 10 мс.

Более точную синхронизацию обеспечивает протокол PTP, регламентированный стандартом IEEE 1588, благодаря которому достигается точность синхронизации менее 1 мкс.

Синхронизация бортовых устройств локомотивов представ-

ляет собой весьма сложную задачу из-за наличия набора последовательных интерфейсов, таких как CAN, RS-485 и других, с переменным временем передачи данных.

Важным вопросом становится синхронизация времени между всеми взаимодействующими подсистемами на борту подвижного состава для реализации управляющей системы. При таком подходе необходимо определить устройство – мастер, которое будет выдавать время и корректировать его на борту. Основным источником времени на борту может служить спутниковый при-

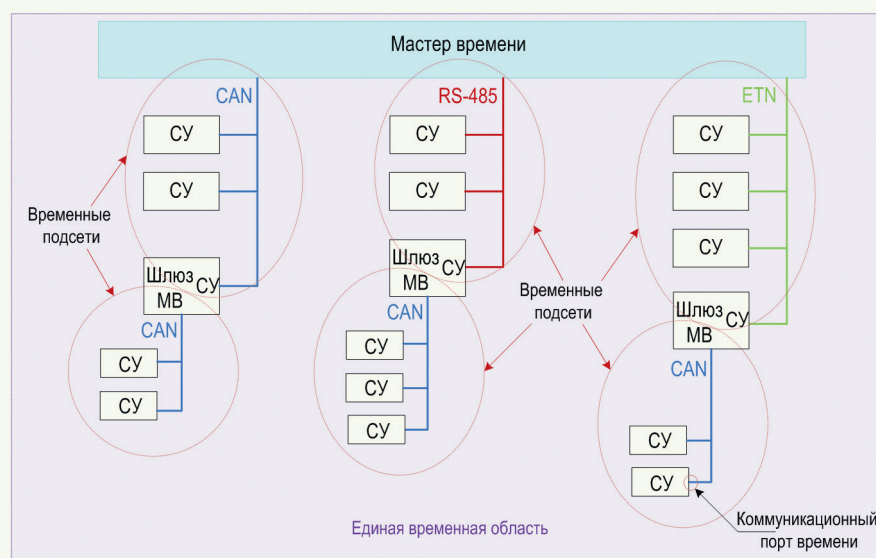


РИС. 1

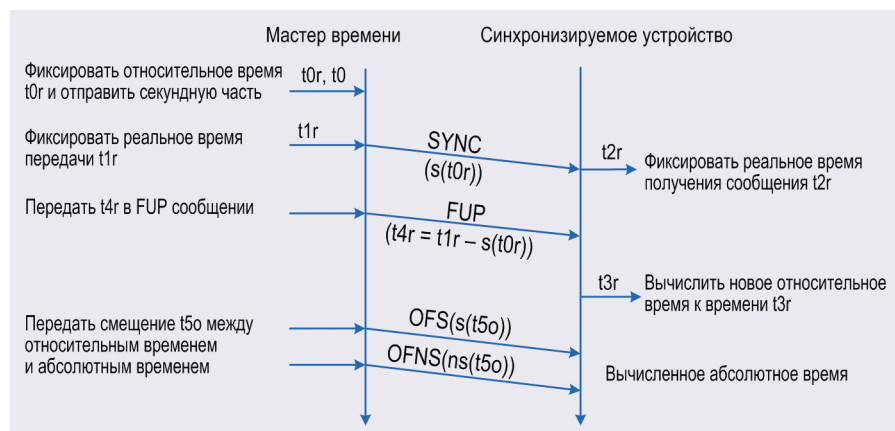


РИС. 2

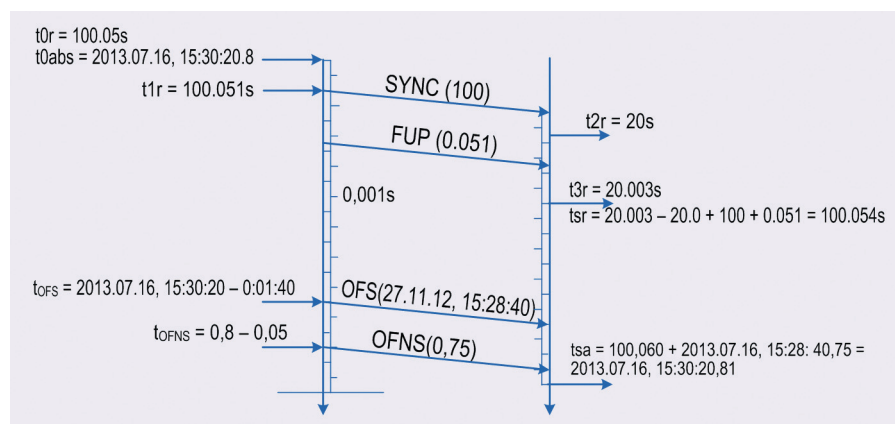


РИС. 3

емник, позволяющий получать точность времени с погрешностью в пределах $(1PPS) \pm 25$ нс.

Принципы синхронизации времени по шине CAN были изложены в 1994 г. [1] для задач, критичных во временной области. В настоящее время в рамках разработки открытой архитектуры AUTOSAR всемирного автомобильного консорциума, объединяющего в том числе поставщиков автомобильной электроники и программного обеспечения, появились технические спецификации [2], описывающие принципы синхронизации по шине CAN. Точность современных реализаций синхронизации по интерфейсу CAN достигает 20 мкс. Пример распределенной схемы синхронизации времени с набором разных последовательных интерфейсов и шлюзами представлен на рис. 1.

Передачи информации о времени от мастера (MB) к синхронизируемым устройствам (CU) в широкополосном режиме недостаточно для точной синхронизации из-за арбитража времени передачи сообщений и задержек на шине. Концепция синхронизации

предполагает механизм, состоящий из двух основных шагов.

Рассмотрим принцип синхронизации времени по шине CAN, основанный на расчете относительных времен (рис. 2). Он состоит в следующем. В первом широкополосном сообщении синхронизации SYNC передается секундная часть временной информации. Мастер времени использует низкоуровневый механизм шины CAN для обнаружения времени фактической отправки сообщения $t1r$ и фиксирует метку времени. Синхронизируемое устройство получает сообщение и с помощью низкоуровневого механизма шины CAN фиксирует время приема сообщения $t2r$, соответствующее времени его получения.

Во втором широкополосном сообщении, так называемом Follow-Up (FUP) сообщении, мастер времени передает данные о смещении времени фактической передачи относительно информации, переданной в предыдущем SYNC сообщении и действительном времени передачи. Для FUP сообщения метка времени не

фиксируется ни на передающей, ни на принимающей сторонах. Синхронизируемое устройство объединяет информацию внутри сообщения SYNC и внутри сообщения FUP с его предыдущей меткой времени для полученного SYNC сообщения. Вместе с этим оно определяет время передачи информации более точным способом за счет получения одного сообщения и исключения меток времени. Вычисленное относительное время представляет собой сумму времен $(t3r - t2r) + s(t0r) + t4r$.

Далее мастер времени отправляет смещение между относительным временем и текущим временем в двух сообщениях, первое из которых содержит секундную часть, второе – наносекундную часть. Синхронизируемое устройство вычисляет абсолютное время как сумму действительного относительного времени и смещения, переданного мастером времени в сообщениях OFS и OFNS.

Для лучшего понимания принципов синхронизации на рис. 3 приведен пример расчета синхронизации времени на шине CAN.

Развитие современных бортовых систем управления требует высокоточной синхронизации времени. По аналогии со спецификацией AUTOSAR все бортовые устройства локомотива, такие как микропроцессорная система управления, бортовое устройство безопасности, подсистема автоведения и другие должны быть синхронизированы по времени друг с другом, где одно из устройств должно выступать мастером времени на основе спутникового приемника. Пример бортовых систем автомобилей и самолетов показывает необходимость наличия стандартов, регламентирующих синхронизацию времени внутри подвижных единиц, в том числе бортовых систем локомотивов или электропоездов.

ЛИТЕРАТУРА

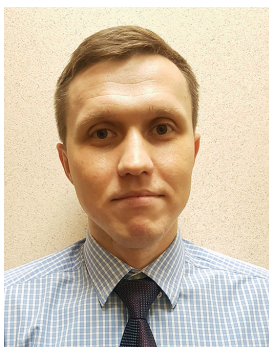
1. Gergeleit M., Streich H. Implementing a distributed high-resolution clock using the can-bus // ICC-1994 : 1st International CAN-Conference, Mainz, Germany, Sept., 1994. URL : https://www.can-cia.org/fileadmin/resources/documents/proceedings/1994_gergeleit.pdf.
2. Specification of Time Synchronization over CAN / AUTOSAR CP Release 4.3.1 [Электронный ресурс] / AUTOSAR. URL: https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/4-3/AUTOSAR_SWS_Time_Sync_OverCAN.pdf.



РОЗЕНБЕРГ

Ефим Наумович,

АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте», первый заместитель генерального директора, профессор, д-р техн. наук



КОРОВИН

Александр Сергеевич,

АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте», главный специалист

УДК 625.1

ГЛОБАЛЬНЫЕ ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Ключевые слова: перевозочный процесс, управляющие и информационные системы, бортовые и напольные устройства безопасности, бессветофорная сигнализация, интервальное регулирование движения поездов, безопасность движения, кибербезопасность, микропроцессорные устройства, взаимодействие «человек-машина»

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы создания и развития интеллектуальных транспортных систем на основе цифровизации железнодорожной инфраструктуры. Анализируются инновационные системы управления движением поездов и обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте. Комплексная интегрированная система управления и обеспечения безопасности движения реализует новый инновационный подход, позволяющий объединить различные технологические приложения с использованием современных программных и интеллектуальных системно-технических решений. Она позиционируется как единая система для интеграции существующих систем, участвующих в перевозочном процессе, предусматривает последовательную реализацию технологически и информационно взаимосвязанных комплексов, обеспечивающих функциональную полноту перевозочного процесса от создания алгоритмов работы (график движения поездов) до управления их выполнением и контроля реализации.

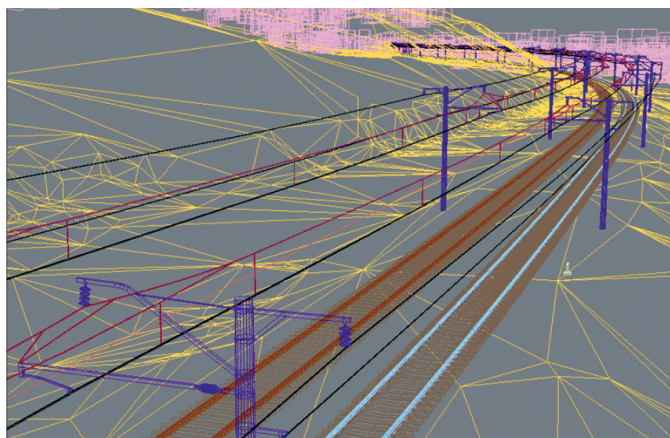
■ Российские железные дороги находятся на передовых мировых позициях в области цифровизации инфраструктуры. Этому способствуют ранее созданные автоматизированные системы управления движением поездов, в том числе с использованием искусственного интеллекта; высокоскоростные линии оптоволоконной связи; разработанные прикладные программы, а также большой опыт применения современных инфокоммуникационных технологий. Цель данной статьи заключается в рассмотрении глобальных трендов развития интеллектуальных транспортных систем.

Цифровизация железнодорожного транспорта требует наличия достоверной информации о состоянии подвижных объектов и инфраструктуры и предусматривает обязательное цифровое описание объектов в рамках высокоточных координатных систем. Исходя из этого, определяются объекты, описанные в единой системе координат.

Интеллектуальная система управления железнодорожным транспортом охватывает все сферы его деятельности и позволяет перейти от автоматизации отдельных технологических и управленческих процессов к комплексной системе управления в реальном масштабе времени. Такая интеллектуальная цифровая

система комплексного автоматического управления движением поездов представляет собой трехуровневую структуру. Здесь исходной информационной средой (sensor), решающей одновременно задачи обеспечения безопасности, являются низовые устройства автоматики, обработка данных от которых ведется современными вычислительными средствами в составе интеллектуальной системы. При этом результаты обработки могут быть непосредственно использованы для управления станционными устройствами и подвижными составами, поскольку отвечают требованиям информационной и функциональной безопасности [1].

Технологические слои интеллектуальной транспортной системы управления включают в себя интеллектуальные системы верхнего и диспетчерского уровней управления; интегрированные системы обеспечения безопасности и управления на станциях и участках; единое информационное пространство с киберзащищенностью системы цифровой радиосвязи; управление содержанием инфраструктуры на основе методологии УРРАП [2]. Кроме того, к технологическим слоям относятся: комплексный оперативный мониторинг технического состояния локомотивов и вагонов на ходу, диагностика состояния рельсов и земляного



Формирование 3D-модели железнодорожного пути по результатам мобильного лазерного сканирования с вагона-путеизмерителя с координатной привязкой ГЛОНАСС

полотна; интеллектуальные системы управления эксплуатационной работой на полигонах; спутниковые технологии позиционирования подвижного состава, контроль местоположения вагонов и персонала; интеллектуальные логические системы, а также финансовый мониторинг и оптимизация расходов.

Таким образом, технологические слои охватывают весь комплекс задач холдинга. За последние годы в отрасли созданы все предпосылки для внедрения сложнейшего единого комплекса инновационных технологий, которые относятся к понятию «цифровая железная дорога».

ОАО «РЖД» использует комплексный подход к управлению всеми циклами производства на основе создания единой технологически интегрированной системы управления перевозочным процессом, инфраструктурой и безопасностью, базирующейся на современных технологиях, в том числе логистике. Такой подход охватывает единое информационное пространство и единые технологии координатного обнаружения объектов.

Для крупнейшей пространственно-распределенной транспортной системы, какой является сеть российских железных дорог, использование высокоточного

спутникового позиционирования практически безальтернативно. Применение технологий высокоточного спутникового позиционирования создает основу для содержания инфраструктуры с использованием координатных методов, организации сквозных технологий проектирования, строительства, технического содержания объектов инфраструктурного комплекса. Благодаря этому обеспечивается снижение стоимости их жизненного цикла, достигается требуемый уровень надежности и безопасности.

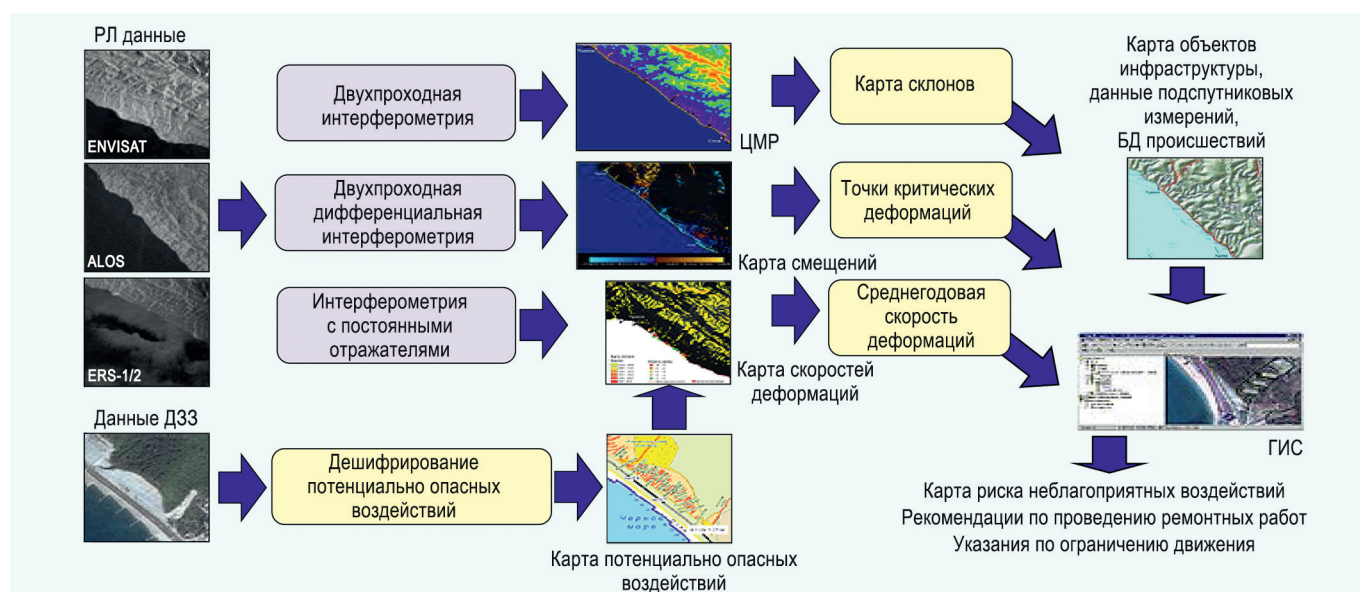
На основе полученных координатно-привязанных пространственных данных формируются цифровые модели пути (ЦМП) на перегонах и станциях, а также 3D-модели путевого развития и инженерных сооружений. Эти модели содержат пространственное описание объектов инфраструктуры, включая инженерные сооружения, системы электроснабжения, устройства автоматики, телемеханики и связи [3].

Переход к цифровой железной дороге предусматривает обязательное цифровое описание объектов инфраструктуры в рамках высокоточных координатных технологий. При этом объекты подвижного состава, как пассажирские и грузовые поезда, так и ремонтная и измерительная техника работают по единой технологии.

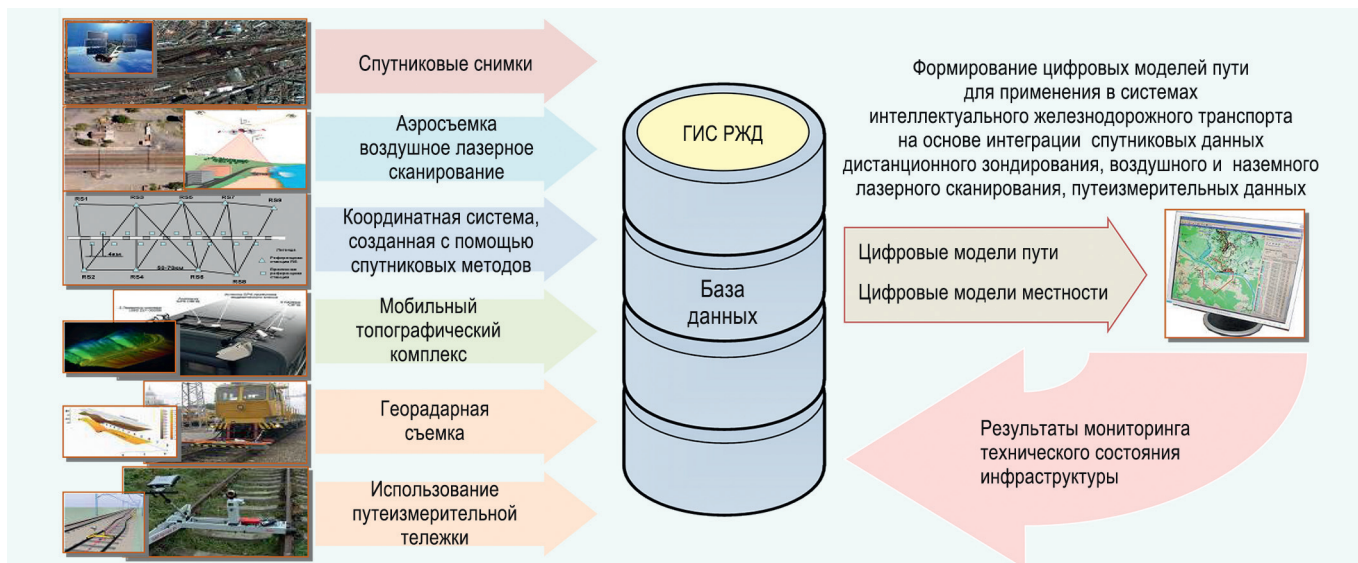
В отрасли применяют спутниковые технологии с использованием не только оптических, но и радиолокационных спутников, способных фиксировать положение наземных объектов при любых погодных условиях и на большую глубину, что крайне важно для выявления отклонений стационарных объектов от проектных положений.

После сбора информации от различных источников формируется достоверная база данных, на основе которой можно создавать любую интеллектуальную систему. База данных постоянно обновляется, поскольку от ее полноты и точности зависит качество функционирования всего технологического комплекса.

Одной из важных задач для реализации проекта цифровой железной дороги является развитие телекоммуникаций. Средства телекоммуникации обеспечивают возможность взаимодействия центров управления, объектов инфраструктуры и подвижного состава в



Технологическая схема мониторинга по радиолокационным данным среднего разрешения



Формирование цифровых моделей пути

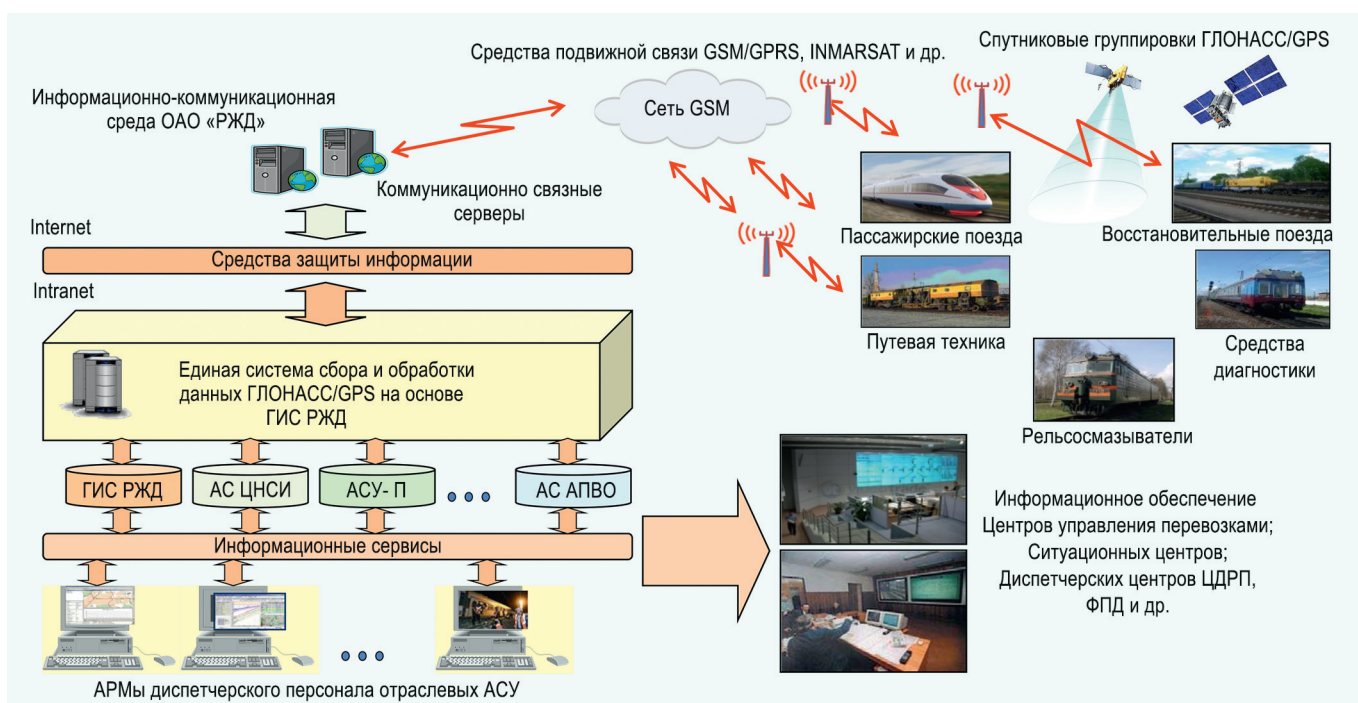
процессе перевозок, использования радиосвязи при интервальном регулировании движения поездов, при реализации промышленного интернета вещей [4].

Вместе с традиционными необходимо создавать высокоскоростные широкополосные системы связи, системы тактовой единой синхронизации времени, безопасные радиосистемы с криптозащитой. Следует также развивать современные сети доступа, чтобы с любого объекта информация оперативно и без искажений передавалась в технологические системы.

Разработана технология нового поколения интегрированной цифровой технологической связи железнодорожного транспорта, основанная на применении пакетной коммутации (IP-технологии). Она позволяет организовать все виды оперативно-технологической и общетехнологической связи на единой аппаратно-программной платформе.

Уже сегодня переход от системы GSM-R к LTE обусловлен требованием расширения каналов связи, способных передавать информацию в оперативном режиме времени. Применение GSM-R/LTE, а также GSM совместно со спутниковыми технологиями обеспечивает охват всех технологических решений – это наиболее дешевый способ координации взаимодействия объектов, участвующих в перевозочном процессе. Однако этот способ не единственный, кроме него имеются еще интернет вещей и современная цифровая видеосъемка, в которой используется технология интеллектуального обнаружения объекта.

Интеллектуальные транспортные системы включают в себя целый ряд самостоятельных подсистем, работающих в едином комплексе, таких как интеллектуальный поезд, станция и др. Интеллектуальные технические средства смогут облегчить работу



Спутниковые технологии в системах диспетчерского управления подвижным составом

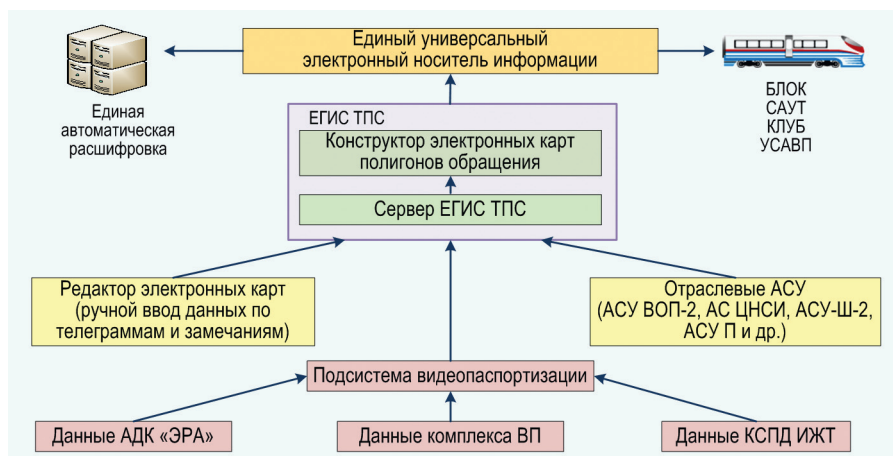


Схема формирования и использования единой базы данных электронных карт для локомотивных устройств безопасности

персонала, обеспечить логический контроль за его действиями в штатных и нештатных ситуациях. С их помощью можно выполнять расширенную и оперативную диагностику оборудования, принимать решения по обеспечению надежности, безопасности и живучести перевозочного процесса и др.

Как уже упоминалось, одним из объектов интеллектуальной транспортной системы является так называемый интеллектуальный поезд. Это поезд, который «знает» правила своего функционирования и свою внутреннюю структуру; «видит» и идентифицирует свое окружение в транспортной системе; «обрабатывает» управляющие воздействия, поступающие с верхнего уровня управления; «определяет» состояние своих составных частей; «реагирует» на различные возмущения, изменения в окружении и в функционировании своих подсистем.

Интеллектуальный поезд состоит из интеллектуальных составных частей, взаимодействие которых осуществляется посредством каналов обмена информацией. Система управления поездом – комплекс устройств получения, передачи, обработки информации и формирования управляющих воздействий.

Современное бортовое оборудование подвижных единиц включает высокоточную систему позиционирования подвижного состава относительно объектов напольной инфраструктуры в реальном времени. Информация о местоположении состава используется для решения задач по управлению его движением, в том числе управлению скоростью с учетом особенностей маршрута, прицельной остановки у края платформы и др., а также задач оперативного диспетчерского управления движением, включая мониторинг поездного положения при помощи табло коллективного пользования и др.

Другой объект интеллектуальной транспортной системы – «умный локомотив». Его системы должны обеспечивать:

- интероперабельность путем совместимости команд и функций управления движением;

- получение сведений об изменениях в ограничении скорости движения, о положении стрелочных переводов, свободности пути и переездов;

- использование средств бортовой диагностики и дистанционного мониторинга в режиме реального времени для передачи сведений о фактическом со-

стоянии оборудования локомотива и вагонов техническим службам;

в перспективе – мониторинг целостности рельсовых цепей и диагностирование состояния путевых устройств.

При цифровой трансформации меняется задача локомотива. Он становится самостоятельным локальным центром управления. Здесь, как и при управлении инфраструктурой, достаточно сложным становится комплекс систем, позволяющих максимально увеличить эффективность инфраструктуры и технических средств при минимальном участии человека.

Переход к интеллектуальному функционированию предусматривает поступление новых знаний об

объекте управления, совершенствование механизмов машинного принятия решений, взаимное обучение операторских и машинных звеньев системы. Это служит технико-технологической оболочкой системы, которая благодаря наполнению интеллектуальными технологиями превратится из информационной в интеллектуальную.

В рамках проекта «Цифровая железная дорога» предусматриваются и активно ведутся работы по созданию беспилотных систем управления подвижным составом. Отечественные разработки по беспилотному управлению локомотивом находятся на третьем уровне по международной классификации. В то же время современные системы управления должны соответствовать требованиям уровня 4, чтобы не допустить их отставания по требованиям текущего момента [5].

Беспилотная технология должна осуществляться через дистанционное управление и контроль за объектом для своевременного принятия мер в экстренных ситуациях.

Чтобы «умный локомотив» мог определять координаты своего местоположения, должна быть внедрена достоверная, точная и оперативно изменяемая электронная карта для локомотива.

Системы автоведения, управляющие подвижным составом в автоматическом режиме начали разрабатываться и внедряться прежде всего для экономии энергии. Система автоведения использует расписание движения поездов; информацию о параметрах железнодорожного состава, о плане и профиле пути; об ограничениях скорости на маршруте движения и сигналах путевой сигнализации.

Применение современных цифровых технологий адаптивного управления в системе автоведения способствует повышению безопасности движения, уменьшает влияние человеческого фактора, позволяет качественно улучшить условия труда локомотивной бригады и оптимизировать график движения посредством его адаптации к динамически изменяющимся условиям среды. Работа при минимальных интервалах попутного следования поездов и в сложных условиях без автоведения невозможна. Автоведение должно быть самодиагностируемым [6].

Интервальное регулирование также является средством повышения эффективности движения поездов. Современные технологии позволяют не сохранять три

блок-участка между попутно следующими поездами. Снижение межпоездных интервалов в целях повышения пропускной способности железнодорожных участков сопровождается определенным инфраструктурным обеспечением. Эффективность движения поездов при интервальном регулировании повышается при переходе на бесцветную сигнализацию и тональные рельсовые цепи с подвижными блок-участками. Такая технология реализована в микропроцессорной автоблокировке АБТЦ-МШ, применяемой на низовом уровне цифровой железной дороги в составе систем автоматики.

Еще одно направление сокращения межпоездных интервалов – виртуальная сцепка. При такой технологии время формирования поездов можно сократить на 50 %.

В интеллектуальных системах используется автоматическое получение и ввод информации о параметрах технологического процесса. В настоящее время применяют современные диагностические устройства, которые оценивают состояние локомотивов, устройств сигнализации, централизации и блокировки, считывают, агрегируют и передают в Центр управления перевозками данные от стационарных комплексов наблюдения и диагностики, например от акустических и тепловизионных комплексов.

Решение комплекса задач по построению нормативного и вариантного графика движения поездов с учетом обеспечения пропуска грузовых поездов по расписанию и директивного плана ремонтно-путевых работ, а также переход к технологии адаптивного применения вариантных ГДП с автоматизацией их построения и мониторинга является очередным шагом к интеллектуализации.

Обязательное моделирование пропускной способности, а также пассажиропотока на всех элементах инфраструктуры – безусловный элемент цифровой железной дороги. Моделирование не только до каждого светофора и каждой стрелки, но и до горловины – это единая элементная технология. Оно все больше становится неотъемлемой частью автоматизированных систем проектирования инфраструктуры, ориентированных систем управления состоянием инфраструктуры, интеллектуальных систем управления движением поездов. На основе моделирования можно разрабатывать варианты графики и таким образом пропускную способность довести до предельной.

Для эффективного управления необходимо системы СЦБ дополнить цифровыми радиоканалами.

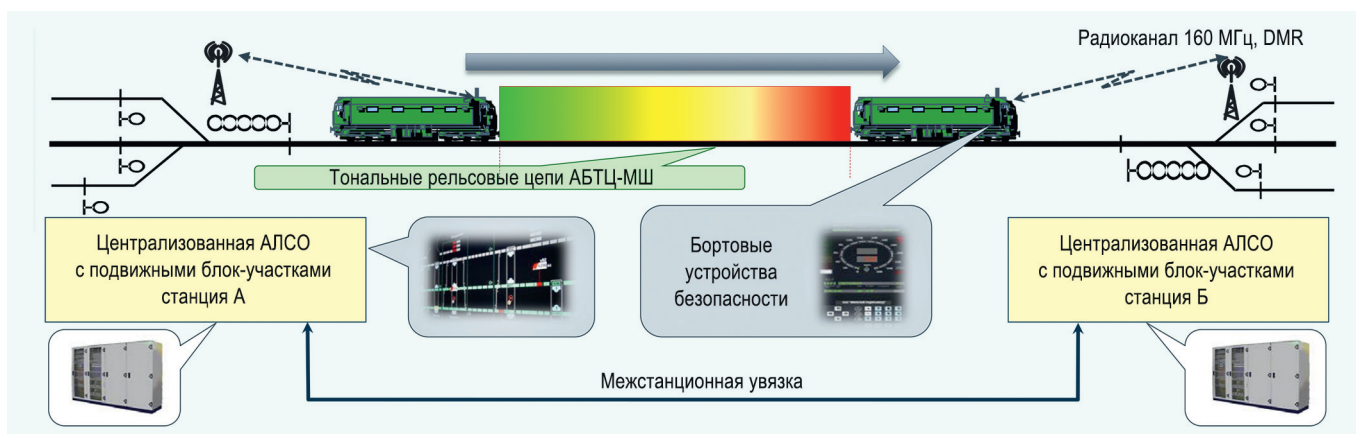
В рамках совместного проекта ITARUS внедрена отечественная система локомотивной безопасности с радиоблокцентром RBC, что позволило создать российский аналог современной европейской системы интервального регулирования стандарта ERTMS 2-го уровня, а в перспективе перейти к системе ERTMS 3-го уровня. Использование цифровых радиоканалов в качестве дублирующих для передачи ответственной информации стало важным шагом в создании этой системы. Целью разработки явилась интероперабельность с европейскими системами радиоблокцентров при использовании всей бортовой и стационарной аппаратуры российского производства [7].

Комплекс технических средств передачи ответственной информации о поездной ситуации на перегоне и станции в бортовые приборы безопасности локомотива от постовой аппаратуры с использованием цифрового локального радиоканала предложили ученые АО «НИИАС». Это современный и перспективный метод управления, повышающий уровень безопасности и снижающий эксплуатационные расходы.

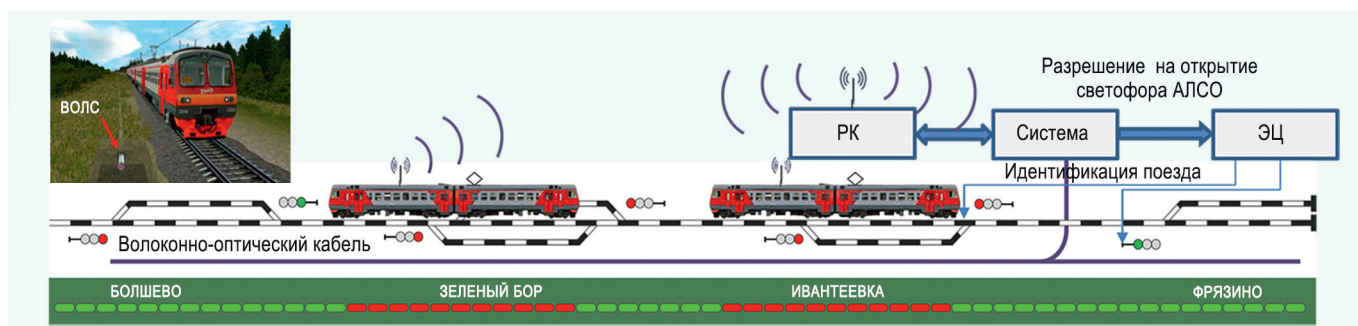
Кроме того, активно прорабатывается альтернативный метод интервального регулирования движения поездов – оптоволоконная акустическая система. Она предназначена для применения на участках железнодорожных линий со средней и малой интенсивностью движения с электрической тягой постоянного или переменного тока 50 Гц или автономной тягой. Система обеспечивает контроль свободности/занятости участков пути перегона подвижным составом без применения рельсовых цепей методом виброакустического мониторинга, с разбивкой на виртуальные путевые участки (длиной 100 м) и алгоритмическим отслеживанием движения поездов. Она, являясь элементом интеллектуальной системы управления, заменяет на малодеятельных линиях существующие системы интервального регулирования.

Как известно, станции – ключевой элемент перевозочного процесса. Поэтому построение их цифровой модели обязательно. Такая модель позволяет оценивать влияние всех инфраструктурных элементов на технологию работы станции. Уже получен значительный опыт моделирования объектов, что значительно упрощает и сокращает проектные и строительные работы.

«Умная станция» – еще один из ключевых элементов в железнодорожной структуре. Автоматизация контроля технологических процессов отработана на станции Ярославль, где были использованы иннова-



Интервальное регулирование движения поездов на базе АБТЦ-МШ без проходных светофоров с подвижными блок-участками



Система интервального регулирования движения поездов на основе дистанционного виброакустического зондирования железнодорожного полотна

ционные технические решения в виде технического зрения режимов отцепки/прицепки локомотивов, спутниковая навигация, система видеораспознавания номеров вагонов и контроля нахождения работников в опасных зонах. Причем перенос функций линейных и интеллектуальных систем в центр, а также переход к распределенной системе управления объектами на станции с сокращением использования меднокабельных линий и применением оптоволоконных являются наиболее предпочтительными для «умной станции».

В целом, комплекс интеллектуальных управляющих систем ОАО «РЖД» может быть условно разделен на три уровня. На современном этапе развития все три уровня представляют собой аппаратно-программные вычислительные комплексы с повышенными показателями обеспечения безопасности движения [8].

На верхнем уровне осуществляется интеллектуальный предикативный анализ данных удаленного мониторинга инфраструктуры и подвижного состава и автоматическое управление выполнением графика движения, в том числе в конфликтных ситуациях. На втором – обеспечивается автоматическое управление маршрутами из единого центра с возможностью передачи ответственных команд по защищенным беспроводным каналам, а также осуществляется удаленный сбор данных с мобильных оперативных систем диагностики подвижного состава.

На нижнем – реализуются функции интервального регулирования и автоведения посредством интеллектуальной системы управления на базе цифрового радиоканала, «умного» бортового устройства и центра радиоблокировки. Последний оснащен интеллектуальным интерфейсом с безопасными протоколами обмена информацией с современными комплексами технических средств автоблокировки и микропроцессорной ЭЦ стрелок с бесконтактным управлением объектами.

Сегодня продолжает развиваться идеология российского варианта интеллектуальной системы управления для скоростных линий RTCS400.

Технология управления маневровой работой также встраивается в цифровую систему управления безопасностью движения. Комплекс МАЛС, обеспечивающий безопасность при маневровой работе, основан на использовании цифровой модели станции, цифрового радиоканала, спутниковой навигации и безопасных вычислительных модулей.

Достаточно сложным является комплекс систем, позволяющий максимально увеличить эффективность функционирования инфраструктуры и технических средств вокзала, при котором все технические, технологические и организационные процессы реализуются при минимальном участии человека. Такой комплекс

получил название «умного вокзала». Он охватывает здание вокзала и примыкающую к нему инфраструктуру (перроны, платформы, подземные переходы, конкорсы и др.).

«Умный вокзал» должен обеспечивать максимальный ресурсосберегающий эффект, уровень комфорта для пассажиров и работников вокзального комплекса и особое отношение к людям с ограниченными физическими возможностями. Благодаря внедрению самых совершенных и полностью автоматизированных систем «умный вокзал» отвечает требованиям, предъявляемым к уровню обеспечения безопасности с учетом задач антикриминального, антитеррористического и антивандального характера.

Таким образом, современные технологии позволяют создавать не только принципиально новые комплексы обеспечения безопасности и системные интерфейсы, но и законченный комплекс интеллектуального управления. Прослеживается четкая система взаимосвязанных структурных компонентов: автоматика, связь, системы управления движением, транспортная безопасность, информационная безопасность и охрана правопорядка. Основной задачей является повышение качества управления перевозочным процессом посредством выработки комплексных решений, учета ситуации и масштабы автоматизации функций диспетчерского управления. Конечными показателями эффективности должна стать полная автоматизация мониторинга инфраструктуры и подвижного состава, переход к управлению потоками поездов с учетом их энергоэффективности и максимальное внедрение малолюдных и безлюдных технологий в перевозочном процессе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Розенберг Е.Н. Цифровая железная дорога – ближайшее будущее // Автоматика, связь, информатика. 2016. № 10. С. 4–7.
2. Gapanovich V., Rozenberg E., Shubinsky I. URRAN System for the Olympic Sochi Innovative Traffic Management Systems based on Novel Risk Management Methodology // RailwayPro. 2014. № 2.6 (108). P. 40–42. URL: <https://issuu.com/alex.biris/docs/railwaypro-june>.
3. Розенберг Е.Н. Системы диагностики и их киберзащищенность // Автоматика, связь, информатика. 2015. № 10. С. 20–21.
4. Розенберг Е.Н. Разработка перспективных систем управления движением поездов // Автоматика, связь, информатика. 2014. № 12. С. 15–17.
5. Розенберг Е.Н. Реализация стратегии обеспечения безопасности перевозочного процесса // Автоматика, связь, информатика. 2014. № 1. С. 6–9.
6. Розенберг Е.Н. Стратегические задачи развития // Автоматика, связь, информатика. 2012. № 12. С. 14–15.
7. Шухина Е.Е., Низовский А.В. Системы обеспечения безопасности движения поездов на базе радиоканала // Автоматика, связь, информатика. 2016. № 10. С. 25–26.
8. Шалягин Д.В., Розенберг Е.Н., Астрахан В.И. Интеллектуализация систем управления // Железнодорожный транспорт. 2014. № 12. С. 21–23.

Предлагаем вниманию читателей статьи, подготовленные по материалам девятой Международной научно-практической конференции «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте». В следующем номере журнала будут опубликованы новые разработки и инновационные технологии в области ЖАТ.



НАСОНОВ
Геннадий Фёдорович,
ОАО «РЖД», Центральная
дирекция инфраструктуры,
главный инженер

В этом году исполнилось 155 лет первому уставному документу, определившему судьбы российских железных дорог на полвека – Генеральному плану развития железнодорожной сети в России. Он был разработан Департаментом железных дорог и Транспортной комиссией в 1863 г. Над его составлением трудились лучшие инженерные умы России. Первый Генеральный план, хоть и весьма несовершенный, уже содержал в общих чертах ключевые направления развития. Протяженность железных дорог России (10 тыс. верст), намеченная планом, была достигнута уже через пять лет. Поэтому можно согласиться со словами С.Ю. Витте о том, что Генплан «стал прижизненным памятником его создателям, начертавший не только пути железных дорог, но и историческую судьбу России», а его авторы «обогнали свое время, буквально пересев на созданные в их воображении паровозы».

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – В ОРГАНИЗАЦИЮ СОДЕРЖАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ

■ В Долгосрочной программе развития ОАО «РЖД» до 2025 г. определены основные параметры, которые необходимо достигнуть за 6 лет. Среди них: доставка грузов за семь дней с Дальнего Востока до западных границ России; увеличение провозной способности БАМа и Транссиба со 120 млн т до 180 млн т; создание инфраструктуры для организации скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения между крупными городами России; создание высокоскоростного грузопассажирского железнодорожного коридора из Китая в Европу через территорию России; совмещение различных видов транспорта и модернизация инфраструктуры для создания пассажирского сервиса нового качества – широкого применения железнодорожного транспорта в развитии городских агломераций.

Основные направления развития железнодорожного транспорта, определенные Генеральной схемой развития сети железных дорог ОАО «РЖД» до 2025 г. и на перспективу до 2030 г., каждый год актуализируются с учетом меняющегося состояния экономики России и прогнозируемых объемов и направлений перевозок. На сегодняшний день Генсхемой предусмотрена реализация комплексных программ, направленных на усиление пропускной способности железнодорожных направлений:

развитие и обновление железнодорожной инфраструктуры на подходах к портам Северо-Западного и Азово-Черноморского бассейнов;

проект по созданию Северного железнодорожного широтного хода; модернизация железнодорожной инфраструктуры Байкало-А-

мурской и Транссибирской железнодорожных магистралей с развитием пропускных и провозных способностей;

разработка в текущем году проекта программы II этапа развития БАМа и Транссиба.

Вместе с этим Генсхемой предусмотрены отдельные проекты и мероприятия, не уступающие порой по важности комплексным программам (например, сооружение дополнительных главных путей, строительство и восстановление развязок, усиление устройств энергоснабжения, электрификация участков, оборудование участков автоблокировкой, удлинение приемо-отправочных путей на станциях, развитие станций).

В рамках перспективного развития Московского транспортного узла необходимо отметить совместный с Правительством Москвы проект Московских центральных диаметров (МЦД). Согласно Генеральной схеме развития Московского узла железнодорожный транспорт в Московском регионе должен превратиться из пригородного в пригородно-городской с созданием новых транспортных артерий пассажирского движения: Московского центрального кольца (МЦК) и диаметров.

Движение на МЦК открылось в 2016 г. Проект прекрасно себя зарекомендовал, так как обеспечивает перевозку пассажиров в объеме 120 млн чел. в год. Следующий этап – переход к диаметральной организации пассажирского сообщения, когда поезда двигаются через центр города по сквозным радиальным направлениям, а не заканчивают свое движение на вокзалах.

Проект предусматривает рекон-

струкцию существующих сквозных железнодорожных линий в Москве и Московской области (Алексеевской и Митковской соединительных линий, а также отдельных участков радиальных направлений) и организацию на них диаметального движения пассажирских электропоездов, следующих с укороченным интервалом в режиме городской электрички.

Запуск первого этапа проекта – диаметральных линий Одинцово – Лобня (протяженность 52 км, время в пути – 1 ч) и Нахабино – Подольск (80 км, 1 ч 40 мин) намечен на вторую половину 2019 г. На этих направлениях много потенциальных интеграций с другими видами транспорта (метро, МЦК, «Сапсан», «Ласточка») и не требуется существенных вложений в инфраструктуру.

На втором этапе проекта планируется соединить октябрьское, павелецкое, казанское, ярославское, рижское и горьковское направления, создав 17 сквозных маршрутов. Среди них Зеленоград – Раменское, Пушкино/Королев – Раменское, Зеленоград – Подольск, Нахабино – Железнодорожный и Одинцово – Железнодорожный.

Завершить работы по второму этапу планируется к 2025 г. По прогнозам на перечисленных направлениях в год будет перевозиться 301 млн чел. Станции МЦД будут связаны со станциями метро-

политена, МЦК и другими видами транспорта переходами, построенными по принципу «сухие ноги».

Целевая модель организации движения – это совмещение того, как устроено движение на МЦК и на участке Крюково – Москва-Октябрьская, т.е. движение городских электричек по принципу метро пойдет по первому и второму пути, а по третьему и четвертому пойдут ускоренные пригородные и высокоскоростные поезда. При этом необходимо понимать, что возможность обеспечения на всех диаметральных маршрутах минимальных интервалов следования для городских электричек и тактового движения для скорых электропоездов будет только после того, как завершатся работы по развитию радиальных направлений как минимум до четырех главных путей.

Движение по всем диаметрам будет организовано с учетом технических наработок, использованных при организации движения на МЦК. Системы автоматики, которые сейчас применяются на МЦК, будут применяться и при управлении движением нового подвижного состава на диаметрах. Основные целевые показатели проекта представлены на рис. 1.

■ Повышение эффективности малоинтенсивных линий является элементом последовательного подхода к обеспечению

сбалансированной деятельности компании. В основе этой работы лежат разноплановые мероприятия, которые включают в себя организационное развитие, технологические перемены, правовые изменения. Решение этой задачи имеет одновременно как межфункциональный, так и региональный характер.

Для снижения накладных затрат проведена реорганизация линейных предприятий. Создано 29 дистанций инфраструктуры, изменена структура Калининградской ДИ, упразднены 86 структурных подразделений (дистанции пути, СЦБ), на Сахалине в состав дистанции вошло вагонное депо и путевая машинная станция.

В хозяйстве автоматики и телемеханики отказались от избыточного обслуживания устройств СЦБ на линиях IV и V классов. Замена приборов и другой аппаратуры осуществляется по фактическому состоянию устройств. В результате стоимость содержания одного километра малоинтенсивных линий в дистанциях инфраструктуры теперь в разы отличается от расходов на эксплуатацию линий I и II класса (I класс – 59 %, II класс – 22,6 %, III класс – 12,7 %, IV класс – 4,5 %, V класс – 1,2 %).

Внедрение новых, экономических технологий обслуживания объектов, которые дифференцируются по классам и специализации линий, сопровождается актуализацией нормативных документов. Все разрабатываемые вновь и актуализируемые документы ОАО «РЖД» содержат дифференцированные требования к нормам содержания объектов.

В период с 2012 по 2018 г. проведена актуализация нормативно-технологической документации компании, на основании которой отменены устаревшие документы МПС СССР и МПС России (2386 документов). По заключению экспертов в 2019 г. необходимо актуализировать еще 167 и отменить 26 документов.

■ Нарастивание пропускной способности существующей инфраструктуры получило отражение в программах модернизации объектов. Использование эффективной технология «закрытого перегона» позволяет повысить эффективность ремонта инфраструктуры, поэтому она используется при выполнении 70 % общего объе-



РИС. 1

ма путевых работ. Расширенное использование такого подхода требует внедрения инновационных решений для обеспечения необходимой пропускной способности оставшегося пути перегона.

Традиционно для этих целей используется двусторонняя автоблокировка, в том числе с защитными блок-участками при движении по неправильному пути. На текущий момент из 37,5 тыс. км двухпутных и многопутных линий более 32 тыс. км оборудованы такой системой. Для дальнейшего повышения размеров движения предлагается изменить технологию работы по одному из двух вариантов.

Первый вариант предусматривает внедрение двусторонней постоянно действующей автоблокировки без защитных блок-участков при движении по неправильному пути. Это позволяет обеспечить снятие определенных инфраструктурных ограничений и увеличить пропускную способность линий до 7 %.

Второй вариант предусматривает внедрение современных типов централизованной автоблокировки АБТЦ с технологией подвижных блок-участков. Данный подход по сути уже реализует современные технологии интервального регулирования, что дает потенциал увеличения размеров движения уже до 15 %.

Для полноценного использования провозных возможностей двух- и многопутных линий осталось оборудовать двусторонней автоблокировкой более 5,3 тыс. км пути, в том числе в основных на-

правлениях около одной тысячи километров.

Принципиальный выбор в пользу второго варианта при оснащении железных дорог обусловлен высокой текущей загрузкой линий (коэффициент использования наличной пропускной способности на многих участках близок к единице) и планируемым ежегодным приростом грузопотока (в частности на Восточном полигоне до 4–5 % ежегодно).

Альтернативным способом повышения пропускной способности является сооружение дополнительного пути. Весомые временные и стоимостные затраты, ограничения внешней среды сдерживают масштабное применение нового строительства.

ЦДИ в следующем году планируется внедрить технологию подвижного блок-участка на 218 км. Общий объем технического перевооружения автоблокировки в 2019 г. составит 768 км. С 2020 г. на всех участках модернизации будут реализовываться бессветофорные технологии с подвижными блок-участками.

Максимальное повышение пропускной способности может быть обеспечено при условии модернизации бортовых устройств безопасности, создания системы цифровой радиосвязи, внедрения технических средств энергоснабжения (рис. 2).

Организация технологии интервального регулирования на участках ремонта инфраструктуры будет разделена на два этапа. В 2019 г. за счет применения современных бортовых устройств и цифровой

связи будет отработана технология на готовой инфраструктуре. В 2020–2021 гг. будут внедряться бессветофорные технологии интервального регулирования движения поездов с подвижными блок-участками, а также модернизируются станционные системы железнодорожной автоматики для пропуска поездов в горловинах станции с минимальными интервалами.

■ Основные направления развития хозяйства АТ в рамках реализации проекта «Цифровая железная дорога» предусматривают повышение конкурентоспособности и эффективности деятельности холдинга «РЖД» за счет применения прорывных информационных технологий. Задачами проекта предусматривается повышение надежности и безопасности движения, провозной и пропускной способности железных дорог за счет развития интеллектуальных систем управления, а также производительности труда за счет создания информационных систем и микропроцессорных систем управления технологическими процессами; сокращение стоимости жизненного цикла инфраструктуры и подвижного состава и влияния человеческого фактора; обеспечение необходимого уровня информационной безопасности.

Цифровая модель железнодорожной инфраструктуры является ключевым компонентом цифровой железной дороги. Создание такой модели позволит при строительстве расширить возможности использования BIM-технологий, существенно удешевить и ускорить привязку

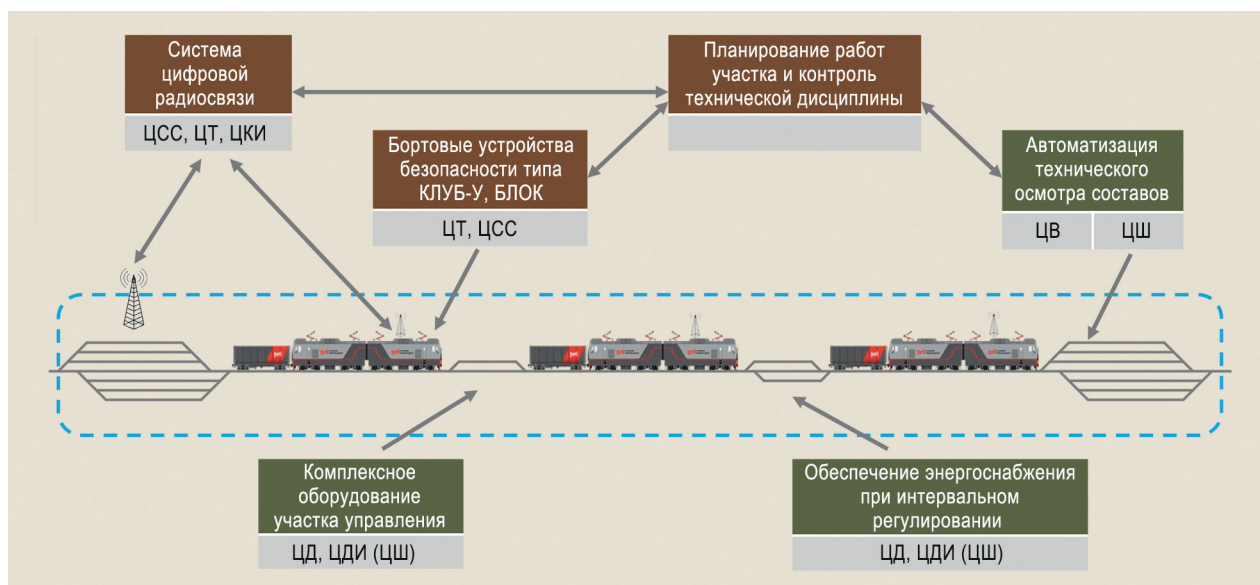


РИС. 2

проектов к существующей инфраструктуре, упростить повторное использование ранее созданных проектов и их элементов.

В области управления движением цифровая модель позволит упростить и удешевить системы СЦБ, осуществлять привязку подвижного состава к инфраструктуре и на этой основе реализовывать такие технологии как интервальное регулирование, «автодиспетчер», «автомашинист», автоматическое формирование предупреждений и ограничений.

При организации станционной работы использование цифровой модели позволит моделировать работу станции на реальной инфраструктуре, автоматически устанавливать маршруты на станции, автоматизировать маневровую работу и сортировку без участия машиниста, контролировать с помощью мониторинга местоположение персонала.

Технологии, закладываемые при решении данных задач, являются ключевыми элементами цифровой железной дороги. К ним относятся: единая цифровая модель инфраструктуры; единая служба времени; безлюдные технологии; оперативная модель состояния инфраструктуры, наполняемая, в том числе и средствами контроля в реальном режиме времени; система интеллектуального планирования работ, согласованных с графиком движения; система интервального регулирования движения поездов; системы моделирования работы станций и перегонов; методологии и системы обслуживания объектов инфраструктуры по состоянию; автоматизация производственных процессов и операций.

Основные цели и задачи, которые на сегодняшний день являются наиболее приоритетными и перспективными для инфраструктурного блока включены в дорожную карту реализации проекта «Цифровая железная дорога».

Уже сейчас виден огромный потенциал внедрения цифровых технологий в организацию содержания инфраструктуры, который в целевом состоянии должен привести к снижению стоимости жизненного цикла объектов, повышению уровня безопасности движения поездов. Данный потенциал может быть реализован исключительно путем внедрения разрабатываемых решений на всей сети.

ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИЙ В ХОЗЯЙСТВЕ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ



АНОШКИН
Валерий Владимирович,
ОАО «РЖД», начальник
Управления автоматики и
телемеханики Центральной
дирекции инфраструктуры

Железнодорожная автоматика и телемеханика, одна из основных составляющих железнодорожной инфраструктуры, позволяет решать задачи, стоящие перед ОАО «РЖД». Среди них: увеличение масштаба транспортного бизнеса, повышение финансовой устойчивости и производственно-экономической эффективности, повышение качества работы и безопасности перевозок, глубокая интеграция в евро-азиатскую транспортную систему.

■ В ОАО «РЖД» реализуется Долгосрочная программа развития (ДПР) до 2025 г., которой предусматривается достижение следующих основных параметров:

доставка грузов за 7 дней с Дальнего Востока до западных границ России;

рост контейнерных перевозок в четыре раза, увеличение пропускной способности БАМа и Транссиба до 180 млн т;

увеличение пропускной способности железнодорожных подходов к морским портам Азово-Черноморского бассейна;

создание основы для развития скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения между крупными городами России;

развитие транзитных контейнерных перевозок с увеличением транзита контейнеров в 4 раза к 2024 г.;

создание высокоскоростного грузопассажирского железнодорожного коридора из Китая в Европу через территорию России;

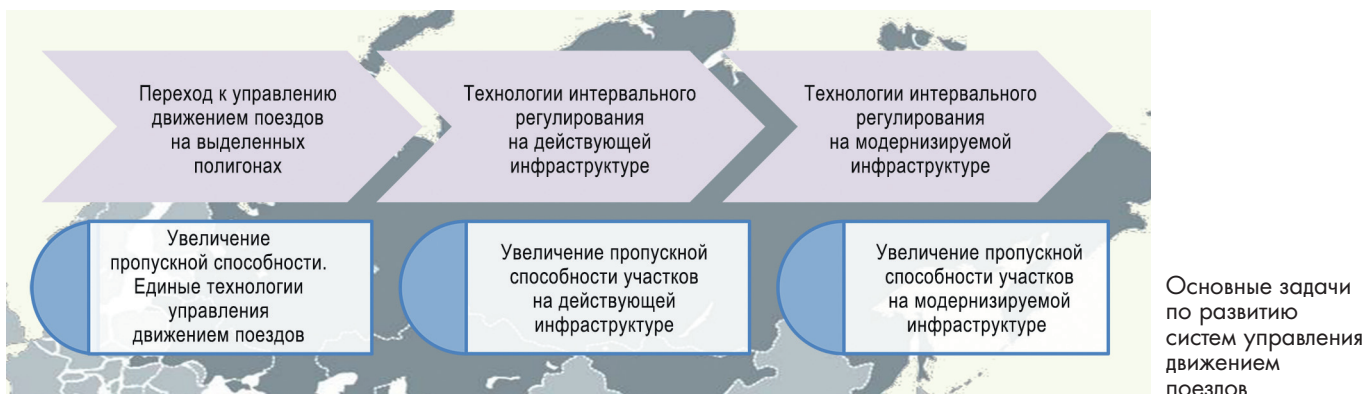
решение задачи по совмещению различных видов транспорта и модернизации инфраструктуры

для создания пассажирского сервиса нового качества – широкое применение железнодорожного транспорта в развитии городских агломераций.

Кроме этого, в компании реализуется Комплексная программа инновационного развития холдинга на период 2016–2025 гг., разработка которой потребовалась в связи со структурным реформированием и необходимостью повышения уровня координации инновационной деятельности между ОАО «РЖД» и дочерними и зависимыми компаниями.

В 2018 г. утверждена Стратегия научно-технологического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 г. и на перспективу до 2030 г. (Белая книга). Стратегия определяет направления научно-технологического развития холдинга «РЖД» и является основой для разработки документов стратегического планирования в области научно-технологического развития для филиалов ОАО «РЖД», их подразделений и дочерних обществ компании.

Совместными усилиями ОАО «РЖД», разработчиков, изготови-



телей, поставщиков, строительных организаций удалось создать и в дальнейшем эксплуатировать с максимальным эффектом современные системы управления движением поездов, созданные в рамках реализации ряда инфраструктурных проектов.

В Москве реализован современный и высокотехнологичный транспортный проект городской электрички – Московское центральное кольцо, который отвечает мировым стандартам и востребован пассажирами. Комплексный подход для решения задач организации интенсивного пассажирского и грузового движения, применяемый на МЦК, где технические и технологические решения, выполненные на базе систем автоматики и телемеханики, информационных и управляющих систем позволили создать автоматизированную систему управления и обеспечения безопасности движения поездов по главным путям перегонов и станций с минимальным интервалом попутного следования до 2–3 мин за счет применения подвижных блок-участков.

На базе микропроцессорных систем электрической централизации и автоблокировки создана система интервального регулирования на

участке Журавка – Миллерово, позволяющая реализовать технологию подвижных блок-участков.

Применение комплекса Системы передачи данных по радиоканалу позволяет на действующей инфраструктуре участка Москва – Нижний Новгород организовать многозначную автоматическую локомотивную сигнализацию по главным путям как для правильного, так и для неправильного направления движения без установки оборудования АЛС-ЕН.

Комплекс предназначен для применения на всех линиях всех категорий железнодорожного транспорта, оборудованных АЛСН, на которых обращаются поезда, оборудованные КЛУБ, со скоростями движения до 250 км/ч включительно.

Современный этап развития технических средств железнодорожной автоматики и телемеханики выдвигает требования по реализации подходов, предусматривающих переход к управлению движением поездов на выделенных полигонах.

Начиная с 2020 г., планируется полностью перейти на реализацию бесцветовых технологий с подвижными блок-участками на всех участках модернизации. Мак-

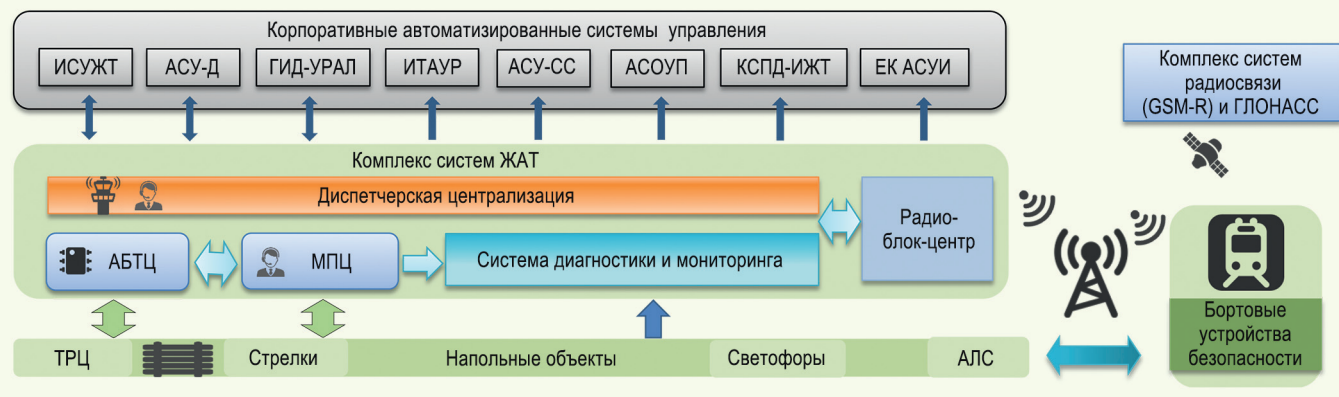
симальное повышение пропускной способности может быть обеспечено при условии модернизации бортовых устройств безопасности, создания системы цифровой радиосвязи, внедрения технических средств энергоснабжения.

Увеличение интенсивности движения в результате развития потребительских характеристик инфраструктуры формирует новые вызовы в области автоматизации планирования разработки вариантов графиков, контроля технологической дисциплины их выполнения.

На участках железных дорог, уже оборудованных двусторонней автоблокировкой, планируется сокращение интервала попутного следования поездов за счет развития бортовых систем, систем связи и технологии организации движения на основе радиоканала.

В области развития систем управления движением поездов ведется создание системы интервального регулирования движения поездов с подвижными блок-участками с применением цифрового радиоканала, гибридной радиоканальной системы управления и обеспечения типа CBTC (communication based train control) с наложением на действующие устройства. Все это позво-





Структурная схема систем, входящих в состав цифровой железной дороги

лит при модернизации объектов инфраструктуры предусматривать комплексный подход к созданию системы управления движением поездов.

Наряду с задачами по созданию комплексных систем управления движением поездов, технологии интервального регулирования ведется планомерная работа по реализации программы импорто-независимости аппаратно-программных средств, используемых в комплексах ЖАТ. При этом решаются вопросы обеспечения информационной безопасности и киберзащиты микропроцессорных систем управления.

Такие меры позволят достичь определенного уровня импорто-независимости в производстве и поставках для нужд компании отечественных критичных элементов систем управления движения поездов.

Актуальной остается задача по созданию современного напольного оборудования железнодорожной автоматики и телемеханики. Сегодня уже есть современные типы светофоров, светодиодные светооптические системы для различных систем управления, дроссель-трансформаторы, в том числе шпального исполнения.

В настоящее время в ОАО «РЖД» взят курс на цифровизацию всех процессов и транспортных технологий. В холдинге реализуется проект «Цифровая железная дорога». На сегодняшний день часть процессов в компании оптимизирована и автоматизирована, а часть из них – неоптимальна или недостаточно автоматизирована. Есть процессы, которые не увязаны друг с другом. Это в полной мере относится к хозяйству автоматики и телемеханики.

Помимо решения этих задач проектом «Цифровая железная дорога» предусматриваются меры, направленные на повышение конкурентоспособности и эффективности деятельности холдинга «РЖД» за счет применения прорывных информационных технологий.

Это и повышение провозной и пропускной способности железных дорог за счет развития интеллектуальных систем управления, сокращение стоимости жизненного цикла инфраструктуры и подвижного состава, повышение производительности труда за счет создания информационных систем и микропроцессорных систем управления технологическими процессами, сокращение влияния человеческого фактора, повышение уровня интеграции Российской транспортной системы в международные транспортные коридоры, повышение надежности и безопасности движения.

В рамках проекта «Цифровая железная дорога» подготовлена и утверждена дорожная карта, предусматривающая меры по созданию и внедрению комплекса систем управления движением поездов на базе МПСУ. В ней определены основные задачи создания и применения следующих технологий:

технологии управления движением поездов – системы интервального регулирования движения поездов с подвижными блок-участками с применением цифрового радиоканала;

гибридной радиоканальной системы управления и обеспечения типа CBTC (communication based train control) с наложением на действующие устройства ЖАТ (для применения на МЦК и в пригородных зонах с интенсивным движением);

технологий интервального регулирования (в целях повышения пропускной способности линий на действующей инфраструктуре);

систем технической диагностики и мониторинга устройств ЖАТ на базе технологий Big Data и интернета вещей и др.

Цифровые технологии должны применяться с учетом обеспечения необходимого уровня информационной безопасности.

Среди недостатков, мешающих внедрению цифровых технологий, можно отметить такие, как отсутствие комплексности внедрения систем ЖАТ, не позволяющей в полной мере реализовать их возможности, в частности функций резервирования систем и их элементов для повышения эксплуатационной надежности.

Соответственно, направлениями развития цифровых технологий должны стать направления, связанные с интеграцией имеющихся систем АБ, ТРЦ, АЛС, а в конечном итоге – создание новой отечественной системы МПСУ, а также разработка, испытание и внедрение радиоблок-центра системы интервального регулирования с функциями резервной системы управления движением поездов, организация автоматической передачи оперативной информации на борт локомотива, разработка гибридной радиоканальной системы интервального регулирования, разработка устройств и программного обеспечения киберзащиты МПСУ.

Безусловно, все эти решения направлены на увеличение пропускной способности без строительства дополнительных путей, повышение надежности устройств за счет резервирования, снижение эксплуатационных затрат на содержание.



КАЙНОВ
Виталий Михайлович,
ОАО «РЖД», Проектно-
конструкторское бюро
по инфраструктуре,
главный инженер,
канд. техн. наук

Распоряжением Правительства РФ №1632-р от 28.07.2017 г. утверждена Программа «Цифровая экономика России». В рамках этой программы в холдинге «РЖД» утверждена Концепция реализации комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога». Она основана на использовании семи основных технологий, одной из которых является технология имитационного моделирования ИМ (Imitation Modeling) – это технология, позволяющая разрабатывать модели определенных систем (субъектов, объектов и их характеристик) для поиска наиболее оптимального варианта работы системы при определенных начальных данных. На ее основе создается лаборатория «Виртуальная железная дорога».

ВИРТУАЛЬНАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА

■ Указом Президента РФ от 09.05.2017 г. утверждена «Стратегия развития информационного общества в России на 2017–2030 гг.», где впервые было дано определение цифровой экономики. Цифровая экономика – это хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг.

В Концепции определено понятие, что цифровая железная дорога – это совокупность информационных технологий, процессов и стандартов взаимодействия, которая соответствует цифровой модели бизнеса железнодорожной компании.

Технология имитационного моделирования является основой для системы поддержки принятия решений. Именно для решения таких задач в хозяйствах инфраструктуры ОАО «РЖД» создается в составе ПКБ И Лаборатория «Виртуальная железная дорога» (далее Лаборатория).

Основными задачами Лаборатории были определены следующие: создание виртуально-гибридных пространственно-распределенных стендов с элементами инфраструктуры ОАО «РЖД» для возможности проведения специальными исследовательскими лабораториями полномасштабных исследований функциональной и информационной безопасности программно-управляемых систем и комплексов;

испытания на функциональную работоспособность микропроцессорных систем управления железнодорожной автоматики и телемеханики (МПСУ ЖАТ) в части их увязки между собой и с учетом взаимодействия с подвижным составом (односторонним и двусторонним);

испытания на функциональную

работоспособность компонентов систем и их увязки в рамках комплексной системы управления движением поездов, особенно по интерфейсам, реализуемым программными средствами;

моделирование функциональных возможностей новых технологий технического обслуживания устройств инфраструктуры с использованием работы мобильных и стационарных средств технической диагностики и мониторинга с целью тестирования и внесения изменений в существующие карты технологических процессов;

испытание на стендах лаборатории новых функций в системах ДЦ, ДК, МПЦ, АБ, КСАУ СП, МПАБ и других до ввода данных систем в опытную эксплуатацию на полигоне.

Лаборатория в соответствии с возложенными на нее задачами должна вносить совместно с разработчиками изменения в техническую документацию и технологию работ устройств и систем ЖАТ на основании тестирования и испытаний работы МПСУ ЖАТ; моделировать для отдельных участков железных дорог поездную обстановку и работу устройств ЖАТ, электроснабжения, связи во время нарушений в движении поездов для расследования причин отказов, наглядного сравнения характеристик устройств и др.; обеспечивать совместно со стендами АО «НИИАС» отработку планировщиков ИСУЖТ во взаимодействии с устройствами ЖАТ.

Одновременно с этим была разработана структурная схема виртуальной железной дороги на базе ПКБ И.

Полигон «Виртуальная железная дорога» строится по пятиуровневой схеме.

Уровень 1 «Объекты» представляет собой единую базу моделей контролируемых станционных и перегонных объектов (стрелок, светофоров, рельсовых цепей отдельных сигналов) всех находящихся в эксплуатации видов и типов.

Уровень 2 «Станции» представляет собой базу (библиотеку) моделей всех контролируемых

станций, определяющих состав и увязку между собой конкретных объектов инфраструктуры на данных станциях и перегонах. Модели реализуют возможность имитации работы объектов инфраструктуры (с временными характеристиками и выполнением условий безопасности) при передаче на них управляющих воздействий со стороны верхнего уровня МПСУ.

Уровень 3 «АРМ ДСП» обеспечивает возможность контроля всех станций посредством универсального АРМ ДСП, основанного на данных уровня 1 и 2.

Уровень 4 «АРМ ДНЦ» обеспечивает контроль диспетчерских участков, включающих в себя данные о станциях и контролируемых объектах ДЦ, а также возможность просмотра поездного положения как в режиме реального времени, так и в режиме просмотра архива.

Уровень 5 «Безопасность» предназначен для логического разделения сетей и предотвращения информационного воздействия на управляющую сеть СПД оперативно-технологического назначения из СПД общетехнологического назначения со стороны смежных систем и сторонних разработчиков.

В апреле этого года замести-

тель генерального директора – главный инженер ОАО «РЖД» С.А. Кобзев рассмотрел структуру и полномочия Лаборатории и отметил необходимость более глубокой проработки функционала создаваемой Лаборатории «ВЖД», в том числе вопросов взаимодействия с изготовителями и заказчиками микропроцессорных систем управления.

Были уточнены направления деятельности Лаборатории, основным из которых является проверка разрабатываемых и уже эксплуатируемых МПСУ ЖАТ на их работоспособность, надежность функционирования и взаимную увязку со смежными по технологическим процессам организации перевозок системами. При этом в настоящее время проверку разрабатываемых и модернизируемых МПСУ ЖАТ в области функциональной безопасности выполняет ИЦ ЖАТ ПГУПС, в области кибербезопасности – соответствующий центр в АО «НИИАС», а в области работоспособности алгоритмов работы и надежности функционирования – эксплуатационный штат хозяйства автоматики и телемеханики, так как опытная эксплуатация проводится в действующих устройствах.

Лаборатория должна стать эффективным инструментом для актуализации технических требований к инновационной технике и технологиям, обеспечивая объективную проверку алгоритмов работы сложных микропроцессорных систем по реализации этих требований до этапа опытной эксплуатации.

В целевом состоянии деятельность Лаборатории должна охватывать все этапы жизненного цикла микропроцессорных систем и устройств инфраструктуры. Основными направлениями деятельности Лаборатории по сопровождению этапов жизненного цикла систем и устройств ЖАТ являются этап разработки, этап внедрения и этап содержания.

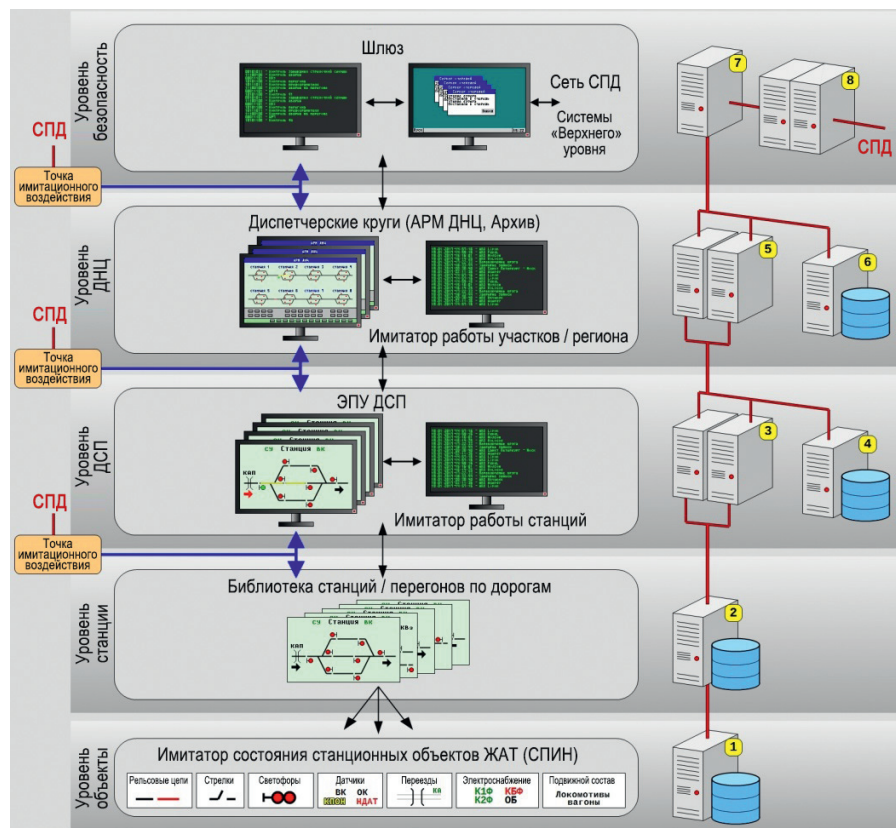
На этапе разработки приводится имитационная экспертиза вновь разрабатываемых МПСУ ЖАТ и отдельных технических решений, предлагаемых к внедрению перед постановкой в опытную эксплуатацию. Экспертиза проходит с учетом взаимодействия вводимых систем с другими действующими или разрабатываемыми системами или устройствами.

На этапе внедрения (строительства) выполняется имитационное моделирование предлагаемых к внедрению систем (устройств) ЖАТ на конкретных объектах и участках железных дорог с выбором оптимального варианта (набора) систем, обеспечивающих заданные параметры движения (пропускную способность и интенсивность движения) с последующей их проверкой во взаимодействии перед установкой на объект.

На этапе технического содержания проводится моделирование нестандартных ситуаций, допущенных в действующих устройствах ЖАТ с формированием экспертных заключений и выработкой корректирующих технических и технологических мер по повышению надежности, безопасности и снижению задержек поездов.

На каждом из этапов определены основные факторы эффективности деятельности Лаборатории. При расчетах использованы данные системы КАС АНТ по отказам устройств железнодорожной автоматики и телемеханики за период с 01.01.2008 по 31.12.2017 (10 лет).

На этапе разработки эффективность достигается за счет экономии затрат на создание имитационных



Структурная схема виртуальной железной дороги

полигонов для экспертизы продуктов разработчиков МПСУ ЖАТ; сокращения расходов на организацию комплексного тестирования разрабатываемых систем во взаимодействии; сокращения ущерба от технических ошибок и несоответствий фактических показателей систем и устройств заявленным значениям, которые будут выявляться на этапе имитационной экспертизы; снижения риска влияния человеческого фактора в период опытной эксплуатации.

В качестве негативного примера можно упомянуть, что нестабильная работа автоблокировки на участке Москва – Санкт-Петербург по причине инертности работы схем контроля проследования привела к необходимости разработки ПГУ ПС совместно с ГТСС и Октябрьской ДИ имитационной модели работы устройств АБ для выработки корректирующего решения. Еще один пример: на Московском центральном кольце для отработки совместной работы МПЦ-Е и АБТЦ-МШ на станции Перово был построен стенд для корректировки технических решений, обеспечивающих заданную пропускную способность.

Выявленные потери времени при установке маршрутов на полигоне Олимпийских объектов из-за некорректной совместной работы ЭЦ-ЕМ и ДЦ «ЮГ» привели к необходимости создания проверочного стенда работы данных систем на смоделированном участке Сочи – Адлер – Имеретинский курорт – Альпика-сервис. По прогнозным оценкам сокращение ущерба от задержки поездов в ситуациях, выявленных Лабораторией при имитационном моделировании работы МПСУ на строящихся участках, составит около 25 %.

Поэтому Лаборатория позволит решать подобные задачи без дополнительных затрат на создание таких специализированных испытательных стендов.

На этапе внедрения (строительства) эффективность деятельности Лаборатории будет достигаться за счет:

снижения риска принятия ошибочного управленческого решения по выбору систем и решений, не обеспечивающих заданные параметры перевозочного процесса (по прогнозным оценкам снижение составит около 30 %);

сокращения времени и расходов

на проведение пусконаладочных работ, в том числе существенно-го снижения продолжительности «окон», в период которых ограничивается движение поездов (сокращение времени составит около 50 %);

ускорения ввода систем и устройств в эксплуатацию при модернизации и новом строительстве (время ввода систем и устройств в эксплуатацию сократится на 25–30 %).

На этапе технического содержания эффективность достигается за счет снижения риска влияния человеческого фактора при определении технических причин возникновения нештатных и аварийных ситуаций; повышения качества принимаемых корректирующих управленческих решений (достоверность будет повышена на 35–40 %); снижения количества отказов технических средств, продолжительности восстановления их работы и количества задержанных поездов, допущенных из-за проектных ошибок.

К влиянию человеческого фактора относятся такие причины, как нарушения правил выполнения работ, нарушение технологии, нарушение сроков проверки и осмотров и другое, что можно было бы выявить при имитационном моделировании на виртуальной модели до ввода устройств в опытную (и постоянную) эксплуатацию (по экспертным оценкам количество отказов по причине влияния человеческого фактора можно снизить на 25–30 % в год).

Значительная часть проектных ошибок могла бы быть смоделирована и выявлена Лабораторией при условии получения от разработчиков соответствующих эмуляторов, средств автоматизированного проектирования и др. (количество отказов, допущенных из-за проектных ошибок, можно снизить на 50–60 % в год).

По поручению заместителя генерального директора – главного инженера ОАО «РЖД» С.А. Кобзева был сформирован Комплекс мероприятий по созданию и поэтапному развитию Лаборатории (далее Комплекс мероприятий), утвержденный в июле этого года заместителем генерального директора ОАО «РЖД» – начальником Центральной дирекции инфраструктуры Г.В. Верховых. В нем предусматривается создание и

функционирование имитационных моделей систем и устройств, применяемых в хозяйствах инфраструктуры. Создание имитационных моделей для определения провозных и пропускных способностей участков железной дороги в рамках создания Лаборатории не планируется.

Комплексом мероприятий определена этапность реализации задач Лаборатории по срокам их исполнения в рамках Долгосрочной программы развития ОАО «РЖД» до 2025 г. На начальном этапе Лаборатория будет реализовывать задачи по проверке работоспособности, надежности и технологичности инфраструктурного комплекса пока только МПСУ ЖАТ. При этом будет выполняться имитационное моделирование предлагаемых к внедрению систем и устройств на конкретных объектах и участках железных дорог для определения оптимального варианта (набора) систем, обеспечивающих заданные параметры движения (пропускную способность и интенсивность движения) с последующей их проверкой перед установкой на объект.

Кроме того, планируется моделирование нестандартных ситуаций, допущенных в действующих устройствах, с формированием экспертных заключений и выработкой корректирующих технических и технологических мер по повышению надежности, безопасности и снижению задержек поездов.

Следующим этапом является реализация Лабораторией задач по проверке работоспособности, надежности и технологичности технических средств всего инфраструктурного комплекса (2022 г.).

Очередным этапом Комплекса мероприятий планируется реализация Лабораторией задач проверки функциональной работоспособности МПСУ ЖАТ с учетом функционала инфраструктурного комплекса в части взаимодействия с подвижным составом (односторонним и двусторонним) (2024 г.).

В целевом состоянии Лаборатория должна обеспечить моделирование внедряемых и эксплуатируемых микропроцессорных систем, применяемых в хозяйствах инфраструктуры, для обеспечения требований перевозочного процесса на участках железных дорог различного класса и специализации (2025 г.).



НОВИКОВ
Василий Николаевич,
ОАО «РЖД», Проектно-конструкторское бюро по инфраструктуре, начальник отделения автоматики и телемеханики, канд. техн. наук

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Основная задача системы диспетчерской централизации (ДЦ) – управление перевозками и обеспечение безопасности движения поездов. На сегодняшний день российскими системами ДЦ оснащены все железные дороги РФ, а также некоторые железные дороги зарубежья (в том числе – Узбекистана, Казахстана, Туркменистана).

■ Для применяемой на российских железных дорогах современной автоматизированной системы диспетчерской централизации можно выделить основные принципы ее построения. Она должна быть ориентирована на развитие высокоскоростного движения с применением систем интеллектуального управления инфраструктурой. Необходимо предусматривать применение подсистем самодиагностики ДЦ и диагностики управляемых ею систем и устройств ЖАТ, современных систем информационной безопасности и киберзащиты. Кроме того, должен быть реализован комплексный научный подход к управлению надежностью аппаратуры ДЦ на всех этапах ее жизненного цикла, основанного на объективных данных о значениях показателей надежности.

Среди основных принципов построения ДЦ – унификация протоколов передачи данных с целью увязки систем, как линейной части, так и компонентов центральных постов, а также применение модульного подхода к разработке программного обеспечения, позволяющего оперативно производить адаптацию системы, применение систем логического контроля функционирования технических средств и работы оперативного персонала; комплексное тестирование с использованием средств имитационного моделирования и современных методов оценки выполнения требований функциональной и информационной

безопасности, а также обязательная сертификация; реализация функциональных возможностей в части информационного взаимодействия с бортовыми системами тяговых единиц; снижение эксплуатационных расходов на обслуживание за счет оптимизации управления движением поездов, повышения уровня его централизации; применение современных технологий обработки информации (Big Data и др.), а также спутниковых технологий.

В ОАО «РЖД» реализует проект по созданию единой интеллектуальной системы диспетчерского управления на железнодорожном транспорте. Необходимость применения подобных систем обусловлена сложностью решаемых задач и возрастающей динамичностью технологических процессов, требующих непрерывной адаптации управления к внешним воздействиям, а также потребностью интеграции существующих элементов диспетчерского управления. Современные ДЦ являются неотъемлемой частью этой системы.

Сегодня система ДЦ обеспечивает возможность бесперебойного регулирования движения поездов на укрупненных диспетчерских кругах при значительной интенсивности движения поездов, в том числе, на самых значимых направлениях и международных транспортных коридорах. Постоянно растут объемы внедрения современных технологий по управлению движением поездов на участках со скоростным и

высокоскоростным движением, с применением подсистем автоматической установки маршрута («Автодиспетчер»), реализующих функцию «автоведения» поездов в соответствии с заданным нормативным графиком движения и учетом возможности инфраструктуры, команд диспетчерских центров и статуса ближайших участников движения.

При концентрации управления участками в диспетчерских центрах управления перевозками (ДЦУП) применяются высокопроизводительные и эффективные средства передачи, обработки и предоставления информации, включающие в себя базы данных, средства моделирования и прогнозирования возможных изменений поездной ситуации, АРМы диспетчерского персонала, эксплуатационного штата, а также различных оперативных служб. При этом участки ДЦ объединены в единую комплексную систему, оперативно взаимодействующую со всеми управляемыми и информационными объектами.

Построение диспетчерской централизации по иерархической структуре (рис. 1) обеспечивает возможность рационального распределения функций между уровнями управления по критериям загрузки технических средств, обеспечения высокой надежности и эффективности их работы. Среди функций, распределенных между уровнями системы управления существуют такие, которые относятся к обеспечивающим безопасность движения поездов

по условиям технического состояния подвижного состава, пути, искусственных сооружений и поездной ситуации, сложившейся на участке в данный момент времени.

Среди новых функций системы ДЦ сегодня можно выделить моделирование и прогнозирование. При этом комплексное моделирование системы ДЦ осуществляется с использованием так называемой «предсказательной диагностики» и технологии имитационного моделирования. Оно условно разделяется на три подгруппы.

Предварительное моделирование – основано на технологии имитационного моделирования. Оно позволяет разрабатывать модели различных ситуаций для определения узких мест и уязвимостей системы, препятствующих нормальной работе. Для проведения комплексного анализа, на этом этапе, в качестве источников информации используются данные различных систем, применяемых сегодня в ОАО «РЖД» – это системы технической диагностики и мониторинга устройств и систем ЖАТ (СТДМ), система управления ресурсами, рисками и анализа надежности (УРРАН), системы КАС АНТ, КАС АТ и АСУ-Ш2. Таким образом, реализуется комплексный научный подход к управлению надежностью аппаратуры системы на всех этапах ее жизненного цикла, основанного на объективных данных о значении показателей надежности.

Оперативное моделирование – в режиме реального времени реализует возможность обмена данными для анализа текущей ситуации и прогнозирования состояния объектов в ближайшем будущем за определенный период времени, координируя действия всех функциональных составляющих системы ДЦ. Это обеспечивает возможность беспрепятственного проследования подвижного состава с учетом проблем, возникающих на объектах инфраструктуры и на подвижном составе во время работы системы.

Аналитическое прогнозное моделирование – применяется для периодически повторяющихся ситуаций. Оно позволяет проанализировать исторические данные работы объектов систем и перевозочного процесса в еди-

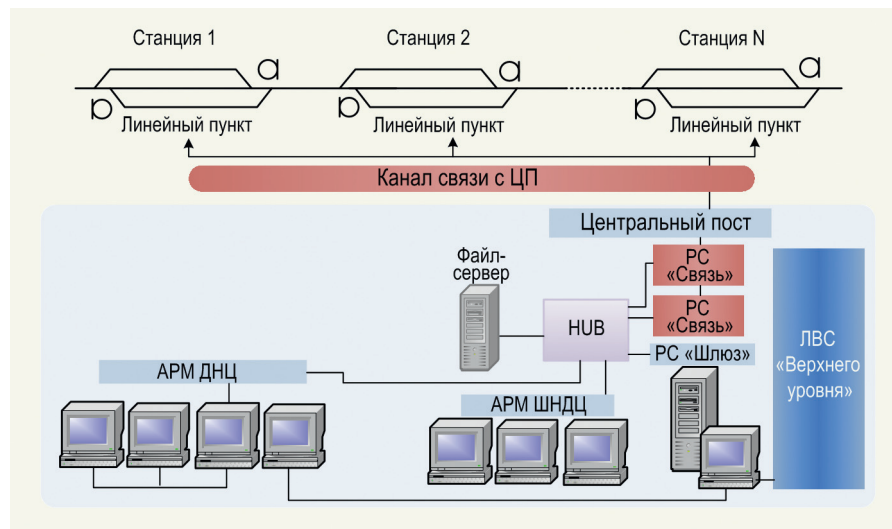


РИС. 1

ном координатном пространстве, осуществлять поиск закономерностей, понимание которых позволяет своевременно корректировать мероприятия по текущему содержанию инфраструктуры и предложить последующие оптимальные решения повышения ее надежности и эксплуатационной готовности.

Такой подход призван расширить функциональные возможности систем ДЦ и реализовать следующие принципы управления движением поездов: своевременное формирование оперативных предупреждений; оптимизацию использования ресурсов; повышение провозной и пропускной способности железных дорог; сокращение затрат на содержание инфраструктуры и подвижного состава; сокращение влияния человеческого фактора на надежность работы систем и устройств; эффективное распределение тяговых ресурсов.

При большой длине поездного участка степень автоматизации управления должна быть достаточно высокой и обеспечивать требуемый уровень интенсивности и безопасности движения поездов. Поэтому сегодня изменился и подход к системам ДЦ. Осуществляется переход от локальных устройств по выполняемым функциям к технологически замкнутым системам управления движением поездов и маневровой (сортировочной) работой с информационным взаимодействием со смежными информационно-управляющими системами верхнего уровня посредством

унифицированного протокола передачи данных.

Новые требования определяют необходимость единого системного подхода к процессу диспетчерского управления и его автоматизации. Возникла объективная необходимость в создании интегрированных многоуровневых интеллектуальных систем управления, включающих в себя как станционные устройства с реализацией в них функций управления стрелками и сигналами на станциях и автоблокировки на перегонах, так и устройств верхнего уровня, обеспечивающих автоматизированное диспетчерское управление движением поездов в регионе.

Современная система ДЦ не только реализует управление маршрутами на диспетчерском участке, но и включает в себя подсистему станционного управления – электронный пульт управления (АРМ дежурного по станции), построенный на аппаратных средствах линейного пункта ДЦ. АРМ ДСП позволяет управлять не только одной станцией, но и осуществлять управление несколькими соседними станциями с одной «опорной», а также реализовать автоматическое управление пропуском поездов по станции, без участия дежурного по станции (АУМ станционного уровня).

Для повышения эффективности производственной деятельности и совершенствования эксплуатационной работы осуществляется поэтапный переход на сквозные принципы органи-

зации перевозочного процесса в рамках реализации перспективной модели управления движением поездов (внедрение полигонных технологий). В Центральной дирекции управления движением осуществляются структурные преобразования, пересматриваются границы диспетчерских участков, создаются Центры управления движением поездов на Восточном полигоне, на направлении движения поездов в порты Северо-Запада и по другим основным направлениям. Техническая поддержка этих преобразований осуществляется Центральной дирекцией инфраструктуры путем передачи диспетчерского управления из ныне существующих дорожных ЦУП в полигонные ЦУПы, из которых организуется управление перевозками сразу на нескольких железных дорогах.

Современная система ДЦ является одной из основных технических составляющих проекта «Цифровая железная дорога». При реализации системы диспетчерской централизации используются все основные технологии «цифровизации»: интернет вещей; технологии обработки больших данных; интеллектуальные системы; мобильные приложения; высокоскоростные сети передачи данных.

Информация, получаемая от единой комплексной системы ДЦ, хранится и обрабатывается

с помощью современных технологий хранения данных. База данных позволяет формировать единое пространство и поддерживать в актуальном состоянии цифровую модель инфраструктуры управляемого полигона движения поездов. Система ДЦ с помощью потокового анализа данных из различных источников, имеющих отношение к движению поездов, может оценивать риски невыполнения оперативных решений по управлению, проводить анализ грузовых и пассажирских потоков, технического состояния инфраструктуры, текущей пропускной способности участков и т.д. Формировать по этим результатам оперативный прогноз по пропускной способности на контролируемых участках. Унификация современных ДЦ идет в направлении унификации отдельных функциональных блоков на единой цифровой платформе, модульное построение которых позволяет легко конфигурировать различные сочетания системы в зависимости от потребностей заказчика и класса железнодорожных линий (рис. 2).

Модульный принцип построения программного обеспечения системы ДЦ с универсальными протоколами информационного взаимодействия дает возможность строить систему из модулей различных производителей.

Такой подход позволяет обе-

спечить возможность оперативной и гибкой адаптации и переконфигурации всей системы, включая изменения границ отдельных контролируемых диспетчерских участков и целых полигонов, независимо от применяемых на них устройств и систем автоблокировки и станционной централизации. Управление при этом может осуществляться по каналам передачи данных всех видов (физические линии, ТЧ-каналы, оптоволоконные линии, радиоканалы и др.) используемых в ОАО «РЖД».

Большое внимание сегодня уделяется подсистемам безопасности. Это касается как информационной системы, так и системы внутреннего контроля функционирования и самодиагностики. В ДЦ предусмотрена подсистема логического контроля за действиями оперативного персонала и состоянием технических средств. Подсистема позволяет оперативно выявлять логические несоответствия в работе станционных устройств и автоблокировки, своевременно информировать оперативный персонал, а также осуществлять функции блокировки возможных неправильных действий поездного диспетчера.

Одним из главных аспектов обеспечения информационной безопасности системы является ее киберзащищенность. С этой целью предусмотрена возможность ее функционирования в комплексе с самыми эффективными системами защиты информации в компании, применяемых сегодня в компании, таких как узлы межсетевого взаимодействия, а также использование современных сетевых технологий, позволяющих осуществлять безопасное информационное взаимодействие со смежными системами.

В ОАО «РЖД» на постоянной основе в рамках программ научно-технического развития и комплексных научно-технических проектов ОАО «РЖД», в интересах различных подразделений компании, постоянно ведется расширение функциональных возможностей системы ДЦ для ее применения в современных системах управления перевозочным процессом, системах обеспечения безопасности движения поездов, других информационно-управляющих системах.

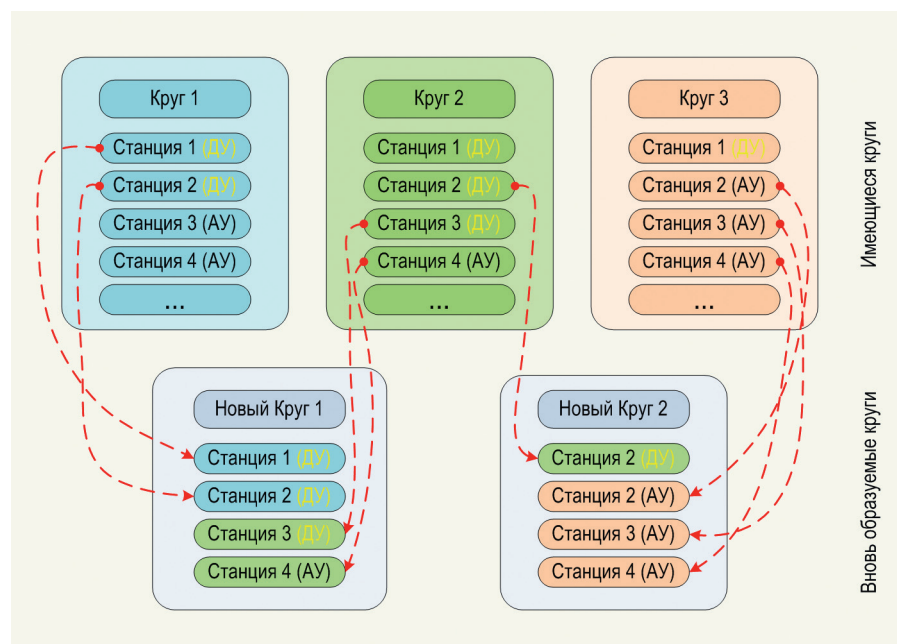


РИС. 2



КИСЕЛЁВ
Игорь Александрович,
ООО «Отраслевой центр
разработки и внедрения
информационных систем»,
руководитель группы разработки
АСУ инфраструктуры

Единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой ЕК АСУИ разрабатывалась как основной инструмент для автоматизации бизнес-процессов структурных подразделений Центральной дирекции инфраструктуры после перехода ОАО «РЖД» на трехуровневую систему управления. Она встраивалась в существующий информационный комплекс отраслевых АСУ и интегрировалась с системой управления трудовыми ресурсами, системой учета материально-технических ресурсов и другими системами. В хозяйстве автоматики и телемеханики ее полноценная эксплуатация началась в 2015 г. На сегодняшний день к ЕК АСУИ подключено более 800 структурных подразделений ЦДИ, получили доступ свыше 35 тыс. пользователей.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

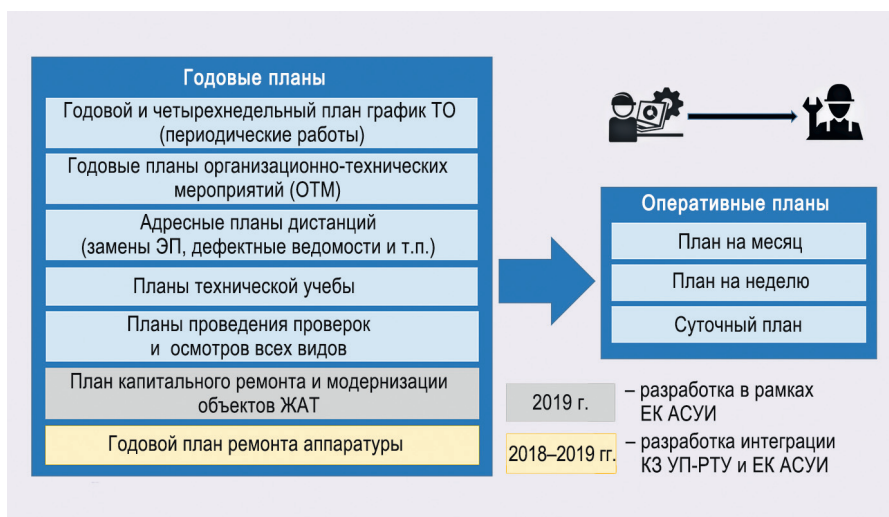
ХОЗЯЙСТВА АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

■ Основой ЕК АСУИ является единая база объектов инфраструктуры, в которой содержится более 20 млн. объектов пути, электрификации, электроснабжения, системы ЖАТ и др. В системе реализована подсистема «Планирование работ в хозяйстве автоматики и телемеханики». Она включает следующие виды планов: годовой и четырехнедельный планы-графики; годовые планы организационно-технических мероприятий; адресные планы дистанций СЦБ; планы всех видов осмотров и проверок, капитальных ремонтов и модернизации объектов ЖАТ, технической учебы. Все эти планы строятся на основе инструкций по ТО, технологии обслуживания, технологических и технико-нормировочных карт и других нормативных документов хозяйства.

Все документы хранятся в ЕК

АСУИ и полностью соответствуют действующим отраслевым нормативным документам. Поскольку документы разрабатывают разные организации в разное время, поддержание их в актуальном состоянии – довольно трудоемкий процесс, требующий постоянного внимания.

В настоящий момент в ЕК АСУИ ведется планирование и учет выполнения регламентных работ по ТО, организационно-технических мероприятий (ОТМ), замечаний осмотров и проверок. В следующем году запланирована реализация системы планирования капитальных ремонтов и модернизации объектов ЖАТ, а также системы планирования ремонта и замены аппаратуры ЖАТ в режиме информационного взаимодействия с комплексом задач «Учет приборов и планирование работы РТУ»



Система планирования работ в хозяйстве автоматики и телемеханики

(КЗ УП-РТУ), входящего в состав АСУ-Ш-2.

Перспективное направление развития системы планирования связано с изменением технологии обслуживания технических средств ЖАТ – переходом на их обслуживание по фактическому состоянию. При автоматизации планирования работ по этой технологии планирование ведется на основе информации о количестве срабатываний устройств ЖАТ. Подобным образом будет выполняться планирование работ по горочным устройствам. В новой редакции инструкции по ТО горочных устройств будет предусмотрена возможность перехода на такой вид обслуживания на горках, выделенных в качестве опытного полигона.

На основе информации, получаемой от КСАУ СП, или данных о среднесуточном количестве срабатываний система автоматически назначит работы в соответствии с текущим и перспективным количеством срабатываний вагонных замедлителей и переводов стрелок.

Эта технология позволит сформировать план работ для обслуживания конкретного устройства, перспективный годовой план, а также оперативные планы на сутки и месяц. При получении объективной информации о количестве срабатываний система автоматически скорректирует оперативные планы.

Другое направление развития системы планирования связано с

необходимостью обеспечения объективного контроля выполнения работ линейным персоналом дистанции на основе информации, поступающей от систем технической диагностики и мониторинга СТДМ. Взаимодействие с этой системой позволит без дополнительного ввода информации автоматически исключать события, возникающие при выполнении работ ТО, а диспетчерскому аппарату дистанции контролировать в ЕК АСУИ их выполнение. В итоге можно будет получать объективную информацию о датах проверки конкретных устройств или о невозможности выполнить работу на определенных стрелках или участках. В этом случае система предложит включить проверку этих устройств в план на следующий период.

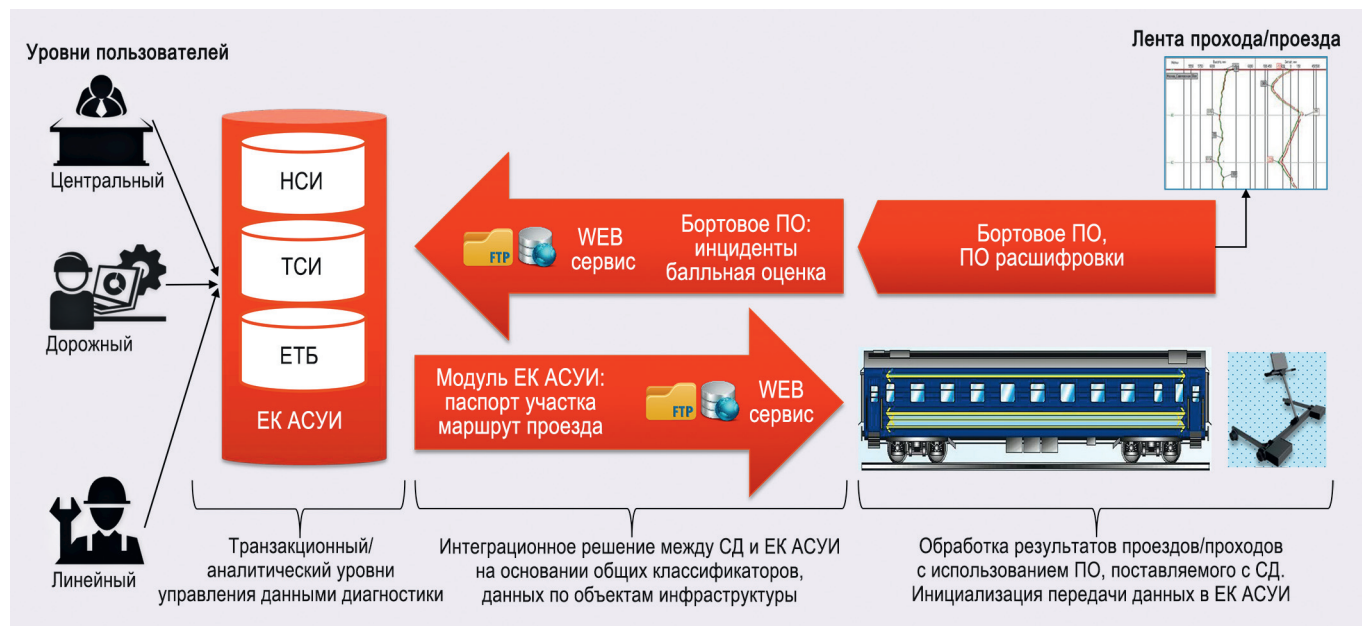
В дальнейшем предполагается создать систему интеллектуального планирования, которая будет формировать план работ подразделения на основе анализа больших данных без участия старшего электромеханика. Необходимость определенных работ на конкретных объектах для обеспечения безопасности движения будет определяться на основе анализа всей имеющейся информации.

После анализа данных СТДМ, замечаний осмотров согласно годовым планам, планам смежных хозяйств, наличия необходимых материалов, требуемого экс-

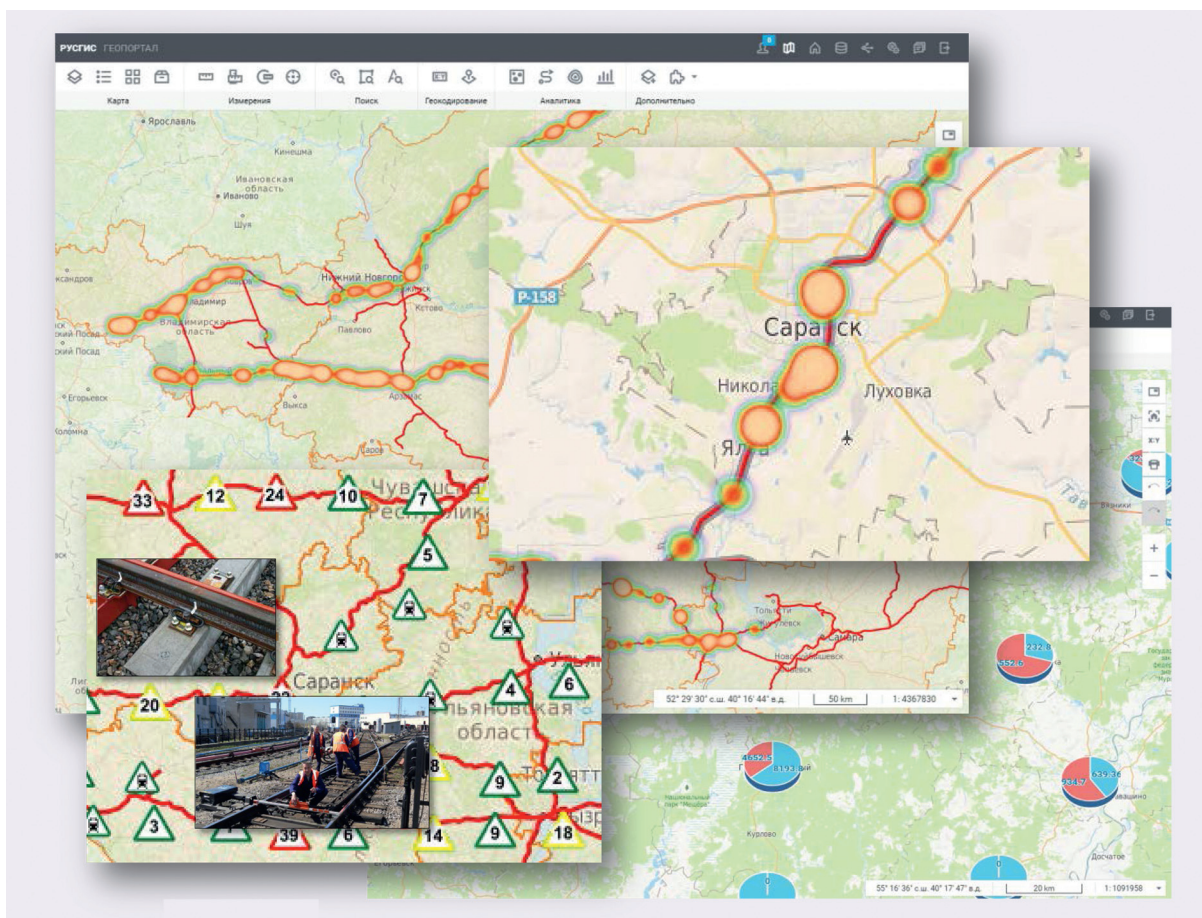
плуатационного штата с учетом характеристик участка (класса линии, интенсивности движения, станции, типа устройств), показаний счетчиков срабатываний, даты последнего ремонта, срока службы и другой информации система будет автоматически формировать оптимальный план работ. Это позволит уменьшить влияние человеческого фактора, а также более эффективно использовать персонал в условиях оптимизации людских ресурсов. Сегодня эта технология очень актуальна, поскольку, несмотря на сокращение эксплуатационного штата, в компании ставится задача выполнения того же объема работ, для чего требуется увеличение производительности труда.

При внедрении системы интеллектуального планирования на первом этапе будет частично исключено влияние человеческого фактора при формировании периодических работ годовых и четырехнедельных планов. Полностью исключить его пока не получится, поскольку ведение данных по технической оснащенности по-прежнему выполняется вручную. Система будет автоматически согласно данным о технической оснащенности объекта строить план-график. Его построение начнется с момента даты последнего выполнения работы.

Информация о годовых планах является основой нормативно-це-



Перспективная схема интеграции программного обеспечения средств диагностики и ЕК АСУИ



Геоинформационная система инфраструктурного комплекса ОАО «РЖД»

левого бюджета структурных подразделений ЦДИ. На этапе планирования будет известно, на каком устройстве планируется выполнять работы, их объем и дата производства, единичные расценки каждого вида работ, по которым рассчитываются бюджетные средства на текущее содержание.

Сегодня система уже может сформировать производственный план работ по ОТМ и годовым адресным планам дистанций СЦБ. Однако чтобы выполнить эту работу требуется утвердить ряд нормативных документов для расчета трудозатрат и материалов. В данный момент производственный план автоматически формируется в ЕК АСУИ на основании периодических работ, предусмотренных инструкцией по ТО. Затем он передается в автоматизированную систему нормативно-целевого бюджетирования.

При реализации системы интеллектуального планирования производственный план будет строиться с учетом необходимости

выполнения работ, на основе имеющейся в системе информации о текущем состоянии объектов инфраструктуры и плановых показателей надежности.

Таким образом, автоматизация планирования работ в хозяйстве автоматики и телемеханики позволяет повысить эффективность использования трудовых и материальных ресурсов, необходимых для технического обслуживания и ремонта устройств и систем ЖАТ; обеспечить прозрачность технологических процессов; снизить влияние человеческого фактора на процессы планирования и выполнения работ по ТО. Кроме того, появляется возможность направить усилия на наиболее проблемные участки и участки с высокой интенсивностью движения поездов, что способствует повышению уровня безопасности движения поездов. Автоматизация планирования работ также позволит обосновать бюджетные затраты на текущее содержание и ремонт объектов и систем ЖАТ.

Еще одним функциональным

блоком является электронный документооборот. В ЕК АСУИ переход на электронный документооборот с использованием цифровой электронной подписи осуществляется путем интеграции системы с комплексом программ технологического электронного документооборота КП ЭДО. В качестве хранилища документов, подписанных электронной подписью, и другой информации в нем используется единая корпоративная автоматизированная система управления документами. Для управления технологическим процессом хранения и подписания электронных документов применяется единая центральная система электронного документооборота (ЭЦС ЭДО). В инфраструктурном комплексе эта технология будет использоваться для всех электронных документов. В хозяйстве автоматики и телемеханики с помощью электронной технологии уже ведутся журналы ШЧ-2 и ШУ-6. Сегодня идет согласование отмены ведения этих журналов на бумажных носителях.

В перспективе планируется перейти на безбумажную технологию ведения всех журналов, связанных с выполнением работ ТО. При этом предлагается использовать единую электронную подпись ЭЦП. В системе ЕК АСУИ реализовано подписание ЭЦП каждого рабочего задания (РЗ), выполненного старшим электромехаником или электромехаником, при наличии у них ключа. В случае подписания РЗ в системе фиксируется не только факт выполнения работы, но и фактические исполнители, трудозатраты, использованные материалы, выполненные измерения, выявленные инциденты и другая информация. В технологическом процессе подписания могут участвовать работники дистанции СЦБ: инженер технического отдела, экономист, инженер по труду.

Когда вся информация подписана ЭЦП ведение всех журналов ШУ с измерениями, составление актов, отчетов, справок и прочих документов, которые приходится оформлять и подписывать, сводится к формированию справок из базы рабочих заданий, подписанных электронной подписью. Отпадает необходимость формировать и подписывать каждый журнал в отдельности. В итоге обеспечивается прозрачность документооборота, оперативное получение актуальной информации и ее надежная защита, появляется возможность анали-

зировать цифровую информацию с использованием технологии «больших данных». Кроме того, повышается уровень дисциплины, сокращаются временные затраты сотрудников дистанций СЦБ, служб автоматики и телемеханики и руководства ЦДИ.

В рамках развития системы идет разработка мобильного рабочего места МРМ ЕК АСУИ. В настоящее время реализованы следующие основные функции:

- просмотр детализированного суточного плана и учет выполнения всех видов работ, ввод фактических трудозатрат и времени на пропуск поездов;

- отображение перечня запланированных измерений с возможностью их фильтрации по видам;

- ручной ввод результатов измерений: с экранной клавиатуры, по шкале, голосовой ввод с указанием типа и номера измерительного прибора;

- просмотр динамики измерений в графическом виде с фильтрацией результатов измерений;

- сверка/привязка географических координат к устройствам ЖАТ, автоматизированный поиск и фильтрация;

- просмотр паспортных характеристик устройств ЖАТ, «истории» всех выявленных неисправностей, выполненных работ и результатов измерений из всех источников.

Сейчас идет подготовка МРМ ЕК АСУИ к вводу в эксплуатацию на опытном полигоне. Использо-

вание мобильного рабочего места позволит оптимизировать технологические процессы, повысить эффективность контроля и управления эксплуатационным штатом дистанций СЦБ и уровень безопасности движения поездов, перейти на электронный документооборот.

В текущем году в ОАО «РЖД» началась разработка геоинформационной системы ГИС. В рамках этого проекта реализуется платформа и базовая часть функциональности системы, а именно: схемы железных дорог с детализацией до станций, перегонов; границы обслуживания подразделений (дирекций инфраструктуры, регионов, дистанций СЦБ и инфраструктуры); классы и специализация железнодорожных линий, классы станций; информация об обслуживающем персонале дистанции СЦБ, бригаде, станции/перегоне; показатели надежности эксплуатационной работы дирекций инфраструктуры, дистанций по станциям/перегонам.

Применение ГИС позволит более эффективно использовать представленные в графическом виде данные для анализа ключевых показателей деятельности инфраструктурного комплекса. При этом будут учитываться основные параметры объектов инфраструктуры, эксплуатационная обстановка и адресное производство работ в оперативном режиме.



Подписаться на бумажную версию журнала «АВТОМАТИКА, СВЯЗЬ, ИНФОРМАТИКА» можно, не выходя из дома!!!



Для оформления подписки через Почту России (можно на 1 месяц) 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 подписку онлайн. Стоимость одного номера 301 руб. 89 коп.



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

Наши авторы и читатели могут также приобрести номера журналов по перечислению **с самовывозом** из Центра научно-технической информации и библиотек – филиала ОАО «РЖД» (Рижская площадь, д. 3). Стоимость одного экземпляра для физ. лиц 253 руб. 84 коп. для юр. лиц 441 руб. 57 коп.

Реквизиты ЦНТИБ:

Банк ВТБ (ПАО), г. Москва, БИК 044525187, к/с 30101810700000000187, р/с 40702810199993174037
Получатель: ЦНТИБ ОАО «РЖД», ИНН 7708503727, КПП 770102004
Назначение платежа: Оплата за журнал «Автоматика, связь, информатика» за №№, 20.....г., кол-во ... экз. Сумма ... руб., в т.ч. НДС 10 % руб.



МОИСЕЕНКО
Владимир Валентинович,
ОАО «РЖД», Центр
инновационного развития,
начальник отдела
инновационных проектов

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ

В статье рассмотрены современные тенденции совершенствования зарубежных систем интервального регулирования в результате внедрения новых технических решений.

■ Современные европейские железнодорожные коммуникационные технологии были созданы в начале 90-х гг. с учетом общепринятых в то время стандартов.

Разработанные национальные системы имели как достоинства, так и недостатки, но главное – они не обеспечивали возможность трансграничного движения локомотивов из-за необходимости их оборудования всеми системами, применяемыми в граничных странах. Поэтому была разработана универсальная широко известная европейская система управления перевозками ERTMS, ядром которой является система управления движением поезда ETCS.

В 2000-х гг. внедрение новых технологических решений и различных цифровых устройств сформировало новые области применения, такие как предоставление информации для пассажиров, а также управление движением на основе коммуникационных систем связи (CBTC).

Вместе с тем современные системы не в полной мере используют новые технологии и методы, в том числе технологии спутникового позиционирования, высокоскоростных высокопроизводительных систем передачи данных и голосовой связи (Wi-Fi, 4G/LTE), автоматизации, а также интеллектуальный и адаптивный

оперативный контроль движения поездов, которые могли бы обеспечить снижение потребления энергии тяги и выбросов углекислого газа, сокращение эксплуатационных расходов и повышение безопасности движения.

Для реализации последних технологических достижений в системе управления поездами в настоящее время, в рамках Инновационной программы, компания Shift2Rail выполняет проект по разработке унифицированной системы на основе ETCS и CBTC, так называемой NGTCS (New Generation Train Control System) (рис. 1).

В числе перспективных параметров NGTCS:

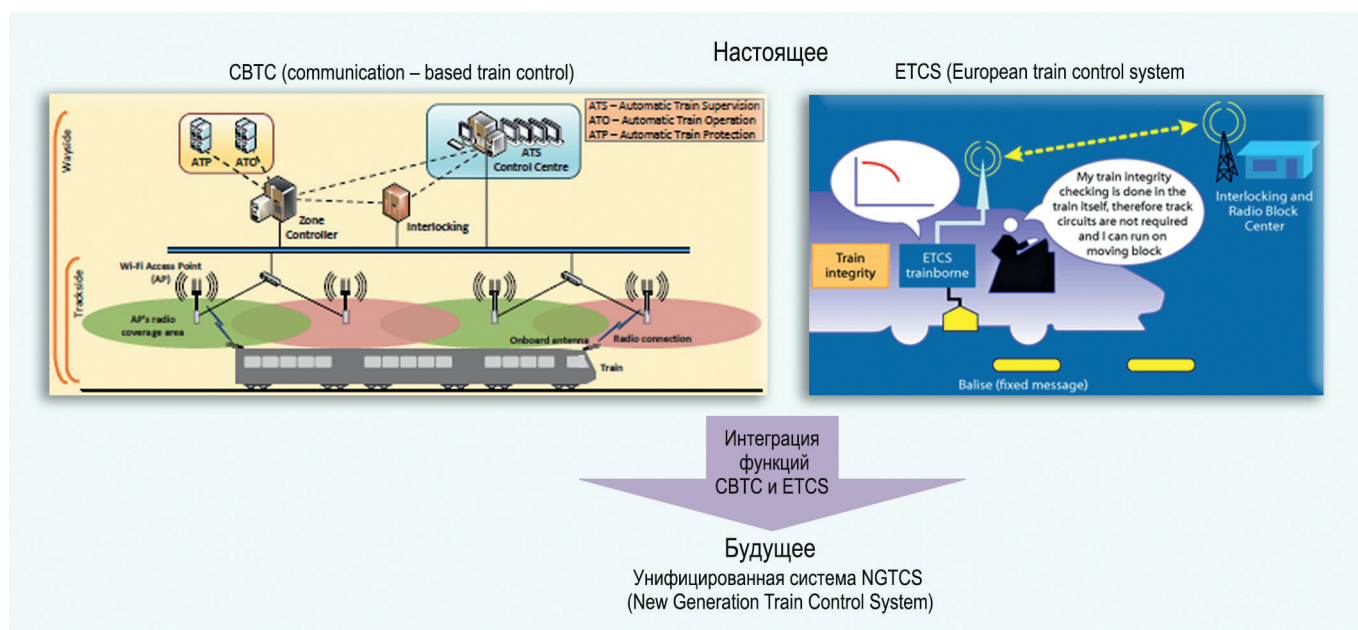


РИС. 1

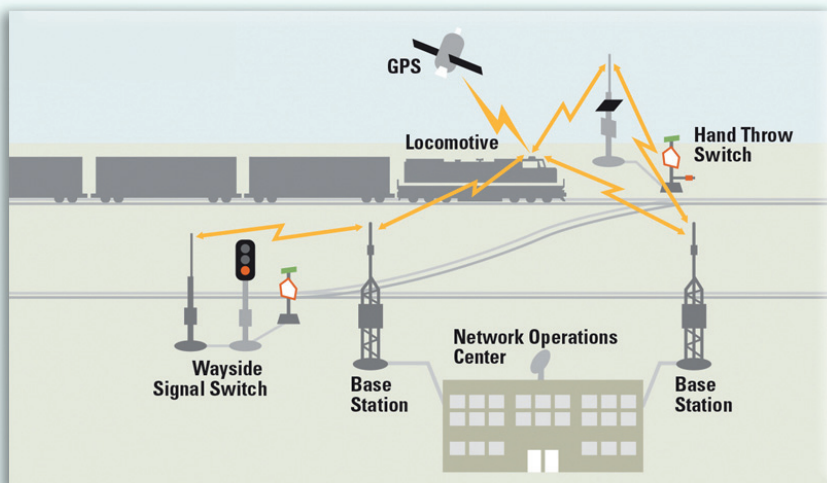


РИС. 2

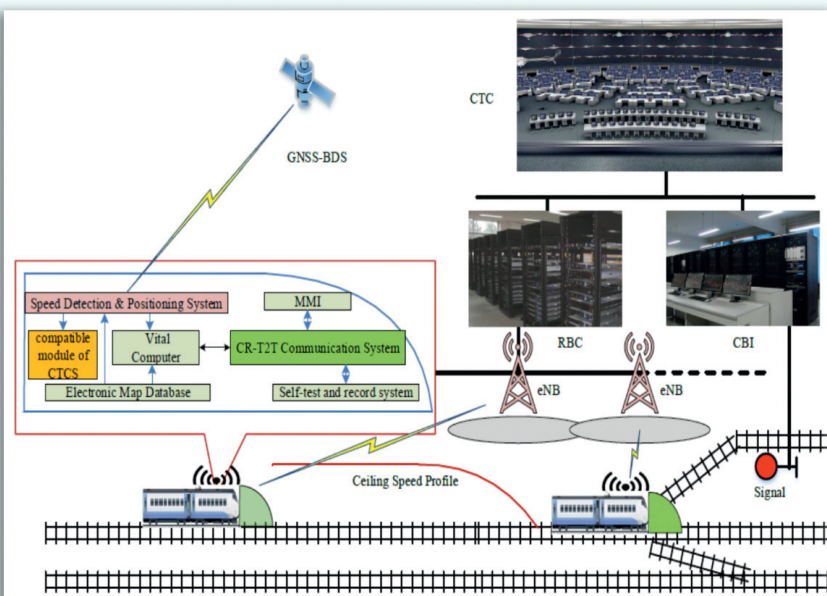


РИС. 3

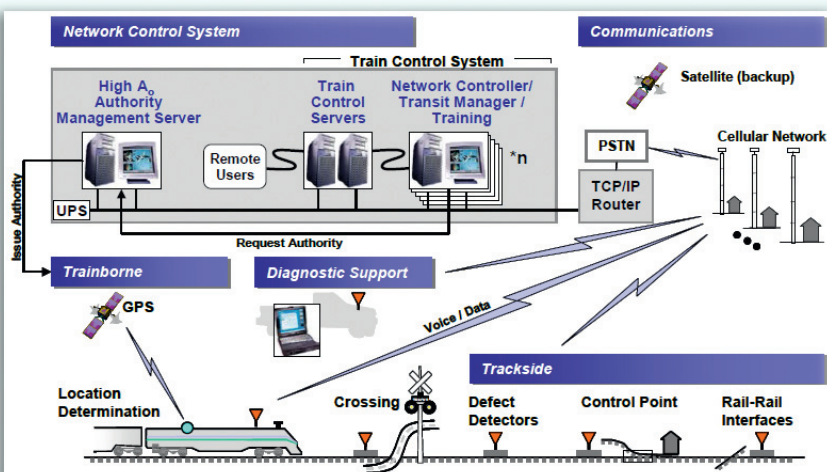


РИС. 4

интеллектуальное управление движением поездов;
автоматизация управления тяговым подвижным составом (до уровней GoA 3, GoA 4);
подвижные блок-участки;
спутниковое позиционирование;
виртуальное соединение поездов.

Применяемые в настоящее время для формирования блок-участков различные виды RFID-устройств (евробализы и др.) являются дополнительным инфраструктурным объектом, требующим обслуживания. Кроме того, способ передачи информации на подвижной состав, который реализуется с их помощью, не является абсолютно надежным. Поэтому в ETCS третьего уровня такие устройства должны быть заменены на системы спутникового позиционирования. По такому же пути пошли китайские, американские и австралийские железные дороги, которые уже реализуют это в проектах новых систем ATCS (Advance Train Control System) (рис. 2), ATMS (Advance Train Management System) (рис. 3) и NGCTCS (Next Generation Chinese Train Control System) (рис. 4) соответственно.

Альтернативой способом позиционирования с помощью RFID-устройств и спутниковой навигации являются системы позиционирования, основанные на опто-акустическом принципе, так называемые распределенные акустические системы (Distributed Acoustic System).

По данным зарубежных источников исследования в области распределенных акустических систем (DAS) ведутся более 15 лет в Австрии, Германии, Италии, Корее, США и других странах.

Данные системы основаны на принципе изменения отражающих свойств оптического волокна под действием вибрационных нагрузок, возникающих при распространении звуковой волны, генерируемой в грунте проходящим подвижным составом.

В качестве источника излучения используется либо светодиод, либо лазер. Сочетание лазера и одномодового волокна, пропускающего одну моду излучения, позволяет при длине волны излу-



РИС. 5

чения 10 нм добиться разрешения системы в 1 м.

В соответствии с технологией производителя оптоволоконный кабель укладывается в землю на расстоянии нескольких метров от бровки земляного полотна. По такому принципу оборудованы несколько опытных участков на различных дорогах Европы, в том числе в Беларуси. В связи с тем, что данная система имеет низкий уровень безопасности, она рекомендована к применению только с резервной системой счета осей, имеющей высшую степень безопасности (SIL 4).

Следует отметить, что, несмотря на имеющиеся определенные успехи в области DAS-технологии на железнодорожном транспорте, в рамках инновационного портфеля 2-й европейской инициативы Shift2Rail «Перспективные системы управления движением и управления» такие системы не развиваются.

Тем не менее, исследования и разработки в данной области продолжают. Возможный успех в этом направлении позволит реализовать на основе оптоволоконных технологий не только систему интервального регулирования, но

и системы непрерывного мониторинга состояния верхнего строения пути, подвижного состава, охранные системы контроля периметра объектов инфраструктуры.

Будущее железнодорожной отрасли, как ожидается, будет опираться на интеллектуальные транспортные системы, использующие интернет-технологии для снижения стоимости жизненного цикла железнодорожной инфраструктуры. Ожидается, что такие новые технологии, как интегрированная безопасность, управление активами и интеллектуальное обслуживание, будут способствовать своевременному принятию решений по вопросам безопасности, планирования и пропускной способности железнодорожной системы. Современные дороги представляют собой сочетание взаимосвязанных технологических решений, компонентов и транспортной инфраструктуры. Эти системы требуют надежной беспроводной коммуникационной системы с высокой скоростью передачи данных и интегрированными программными решениями для оптимизации, чтобы удовлетворить постоянно растущий объем передаваемой информации

(аудио, видео, данных), основанной на интернет-технологиях.

Переход к данному принципу создает совершенно уникальные предпосылки для внедрения Интернета поездов, когда локомотивные устройства смогут обмениваться информацией не через центральный компьютер, а используя сетевые IP-адреса.

Промышленный интернет вещей (IIoT) (рис. 5) имеет потенциал для революционизирования железнодорожной отрасли. Железнодорожная сеть включает в себя миллионы компонентов и все элементы системы должны работать совместно. Промышленный интернет вещей обеспечивает более простые способы обеспечения совместимости объектов системы и повышения их безопасности, а также дает возможность быстро модернизировать систему.

Существуют четыре основные системы, в которых автоматизация и IIoT могут принести значительные преимущества: сигнализация, контроль поездов, блокировка и диспетчеризация. Повышение безопасности является одной из основных целей при применении IIoT на железнодорожном транспорте.



ПЕТРОВ

Александр Иванович,
ОАО «РЖД», Главный
вычислительный центр,
и.о. главного инженера

Целью развития ИТ-инфраструктуры ГВЦ ОАО «РЖД» является создание управляемой, отказоустойчивой, масштабируемой инфраструктуры, способной обеспечить необходимый уровень доступности, непрерывности и безопасности функционирования используемых информационных систем, повышение инвестиционной эффективности и оптимизацию совокупной стоимости владения. Одной из главных задач является построение катастрофоустойчивой геораспределенной инфраструктуры системы ЦОД ОАО «РЖД». Данная структура позволит обеспечить непрерывность предоставляемого сервиса, минимизировать вероятность сбоев в работе критически важных приложений, которые могут привести к нарушению бизнес-процессов компании.

ЦЕНТРЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ГВЦ ОАО «РЖД»

■ Выделяются два уровня ИТ-инфраструктуры: корпоративный уровень (ЦОД) и уровень региональных объектов (дорожные Информационно-вычислительные центры). Информационное взаимодействие между объектами этих уровней осуществляется посредством корпоративной сети передачи данных.

На корпоративном уровне проводятся мероприятия по построению ядра вычислительной инфраструктуры, в котором сосредоточены все ключевые вычислительные ресурсы ОАО «РЖД». Для обеспечения катастрофоустойчивости вычислительное ядро размещается в географически распределенных площадках, представляющих собой локальные отказоустойчивые метрокластеры с синхронной репликацией (копированием) данных. Основной и резервный географически распределенные метрокластеры объединяются высокопроизводительными каналами СПД, по которым осуществляется асинхронная репликация данных.

На уровне региональных объектов размещаются серверные и коммуникационные узлы ИВЦ, задача которых обеспечить доступ рабочих мест сотрудников ОАО «РЖД» к центральным информационным ресурсам, работоспособность специализированных производственных информационных систем, оборудование которых нецелесообразно или невозможно, на текущий момент, размещать в ЦОД.

Основным ЦОД является «Московский» метрокластер, резервным – «Екатеринбургский» метрокластер. Введение в эксплуатацию второго резервного здания в Екатеринбурге позволит полностью перейти к целевой схеме и обеспечить резервирование информационных систем как на случай локальных, так и на случай глобальных катастроф.

Инженерная, сетевая и серверная инфраструктура Московского ЦОД дублирована. На текущий момент, реализованные метрокластерные решения для различных серверных платформ,

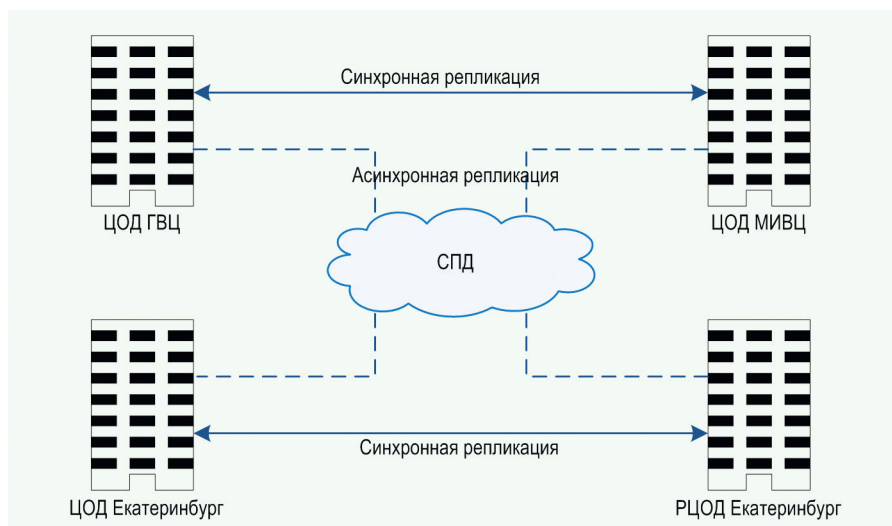


Схема резервирования ЦОДов ОАО «РЖД»



Макет здания ЦОДа

которые предполагают наличие нескольких серверов и систем хранения данных, распределены по двум площадкам. При этом необходимым условием является применение технологии синхронной репликации между системами хранения. Площадки соединены между собой оптоволоконными каналами связи, репликация данных осуществляется средствами дисковых массивов.

Внедрена и используется для серверного сегмента технология объединенной виртуальной локальной сети (Ethernet Virtual Network), что позволяет организовывать растянутые сетевые сегменты между двумя площадками и прозрачно для пользователя без смены IP-адреса переводить информационные системы из одного ЦОД в другой. Данная технология была успешно отработана при переводе комплексов АСОУП и КОЗРВ из Санкт-Петербургского ИВЦ в Московский ЦОД.

В целях обеспечения метрорезервирования в Московском ЦОД внедрена технология объединенной виртуальной инфраструктуры. Для высококритичных систем организован «растянутый» кластер (gvc-msk-vcl-01), в который объединяется часть вычислительных ресурсов обеих площадок, и используются общие виртуальные растянутые дисковые тома (технология global active device (GAD) на системе хранения данных (СХД) Hitachi VSP G1000). Для менее критичных информационных систем вычислительные ресурсы каждой площадки объединяются в свои собственные кластеры (gvc-

vcl-01, msk-vcl-01) на локальных СХД. Применение технологии Site Recovery Manager (SRM) позволяет осуществлять асинхронную репликацию виртуальных машин на соседнюю площадку.

Запланирован ввод в эксплуатацию второго здания Резервного центра обработки данных ОАО «РЖД» в Екатеринбурге, который соответствует требованиям стандарта Tier III. Общая площадь здания РЦОД более 18 тыс. м². Максимальная присоединяемая мощность объекта составит 6 050 кВА (с резервированием по схеме 2N). В здании предусмотрена система кондиционирования на базе холодильных машин (чиллер) суммарной мощностью 3,9 МВт, четыре установки дизель-генераторных устройств мощностью 180 кВт каждая, а также две системы гарантированного питания на 2 000 кВт каждая.

Современный ЦОД – это сложный комплекс инженерных систем, обеспечивающих необходимый уровень надежности, безопасности и энергоэффективности. Интегрирование инженерных систем в единую масштабируемую информационную среду позволяет реализовать функции обработки и интеллектуального анализа информации, гибко реагировать на различные события в режиме реального времени.

Объединение всех инженерных систем нового здания РЦОД в общую информационную среду под эгидой ПАК «IS-Monitoring» позволит достичь следующих результатов.

По системам теплоснабжения,

водоснабжения, электроснабжения, электроосвещения: осуществление мониторинга текущего состояния систем; предоставление информации в режиме реального времени об объеме потребления и качестве энергоресурса; возможность оперативного оповещения о возникновении внештатной ситуации, а также дистанционного управления работой систем.

По системе пожарной безопасности: оперативное оповещение о срабатывании сигнализации о пожаре, поступление информации о подтверждении пуска огнетушащего вещества, запуск системы оповещения, возможность интеграции с другими системами комплексной безопасности объекта.

По системе мониторинга машинных залов: осуществление мониторинга состояния систем безопасности серверов; оперативное оповещение о срабатывании сигнализации о превышении температуры, влажности, затопляемости; возможность интеграции с другими системами жизнеобеспечения комплексной безопасности объекта.

Кроме того, система содержит автоматические журналы учета. Сбор и хранение данных по потреблению энергоресурсов, а также их характеристиках, фиксации внештатных ситуаций позволяют консолидировать в табличной форме или в форме графиков информацию для ведения аналитической деятельности, прогнозировать потребление на предстоящие периоды и выявлять сбои, слабые места в работе инженерных систем.

Внедрение диспетчеризации на объекте полностью удовлетворяет основным принципам бережливого производства и позволяет решать задачи учета объектов инфраструктуры и диагностики их состояния (планирование технического обслуживания, текущего содержания, эксплуатации и ремонта); управления затратами (планирование бюджетов на основе полученных аналитических данных); оптимизации использования ресурсов; развития малолюдных и безлюдных средств управления процессами (сокращение влияния человеческого фактора на состояние инфраструктуры).

**ПРОНКИН****Александр Васильевич,**ОАО «Скоростные магистрали»,
начальник Опытно-
конструкторского управления
Департамента новых технологий

СИСТЕМЫ СЦБ

КАК ОСНОВА ЦИФРОВОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Статья посвящена теме построения цифровой железной дороги на основе интеллектуальных систем безопасности и интеграции подсистем управления движением поездов с целью создания цифровой сложной технической системы. Автор также рассматривает вопрос интеграции систем СЦБ в цифровую железную дорогу.

■ Любые системы (подсистемы) управления технологическими процессами, в том числе и системы СЦБ, развиваются с целью функционирования в соответствии с современными требованиями технологического процесса. Это достигается на основе анализа текущих значений измеряемых параметров системы, характеризующих динамику ее развития и отклонение от цели.

Существуют две предпосылки развития этих систем. Потребность изменения технологического процесса — ведение новых технологических операций, увеличение информативности, сокращение ручной обработки данных, повышение надежности и безопасности — является первой предпосылкой.

Вторая предпосылка — это изменение систем управления в результате инженерно-конструкторских изысканий, в итоге происходит совершенствование их структуры и алгоритмов и появляется возможность выполнять дополнительные операции и контролировать большее количество параметров.

В настоящее время развитие систем СЦБ проходит по усеченному варианту, следуя второй предпосылке. При этом повышается их надежность, совершенствуется технология удаленной диагностики и мониторинга, осуществляется переход на техническое обслуживание устройств по состоянию. Кроме того, сокращается время восстановления работоспособности технических средств при отказах и при реконфигурации систем, повышается уровень их информационной безопасности и киберзащищенности.

Термин «Цифровая система» имеет довольно общее значение. Это система автоматического управления с управляющим устройством, в состав которого включена цифровая вычислительная машина или специализированное цифровое вычислительное устройство.

В течение последних 20-ти лет в области СЦБ появились цифровые микропроцессорные системы электрической централизации, автоблокировки, полуавтоблокировки, автоматической переездной сигнализации, системы технической диагностики и мониторинга, а также различные микропроцессорные исполнительные устройства, модули и элементы, в том числе цифровые модули увязки с радиоканалом.

Апогеем развития систем СЦБ в части обеспечения глобальных технологических процессов управления движением поездов стала система диспетчерской централизации (ДЦ). Однако с появлением таких информационно-управляющих систем, как ГИД, АСУОП, Автодиспетчер, ИСУЖТ, АСУВОП, АСУ хозяйств, ЕК

АСУИ и др. система ДЦ фактически остановилась в развитии.

Современные аппаратные средства, информационные сети, телекоммуникации и исполнительные устройства позволяют реализовать сложные иерархические алгоритмы управления, в том числе алгоритмы для обработки информации и идентификации объектов управления, а также обеспечить устойчивое динамическое развитие системы управления. В недавнем прошлом с развитием комплексов, отвечающих за информационно-вычислительные технологии и сети связи, эти технические средства были выделены из систем СЦБ, т.е. благодаря развитию информационно-управляющих систем отпала необходимость расширения зоны ответственности систем СЦБ.

Для систем СЦБ была четко определена ответственность за реализацию исполнительных функций, отвечающих за обеспечение безопасности. Принятая сегодня терминология «железнодорожная автоматика и телемеханика» (ЖАТ) не совсем точно определяет функциональное назначение систем СЦБ. Термин «СЦБ» более четко отражает консерватизм в развитии технологичности этих систем.

С точки зрения построения цифровой железной дороги системы СЦБ представляют собой надежную и безопасную основу, состоящую из взаимоинтегрированных исполнительных устройств, которыми управляют информационно-управляющие системы верхнего уровня. Они имеют единую базу данных и IT-платформу, необходимую для реализации задач перевозочного процесса с целью выполнения графика движения поездов и заданного объема перевозок.

В основе эффективного и качественного развития системы управления перевозочным процессом нового уровня лежит принцип интеграции автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) — это системы автоматизированного проектирования (САПР), автоматизированные системы управления производственными процессами (АСУП), а также автоматизированные системы управления качеством выпускаемой продукции. Все эти системы, взаимодействуя, образуют сложную иерархическую систему управления железными дорогами с единой платформой и цифровой обработкой данных — цифровую железную дорогу.

Системы СЦБ полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к АСУ ТП, включая обязательное условие обеспечения безопасности. Вытеснение микропроцессорными системами управления аналого-

вых (релейных) систем СЦБ, внедрение интерфейсов, обеспечивающих их сопряжение, автоматизация технологических процессов приближает системы ЖАТ, как подсистемы ЦЖД, к цифровизации.

Словосочетание «автоматизация технологического процесса» в Википедии определено, как «совокупность методов и средств, предназначенных для реализации систем, позволяющих осуществлять управление технологическим процессом с требуемым качеством без непосредственного участия человека, либо с оставления за человеком права принятия наиболее ответственных решений».

Задачи автоматизации технологического процесса решались при проведении комплексного научно-технического проекта «Создание современных систем управления и обеспечения безопасности движения поездов» на участках Санкт-Петербург – Москва Октябрьской дороги (Автодиспетчер) и Сочи – Адлер – Красная Поляна Северо-Кавказской дороги (АСУ-Д). Эти автоматизированные системы управления движением начали развиваться как информационно-управляющие системы верхнего уровня и не вошли в зону ответственности систем СЦБ. Правильность этого решения должны доказать итоги эксплуатации и подтверждение соответствия систем требованиям технологического процесса управления движением, связанного с обеспечением безопасности движения поездов. Сегодня этот процесс пока еще организован с учетом того, что на сети дорог используется система ДЦ. Однако для автоматизации технологических процессов у этой системы недостаточный уровень развития.

Автоматизация технологических процессов за счет внедрения средств вычислительной техники приносит существенный эффект, а именно: работники освобождаются от рутинной и монотонной работы; повышается достоверность информации, после математической обработки которой принимаются решения; совершенствуется схема информационных потоков, в том числе система документооборота. Кроме того, путем внедрения эффективных и сложных математических алгоритмов обработки информации удается найти более рациональные решения задач по проектированию и управлению, а также снижению затрат на производство продукции. Действующие системы ДЦ не позволяют оптимизировать процесс управления движением поездов и исключить ручную работу диспетчеров.

Значительно впереди по функциональному развитию оказались системы МПЦ и АБ. Взаимная интеграция этих систем, новые технические решения по рельсовым цепям, радиоблокировке, а также меняющаяся система сигнализации уже сейчас позволяют оптимизировать технологический процесс управления движением с автоматизацией безостановочного пропуска поездов по станции, реализацией алгоритма АЛСО (бессветофорной АБ) и переходом от технологии перегонных систем к интервальному регулированию движения поездов на участке.

Для дальнейшей оптимизации технологического процесса ставится задача передачи управления станцией в диспетчерский центр, т.е. неизбежна интеграция ДЦ с системами управления верхнего уровня. Это позволит получить более высокий уровень оптимизации и автоматизации технологического процесса, а это важный шаг на пути к созданию наиболее сложной технической системы (СТС), реализующей следующие требования: контроль местоположения подвижных единиц и объектов инфраструктуры; автоматическое ведение и передача на бортовые системы управления

и безопасности графика движения поездов и выявление конфликтных ситуаций, в том числе критических внешних воздействий; автоматический пересчет графика движения поездов в зависимости от тяговых характеристик участка и подвижного состава; возможность введения временных ограничений скорости в зависимости от состояния объектов инфраструктуры и внешних факторов, в том числе техногенных и природно-климатических.

Тенденция развития СТС заключается в передаче функциональной нагрузки от механических и электрических устройств и подсистем к интеллектуальным компонентам и технологиям. Теперь именно на них возлагаются функции определения и изменения управляющих воздействий, логической и информационной увязки взаимодействующих устройств. Эта тенденция привела к тому, что основным средством для вычисления задающих и управляющих воздействий стала вычислительная машина.

В рамках проекта строительства высокоскоростной магистрали Москва – Казань (ВМ 2) реализуются мероприятия, связанные с обоснованием организации комплексного научно-технического проекта подобной сложной технической системы – «Российской системы управления и обеспечения безопасности движения поездов» (RTCS).

Причин для организации этого проекта было несколько. Ставилась важная задача создания системы управления, аналога цифровой железной дороги, отвечающей всем требованиям, превосходящей по инновационным решениям европейских и китайских предшественников – Европейскую систему управления движением поездов European Train Control System ETCS и систему управления движением поездов CTCs на высокоскоростных линиях Китая.

Учитывая то, что проект ВМ 2 реализуется на вновь строящейся выделенной линии, создание системы RTCS с чистого листа является наиболее оптимальным вариантом, по сравнению с модернизацией систем управления на действующих линиях.

Во-первых, применяемые на действующих линиях принципы проектирования с типовыми или разработанными в рамках модернизации локальными техническими решениями существенно устарели. Они, как и типовые технические решения, не соответствуют требованиям специальных технических условий на проектирование и строительство ВМ 2, а применение большого количества новых технических решений требует комплексного подхода к взаимоувязке подсистем управления.

Во-вторых, для применения в проекте ВМ 2 не апробированных решений отсутствует нормативная база. Кроме того, требуется разработка доказательной базы, проведение испытаний, верификация и валидация вновь разработанных технических решений и подсистем согласно нормативным требованиям на разработку и постановку продукции на производство.

Сегодня все чаще употребляются термины: цифровая система, цифровое управляющее устройство, программное обеспечение, цифровой интерфейс. Большинству из нас уже трудно представить свое рабочее место без компьютера. Однако необходимо четко понимать, что обеспечение каждого специалиста умной техникой не является целью автоматизации. Задача автоматизации (цифровизации) технологических процессов состоит в сокращении ручного труда при вводе и обработке данных, для чего нужны надежные, высокоэффективные, безопасные исполнительные технические средства, которыми являются устройства и системы СЦБ.

УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ «АВТОМАТИКА, СВЯЗЬ, ИНФОРМАТИКА» в 2018 г.

СЛОВО РУКОВОДИТЕЛЮ

Аношкин В. В. – Внедрение современных технических средств – залог долгосрочного развития	4
Вохмянин В. Э. – Успехами можно гордиться	3
Козюбченко Л. Л. – Подведем итоги	3
Никифоров Н. А. – В партнерстве – сила! ..	2
Филюшкина Т. А. – Слово главному редактору	1
Чаркин Е. И. – Новая технологическая реальность	1

ИНФРАСТРУКТУРНЫЙ КОМПЛЕКС

Аношкин В. В. – Настало время для преобразований и перемен	10
Аношкин В. В. – Внедрение инноваций в хозяйстве автоматики и телемеханики	12
Кайнов В. М. – Виртуальная железная дорога	12
Киселёв И. А. – Информационные системы хозяйства автоматики и телемеханики	12
Назимова С. А. – На волне цифровизации	11
Насонов Г. Ф., Сусленникова Е. О., Дзюба Ю. В. – Развитие информационных технологий в инфраструктурном комплексе	1
Насонов Г. Ф. – Цифровые технологии – в организацию содержания инфраструктуры	12
Наумова Д. В. – Актуальные направления деятельности хозяйства автоматики и телемеханики	6
Новиков В. Н. – Принципы построения систем диспетчерского управления	12
Сиделев П. С. – Опыт создания специализированных дистанций СЦБ	10
Шехирев С. Н. – Специализированная дистанция на базе поезда	10

СИГНАЛИЗАЦИЯ, ЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ, БЛОКИРОВКА

Аркатов В. С., Шалягин Д. В., Гуменников В. Г. – АБЦМ-А – автоблокировка без киберугроз	9
Асташов А. Г., Леонов В. М. – Стабилизаторы напряжения для тяговых подстанций	2
Бабкин М. Е. – СТДМ Юго-Восточной ДИ	2
Баишев А. – Phoenix Contact – сделано в России	7
Барышников В. И., Криворотова В. В. – Тестирование болометров с помощью визуализированного инфракрасного лазерного комплекса	10
Безопасность работ на негабаритном мачтовом светофоре	6
Берсенёв А. С. – ОАО «Радиоавионика» – итоги и ближайшие перспективы	4
Володина О. В. – Диагностика и мониторинг – инструмент для автоматизированного обслуживания	11
Волчков А. А. – Новые алгоритмы и устройства контроля	11
Гижа В. Л. – Варианты решения проблемы качества энергоснабжения	5
Долгов М. В., Москвина Е. А., Тарадин Н. А. – Автоматизация оценки деятельности подразделений хозяйства автоматики и телемеханики	6
Долгов М. В., Короткова А. З., Кибальчик Н. В. – Новые технологии для учета приборов в РТУ	8
Дублирующая звуковая и световая сигнализация аварийной остановки компрессоров	6
Ефанов Д. В., Осадчий Г. В., Хорошев В. В. – Система обучения нового поколения OSA	6

Ефанов Д. В., Хорошев В. В. – Проблемы непрерывного мониторинга устройств автоматики на сортировочных горках.....	8	Прокопов А. В., Петров О. А. – Поможет регистратор напряжения сети.....	5
Ефанов Д. В., Плотников Д. Г., Осадчий Г. В. – Система прогнозирования состояния переезда для мобильных навигационных устройств.....	9	Пронкин А. В. – Системы СЦБ как основа цифровой железной дороги.....	12
Знаменский К. Н. – Проблемы технического диагностирования и мониторинга.....	6	Ремонт фильтра компрессора.....	6
Киселёв И. А. – Учет и контроль выполнения работ с использованием ЕК АСУИ.....	6	Розенберг Е. Н., Охотников А. Л. – По пути инновационного развития.....	5
Клименко А. А. – Реализация инвестиционных программ в надежных руках.....	7	Селивёртов Д. И. – Новый подход к повышению квалификации СЦБистов.....	6
Кобзев В. А. – Актуальные задачи технического оснащения сортировочных горок.....	4	Стрельников А. С. – Определитель параметров и состояния электронных компонентов.....	4
Кравцов А. С. – Ремонт устройств ЖАТ в течение жизненного цикла.....	6	Сухинина Т. В. – Центр мониторинга Западно-Сибирской ДИ.....	2
Кунгурцев В. В., Шульгин А. В., Кудряшова Е. Ю. – Автоматизированная система для управления активами инфраструктуры.....	11	Ожиганов Н. В. – Нужен совместный поиск решений.....	2
Лапкин А. Б. – Реализация инвестиционных проектов ОАО «РЖД».....	7	Ожиганов Н. В., Волосов И. Б. – Влияние заземления постов ЭЦ на качество электроэнергии в сети 0,4 кВ.....	8
Логвинов В. И., Минаков Д. Е., Минаков Е. Ю. – Решения для оптимизации эксплуатационных затрат.....	5	Онищенко А. А., Мерщиков А. Н. – Регистратор параметров качества электропитания.....	6
Логвинов В. И. – Качество экспертизы проектов – гарантия безопасности.....	7	Розенберг Е. Н., Батраев В. В. – Инновационное развитие систем интервального регулирования.....	7
Маршов С. В., Батраев В. П., Мурин С. А., Микеладзе А. К. – Компенсация помех в канале АЛС скоростного локомотива.....	4	Ульянычев А. В. – Эффективные технические решения.....	11
Менакер К. В., Бушуев Е. М. – Имитационная модель участка в пределах одной рельсовой цепи.....	2	Усков Е. Ф. – Пожар уже случился. Что дальше?.....	9
Назимова С. А. – Цель не количество, а качество.....	10	УТС-380 будет работать надежней.....	6
Нечаев Ю. Е., Жуков А. Е., Минаков Д. Е., Татиевский А. С. – Повышение надежности электроприводов УЗП.....	7	Филиппских Л. В., Подболотов А. А. – Взаимодействие на стыке ответственности дает результат.....	5
Ожиганов Н. В., Волосов И. Б. – О возможности стабилизации электропитания постов ЭЦ.....	5	Филюшкина Т. А. – Новые подходы к модернизации устройств ЖАТ.....	7
Олефиренко А. В. – Современные ремонтные технологии в жизнь.....	9	Фоминых А. В., Сорокин С. В., Фогель А. Л. – Новые решения для контроля схода колесной пары с рельсов.....	5
Оптимизируем процесс замены тормозных шин замедлителей.....	6	Фролов С. К., Новиков А. Н., Шатковский О. Ю. – Микропроцессорный комплекс устройств SOCRAT.....	2
Палаткин А. Ю. – Технический центр АТ на Северо-Кавказской дороге.....	2	Фролов С. К., Новиков А. Н., Шатковский О. Ю. – Распределенное автоматизированное рабочее место.....	6
Полежаев К. В. – ЦТДМ Октябрьской ДИ ...	2	Чеблаков В. А., Щиголов С. А. – Инновационная система контроля свободности станционных участков пути.....	4
Приспособление для изготовления скоб.....	6	Черепов С. В. – Предотвратить ДТП на переездах помогут профилактические меры.....	7
Приспособление для проверки электроприводов СП-12.....	6	Черепов С. В. – Объекты ЖАТ должны быть под контролем.....	11

Шабельников А. Н., Смородин А. Н. – Комплексная автоматизация узловой сортировочной станции.....	4	Жиляков Е. В. – Беспроводные технологии диагностики, контроля и мониторинга.....	3
Шабельников А. Н., Одикадзе В. Р., Пушкарёв Е. А. – Развитие КСАУ СП.....	7	Еремин Б. Н., Лысов С. М., Луцик А. Н. – Эксплуатация оптической перегонной связи на участке Журавка – Сохрановка	11
Шаманов В. И., Ваньшин А. Е., Тасболатова Л. – Косвенные измерения соотношения тяговых токов под катушками АЛС.....	8	Журавлёва Л. М., Ивашевский М. Р., Яцкивский Н. В., Мягков Я. Ю. – Качество сигналов систем интеллектуального видеонаблюдения.....	2
Шевченко Д. Н. – Автоматизированный анализ надежности систем ЖАТС марковским методом.....	9	Журавлёва Л. М., Журавлёв О. Е., Лошкарёв В. Л., Курьянцев Д. Г. – Сетевая архитектура систем видеонаблюдения на железнодорожном транспорте	8
Шинкарев С. Г., Зосимов В. П., Немов Д. Л., Новиков В. Г. – Система аварийного управления диспетчерской централизацией.....	2	Канаев А. К., Тощев А. К. – Рекомендации МСЭ-Т в области синхронизации инфотелекоммуникационных систем	10
Шурыгин С. А. – Использование стоек СКПС для сервисов ЖАТ.....	6	Карасёва О. С. – Переход на безбумажное взаимодействие.....	3
Щиголев С. А., Катаев М. Н. – Технические средства обучения в помощь эксплуатационному персоналу.....	6	Козлов М. Ю., Алышев О. В. – Применение радиостанций РЛСМ	8
Щукин О. И. – Новые стенды УПР и возможности стендов ИАПК РТУ Б.....	9	Константинов В. Г. – LTE для железных дорог	1

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННАЯ СЕТЬ, РАДИОСВЯЗЬ

Алехин И. Н., Гаврюшин С. А., Попов Б. В., Попов В. Б. – Исследование стойкости сигнально-блокировочных кабелей ...	7	Кулябин С. Ю. – Организация поездной радиосвязи стандарта DMR.....	8
Алмазов А. И., Кадыров Т. Т. – Травматизм детей на железной дороге поможет снизить смартфон	10	Куц А. Н. – Ориентир на цифровизацию	3
Ананьев Д. В., Тарасов И. А. – Централизованная система информирования ЦИСОП	1	Ланская А. А. – Управление системой печати	2
Ананьев Д. В., Тарасов И. А. – Система часофикации СЧМ-30.....	11	Мельников Д. О. – Начало развития железнодорожной связи.....	3
Богушевич С. О., Казанцев Ю. Н. – Автоматизация контроля динамики изменения параметров кабеля.....	6	Мокров Г. П. – Учебный полигон как инструмент практического обучения.....	3
Бубнов В. Ю. – Создание телеграфного управления.....	3	Назимова С. А. – Школа связистов в Казани.....	7
Быкова Е. В. – Суточное планирование работ ремонтно-восстановительных бригад	8	Поднебесов Е. Г., Овчинников М. Д. – Высокоточная координатная система	5
Ванчиков А. С. – Синхронизация в современных сетях операторского класса.....	8	Пономарёв В. М., Сычёв Б. В., Андрушко О. С. – Переход от аналоговой к цифровой системе поездной радиосвязи	6
Волкова О. А. – Развитие абонентской деятельности.....	9	Попов Д. А. – Молниезащита, заземление и уравнивание потенциалов	11
Ворона Д. Г. – Изучение эффективности методов организации и оплаты труда	10	Попов П. А. – Синхронизация времени бортовых устройств с последовательными интерфейсами.....	12
Гапанович В. А., Слюняев А. Н. – Система единого времени ОАО «РЖД».....	12	Приятель Матей – Цифровизация технологической связи.....	1
Данилюк А. А. – Улучшаем работу сети связи.....	11	Рыжков А. В., Новожилов Е. О. – Средства и способы обеспечения единого точного времени	12
		Рябов С. Н. – Дальний Восток – на связи!	3

Ряжкин В. А., Булатников П. А. – Поездная радиосвязь стала устойчивой.....	5	Обухов А. Д., Ковалев К. Е. – Актуальные вопросы развития информационно-управляющих систем на линейном уровне	10
Слюняев А. Н. – Цифровые системы радио- связи. Возможности и решения	1	Орлюк А. А. – Искусственный интеллект в современном обществе	10
Слюняев А. Н. – Результаты деятельности инженерной вертикали.....	3	Петров А. И. – Центры обработки данных ГВЦ ОАО «РЖД»	12
Стрельцов С. А., Глаголев А. В. – Правильный выбор сотового оператора	3	Розенберг Е. Н., Дзюба Ю. В., Батраев В. В. – О направлениях развития Цифровой железной дороги.....	1
Филимонов В. Б. – Видеофиксация и видеотрансляция путевых работ.....	3	Розенберг Е. Н., Коровин А. С. – Глобальные тренды развития интеллектуальных транспортных систем	12
Чернышов В. В. – Перевод технологической связи в Ethernet.....	1	Суконников Г. В. – Факторы успешного перевода на отечественное программное обеспечение	8
Чесноков А. Д., Стецурин Д. И. – Телекоммуникационные технологии на железно- дорожном транспорте	3	Суконников Г. В. – Успех цифровой транс- формации зависит от каждого	9
Шурыгин С. А., Ширина Ю. В. – Перспективная модель управления технологи- ческой сетью связи.....	11	Тамаркин В. М., Лобанова Т. Э., Тамаркин М. В. – Промышленный интернет вещей на железнодорожном транспорте	8

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТА

Азерников Д. В. – Перспективы развития технологической сети связи	3	Урусов А. В. – Цифровая железная дорога ...	1
Бритвин М. А. – Технология хранения данных Blockchain	1	Шабельников А. Н., Ольгейзер И. А., Рогов С. А. – От механизации к цифровизации сортировочной станции.....	1
Васильев А. Ю., Симаков А. В., Гросс В. А. – Новые требования и функции в жизненном цикле МПСУ ЖАТ	8		
Горбачёв А. Г. – Повышение энерго- эффективности ИТ-объектов	6		
Горбачёв А. Г. – Использование новых технологий	10		
Ефанов Д. В., Осадчий Г. В. – Концепция систем управления на основе информационных технологий.....	5		
Ефанов Д. В. – Цифровой железнодорожный переезд.....	11		
Клюева Е. И., Кукушкин Д. С., Соколова С. Б. – Внутренний аудит информа- ционных технологий в ОАО «РЖД»	5		
Лиховских В. В. – Новая технология интеграции информационных систем	10		
Лукацкий А. В. – Концепция активной киберобороны для железнодорожного транспорта	1		
Михалев С. Н. – BIM-технологии при проектировании железнодорожных объектов	10		
Морозов А. И. – Система поддержки эксплуата- ционной деятельности операторов связи	5		
Обухов А. Д., Маслов Е. С. – Цифровая версия транспортно-логистической системы	5		

БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Володина О. В. – Подведены итоги	4
Выбор очевиден.....	8
Проект приносит результаты.....	10

ВОПРОСЫ ЭКОНОМИКИ

Квасова Н. В. – От реформирования до создания экстерриториальных структур	3
Михненко О. Е. – Цифровая экономика: что это такое?	1

ЭКОЛОГИЯ

Баранцева М. А. – Внедрение системы экологического менеджмента	2
Русанова А. И. – Акцент на экологию	2

ТЕХНИЧЕСКАЯ УЧЕБА

Кобзев В. А., Солдатов А. А. – Обслуживание рельсовых цепей на сортиро- вочных горках	2
---	---

ОХРАНА ТРУДА

Бирюков В. С. – Состояние охраны труда под контролем АСУ «КСОТ-П»	9
Глебов В. Г. – Пути достижения нулевого травматизма	9

Кривошеев П. В., Еремина М. А. – Охрана труда в Дальневосточной ДИ.....	9	Наумова Д. В. – Салон инноваций.....	5
Наумова Д. В. – Охрана труда касается всех.....	11	Наумова Д. В. – Инфраструктура цифровой экономики России	6
ПОДГОТОВКА КАДРОВ		Наумова Д. В. – ТрансРоссия-2018	6
Ефимова О. В. – Отраслевая инфраструктура для цифровой экономики.....	6	Наумова Д. В. – Развитие комплексной транспортной системы с ВСМ	7
В ТРУДОВЫХ КОЛЛЕКТИВАХ		Наумова Д. В. – Территория инноваций.....	9
В ногу со временем уже 95 лет	7	Наумова Д. В. – ChipEXPO-2018	11
Володина О. В. – Специалист старой закалки	4	Наумова Д. В. – Цифровизация – мера повышения безопасности движения	12
Володина О. В. – Лучшие получили награды	9	Пчелина О. А. – Восьмая Спартакиада связистов.....	3
Володина О. В. – Наград удостоены лучшие.....	11	Рассохина Т. А. – В погоне за «Хиршем».....	9
Горностаев Н. В. – Продолжая идти вперед.....	11	Роенков Д. Н., Плеханов П. А. – Международная конференция Maglev 2018.....	10
Коновалов А. П. – Взгляд молодого работника	9	Самохвалова Т. В. – Вспоминая дни войны.....	5
Мещеряков А. Г. – Коллектив работает стабильно	4	Чернышёва Ю. М. – Вместе мы сделаем еще больше!.....	3
Наумова Д. В. – Награды для прекрасных дам.....	4	Чернышёва Ю. М. – Будущее за нами!.....	11
Перотина Г. А. – Всегда на гребне новой волны	7	ЗА РУБЕЖОМ	
Перотина Г. А. – Трудовые усилия потрачены недаром	8	Комплексный подход к модернизации железнодорожных переездов.....	7, 9, 11
ИНФОРМАЦИЯ		Моисеенко В. В. – Современные тенденции развития систем управления движением	12
Внедрение инновационных технических средств автоматизации и телемеханики	4	Обслуживание устройств СЦБ за рубежом	2
Володина О. В. – Чемпионат молодых профессионалов.....	2	Суоникко Юкка-Пекка – Новые технологии в работе VR Group	1
Володина О. В. – История, которой гордятся.....	4	ИСТОРИЮ ПИШУТ ЛЮДИ	
Мировые инновации на InnoTrans 2018.....	10	Железняк О. Ф. – Не стареет душой ветеран.....	4
Назимова С. А. – Третье ратное поле.....	6	Кузнецова Н. И. – И не прервется связь времен	6
Назимова С. А. – Цифровая трансформация в транспортной сфере.....	12	Наумова Д. В. – Жизнь, полная чудес	11
Наумова Д. В. – Взгляд в будущее.....	1	Они работали с самоотдачей	3
Наумова Д. В. – Будущее уже сегодня	2	Перотина Г. А. – Всё началось с детектора	5
		Язиков А. В. – На зависть молодым	10

Уважаемые читатели!



Появилась новая возможность для компаний и их сотрудников пользоваться электронными версиями текущих и архивных выпусков журнала «Автоматика, связь, информатика» с 2012 г.
Издание представлено в электронной библиотеке public.ru.



ABSTRACTS

Single time system of JSC «RZD»

GAPANOVICH VALENTIN, senior advisor to the general director – chairman of the board of JSC «RZD», member of the board of JSC «RZD», Ph.D. (Tech.), ca_chistoprudovas@center.rzd.ru

SLYUNYAJEV ALEKSANDER, chief engineer of Central communications station, JSC «RZD», slunyaevan@css.rzd.ru

Keywords: single time system, risks, implementation, packet networks, single exact time, digital railway, NTP protocol, signals transmission

Summary: Russian Railways: this is, first of all, an extremely complicated and ramified complex of infrastructure objects, located in 9 time zones and 78 constituent entities of the Russian Federation. More than 1,500 automated control systems and information systems are already in operation in JSC «RZD», and their range and number are constantly growing. A significant part of these systems is connected with train traffic control and shunting movements, control of the operation of sorting stations, safety (movement, labor, transport, information, etc.), management of finance, resources, costs, etc. The article discusses the need and importance that single exact time presents for Russian Railways Holding in the conditions of digital transformation, new requirements and prospects for the introduction of a single time system, general principles for the distribution of accurate time signals over the telecommunications network.

The time synchronization for onboard equipment with serial interfaces

POPOV PAVEL, JSC NIIAS, the head of center, P.Popov@vniias.ru

Keywords: time synchronization, onboard control system, CAN bus, open architecture, satellite receiver

Summary: It is considered the necessity of time synchronization for the onboard system of a locomotive or a train. In the article is shown the realization of time synchronization for serial interfaces like CAN, RS-485, Ethernet, is given data for accuracy of synchronization.

Means and methods to provide unified precise time

RYZHKOV ANATOLY, Moscow technical university of communications and informatics (MTUCI), principal scientist of Scientific research department, professor, Dr.Sci. (Tech.), ryjkov.anatoly@yandex.ru

NOVOZHILOV EVGENY, JSC NIIAS, head of division, Ph.D. (Tech.), evg_o_nov@mail.ru

Keywords: network reference clock, GPS, fiber-optic line, unified precision time system, time and frequency standard

Summary: Railway traffic organization and management requires a solution of several tasks, such as documenting of time of data receiving and transmitting, situational analysis of events (events order, timing and durability), forecast analysis and so on. Meanwhile, a disagreement of timestamps in different automated information systems drops down an efficiency and dependability of their operation, restricts their compatibility and facilities of their integration, as well integration of data, that comes from different systems. The problem sharpens with a necessity of long-distance transmitting of unified precision time signals, because the majority of information systems has a territorial-division structure.

Global trends in intellectual transport systems development

ROZENBERG EFIM, first deputy director general JSC NIIAS, professor, Dr.Sci. (Tech.), info@vniias.ru

KOROVIN ALEXANDER, JSC NIIAS, chief specialist, A.Korovin@vniias.ru

Keywords: transportation process, control and information systems, onboard and trackside train protection devices, signal-free traffic control, train separation, train traffic safety, cybersecurity, computer-based systems, human-machine interface

Summary: The article deals with intellectual transport systems creation and development on the basis of railway infrastructure digitalization. Innovative railway signalling systems are analyzed. Integrated signalling system implements an innovative approach, which combines different technological applications with modern software and intellectual system and technical solutions. It is an integrated system, which combines existing transportation systems, and involves sequential implementation of technologically and informationally interconnected complexes ensuring the functional completeness of the transportation process from creating operation algorithms (train schedule) to management and control of their implementation.

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, 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,
К.Д. Хромушкин, 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 (Санкт-Петербург)
С.В. Ешуков (Новосибирск)
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)
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 30.11.2018
Формат 60x88 1/8.
Усл. печ. л. 6,84. Усл. кр.-отт. 8,00
Уч.-изд. л. 10,1

Зак. 1326
Тираж 1785 экз.

Отпечатано в типографии ОАО КНПО ВТИ
420044, г. Казань, пр. Ямашева, д. 36