

Научная статья
УДК 656
doi:10.46684/2687-1033.2021.2.213-220

Железные дороги стран Европы — на пути в цифровое будущее

В.И. Тиверовский

Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН); г. Москва, Россия;
Logistic@viniti.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4114-9525>

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены вопросы разработки и практического внедрения систем и устройств управления и обеспечения безопасности движения, которые ведут к цифровому будущему железных дорог. Представлены основные направления цифровизации железных дорог стран Европы. Показана роль и значение Европейской системы управления поездом (ETCS) и Европейской системы управления и обеспечения безопасности движения поездов (ERTMS). Обе системы внедряются на железных дорогах европейских стран по этапам (уровням). Различные системы централизации стрелок и сигналов постепенно заменяются цифровой централизацией (DSTW). Одновременно большое внимание уделяется оборудованию железнодорожных перевозок современными средствами автоматизации и безопасности движения. В разных странах Европы выполняются научно-исследовательские работы и реализуются проекты автоматизации управления поездом. Более активно на данном этапе осуществляется процесс автоматизации на городском транспорте, особенно успешно — в метро. Увеличивающееся использование на железнодорожном транспорте распределенных диагностических компонентов наблюдается вместе с ростом спроса на централизованную диагностическую систему. Отмечены работы в области использования возможностей искусственного интеллекта, машинного обучения и других современных технологий.

Исследование зарубежного опыта цифровизации железнодорожного транспорта полезно учесть при решении задач развития и цифровизации железных дорог России.

Ключевые слова: железные дороги; цифровизация; европейские системы ETCS и ERTMS; электронная централизация стрелок; автоматизация управления поездами; сигнализация; городской транспорт

Для цитирования: Тиверовский В.И. Железные дороги стран Европы — на пути в цифровое будущее // Техник транспорта: образование и практика. 2021. Т. 2. Вып. 2. С. 213–220. DOI 10.46684/2687-1033.2021.2.213-220

Original article

European railways on the way to the digital future

Vladimir I. Tiverovsky

All-Russian Institute of Scientific and Technical Information of the Russian Academy of Sciences; Moscow, Russian Federation;
Logistic@viniti.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4114-9525>

ABSTRACT

The issues of development and practical implementation of control systems and devices and traffic safety assurance, which lead to the digital future of railways, are considered. The main directions of digitalization of European railways are presented. The role and importance of the European Train Management System (ETCS) and the European Train Management and Safety Management System (ERTMS) are shown. Both systems are being implemented on the railways of European countries in stages (levels). Various systems of centralization of points and signals are gradually being replaced by digital centralization (DSTW). At the same time, much attention is paid to equipping railway crossings with modern automation and traffic safety. In different European countries, research and development work is being carried out and projects for the automation of train control are being implemented. At this stage, the automation process is being carried out more actively in public transport, especially successfully in the metro. The increasing use of distributed diagnostic components in rail transport has been observed along with the growing demand for a centralized diagnostic system. The works in the field of using the capabilities of artificial intelligence, machine learning and other modern technologies are noted.

© В.И. Тиверовский, 2021

The study of foreign experience in digitalization of railway transport is useful to take into account when solving the problems of development and digitalization of Russian railways.

Keywords: railways; digitalization; European systems ETCS and ERTMS; electronic centralization of arrows; train control automation; signalling; urban transport

For citation: Tiverovsky V.I. European railways on the way to the digital future. *Transport technician: education and practice*. 2021;2(2):213-220 (In Russ.). doi 10.46684/2687-1033.2021.2.213-220

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время самые популярные термины на железных дорогах Германии и других стран Европы — «цифровая железная дорога» и «цифровизация». В концерне «Железные дороги Германии» (Deutsche Bahn AG) (рис. 1) реализуется долгосрочный проект «Цифровая железная дорога Германии» (Digitale Schiene Deutschland). С этим проектом отрасль связывает свое настоящее и будущее. Цифровые технологии — тема научных исследований, научных конгрессов и симпозиумов, новых проектов и в большой мере — задача практической работы.

В ноябре 2019 г. в Фульде (Германия) состоялся 19-й Международный конгресс на тему Signal+Wire по проблемам развития управления, автоматизации и связи на железных дорогах. Основная тематика конгресса — технологии и системы управления, автоматизации и сигнализации (LST) на железных дорогах. Большое внимание уделено внедрению в Германии Европейской системы управления поездом (ETCS). Важное значение на конгрессе имели вопросы автономного управления движением на железнодорожном транспорте. Вводная лекция была посвящена роли, которую железнодорожный транспорт будет играть в будущем. В значительной части докладов рассматривались системы



Рис. 1. Железные дороги Германии (DB AG)

телекоммуникаций и передачи данных, поскольку высокопроизводительная и безопасная передача данных является предпосылкой устойчивой модернизации техники для автоматизированного вождения поездов. Что касается ETCS с точки зрения практического внедрения, то здесь крайне важна инфраструктура для системы управления транспортом, обеспечение безопасности всех применяемых IT-систем и использование в системах LST искусственного интеллекта (AI).

ОБЩИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Одно из важнейших направлений реализации проекта цифровизации — цифровое проектирование систем управления и безопасности движения с широким применением моделирования (PlanPro). В конце 2019 г. разработана модель систем LST в версии 1.9.0.2, которая определяет перспективы трех основных компонентов LST:

- систем цифровой централизации стрелок и сигналов (DSTW);
- ETCS;
- оборудования железнодорожных переездов (BÜSA) современными устройствами безопасности [1].

На 2020 г. запланирована дальнейшая работа с моделью и ее визуализация с разработкой PlanPro для каждого из основных компонентов.

Рассмотрим некоторые вопросы разработки и практического внедрения систем и устройств управления и обеспечения безопасности движения, которые ведут к цифровому будущему железных дорог.

Система глобальной мобильной связи стандарта GSM-R (Global System for Mobile Communications — Rail) стала распространяться на железных дорогах стран Европы с 1997 г. В программе внедрения связи стандарта GSM-R принимали участие 32 страны — члены ЕС. Только на железных дорогах Германии система связи GSM-R охватывает 24 тыс. км путей. Для успешного ее функционирования в стране было проложено 3000 км стекловолоконного кабеля и оборудовано 8300 единиц подвижного состава. Между тем требованиям цифрового будущего железных дорог эта система мобильной связи не отвечает, поэтому в настоящее время ведутся активные работы по созданию в Европе новой системы цифровой радиосвязи FRMCS (Future Railway Mobile Communication System). Исходя из перспективного развития железных дорог в странах Европы, переход на новую систему FRMCS планируется на период до 2030 г. Это требует уже сейчас разработки мероприятий по переходу с действующей системы GSM-R на систему FRMCS. По мнению экс-

пертов, такому переходу должны предшествовать создание форпроекта стратегии (предварительного проекта), а затем специальной программы из девяти основных разделов (ТР), которые должны охватить основные вопросы внедрения (инфраструктура, подвижной состав, конечные устройства приема и передачи, обучение персонала и др.) [2].

Увеличивающееся использование на железнодорожном транспорте распределенных диагностических компонентов наблюдается вместе с ростом спроса на централизованную диагностическую систему. Централизованная диагностическая система позволяет железнодорожному оператору устанавливать текущее состояние контролируемой общей системы в режиме реального времени, отображать данные в четко структурированной форме и таким образом диагностировать все подключенные системы и задокументировать их с оценкой работоспособности всей системы.

Для этого разработано приложение Sidis Workstation (Sidis WS) как целостное центральное облачное приложение для диагностики и прогнозирования, которое может охватывать посты электронной и цифровой централизации стрелок (ESTW/DSTW), ETCS и другие актуальные системы и устройства на железнодорожном транспорте [3].

С учетом широкого внедрения различных программных продуктов важное значение имеет тестирование встраиваемых в железнодорожный транспорт программ. Тестирование программного обеспечения для встраиваемых систем на железнодорожном транспорте создает серьезные проблемы для всех участников из-за того, что системы становятся все более крупными и сложными. Это начинается с определения набора тестовых примеров, которые предоставляют свидетельства функциональных и нефункциональных требований. Кроме того, должны быть соблюдены нормативные требования к методам испытаний и оборудованию согласно европейскому стандарту DIN EN 50128, а также определены и реализованы контрольные примеры. Проблема в реализации состоит в том, чтобы как можно раньше и быстрее распознать, какие части кодов тестовых примеров можно использовать повторно. Эти части передаются в тестовую библиотеку. Однако во многих проектах снова было показано, что из-за крайних сроков проекта многие специалисты по тестированию склонны дублировать свой код тестового примера, а не передавать его функциям центральной библиотеки. Любые ошибки в определении наборов тестовых примеров или отказ от центральных функций тестирования приводят к неуклонному увеличению усилий в таких процессах тестирования, как верификация, валидация и оценка.

Интересно отметить работы по блокировке систем и устройств, которые ведут железные дороги

Австрии (ÖBB-Infrastruktur) (рис. 2) и компания Thales, работающие над блокировкой из «облака». Здесь отмечают, что устойчивая и экологически безопасная мобильность зависит от железных дорог уже сегодня и еще больше в будущем. Привлекательное предложение для железнодорожных пассажиров с ограниченным расписанием и пунктуальными поездами означает, что инфраструктура должна быть доступна в любое время. Необходимо, чтобы не только треки, переключатели, датчики, но и технические системы, гарантирующие безопасную работу, работали как часы. Оцифровка также откроет новую эру сигнальных технологий.

В настоящее время в сети железных дорог Австрии (ÖBB) имеется 660 блокировок, 298 из которых являются электронными. В перспективе операциями поездов можно будет управлять из центрального пункта обработки данных с блокировкой в «облаке» (Cloud). Это создает необходимые возможности для мобильности будущего. Оцифровка играет центральную роль в увеличении емкости, что помогает максимально эффективно использовать железнодорожную инфраструктуру. Большее количество поездов сможет применять железнодорожную сеть ÖBB более энергоэффективно и с меньшими затратами. Проблема в важной для безопасности железнодорожной среде заключается в оцифровке, чтобы сделать такие техно-

логии, как облачные вычисления, беспроводная связь или промышленные решения IoT, пригодными для использования. Вместе с ÖBB-Infrastruktur компания Thales интенсивно работает над новыми технологиями и внедрением соответствующих решений для обеспечения готовности к серийному производству, а также над постепенной оцифровкой всего текущего портфеля, включая вопросы миграции и совместимости систем [4].

ЕВРОПЕЙСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЕЗДОМ (ETCS)

Современная ETCS применяется в странах Европы достаточно широко. В Германии эта система служит неотъемлемой частью сети железных дорог общего пользования Deutsche Bahn AG (DB AG) и представлена в двух версиях — ETCS Level 2 и ETCS Level 1 Limited Supervision (ETCS signal-managed — ESG), т.е. в версиях 1 и 2. Европейскую систему ETCS следует рассматривать как важнейший компонент Европейской системы управления железнодорожным движением (ERTMS — European Rail Traffic Management System), его гармонизации и эффективности. Безопасность движения на железных дорогах в системе ETCS должна тщательно тестироваться, тем более что значительное число техни-



Рис. 2. Железные дороги Австрии (ÖBB-Infrastruktur)

ческих средств и устройств производится разными исполнителями. К тому же тестирование не определено в полной мере действующими спецификациями. Чтобы восполнить этот пробел в проверке безопасности железнодорожных перевозок, Федеральное управление железных дорог Германии (EBA) в качестве национального надзорного органа приняло решение о разработке полного каталога тестовых примеров для тех технических средств, которые используются в Германии. Решение EBA поддержал Центр компетенции CERSS по технологиям безопасности железных дорог и движения на европейском уровне. Формирование каталога тестов, в который будет включено более 2500 тестов, по существу, означает создание общих требований к Европейской системе ETCS Level 2 в Германии вне зависимости от производителей и поставщиков технических средств. И надо полагать, что такой каталог будет востребован и в других странах Европы [5].

Рассмотрим реальный пример внедрения системы. Так, компания Alstom получила заказ от концерна DB AG на оборудование 19 высокоскоростных поездов класса ICE1 новейшей ETCS. Стоимость контракта — 10 млн евро, срок завершения работ — сентябрь 2021 г. Поезда предназначены для перевозок пассажиров на железной дороге Берлин — Мюнхен. Согласно контракту поезда будут оборудованы системой ETCS 2-го уровня (ETCS Level 2 Baseline 3) во взаимодействии с действующей системой автоматической блокировки. Работы будут выполняться на предприятиях фирмы Alstom в Германии, Бельгии и Франции, прием в эксплуатацию — на предприятии в Гамбурге-Эдельштадте.

Термины Digitale Schiene Deutschland, NeuPro, DSTW, ILS-Adapter и др. определяют повседневную жизнь железных дорог Германии. Понятие «цифровое будущее» будет сопровождать работу и жизнь железнодорожного транспорта страны в ближайшие годы и десятилетия. Представляет интерес информация об интерфейсе SCI-ILS системы NeuPro между DSTW (цифровая централизация стрелок) и существующими системами в старой технологии (механическая централизация, электрическая централизация и др.) различных конструкций, а также об адаптере ILS в качестве связующего звена между различными системами централизации и другими системами. Это крайне важно учитывать, поскольку на сети железных дорог общего пользования в Германии работает 2600 систем централизации разных типов и лет постройки, в том числе механическая и электромеханическая централизация стрелок. Разработанный на железных дорогах Германии стандарт интерфейсов SCI предусматривает четыре типа интерфейсов для возможности взаимодействия со старыми системами централизации, радио, управления и сигнализации SCI-CC,

LX, ILS и RBC, а также их возможной миграции в более совершенные системы. Как было указано выше, для централизации стрелок и сигналов это интерфейс SCI-ILS [6].

Завершая рассмотрение вопроса о системах управления поездом ETCS, уместно отметить следующее. Интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (AI), машинное обучение (ML), облачная компьютеризация (Cloud) и др. — все это в современном тренде. Если раньше говорили «море данных», то теперь можно говорить «океан данных». Значительная часть этого океана связана с транспортом грузов и перевозкой пассажиров. Поэтому не удивительно, что Европейская система управления движением на железнодорожном транспорте ERTMS столь большое внимание уделяет сбору, обработке, анализу, сохранению и использованию данных. В первую очередь это касается данных одометрии. Система ERTMS располагает значительным числом интерфейсов, которые обеспечивают доступ на основе единой цифровой платформы ко многим компонентам глобальной системы железнодорожного транспорта. На этой основе совершенствуется организация работы транспорта, предотвращаются возможные задержки и коллизии и строится оптимизация работы транспортной сети в Европе.

Отметим для примера, что за последние 15 лет только компания Alstom оборудовала цифровыми устройствами Atlas Европейской системы управления движением 2-го уровня (ERTMS Level 2) более 8 тыс. поездов 200 различных типов в 32 странах Европы.

ЭЛЕКТРОННАЯ ЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ СТРЕЛОК И СИГНАЛОВ

Принятая в Германии программа «Цифровая железная дорога» предусматривает строительство и ввод в действие DSTW. В конце 2019 г. на станции Варнемюнде принята в эксплуатацию электронная система централизации серии NeuPro, версия 1 отвечает современным требованиям цифровизации и является основой для создания еще более совершенной системы NeuPro, версия 2. Создаваемая новая версия системы будет отвечать европейским требованиям стандартизации не ниже Eulynx 3.x.

Различия и характеристики системы централизации стрелок и сигналов на железнодорожном транспорте по сравнению с приложениями в перерабатывающей промышленности становятся очевидными при создании и разработке новой электронной системы централизации с применением компонентов, которые уже широко используются в промышленности. Это особенно актуально, когда речь идет о безопасном управлении и монито-

ринге стрелочных переводов и железнодорожных сигналов в сочетании с гибкой и модульной конструкцией всей системы и опубликованными требованиями к цифровым системам централизации, которые еще не могут быть выполнены в полной мере с помощью стандартных компонентов. Созданная в Швейцарии фирмой Bär Bahnsicherung AG система централизации Eurolocking отвечает современным требованиям и соответствует безопасности SIL 4 согласно нормам CENELEC. Важным достоинством системы является соответствие ее компонентов требованиям унификации элементов COTS. Первый опытный проект системы реализован на железных дорогах Швейцарии в 2018 г. К концу 2020 г. в стране уже работало четыре системы DSTW типа Eurolocking [7].

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДА

В ряде европейских стран выполняются работы по автоматизации управления движением поезда, а также при производстве маневров. Данные процессы находятся на разной степени автоматизации и различной стадии исполнения. Не претендуя на широкое рассмотрение этого интересного вопроса, приведем ряд примеров в области автоматизации.

Исследовательский проект по автоматизации управления региональных поездов начнется в 2021 г. в сотрудничестве с региональной ассоциацией Большого Брауншвейга, Германским аэрокосмическим центром (DLR) и Техническим университетом Берлина (TU Berlin). После оценки выбранных участков маршрута и оборудования, необходимого для автоматизированной работы, проводятся испытания с участием фирмы Metronom Eisenbahngesellschaft, железнодорожного оператора в Нижней Саксонии, и двух региональных поездов типа Coradia Continental фирмы Regionalbahnfahrzeuge Grossraum Braunschweig GmbH. Для этого проекта два поезда на базе платформы Coradia Continental будут оснащены ETCS и получат дополнительное оборудование для автоматического движения поездов (ATO — Automatic Train Operation). Это техническое оборудование позволяет региональному поезду двигаться автоматически и тестировать различные степени автоматизации (GoA): GoA3 для обычных пассажирских перевозок и GoA4 для маневровых перевозок. GoA3 описывает полностью автономную поездку на поезде, но с машинистом-напарником, который может вмешаться в работу при чрезвычайной ситуации. GoA4 описывает неконтролируемую операцию без персонала на борту, но с возможностью дистанционного управления. Результаты этого важного проекта внесут решающий вклад в даль-

нейшее развитие нормативно-правовой базы в части, кто будет контролировать работу поезда с автоматическим управлением.

В Нидерландах компании Stadler, ProRail и провинция Гронинген участвуют в совместном проекте АТО. Он предусматривает три этапа работ. В рамках второго этапа в конце 2019 г. была организована демонстрационная поездка для группы политиков и специалистов на поезде, оборудованном GoA2. Движение поезда с дизель-электрической тягой постройки фирмы Stadler происходило с автоматическим разгоном и торможением. Для безопасности движение поезда было организовано с сопровождением машиниста. Основные требования к проекту автоматизации: точность остановок, скоростной режим, пунктуальность, безопасность и комфорт.

Компания — инфраструктурный оператор ProRail (Нидерланды) вместе с грузовой железной дорогой Lineas и фирмой Alstom занимается автоматизацией маневровых работ. Цель — показать, как можно оптимизировать маневровые операции с помощью полностью автоматизированных поездов с учетом растущего спроса на маневровые операции. Испытания по автоматизации должны быть проведены на сортировочной станции в 2021 г. на высшем уровне автоматизации GoA4. Фирма Alstom оснастит маневровый тепловоз железной дороги Lineas системой автоматического управления и интеллектуальной системой обнаружения препятствий.

ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТ И ОБОРУДОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДОВ

Заторы (так называемые «пробки») и скопление всех транспортных потоков (частные автомобили, поезда, велосипеды, электросамокаты, пешеходы, путешественники на вокзалах и в аэропортах) являются серьезной транспортной проблемой для крупных городов в мире. Из-за зависимости и влияния видов транспорта друг на друга в плотной городской среде происшествие на одном виде транспорта вызывает серию реакций, которые влияют на всю транспортную систему города. Чтобы ответить на этот вызов, компания Alstom разрабатывает систему Mastria — первое мультимодальное решение для мониторинга и управления мобильностью. Представлены общая концепция Mastria, а также две различные функции в ее операционной среде. Эти функции показывают как с помощью системы Mastria было улучшено повседневное оперативное управление в системах общественного транспорта (как автомобильного, так и железнодорожного). Mastria контролирует

мобильность в городе, собирая в режиме реального времени информацию со всех видов транспорта и передавая ее в центры управления операторов. Система также дает рекомендации о том, какую процедуру следует соблюдать и как можно в режиме реального времени применять корректирующие действия из городского центра мобильности при возникновении инцидентов. Цель Mastria — сделать движение в городе максимально комфортным для всех участников и организовать маршруты путешественников. Mastria — это чисто программное решение, которое можно адаптировать к любому типу центра управления, сбора данных и системы мониторинга трафика. Таким образом, Mastria можно комбинировать с системами Alstom, а также с системами других производителей в городе [8].

Особенно активно ведутся работы по цифровизации и автоматизации управления в ряде метрополитенов. Например, компания Thales SEC Transport (совместное предприятие TST Thales в Китае) предоставит свою инновационную систему сигнализации TSTCBTC® 2.0 для проекта фазы 1 линии 6 метро в Чжэнчжоу, цель которого — добиться нулевого прерывания работы за счет создания высокого уровня резервирования и доступности. Проект фазы 1 линии 6 в Чжэнчжоу — один из ключевых проектов городского железнодорожного транспорта, который значительно повысит мобильность города. Линия проходит от станции Jiayu Town до станции Xiaoying, с общей рабочей протяженностью 39,2 км (2,8 км над уровнем моря, 36,4 км под землей), пересекая 26 станций (одна надземная и 25 подземных), включая девять пересадочных станций. В качестве первого сигнального проекта, получившего награду TST в Чжэнчжоу, он представляет собой расширение бизнеса TST до 15 городов Китая. Вновь заключенный контракт демонстрирует, что эта технология собственной разработки TST признана не только на рынке Шанхая, но и на более широком китайском рынке, что свидетельствует о большом успехе стратегии Thales по локализации исследований и разработок через совместное предприятие.

В марте 2016 г. компания Metropolitan EAD поручила консорциуму, состоящему из концерна Siemens и польского производителя поездов Newag, оборудовать новую линию метро 3 в столице Болгарии г. София. Заказ был связан с первым этапом строительного проекта для линии длиной 8 км с семью станциями и включал поставку 20 поездов метро типа Inspiro вместе с системой автоматического управления поездом на основе бортовой и придорожной связи CBTC Trainguard MT, системы блокировки Trackguard Westrace MKII, системы счетчика осей Clearguard-ACM-200, автоматической системы наблюдения за поездом Controlguide OCS, системы голосового радио и передачи данных.

Система Power SCADA Sitras RSC — придорожная цифровая сеть связи, информация о пассажирах отображается на станциях, включая Digital Station Manager (DSM). Кузова метropоездов Inspiro производятся на заводе Siemens Mobility в Вене (Австрия), а тележки — на заводе Siemens Mobility в Граце (Австрия). Окончательная сборка, заводские испытания поездов и статический ввод поездов в эксплуатацию происходят на заводе Newag в г. Новы-Сонч (Польша). Поезда могут двигаться со скоростью до 80 км/ч. Пол в поездах — это легкая, звукопоглощающая композитная пробко-алюминиевая плита. Поезда оснащены системой тяги и торможения с большим резервированием, обеспечивающей высокий уровень доступности и электродинамическое торможение. Завершение контракта — апрель 2021 г. [9].

Компания Siemens Mobility (Германия) получила от Управления наземного транспорта Сингапура (LTA) контракт на сумму около 135 млн евро на установку автоматической системы сигнализации и управления поездом и дверей-экранов половинной высоты на линии Jurong Region Line (JRL). Siemens Mobility будет использовать свое решение системы Trainguard Sirius и современный блокировочный продукт Westrace для внедрения системы сигнализации и управления поездом на основе связи (CBTC) на всем протяжении линии длиной 24 км. Кроме того, Siemens Mobility установит экранирующие двери-платформы на 24 строящихся станциях, которые будут поддерживать автоматизацию линии самого высокого уровня GoA4 и обеспечивать полную автоматическую работу метropоездов без сопровождения. Проект разработан международной командой компании Siemens Mobility в Сингапуре и Испании. Полное завершение всех работ по контракту — 2028 г. [10, 11].

Важное место в вопросах обеспечения безопасности движения на железных дорогах принадлежит системам и устройствам для оборудования железнодорожных переездов в одном уровне (BÜSA). На сети путей общего пользования концерна DB AG эксплуатируется более 10 тыс. переездов, оборудованных BÜSA, из которых значительная часть имеет срок службы более 40 лет. Некоторые переезды функционируют уже с устройствами безопасности со сроком эксплуатации более 60 лет. Современные устройства безопасности на переездах должны быть с интеллектуальной системой управления, работающей на основе цифровых технологий. Такую разработал концерн Siemens AG (Германия). Система Siemens Wayguard Simis LC (сокращенно — Simis LC) отличается не только своей перспективностью, но и универсальностью. Она рассчитана для применения на путях высокоскоростного движения поездов, на региональных, местных и городских железных дорогах, а также на путях промыш-

ленного транспорта и других путях, не входящих в сеть общего пользования (в Германии — NE). Вся информация о фактической работе переездов с системами Simis LC запоминается в Cloud, обрабатывается и передается на web-портал пользователя. Эти данные включают не только статистику, но и сведения о техническом состоянии и предупреждении о возможных неисправностях, необходимости первоочередных мер по техническому содержанию и ремонту для обеспечения устойчивой и безопасной работы железнодорожного переезда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены общие направления цифровизации железных дорог с опорой в основном на опыт железных дорог Германии, где цифровизация реализуется наиболее интенсивно. Наряду с этим в

отдельных примерах представлен опыт и других стран, например, Австрии, Нидерландов и др. В развитие общих положений отражены вопросы внедрения Европейской системы управления поездом и, частично, Европейской системы управления и обеспечения безопасности движения поездов.

Подробно изучен опыт внедрения систем электронной централизации стрелок и сигналов, возможного использования и миграции действующих систем электрической и электронной централизации стрелок и сигналов. Значительный интерес представляют работы по автоматизации управления поездами, в том числе на городском транспорте.

В заключение важно отметить, что исследование зарубежного опыта цифровизации железнодорожного транспорта полезно учесть при решении задач развития и цифровизации железных дорог России.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Klaus C. Die digitale LST-Planung (PlanPro) als Wegbereiter der Digitalen Schiene // Signal + Draht. 2020;112(1-2):24-27.
2. Herausforderungen bei der Migration von GSM-R zu FRMCS // Signal + Draht. 2020;112(3):6-12.
3. Brandt M. Diagnosecentrale Sidis WS // Signal + Draht. 2020;112(3):13-16.
4. ÖBB-Infrastruktur und Thales arbeiten am Cloud-Stellwerk // Signal + Draht. 2020;112(1-2):60-61.
5. Kahl R., Yadi Han M.Sc. ETCS-Testfälle — Vorbereitung für die Inbetriebnahme in Deutschland // Signal + Draht. 2020;112(5):13-16.
6. Kamman M., Hamblock T., Steinhofel T. ZSB 2000 ILS-Adapter-Migrator von Altstellwerken an DSTW über SCI-ILS // Signal + Draht. 2020;112(7-8):24-33.
7. Lerch C. Eurolocking — Das modulare und standardisierte digitale Stellwerk DSTW // Signal + Draht. 2020;112(9):20-24.
8. Metro Sofia: Linie 3 mit Inspiro-Zügen und automatischen Zugsteuerungssystem // Signal + Draht. 2020;112(9):62-63.
9. Siemens Mobility installiert CBTC in Singapur // Signal + Draht. 2020;112(10):60.
10. Busse R. Erhöhung der Netzverfügbarkeit durch intelligenten Betrieb von Bahnübergangssicherungsanlagen // Signal+Draht. 2020;112(10):11-17.

Об авторе

ВладимирIZEKIL'EVICH Тиверовский — кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела научной информации по транспорту; **Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН)**; 125190, г. Москва, А-190, ул. Усиевича, д. 20; РИНЦ ID: 5685-3036, ORCID: 0000-0003-4114-9525; Logistic@viniti.ru.

Bionotes

Vladimir I. Tiverovsky — Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher of the Department of Scientific Transport Information; **All-Russian Institute of Scientific and Technical Information of the Russian Academy of Sciences**; 20 Usievich st., A-190, Moscow, 125190, Russian Federation; RSCI ID: 5685-3036, ORCID: 0000-0003-4114-9525; Logistic@viniti.ru.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
The authors declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 02.02.2021; одобрена после рецензирования 23.02.2021; принята к публикации 30.04.2021.
The article was submitted 02.02.2021; approved after reviewing 23.02.2021; accepted for publication 30.04.2021.