

Приоритеты научно-технологического развития железнодорожной отрасли в контексте цифровизации: зарубежный опыт



Олег КАРАСЕВ



Максим ЖЕЛЕЗНОВ



Алексей БЕЛОШИЦКИЙ



Егор ШИТОВ

Карасев Олег Игоревич – Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия.
Железнов Максим Максимович – Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), Москва, Россия.

Белошицкий Алексей Валерьевич – Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия.

Шитов Егор Александрович – Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия*.

Цифровизация открывает новые возможности и способы ведения бизнеса во всех отраслях экономики. Данный процесс не обходит стороной и железнодорожную отрасль. Критичность цифровизации этой отрасли объясняется повсеместным использованием железнодорожного транспорта, возрастающими потребностями в качестве и скорости предоставления транспортных услуг. Настоящая статья посвящена анализу приоритетных направлений цифровой трансформации железнодорожной отрасли. Были выделены ключевые тренды цифровой трансформации, приоритетные направления научно-технологического развития.

Целью данной статьи является описание проведённого трёхуровневого исследования перспектив научно-

технологического развития железнодорожной отрасли в контексте цифровизации экономики на основе применения методов системного анализа международного опыта. Первый уровень заключается в определении магистральных направлений развития цифровых технологий, которые могут быть применены к железнодорожному транспорту; второй уровень направлен на анализ стратегических документов железнодорожного транспорта в ряде регионов с выявлением ключевых тенденций цифрового развития; третий – на выявление наиболее эффективных информационных технологий для применения на железнодорожном транспорте, в том числе в Российской Федерации.

Ключевые слова: железнодорожная отрасль, цифровизация, направления научно-технологического развития, транспорт.

*Информация об авторах:

Карасев Олег Игоревич – кандидат экономических наук, директор центра научно-технологического прогнозирования экономического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия, oikarasev@econ.msu.ru.

Железнов Максим Максимович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ), Москва, Россия, M.Zheleznov@mail.ru.

Белошицкий Алексей Валерьевич – магистр по направлению «Экономика», заместитель директора Центра хранения и анализа больших данных Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия, alex.v.beloshitskiy@gmail.com.

Шитов Егор Александрович – магистр по направлению «Менеджмент», ведущий специалист Центра хранения и анализа больших данных Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия, egor.shitov29@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 01.07.2019, принята к публикации 21.10.2019.

For the English text of the article please see p. 29.

Современный этап развития мировой экономики основывается на парадигме укоренения принципов нового технологического уклада и существенного повышения значимости информации. Особое внимание уделяется качеству анализа имеющейся информации, в том числе обогащению данных и выявлению значимых причинно-следственных связей.

Знания и информация являются одними из ключевых элементов цифровой экономики, которая сегодня находит своё отражение во всех отраслях экономики и в социальной сфере. Массовая цифровизация затрагивает процессы и механизмы функционирования социально-экономических связей по большинству аспектов жизнедеятельности, в том числе посредством формирования комплексных цифровых экосистем [1].

Существует целый ряд определений цифровой экосистемы или экосистемы цифровой экономики [см., напр., 2]. Ф. Нахира, П. Дини и А. А. Николаи под цифровой экосистемой понимают сочетание информационной сети, социальной сферы и сети обмена знаниями [3]. Е. Чанг и М. Вест в своих работах определяли цифровую экосистему как домен кластерной среды, включающий биологические, экономические и цифровые виды, а также технические средства [4]. Х. Донг, Ф. К. Хуссейн расширили понятие цифровой экосистемы до понятия «цифровых артефактов» и инфраструктуры передачи данных, их хранения и обработки, пользователей систем, включив также социальные, экономические, политические, психологические и иные факторы, влияющие на осуществление взаимодействий [5].

В современных реалиях цифровые экосистемы предполагают активное использование технологий автоматизации и главенствующую роль информации, которая является ключевым фактором при принятии управленческих решений. Цифровизация открывает новые возможности для анализа информации, её получения и обработки, позволяя создавать более точные предиктивные модели и повышая качество получаемых данных [6].

Указанные факты способствуют появлению сетевой экономики и экономики знаний. Цифровизация предполагает замену традиционных инструментов реализации различных социально-экономических процессов цифровыми, в результате чего формируется

пространство цифровых экосистем [7]. Необходимо сделать оговорку, что несмотря на активное распространение принципов цифровой трансформации мировой экономики и социальной сферы, эмпирическая и исследовательская база определения эффектов от реализации соответствующих «цифровых» инициатив пока в целом не соответствует масштабности задач как в экономическом плане, так и в смысле обобщения сфер применения цифровых технологий.

Целью настоящей статьи является описание результатов проведённого трёхуровневого исследования перспектив научно-технологического развития железнодорожной отрасли в контексте цифровизации экономики на основе применения *методов* системного анализа международного опыта. Задача первого уровня оценки заключается в определении магистральных направлений развития цифровых технологий, применимых на железнодорожном транспорте. Второй уровень направлен на анализ стратегических документов технологического развития железнодорожного транспорта ряда регионов с выявлением ключевых тенденций цифрового развития, третий – на выявление наиболее эффективных информационных технологий.

1. МАГИСТРАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Среди основных целей, которые преследует цифровизация, следует выделить повышение операционной эффективности различных бизнес-процессов, включая:

- повышение скорости, качества и точности выполняемых процессов;
- минимизацию количества ошибок и их значимости, нивелирование человеческого фактора;
- выявление новых причинно-следственных связей и зависимостей путём обработки больших массивов неструктурированной информации и применения продвинутых алгоритмов анализа данных;
- перенос физических и материальных объектов в цифровую среду для последующего дистанционного управления и мониторинга в режиме реального мира и т.д.

В Российской Федерации в соответствии с Указом Президента России от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Феде-



рации на период до 2024 года» (далее – Указ) одной из приоритетных задач является осуществление прорывного научно-технологического и социально-экономического развития, в том числе формирования цифровой экономики [8].

В целях достижения задач и целевых показателей настоящего Указа была разработана система национальных программ (проектов), включая национальную программу «Цифровая экономика Российской Федерации». Целью указанной национальной программы является обеспечение необходимых условий для осуществления цифровой трансформации приоритетных отраслей экономики и социальной сферы, разработки и внедрения передовых отечественных технологий и решений, созданных на базе «сквозных» цифровых технологий (далее – СЦТ), формирования комплексной цифровой инфраструктуры и экосистемы [9].

В рамках федерального проекта «Цифровые технологии» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» особое внимание уделяется вопросам поддержки развития СЦТ и их последующего внедрения в приоритетные отрасли экономики и социальной сферы. В качестве СЦТ выделяются:

- квантовые технологии;
- компоненты робототехники и сенсора;
- нейротехнологии и искусственный интеллект;
- новые производственные технологии;
- системы распределённого реестра;
- технологии беспроводной связи;
- технологии виртуальной и дополненной реальности.

Приоритетными сферами внедрения данных технологий являются отрасли, которые оказывают значительный мультипликативный эффект на другие сферы экономики.

Одной из таких отраслей в России является железнодорожная отрасль. Согласно Стратегии научно-технологического развития России [10] железнодорожная отрасль является одним из главных элементов функционирования транспортной системы городских агломераций, обладает, необходимым инновационным и научно-техническим потенциалом для успешной цифровой транс-

формации. Этому вопросу посвящены многочисленные исследования, и мы также намерены обратиться к нему более подробно в последующих публикациях.

2. СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ В СФЕРЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА И КЛЮЧЕВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ЦИФРОВИЗАЦИИ: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ

Цифровизация в железнодорожной отрасли является сложным, многогранным процессом, оказывающим влияние на различные аспекты бизнес-процессов и определяющим направления научно-технологического развития. Несмотря на то, что разработка и внедрение цифровых технологий и решений не является профильной деятельностью для большинства железнодорожных компаний, развитие направлений, непосредственно связанных с цифровизацией, сегодня является магистральным научно-технологическим приоритетом всей отрасли. Приблизительная оценка роста доходов железнодорожных компаний от внедрения передовых интеллектуальных разработок только в сфере управления движением подвижного состава и сигнализации составляет 19 млрд евро в год [11].

В настоящее время большое влияние на научно-технологическое развитие железнодорожной отрасли оказывают региональные и международные организации и ассоциации. Данные организации активно публикуют отчёты и Белые книги, в которых намечаются приоритетные направления развития железнодорожной отрасли, стратегии научно-технологического развития, отмечаются как вызовы, так и наиболее успешные продукты и технологии. Такие документы оказывают непосредственное влияние на вектор развития всей отрасли. Среди подобных документов выделяются:

- Белая книга Европейской Комиссии «На пути к единому европейскому транспортному пространству – навстречу конкурентной и ресурсосберегающей транспортной системе» (далее – Белая книга ЕС);

- Белая книга Ассоциации американских железных дорог «Привлечение технологий к работе. Как железнодорожные грузовые перевозки будут осуществляться в XXI веке» («Putting technology to work. How Freight Rail Delivers the 21st Century»), далее – Белая книга ААЖД);

- Программа в области развития железнодорожного транспорта EC Shift2Rail (далее – Программа ЕС).

Белая книга ЕС

В числе ключевых приоритетов развития железнодорожной отрасли в Белой книге ЕС выделяются создание единого европейского транспортного пространства, разработка комплексного подхода и единых стандартов управления движением подвижного состава, организация высокоскоростного пассажирского и грузового движения, развитие мультимодальных (интермодальных) перевозок [12].

В контексте цифровизации железнодорожной отрасли Белая книга ЕС выделяет следующие направления научно-технологического развития:

- применение усовершенствованных интеллектуальных систем управления железнодорожной сетью и информационной системой мобильности пассажиров;
- создание интеллектуальной системы продажи билетов на комбинированные виды транспорта (организация мультимодальных перевозок);
- оптимизация графика движения и транспортных потоков путём применения в инфраструктуре системы TEN-T (транс-европейской транспортной сети);
- использование интеллектуальных транспортных систем;
- развёртывание европейской глобальной навигационной спутниковой системы Galileo;
- применение технологий обнаружения и отслеживания;
- разработка технологии защиты конфиденциальности личных данных;
- развитие технологий безопасности.

Белая книга ААЖД

Ассоциация американских железных дорог уделяет значительное внимание повышению безопасности железнодорожных сетей, снижению негативного воздействия на окружающую среду и разработке соответствующих технологиям и времени законодательных норм [13].

Большая часть указанных направлений осуществляется при помощи цифровых технологий. Среди приоритетных сфер цифровизации Белая книга ААЖД выделяет:

- мониторинг инфраструктурных объектов в режиме реального времени;

- использование инновационных технологий мониторинга в целях повышения качества обслуживания оборудования;

- предотвращение ошибок, вызванных человеческим фактором;

- внедрение специального программного обеспечения по контролю, планированию и учёту топливно-энергетических расходов;

- использование интеллектуальных датчиков в рамках процессов технического обслуживания и ремонта;

- применение технологий больших данных и искусственного интеллекта;

- автоматизация производственных процессов.

Программа ЕС

Документ обозначает важность цифровой трансформации для создания экономичных и надёжных поездов, применения новых ходовых механизмов, тормозных систем, развития модульных компонентов поездов. Также значительное внимание уделено созданию экономичной, эффективной, экологичной и надёжной инфраструктуры с высокой пропускной способностью [14].

Среди приоритетных сфер цифровизации в Программе ЕС указаны:

- автоматизированное управление движением поездов;
- технологии виртуального сцепления вагонов;
- обеспечение кибербезопасности;
- внедрение «умных» станций;
- внедрение «умных» энергопоставок;
- повышение совместимости различных сервисов;
- внедрение технологий отслеживания перемещения поездов, пассажиров и грузов;
- создание «сервис-помощников» для путешествий.

Можно также отметить отчёт Международного союза железных дорог об участии сообщества операторов железных дорог в проектах ЕС («The Railway Operating Community (ROC) involvement in EU projects», далее – Отчёт МСЖД). В данном документе обозначена важность развития технологий мультимодальных перевозок и совершенствования систем безопасности. Значительную часть занимает описание развития технологий энергоэффективности, повышения эффективности силовых установок с использованием гибридных технологий и систем накопления энергии



Таблица 1

**Агрегированные направления
научно-технологического развития
железнодорожной отрасли в контексте
цифровизации**

№	Наименование направления
1	Внедрение инновационных систем автоматизации и механизации перевозочных процессов
2	Управление ресурсами, безопасностью, рисками и надёжностью на этапах жизненного цикла объектов железнодорожного транспорта
3	Разработка и внедрение перспективных технических средств и «сквозных» технологий для инфраструктуры железнодорожного транспорта (железнодорожной автоматики и телемеханики, электрификации и электроснабжения, инновационных информационных и телекоммуникационных технологий и др.)
4	Развитие транспортно-логистических систем в едином транспортном пространстве

и разработке концепций тяговых систем следующего поколения [15].

Помимо указанных направлений, упоминаются цифровые решения в следующих сферах:

- исследование автоматизированных, совместимых и взаимосвязанных передовых систем управления трафиком;
- повышение пропускной способности железнодорожного пути путём внедрения автоматизированных систем управления поездами;
- совершенствование и оптимизация систем отслеживания поездов;
- разработка и применение систем мониторинга и методов сбора большого объёма данных;
- повышение стандартизации и унификации информационных систем;
- разработка интеллектуальных платформ управления мобильностью пассажиров.

Ведущие железнодорожные компании ЕС и США также активно реализуют собственные стратегии цифрового развития, определяя различные передовые цифровые разработки в качестве собственных приоритетов научно-технологического развития. Однако стоит отметить, что указанные стратегии в значительной степени пересекаются и коррелируют с вышеуказанными документами.

В таблице 1 обобщены ключевые агрегированные направления научно-техно-

логического развития, непосредственно связанные с цифровой трансформацией, содержащиеся в рассмотренных выше документах.

3. ПРИОРИТЕТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КОНТЕКСТЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

Внедрение интеллектуальных систем автоматизации, оптимизации и механизации внутренних бизнес-процессов.

В рамках данного направления железнодорожные компании активно внедряют новые средства взаимодействия с клиентами в цифровом пространстве. Наиболее распространённым способом цифрового взаимодействия с клиентом является создание мобильных приложений. Их функционал позволяет осуществлять электронную покупку и бронирование билетов, прокладывать маршруты «от двери до двери» с использованием различных категорий транспорта (автобусы, каршеринг) [16].

Применение цифровых технологий направлено, в том числе, на внедрение «умных» билетов, которые могут храниться в мобильном устройстве пользователя. Подобные билеты обеспечивают единый доступ к различным видам транспорта. В рамках мобильных приложений осуществляется система обратной связи с клиентами, которая позволяет компаниям управлять качеством предоставляемых услуг [12].

В целях повышения качества пользовательского опыта создаются «сервис-ассистенты» (или «сервис-помощники»). Для путешествующих данные платформы предоставляют возможности по упрощению поездок «от двери до двери», сопровождение на протяжении всего путешествия, учёт личных предпочтений, решение непредвиденных ситуаций, организацию взаимодействия с различными видами транспорта, задействованного в процессе перемещения. Коммерческим компаниям данные платформы дают возможность снижения временных и денежных затрат путём формирования наилучшего маршрута посредством анализа большого количества параметров и подбора оптимальных значений.

Развитие и внедрение данных платформ позволяет перевозчикам упрощать процесс использования услуг компаний за счёт предоставления удобного пользовательского опыта путём анализа больших данных, ис-

пользования технологий искусственного интеллекта, машинного обучения и предоставления рекомендаций для конечных пользователей на их основе.

Одним из важнейших направлений моделирования взаимодействия с клиентами является предиктивная аналитика и системы прогнозирования пассажиропотока. С помощью данных цифровых средств становится возможным предсказывать величину спроса на транспортные услуги в конкретный период путём использования технологии больших данных. Данная технология также используется при внедрении платформ динамического ценообразования.

Основными эффектами от реализации данного направления цифровизации являются снижение времени на обработку данных, повышение отказоустойчивости, повышение производительности и потребительской лояльности.

Кроме этого, практикуется активное использование бизнес-приложений во внутренних процессах, связывание цифровых устройств сотрудников в единую информационную сеть, использование программного обеспечения бизнес-аналитики, стимулирование труда работников с помощью цифровых средств.

В отличие от существующих решений, данные технологические тренды способны обеспечить компании максимальным количеством информации о её деятельности, что позволяет повысить производительность труда и эффективность внутреннего взаимодействия.

Управление ресурсами, безопасностью, рисками и надёжностью на этапах жизненного цикла объектов железнодорожного транспорта при помощи цифровых систем.

Активное внедрение цифровых технологий не только открывает новые возможности для ведения бизнеса, но и влечёт за собой новые риски, связанные с киберпреступностью. В рамках обеспечения информационной и кибербезопасности осуществляется интеграция цифровых систем в единые автоматизированные комплексы, непрерывное совершенствование программного обеспечения, введение практики мониторинга, технического обслуживания и удалённой настройки цифровых систем и оборудования, исполь-

зование средств противодействия киберпреступникам [17].

К конкретным мерам защиты относятся идентификация и аутентификация пользователей, межсетевое экранирование, разграничение доступа пользователей, разграничение с открытыми сетями, шифрование данных, передаваемых за пределы контрольной зоны, протоколирование работы пользователей и действий администраторов, регулярное обновление программного обеспечения и использование открытого программного продукта, антивирусная защита информационных ресурсов, управление средствами защиты информации, использование принципов мажоритирования и резервирования.

Для снижения влияния человеческого фактора при возникновении чрезвычайных ситуаций, а также для снижения травматизма на производстве используются современные технологии, в том числе различные системы навигации, в свою очередь, необходимые для обеспечения координатно-временной информацией маневровой автоматической локомотивной сигнализации (МАЛС). Стоит отметить, что совершенствование систем безопасности основано на создании многоуровневых многофункциональных систем интервального регулирования движения поездов, взаимодействующих с ними систем автоведения и диагностики на подвижном составе, которые неразрывно связаны со стационарными системами автоматизации и телемеханики и информационными системами.

Осуществляется активное внедрение сенсорики, цифровых средств мониторинга состояния объектов, технологий неразрушающего контроля (без вывода объекта из эксплуатации). Использование «умных» датчиков, продвинутого аналитического программного обеспечения и систем обмена информацией для мониторинга состояния оборудования в режиме реального времени, внедрение высокоточных координатных систем, систем проектирования местности позволит осуществлять мониторинг движения высокоскоростных поездов. Также осуществляется размещение возле железнодорожного полотна лазерных и инфракрасных детекторов, оценивающих состояние осей и подшипников движущегося поезда, и «умных» камер.



В качестве средств обеспечения безопасности пассажиров на станциях и в поездах используются датчики взрывчатых веществ, смарт-чипы и сканеры.

Цифровое моделирование местности осуществляется путём дискретного сканирования земной поверхности. Реальное местонахождение объекта можно вычислить благодаря высокоточному спутниковому приёмнику, функционирующему в обособленном режиме, синхронизируемому с инерциальной системой. Определив углы разворота и относительные отклонения между элементами исследуемой местности, появляется возможность выявить абсолютные координаты любой точки лазерного отражения в соответствующих пределах.

Автоматизированный контроль технического обслуживания подвижного состава позволит на ранней стадии выявлять неполадки в работе систем и ошибки технического обслуживания. Мониторинг, диагностика и контроль состояния инфраструктуры позволяют заблаговременно выявлять предостерегающие состояния устройств пути, электрооборудования, автоматики и телемеханики, определять причины неисправностей [18].

Осуществление цифрового мониторинга железнодорожных объектов позволяет повысить уровень безопасности, снизить стоимость жизненного цикла подвижного состава и инфраструктуры, уменьшить простой вагонов, оперативно выявлять и устранять технические неполадки, эффективнее распределять обслуживающий персонал, повысить экономическую и эксплуатационную эффективность и производительность труда.

В рамках цифровой трансформации предлагается внедрение «умных» энергопоставок, которые развивают системы планирования, нормирования, учёта и стимулирования экономии расхода топливно-энергетических ресурсов, а также максимизацию эффективности использования топлива. Осуществление данных задач происходит путём внедрения и использования специального программного обеспечения, позволяющего контролировать потребление топлива на основе анализа множества переменных, в частности, топографии, изгибов полотна, массы и длины поезда, скорости ветра, в режиме реального времени.

Разработка и внедрение перспективных технических средств и «сквозных» цифровых

технологий для подвижного состава и инфраструктуры (железнодорожной автоматизации и телемеханики, электрификации и электроснабжения, инновационных информационных и телекоммуникационных технологий и др.).

Ключевыми решениями данного научно-технологического направления являются автоматизированные системы построения оперативных графиков движения, системы планирования маршрутов, цифровые платформы обеспечения мультимодальных (интермодальных) перевозок, цифровые платформы управления перевозочными процессами, автоведение (автономный подвижной состав), интеллектуальные системы диспетчерского управления, безлюдные технологии управления перевозочным процессом, включая процессы погрузки/разгрузки, «машинное зрение» (сегмент технологий искусственного интеллекта, сущность которого заключается в получении и обработке реальных изображений с целью решения прикладных задач без участия человека).

Автоведение позволит увеличить пропускную способность за счёт уменьшения интервалов между поездами, а также поможет сократить потребление энергии на тягу поездов, вследствие использования оптимальных алгоритмов и отсутствия человеческого фактора влияния на управление подвижным составом. Стоит отметить, что для анализа ситуации используются *технологии машинного обучения* с использованием данных от датчиков. Альтернативными технологиями являются высокоточные средства определения местоположения локомотива и электронная 3D-карта.

Системы цифрового имитационного моделирования для инфраструктуры железнодорожного транспорта представляют собой одну из ключевых технологий для создания железнодорожной системы нового типа в силу значительного развития сенсорных технологий, количества обрабатываемой информации, вычислительных мощностей компьютеров. Технология способна улучшить операционную деятельность железнодорожной компании и является ключевой, на одном уровне с интеллектуальными системами, использующими «Интернет вещей», для создания эффективной мультимодальной и интермодальной логистической системы.

Интеллектуальные системы, использующие «Интернет вещей» в процессе мониторинга состояния подвижного состава и железнодорожной инфраструктуры [19], при их успешной имплементации в операционной деятельности железнодорожных компаний, позволят оптимизировать техническое обслуживание. Впоследствии успешная имплементация технологий «Интернета вещей» позволит значительно автоматизировать процессы управления передвижным составом и железнодорожной инфраструктурой.

Развитие транспортно-логистических систем в едином транспортном и информационном пространстве.

В процессе развития транспортно-логистических систем в едином транспортном и информационном пространстве необходимо внедрение продвинутых информационно-коммуникационных систем. Данные системы значительно ускоряют процессы в логистической цепочке и позволяют в режиме реального времени отслеживать актуальное состояние элементов железнодорожной сети.

Использование информационно-коммуникационных систем позволяет упростить процесс краткосрочного планирования и бронирования ниток графика. Данные технологии позволяют ускорить процесс принятия решений операторами и предоставления ими информации относительно различных параметров. Использование информационно-коммуникационных систем в качестве технологической железнодорожной связи и канала передачи данных позволяет решать проблемы совместимости и безопасности движения поездов на железных дорогах.

В процессе внедрения единых информационно-коммуникационных систем достигаются процессы автоматизации и упрощения диспетчерской работы, благодаря которым повышаются скорость обработки запросов, точность анализа поступающей информации и безопасность управления процессами перевозок.

Помимо информационно-коммуникационных систем, осуществляется активное внедрение интеллектуальных интеграционных технологических платформ, целью которых является создание единого транспортного информационного пространства, которое позволит перевозчикам иметь полное

представление о процессе перевозок, более эффективно использовать информацию о подвижном составе. В рамках реализации данного пространства компании-перевозчики будут иметь доступ к централизованной базе данных с необходимой доступной информацией, которая может использоваться для принятия решений, повышения эффективности деятельности подвижного состава, управления компанией, выражающееся в снижении затрат, повышении эффективности взаимодействия персонала.

Выводы

Представленные выше тенденции цифровизации железнодорожной отрасли углубляются ввиду процессов глобализации, интернационализации цифровых трансформаций в сфере ведения бизнеса. Железнодорожная отрасль становится всё более открытой и «бесшовной». Цифровизация в железнодорожной отрасли осуществляется не только благодаря внедрению новых технологий, но и благодаря переосмыслению традиционных бизнес-моделей, адаптации к цифровой среде постиндустриальной экономики.

Можно прогнозировать, что результаты применения *методов* экономического прогнозирования и системного анализа прогнозов роста доходов от внедрения «сквозных» технологий будут свидетельствовать о положительной динамике развития рынка технологий железнодорожной сети. Обилие новых продуктов и решений на рынке указывает на интенсивную цифровую трансформацию отрасли. Важной особенностью применяемых и перспективных цифровых технологий на железнодорожном транспорте являются высокий уровень синхронизации и взаимной увязки достижений из различных областей, что позволяет добиться значительного синергетического эффекта.

Подавляющая часть современных цифровых технологий уже применяется или планируется к внедрению на железнодорожном транспорте в Российской Федерации, в ОАО «РЖД». Однако ввиду динамичного развития цифровой сферы железнодорожным организациям всех стран потребуется постоянно актуализировать оценки, прогнозы и планы действий, и в этом плане необходимым условием является регулярный анализ лучших мировых практик, выявление преобладаю-



ших тенденций и трендов для их дальнейшего учёта при решении своих специфических задач, обусловленных особенностями деятельности и корпоративной стратегией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добрынин А. П. и др. Цифровая экономика – различные пути эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, SmartCity, BIG DATA и другие) // International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – № 1. – С. 4–11. [Электронный ресурс]: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-ekonomika-razlichnye-puti-k-effektivnomu-primeneniyu-tehnologiy-bim-plm-cad-iot-smart-city-big-data-i-drugie/viewer>. Доступ 08.07.2019.

2. Степанова В. В., Уханова А. В., Григоришин А. В., Яхьяев Д. Б. Оценка цифровых экосистем регионов России // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2019. – Т. 12. – № 2. – С. 73–90. – DOI: 10.15838/esc.2019.2.62. Доступ 08.07.2019.

3. Nachira, F., Dini, P., Nicolai, A. A. A network of digital business ecosystems for Europe: roots, processes and perspectives. Digital Business Ecosystems. Bruxelles: European Commission, 2007. [Электронный ресурс]: https://pdfs.semanticscholar.org/8932/731c1827c45a5c43f21b809cc125e499ec.pdf?_ga=2.182158127.988173208.1580476204-364919786.1579690786. Доступ 08.07.2019.

4. Chang, E., West, M. Digital Ecosystems: A next generation of the collaborative environment. Conference iiWAS'2006, The Eighth International Conference on Information Integration and Web-based Applications Services, Yogyakarta, Indonesia, 4–6 December 2006, pp. 3–24. [Электронный ресурс]: https://pdfs.semanticscholar.org/3d08/bad6a7d379a049639eb28440a42fdd5af704.pdf?_ga=2.9613245.988173208.1580476204-364919786.1579690786. Доступ 08.07.2019.

5. Hai Dong, Hussain, F. K., Chang, E. An integrative view of the concept of digital ecosystem. Proceedings of the Third International Conference on Networking and Services. Washington, DC, USA, IEEE Computer Society, 2007, pp. 42–44. DOI: 10.1109/ICNS.2007.33.

6. Панышин Б. Цифровая экономика: особенности и тенденции развития // Наука и инновации. – 2016. – № 157. – С. 17–20.

7. Авдеенко Т. В., Алетдинова А. А. Цифровизация экономики на основе совершенствования экспертных систем управления знаниями // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2017. – № 1. – С. 7–18.

8. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» // Информационно-правовой портал «Гарант». [Электронный ресурс]: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71837200/>. Доступ 08.07.2019.

9. Паспорт Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» (утверждён президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24 декабря 2018 г. № 16). [Электронный ресурс]: <http://static.government.ru/media/files/urKНm0gTRPnzJlaKw3M5cNLo6gczMkPF.pdf>. Доступ 08.07.2019.

10. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642) // Официальный сайт Президента Российской Федерации. [Электронный ресурс]: <http://kremlin.ru/acts/bank/41449>. Доступ 08.07.2019.

11. The rail sector's changing maintenance game // Официальный сайт консалтинговой и аудиторской компании McKinsey & Company. [Электронный ресурс]: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/travel%20transport%20and%20logistics/our%20insights/the%20rail%20sectors%20changing%20maintenance%20game/the-rail-sectors-changing-maintenance-game.ashx>. Доступ 08.07.2019.

12. Белая книга Европейской Комиссии «На пути к единому европейскому транспортному пространству – навстречу конкурентной и ресурсосберегающей транспортной системе». [Электронный ресурс]: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52011DC1044>. Доступ 08.07.2019.

13. Putting technology to work. How freight rail delivers the 21st century // Официальный сайт Ассоциации американских железных дорог. [Электронный ресурс]: <https://www.aar.org/data/putting-technology-to-work-how-freight-rail-delivers-the-21st-century/>. Доступ 08.07.2019.

14. Программа в области развития железнодорожного транспорта ЕС // Официальный сайт Shift2Rail. [Электронный ресурс]: <https://shift2rail.org/research-development/>. Доступ 08.07.2019.

15. The Railway Operating Community (ROC) involvement in EU projects // Официальный сайт Международного союза железных дорог. [Электронный ресурс]: https://uic.org/IMG/pdf/a_project_book_on_roc_involve. Доступ 08.07.2019.

16. Отчёт Innovation for Railways // Официальный сайт консалтинговой и аудиторской компании PwC. [Электронный ресурс]: https://www.pwc.com/ru/ru/about/services/PwC_innovation_for_railways.pdf. Доступ 08.07.2019.

17. Киселева Е. М. Железная дорога как объект киберзащиты // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 5. – С. 166.

18. Железнов М. М. Концепция мониторинга и содержания инфраструктуры транспортных железнодорожных коридоров стран СНГ «Пространства 1520» на основе спутниковых и геоинформационных технологий // Бюллетень Объединённого учёного совета ОАО «РЖД». – 2011. – № 2. – С. 34–37.

19. Певзнер В. О., Соловьёв В. П., Железнов М. М., Надёжин С. С. Научные основы моделирования взаимодействия пути и подвижного состава в современных условиях эксплуатации // Бюллетень Объединённого учёного совета ОАО «РЖД». – 2014. – № 4. – С. 8–14.

Благодарности

Авторы выражают признательность коллегам, принимавшим участие в исследованиях, результаты которых были использованы при подготовке данной статьи: Титовой Юлии Александровне, магистру по направлению «Менеджмент», ведущему специалисту Центра хранения и анализа больших данных МГУ имени М. В. Ломоносова, Ракову Дмитрию Александровичу, магистру по направлению «Менеджмент», ведущему специалисту Центра хранения и анализа больших данных МГУ имени М. В. Ломоносова; Смирнову Роману Геннадьевичу, магистру по направлению «Экономика», ведущему специалисту Центра хранения и анализа больших данных МГУ имени М. В. Ломоносова; Смирновой Татьяне Викторовне, аспиранту кафедры статистики, ведущему экономисту экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова; Терещенко Игорю Александровичу, магистру по направлению «Юриспруденция», ведущему специалисту Центра хранения и анализа больших данных МГУ имени М. В. Ломоносова; Тростьянскому Сергею Сергеевичу, магистру по направлению «Экономика», заместителю директора Центра хранения и анализа больших данных МГУ имени М. В. Ломоносова. ●