

# Критические технологии в системе научно-технологических приоритетов железнодорожной отрасли: мировой опыт



Максим ЖЕЛЕЗНОВ



Олег КАРАСЕВ



Сергей ТРОСТЬЯНСКИЙ



Егор ШИТОВ

**Железнов Максим Максимович** – Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), Москва, Россия.

**Карасев Олег Игоревич** – Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия.

**Тростянский Сергей Сергеевич** – Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия.

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

Критические технологии являются ключевыми элементами стратегии развития любой компании для построения эффективной долгосрочной научно-технологической системы. Цель статьи – анализ критических технологий в системе научно-технологических приоритетов железнодорожных корпораций.

Описаны подходы к трактовке понятия «критические технологии», кроме контент-анализа используется инструментарий, связанный с использованием кривой Гартнера.

Приводятся примеры наиболее ярких кейсов внедрения критических технологий в железнодорожных компаниях, а также определяются кластеры наиболее востребованных критических технологий, способных в среднесрочной перспективе кардинально изменить

железнодорожную отрасль. К их числу относятся: автоматизация и механизация производственных процессов; организация высокоскоростных пассажирских и грузовых перевозок; управление ресурсами, безопасностью, рисками и надёжностью на всех этапах жизненного цикла объектов железнодорожного транспорта и инфраструктуры; развитие транспортно-логистических систем в едином транспортном и информационном пространстве; организация грузового тяжеловесного движения.

Подтверждается необходимость проведения регулярного мониторинга и совершенствования эффективности организации технологической инновационной деятельности железнодорожных компаний в целях сохранения ими ведущих позиций по уровню конкурентоспособности.

**Ключевые слова:** транспорт, железные дороги, критические технологии, цифровые технологии, научно-технологические приоритеты, научно-технологическое развитие, кривая Гартнера.

\*Информация об авторах:

**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](mailto:M.Zheleznov@mail.ru).

**Карасев Олег Игоревич** – кандидат экономических наук, директор центра научно-технологического прогнозирования экономического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия, [oikarashev@econ.msu.ru](mailto:oikarashev@econ.msu.ru).

**Тростянский Сергей Сергеевич** – магистр по направлению «Экономика», заместитель директора Центра хранения и анализа больших данных МГУ имени М. В. Ломоносова, [strostiansky@yandex.ru](mailto:strostiansky@yandex.ru).

**Шитов Егор Александрович** – магистр по направлению «Менеджмент», ведущий специалист Центра хранения и анализа больших данных МГУ имени М. В. Ломоносова, [egor.shitov29@gmail.com](mailto:egor.shitov29@gmail.com).

Статья поступила в редакцию 18.08.2019, актуализирована 15.10.2019, принята к публикации 21.10.2019.

For the English text of the article please see p. 27.

## ВВЕДЕНИЕ

Базовым элементом организации инновационной и технологической деятельности железнодорожных компаний является определение критических технологий и решений (приоритетов технологического развития) в системе сквозных приоритетов научно-технологического развития. Точность и качество планирования дорожных карт по их разработке, внедрению и коммерциализации в значительной степени предопределяют успешность и уровень конкурентоспособности в долгосрочной перспективе [1].

В мировой практике существуют различные подходы к определению понятия критических технологий. Появление самого термина обычно связывают с критическими материалами, которыми в США в XX веке называли не производившиеся в этой стране, но характеризовавшиеся максимальной эффективностью в аспекте функционирования вооружённых сил стратегические ключевые товары и технологии. Во Франции ключевые (критические) технологии представляют собой стратегические для французской экономики научные направления, определяющие национальные научно-технологические приоритеты и задающие ориентиры для научно-технической и инновационной политики [2–4].

Задача их разработки заключается в определении перечня технологий, крайне необходимых для эффективного функционирования компании, отрасли или страны в целом.

В Российской Федерации перечень критических технологий является инструментом государственного стратегического планирования: под критическими технологиями понимаются национальные приоритеты научно-технологического развития на среднесрочную перспективу (от трёх до десяти лет) [5, с. 64].

Также под критическими технологиями могут понимать комплекс межотраслевых (междисциплинарных) решений, формирующих предпосылки и основы для долгосрочного развития технологических траекторий и характеризующихся наличием обширного спектра потенциально значимых и экономически целесообразных путей последующего применения данных решений на практике [6, с. 49]. Критические технологии обладают существенным потенциальным

влиянием на уровень конкурентоспособности различных отраслей экономики и социальной сферы.

Появление критических технологий традиционно связано с переходом (отказом) от одной технологии к принципиально новой, основанной на ином принципе функционирования, физическом эффекте или другом значимом параметре, характеризующем данную технологию. Эффективность и качество (технические характеристики, параметры и доступный функционал) критических технологий предопределяют их значимость, обуславливая необходимость уделения им первостепенного внимания в разрезе организации технологической (инновационной) деятельности.

Обычно под критическими технологиями понимают прорывные инновации и технологии (см., напр., [7]), обладающие потенциалом открытия принципиально нового технологического цикла. Они направлены не на улучшение ситуации, но на принципиальное изменение сложившегося рынка и замену существующей технологии.

Целью исследования является анализ критических технологий в системе научно-технологических приоритетов железнодорожных компаний с использованием методов контент-анализа и инструментария кривой Гартнера.

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ И КРИВАЯ ГАРТНЕРА

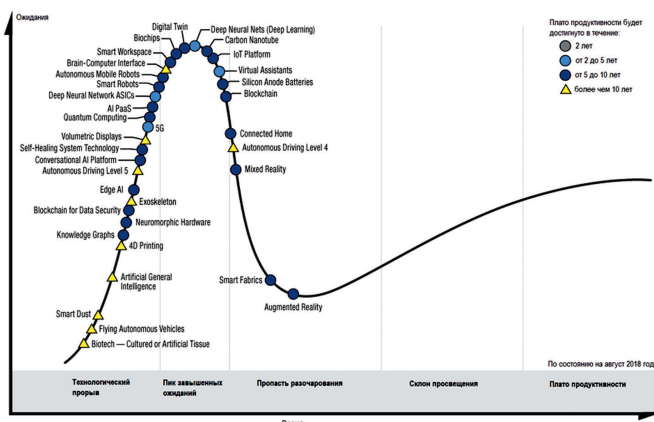
В мировой практике в качестве модели критических технологий в условиях полномасштабной цифровизации всех аспектов экономики и социальной сферы зачастую используется кривая (hype cycle) Гартнера, представляющая собой цикл зрелости ключевых новых (возникающих) технологий (см., напр., [8, с. 223–224; 9, с. 78]). Этот инструмент демонстрирует как их зрелость, так и общую логику их развития в разрезе следующих основных стадий:

- технологический прорыв (начало развития технологии);
- пик завышенных ожиданий (огромный интерес к технологии определяет крайне высокое предложение, сопровождающееся существенным количеством обмана и неудач);
- пропасть разочарования (технологии не достигают ранее заявленных эффектов





**Рис. 1. Кривая Гартнера по состоянию на август 2018 года. Источник: Международная исследовательская и консалтинговая компания Gartner [10].**



**Рис. 2. Кривая Гартнера для новых возникающих технологий, 2019 год [11].**



или параметров; технологические компании терпят неудачу в процессе развития технологий);

- склон просвещения (совершенствование и адаптация технологии, период её кардинального пересмотра и смены фокуса в рамках направления её развития);
- плато продуктивности (преимущества технологии становятся очевидными и признаются всеми, актуальность технологии подтверждается её востребованностью и высоким спросом).

Особенностью данного инструментария является его позиционирование в качестве дескриптора жизненного цикла технологий, которые, однако, не обладают абсолютной гарантией достижения конечной стадии — плато продуктивности. Большинство технологий не имеет необходимого потенциала для преодоления пропасти разочарования, что определяется отсутствием реального эффекта для экономики и бизнеса.

В 2018 году кривая Гартнера (рис. 1) в числе находящихся на пике востребованности и характеризующихся завышенными ожиданиями относительно значимости и эффективности для различных отраслей экономики выделяла среди прочих следующие цифровые технологии:

- искусственный интеллект, машинное и глубокое обучение;
- робототехника;
- промышленный интернет и цифровые двойники;
- цифровые помощники и прочие.

В 2019 году кривая Гартнера претерпела изменения, в частности, продвинулись от технологического прорыва к пику завышенных ожиданий технологии биочипирования, 5G, пятого поколения беспилотных транспортных средств (рис. 2).

Информационные технологии, определяющие возможности осуществления цифровой трансформации, сегодня выделяются

большинством отраслевых компаний, в том числе железнодорожных, в качестве критических. Согласно мнению международного консалтингового агентства McKinsey, цифровые технологии направлены на преобразование каждого звена производственной цепи компании: от исследований и разработок до продаж и обслуживания [12].

В соответствии с данными консалтинговой компании PWC, значимая доля инвестиций компаний в развитие критических цифровых технологий нацелена на повышение операционной эффективности, включая (но не ограничиваясь) следующие направления: сенсорика и устройства связи, платформенные цифровые решения и интеллектуальные системы управления производством [13].

В железнодорожной отрасли критические цифровые технологии находят широкое распространение в рамках реализации концепций «цифровых» железных дорог, в частности, для решения задач содержания инфраструктуры (см., напр., [14; 15]), организации высокоскоростных железнодорожных и мультимодальных (интермодальных) перевозок (см., напр., [16]).

## **КРИТИЧЕСКИЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ**

Ведущие зарубежные железнодорожные компании в качестве критических цифровых технологий, определяемых в рамках приоритетов долгосрочного научно-технологического развития, выделяют различные «сквозные» цифровые технологии, используемые как для эксплуатации подвижного состава, так и для строительства и содержания инфраструктурных объектов. Ключевыми направлениями использования критических цифровых технологий в железнодорожной отрасли являются [17]:

- автоматизация и механизация производственных процессов;
- организация высокоскоростных пассажирских и грузовых перевозок;
- развитие транспортно-логистических систем в едином транспортном и информационном пространстве (развитие интероперабельности);
- управление ресурсами, безопасностью, рисками и надёжностью на всех этапах жизненного цикла объектов железнодорожного транспорта и инфраструктуры;

- организация грузового тяжеловесного движения.

Учитывая стремительное развитие технологий, что, в частности, наглядно показывает динамика ежегодных изменения кривой Гартнера, данная классификация предлагается авторами как исходная на данный момент, что не исключает возможности её модификации, актуализации, адаптации и детализации, использования других подходов на фоне наличия множества таковых<sup>1</sup>, в том числе и в целях решения стратегических управленческих задач применительно к отдельным компаниям или процессам.

Эффективное управление подвижным составом и инфраструктурой в современных условиях развития информационных технологий предполагает активное применение автоматизированных и интеллектуальных систем. Различные ведущие зарубежные железнодорожные компании, включая (но не ограничиваясь) такие, как Китайская государственная группа железнодорожных компаний (China State Railway Group Co., Ltd., KHP, далее — CR), Немецкие железные дороги (Deutsche Bahn Group AG, Германия, далее — DB), Японские железные дороги (Japan Railways Group, Япония, далее — JR), Национальная компания французских железных дорог (Группа SNCF, Société Nationale des Chemins de Fer Français, Франция, далее — SNCF), Швейцарские федеральные железные дороги (Swiss Federal Railways, Швейцария, далее — SBB), Австрийские федеральные железные дороги (Austrian Federal Railways, Австрия, далее — ÖBB), Корейская железнодорожная корпорация (Korean Railway Corporation, Республика Корея, далее — Korail), Канадская национальная железно-

<sup>1</sup> См., например, совместный документ Международного союза железных дорог и ряда организаций Евросоюза A Roadmap for Digital Railways [Электронный ресурс]: <http://www.cer.be/sites/default/files/publication/A%20Roadmap%20for%20Digital%20Railways.pdf>; многочисленные публикации в рамках проекта EC Shift2Rail [Электронный ресурс]: <https://shift2rail.org/>, например, отчёт Digital Transformation of Railways [Электронный ресурс]: [https://shift2rail.org/wp-content/uploads/2018/04/DIGITAL\\_TRANSFORMATION\\_RAILWAYS\\_2018\\_web.pdf](https://shift2rail.org/wp-content/uploads/2018/04/DIGITAL_TRANSFORMATION_RAILWAYS_2018_web.pdf) и другие; публикацию группы компаний Thales на тему цифровой трансформации железнодорожной отрасли Digital Transformation in The Railway Industry [Электронный ресурс]: <https://www.thalesgroup.com/en/germany/magazine/digital-transformation-railway-industry>; и многие другие.





Таблица 1

Пилотная система автоведения скоростных электропоездов

CR (Китай)	 中国国家铁路集团有限公司 CHINA RAILWAY	Система автоведения скоростных электропоездов	
<p>Интеллектуальная система управления скоростными электропоездами CR представляет собой новейшую систему оптимизации маршрута и скорости в режиме реального времени на основании значительного количества внешних параметров. Первые успешные тестовые испытания в полевых условиях указанной системы были проведены в июне 2018 г. на участке «Пекин—Шеньян»: максимальная скорость подвижного состава во время испытания составила 350 км/ч.</p> <p>УГТ8<sup>1</sup> (Верификация технологии/ пилотирование)</p>			
Функционал	Данная система позволяет осуществлять автоматическое начало движения, поддержание заданной скорости и совершение остановок на платформе, включая автоматическое открытие/закрытие дверей.		
Эффекты	<ul style="list-style-type: none"><li>• улучшение потребительского опыта;</li><li>• повышение уровня безопасности железнодорожного движения;</li><li>• повышение производительности труда.</li></ul>		
Аналогичные кейсы	   		

дорожная компания (Canadian National Railway Company, Канада, (далее – CN), Network Rail (Великобритания, далее – NR), FS Italiane (the Ferrovie dello Stato Italiane Group, Италия, далее – FS), а также транспортные подразделения австралийско-британского транснационального горнодобывающего концерна Rio Tinto, на регулярной основе реализуют инновационные проекты, направленные на внедрение передовых технологий и решений в целях повышения качества обслуживания пассажиров, содержания подвижного состава и инфраструктурных объектов.

Описываемые далее кейсы в рамках предложенной классификации основаны в основном на информации, размещённой на сайтах указанных компаний.

АВТОМАТИЗАЦИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Преследуя цели повышения операционной эффективности и увеличения конкурентоспособности, железнодорожные компании проводят мероприятия по повышению уровня технологического развития в аспекте различных направлений деятельности. Одним из наиболее востребованных в среднесрочной перспективе направлений научно-технологического развития железнодорожной отрасли в области автоматизации производственных процессов является разработка и внедрение интеллектуальных

технологий информационно-управляющей поддержки управления подвижным составом [18; 19] и системы дистанционного диспетчерского управления. В таблице 1 представлен один из наиболее ярких примеров внедрения систем автоведения подвижного состава.



Системы автоматизации и механизации производственных процессов также оказывают значимый положительный эффект на уровень безопасности и надёжности путём снижения влияния человеческого фактора в различных процессах, в том числе характеризующихся большим количеством повторяющихся алгоритмизированных действий, которые могут быть заменены передовыми автоматизированными технологическими решениями. Одним из актуальных кейсов подобных технологий является внедрение систем дополнительного контроля за обслуживающим персоналом, а также применение многофункциональных систем интервального регулирования движения поездов (таблица 2).

Активное применение технологий автоматизации в железнодорожной отрасли осуществляется в том числе в целях:

- контроля за перевозками грузов (в том числе, контейнерных и контейнерных перевозок);
- предупреждения бригад и управления работой путевой ремонтной техники;
- оперативной передачи информации в случае чрезвычайных ситуаций.

<sup>1</sup> Здесь и далее: уровень готовности технологий согласно ГОСТ Р 58048-2017.

Многофункциональная система интервального регулирования движения поездов

DB (Германия)		Многофункциональная система интервального регулирования движения поездов
<p>Немецкая железнодорожная компания DB внедрила европейскую систему управления движением поездов (далее – ETCS), представляющую собой комплекс единых стандартов, разработанных в рамках международного сотрудничества для железнодорожной автоматики, телемеханики, связи и диспетчерского контроля. ETCS позволяет ликвидировать различия в несовместимых друг с другом системах сигнализации, централизации и блокировки, обеспечивая беспрепятственное и безопасное железнодорожное сообщение. Указанная система является облачной инфраструктурной системой управления железнодорожной сетью.</p>		
УГТ9 (Внедрение технологии в производство)		
Функционал	<p>Основными компонентами ETCS являются:</p> <p>а) евробализы – автономные приемопередающие устройства (транспондеры) с энергонезависимой памятью, устанавливаемые между рельсами и предназначенные для обмена данными с подвижным составом;</p> <p>б) «европетля» (EuroLoop) – кабельная система передачи данных;</p> <p>в) путевой электронный блок;</p> <p>г) бортовое оборудование.</p> <p>В алгоритмах интервального регулирования используется координата с учетом максимального доверительного интервала. Для увеличения точности определения местоположения подвижного состава Международным союзом железных дорог и Европейским космическим агентством была разработана и внедрена технология комплексирования данных, полученных от бализ и от навигационных спутников.</p>	
Эффекты	<ul style="list-style-type: none"><li>• повышение эффективности операционной деятельности;</li><li>• повышение уровня безопасности железнодорожного движения;</li><li>• повышение качества обслуживания;</li><li>• снижение стоимости жизненного цикла подвижного состава и инфраструктурных объектов.</li></ul>	
Аналогичные кейсы		

**ОРГАНИЗАЦИЯ  
ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ  
ПАССАЖИРСКИХ И ГРУЗОВЫХ  
ПЕРЕВОЗОК**

Организация высокоскоростного железнодорожного движения сопряжена с использованием отличных от традиционных перевозок технологий и платформенных решений. Цифровизация и передовые информационные разработки позволяют повысить эффективность и рентабельность подобного типа пассажирских и грузовых перевозок, которые ассоциируются с высокими издержками.

Перспективы оптимизации интегрированной сети высокоскоростного сообщения непосредственно связаны с точностью, полнотой и достоверностью информации о каждой высокоскоростной или скоростной магистрали. Оптимальное использование имеющихся ресурсов возможно лишь при исчерпывающих данных об объекте исследования, что достигается посредством внедрения различных технологических решений, например [16; 17], техно-

логии комплексного оперативного мониторинга состояния подвижного состава и инфраструктуры высокоскоростного движения с использованием спутниковых и геоинформационных технологий (таблица 3).

При помощи применения подобных систем железнодорожные компании учитывают загрузку участков, находят и используют свободные мощности, выявляют взаимосвязи между различными элементами перевозочного процесса. Одним из эффектов является оперативное обнаружение технических неполадок, что положительно влияет на сокращение времени простоя подвижного состава.

Цифровая трансформация и активное развитие цифровых технологий также определяют возможность повышения энергетической эффективности организации высокоскоростных железнодорожных перевозок. Значимое влияние на развитие подобных технологий оказывают достижения в области беспроводной связи и передачи данных, позволяющие обрабатывать информацию на



Таблица 3

Комплексный оперативный мониторинг состояния подвижного состава и инфраструктуры высокоскоростного движения

CR (Китай)	 中国国家铁路集团有限公司 CHINA RAILWAY	Технологии комплексного оперативного мониторинга состояния подвижного состава и инфраструктуры высокоскоростного движения с использованием спутниковых и геоинформационных технологий	
CR совместно с китайской телекоммуникационной компанией Huawei апробируют платформенную систему, функционирующую по принципам промышленного интернета, на железнодорожном пути «Пекин-Тяньцзинь»: планируется оборудование наиболее затруднённых участков системами беспроводной передачи данных LTE от компании Huawei и их последующая интеграция с сенсорными модулями и метками радиочастотной идентификации.			
УГТ8 (Верификация технологии/пилотирувание)			
Функционал	Применение алгоритмов машинного обучения и предиктивной аналитики позволяет проводить сценарное моделирование в целях прогнозирования ошибок и неисправностей для планирования технического обслуживания и ремонта подвижного состава и инфраструктурных объектов.		
Эффекты	<ul style="list-style-type: none"><li>• повышение уровня безопасности железнодорожного движения;</li><li>• повышение качества обслуживания;</li><li>• повышение производительности труда;</li><li>• снижение стоимости жизненного цикла подвижного состава и инфраструктурных объектов.</li></ul>		
Аналогичные кейсы			

высоких скоростях. В таблице 4 представлен кейс использования технологий имитационного моделирования взаимодействия подвижного состава и инфраструктуры высокоскоростного движения для обеспечения энергоэффективности и безопасности.

РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ЕДИНОМ ТРАНСПОРТНОМ И ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Информационные системы и платформенные решения, интегрирующие различные базы данных и предоставляющие условия для организации перевозок с применением различных категорий транспорта, оказывают существенное влияние в целом на транспортную отрасль. Подобные технологические решения в значительной степени ускоряют процессы организации, бронирования и отслеживания в рамках осуществления перевозок. Элементы сенсорики в совокупности с технологиями беспроводной связи и промышленного интернета позволяют в режиме реального времени осуществлять мониторинг актуального состояния и статуса всех элементов транспортной экосистемы.

Указанные технологии являются критическими для различных сегментов транспортной отрасли, включая железнодорожные перевозки. В частности, особое внимание уделяется процессам развития и внедрения единых информационно-коммуникационных систем управления процессами перевозок (таблица 5).

В процессе внедрения подобных систем реализуются процессы автоматизации и упрощения диспетчерской работы, благодаря которым повышаются скорость обработки запросов, точность анализа поступающей информации и безопасность управления процессами перевозок [19].

УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ, БЕЗОПАСНОСТЬЮ, РИСКАМИ И НАДЁЖНОСТЬЮ НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА И ИНФРАСТРУКТУРЫ

Ведущие компании-перевозчики на регулярной основе совершенствуют существующие системы управления, непосредственно связанные с управлением и мониторингом безопасности и надёжности железнодорожных перевозок. Исследования и разработки более совершенных

Таблица 4

Имитационное моделирование взаимодействия подвижного состава и инфраструктуры высокоскоростного движения

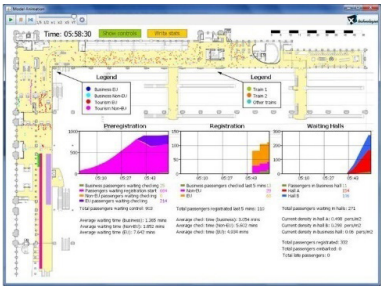
SNCF (Франция)			Технологии имитационного моделирования взаимодействия подвижного состава и инфраструктуры высокоскоростного движения для обеспечения энергоэффективности и безопасности
<p>«SNCF Gares&amp;Connexions» поручила своей дочерней компании AREP и фирме EMSYSS, занимающейся консалтингом в области имитационного моделирования, разработать модель для оптимизации использования терминала «Transmanche» северного вокзала Парижа. Техническая реализация модели легла на компанию AnyLogic. Основной целью проекта являлось сокращение времени ожидания в точках контроля пассажиров. Разработанная и внедрённая модель позволяет оценивать возможные затруднения в подобных зонах и предлагать различные сценарии их предотвращения.</p>			
УГТ9 (Внедрение технологии в производство)			
Функционал	Моделирование различных процессов в зонах контроля терминала стало возможным благодаря уникальным техническим и функциональным свойствам программного обеспечения компании AnyLogic. Моделирование подобных процессов позволяет найти решение для такой задачи, как оптимизация затрат на использование терминала при одновременном улучшении качества обслуживания пассажиров		
Эффекты	<ul style="list-style-type: none"><li>• повышение качества обслуживания;</li><li>• повышение безопасности перевозок.</li></ul>		
Аналогичные кейсы			

Таблица 5

Единая информационно-коммуникационная система управления перевозочным процессом

DB (Германия)			Единые информационно-коммуникационные системы управления процессом перевозок
<p>Система планировщика маршрутов TER предназначена для упрощения краткосрочного планирования графика. Она представляет собой интеллектуальную комплексную систему управления железнодорожной сетью, функционирующую с применением различных цифровых технологий, включая большие данные, облачные вычисления, искусственный интеллект и т.д.</p> <p>УГТ9 (Внедрение технологии в производство)</p>			
Функционал		Внедрение данной системы обеспечивает операторов поездов быстрыми решениями в ответ на запросы машинистов и позволяет оперативно предоставлять информацию о предполагаемом времени транзита.	
Эффекты		<ul style="list-style-type: none"><li>• повышение уровня безопасности железнодорожного движения;</li><li>• повышение качества обслуживания;</li><li>• снижение стоимости жизненного цикла подвижного состава и инфраструктурных объектов</li></ul>	
Аналогичные кейсы			

технологических решений ведутся научными институтами и R&D-подразделениями постоянно. В рамках указанного направления научно-технологического развития в число критических технологий входят комплексные системы поддержки принятия управленческих решений по обеспечению требований надёжности и безопасности функционирования тех-

нических средств на железнодорожном транспорте.

Большинство передовых железнодорожных компаний акцентирует своё внимание на вопросах применения системы контроля и ремонта технических средств по фактическому состоянию исходя из прогнозирования их эксплуатационного ресурса на основе предик-





Таблица 6

Многофункциональная система контроля технических средств по фактическому состоянию

NR (Великобритания)		БПЛА для мониторинга состояния инфраструктуры	
NR использует дронов для оценки состояния железнодорожного полотна и повышения скорости и эффективности поиска повреждённых участков.			
УГТ8 (Верификация технологии/пилотирование)			
Функционал	Установленные на применяемых дронах камеры обладают углом обзора 360°		
Эффекты	<ul style="list-style-type: none"><li>• повышение уровня безопасности железнодорожного движения;</li><li>• оптимизация процессов технического обслуживания и ремонта;</li><li>• повышение производительности труда.</li></ul>		
Аналогичные кейсы			

Таблица 7

Автоматизированный тяжеловесный подвижной состав

RioTinto	RioTinto	Автономный грузовой тяжеловесный подвижной состав
<p>Концерн RioTinto в рамках реализации программы AutoHaul (автоматизация поездов, перевозящих железную руду) успешно внедрил полностью автоматизированный дальнемагистральный тяжеловесный подвижной состав в регионе Пилбара (Западная Австралия), осуществляющий грузовые перевозки в режиме автопилотирования.</p> <p>УГТ9</p>		
Функционал	Подвижной состав, состоящий из трёх локомотивов, перевозит 28 тыс. т железной руды на дистанцию более 280 км. Локомотивы оснащены бортовыми камерами, позволяющими осуществлять непрерывный мониторинг за движением поезда из центра управления.	
Эффекты	<ul style="list-style-type: none"><li>• повышение уровня безопасности железнодорожного движения;</li><li>• снижение стоимости жизненного цикла подвижного состава и инфраструктурных объектов;</li><li>• повышение производительности труда.</li></ul>	
Аналогичные кейсы	—	

тивного моделирования [20]. В частности, развиваются технологии мониторинга с применением беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА) (таблица 6).

ОРГАНИЗАЦИЯ ГРУЗОВОГО ТЯЖЕЛОВЕСНОГО ДВИЖЕНИЯ

Одним из перспективных направлений развития железнодорожной отрасли является организация грузового тяжеловесного движения, предполагающее применение как модифицированных технических решений, так и информационных технологий. Одним из мировых лидеров в области тяжеловесных железнодорожных перево-

зок является горнодобывающая компания RioTinto, эксплуатирующая полностью автоматизированный тяжеловесный подвижной состав, функционирующий с применением технологий автоведения (таблица 7).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ведущие зарубежные железнодорожные компании в рамках своей деятельности разрабатывают и применяют различные критические цифровые технологии, которые могут быть систематизированы по ключевым группам цифровых решений, при этом большинство технологий и решений обладает междисциплинарным характером.



**Рис. 3. Критические цифровые технологии железнодорожной отрасли, разрабатываемые и/или применяемые в ведущих зарубежных компаниях.**

Следует выделить ряд наиболее востребованных критических цифровых решений, применяемых в железнодорожной отрасли:

- технологии интернета вещей для диагностики состояния подвижного состава и инфраструктуры и предиктивной аналитики с целью повышения эффективности технического обслуживания и содержания;
- машинное зрение для обнаружения различных препятствий и аварий на пути следования подвижного состава вдоль железнодорожного полотна;
- технологии больших данных для оптимизации железнодорожной сети;
- чат-боты для повышения качества обслуживания пассажиров и улучшения потребительского опыта;
- цифровизация (автоматизация) операционных и бизнес-процессов, включая:
  - а) облачную инфраструктуру управления железнодорожной сетью и инфраструктурными объектами;
  - б) автоматизацию управления и обслуживания подвижных составов;
- цифровизация контейнерных грузовых перевозок;
- процедурные тренажёры для обучения сотрудников компании, включая машинистов.

На рис. 3 представлены наиболее востребованные критические цифровые технологии, способные в средне- и долгосрочной перспективе кардинально изменить железнодорожную отрасль [16; 17; 21–23]. Большинство подобных решений соответствует парадигме цифровой трансформации деятельности компаний, а также новым и перспективным рынкам с высокой долей добавленной стоимости, в том числе рынкам НТИ.

Указанные критические цифровые решения характеризуются следующими параметрами:

- применение «сквозных» цифровых технологий;
- автоматизация производственных и бизнес-процессов;
- повышение надёжности и безопасности;
- повышение операционной эффективности деятельности.

В условиях сокращённого технологического цикла перечень прорывных, потенциально критических и критических цифровых технологий постоянно обновляется. Указанный факт определяет необходимость проведения регулярного мониторинга и совершенствования эффективности организации



технологической (инновационной) деятельности железнодорожных компаний в целях сохранения ими ведущих позиций по уровню конкурентоспособности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Fagerberg, J. Technology and competitiveness. Oxford review of economic policy, 1996, Vol. 12, Iss. 3, pp. 39–51. DOI: 10.1093/oxrep/12.3.39.
2. Louvet, J. P. Les principaux résultats de l'étude «Technologies clés 2005». Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie de la République Française, Paris, 2000. [Электронный ресурс]: [https://archives.entreprises.gouv.fr/2012/www.industrie.gouv.fr/infopres/presse/si\\_tech3.html](https://archives.entreprises.gouv.fr/2012/www.industrie.gouv.fr/infopres/presse/si_tech3.html).
3. Rapport public. Technologies clés 2010. Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie de la République Française, Direction générale des Entreprises, 2006. [Электронный ресурс]: <https://www.vie-publique.fr/rapport/28624-technologies-cles-2010>.
4. Rapport public. Technologies clés 2015. Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie de la République Française, 2011. [Электронные ресурсы]: <https://www.viepublique.fr/rapport/31652-technologies-cles-2015>; <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/114000139.pdf>.
5. Соколов А. В. Метод критических технологий // Форсайт. – 2007. – Т. 1. – № 4. – С. 64–74.
6. Шашнов С. А., Позняк А. Ю. Научно-технологические приоритеты для модернизации российской экономики // Форсайт. – 2011. – Т. 5. – № 2. – С. 48–56.
7. Данилин И. В., Мамедяров З. А., Кобринская И. Я. Прогнозирование технологических тенденций на основе социально-экономических факторов // М.: Национальный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений им. Е. М. Примакова Российской академии наук, 2016. – 21 с. [Электронный ресурс]: <https://www.imemo.ru/files/File/ru/Projects/ONI/2016/2016-DYNKIN-REP-RFFI-001.pdf>. Доступ 21.10.2019.
8. Бойченко А. В., Корнеев Д. Г., Казаков В. А., Лукинова О. В. Инжиниринг предприятий на основе технологий интернета вещей // Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИП&УЗ-2017): Сб. науч. трудов XX юбилейной Всероссийской научной конференции. 26–28 апреля 2017 г. / Под науч. ред. Ю. Ф. Тельнова: в 2 т. – М.: РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2017. – Т. 1. – 452 с. – С. 218–224.
9. Кононов В. Н., Замбрицкая Е. С., Дема Р. Р., Харченко М. В. Управление жизненными циклами промышленных технологий // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». – 2018. – № 1. – С. 76–87. – DOI: 10.25513/1812-3988.2018.1.76-87.
10. 5 Trends Emerge in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018. [Электронный ресурс]: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018>. Доступ 29.07.2019.
11. 5 Trends Appear on the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2019. [Электронный ресурс]: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-appear-on-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2019/>. Доступ 14.10.2019.
12. Hartmann, B., King, W. P., Narayanan, S. Digital manufacturing: The revolution will be virtualized. McKinsey Quarterly, Aug. 2015. [Электронный ресурс]: <https://www.mckinsey.com/business-functions/>

operations/our-insights/digital-manufacturing-the-revolution-will-be-virtualized. Доступ 21.10.2019.

13. Industry 4.0: Building the digital enterprise. 2016 Global Industry 4.0 Survey [Электронный ресурс]: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4-0/landing-page/industry-4-0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>. Доступ 14.10.2019.

14. Nyikes, Z., Tokody, D., Kovács, T. In situ testing of rail damages in accordance with Industry 4.0. Journal of Physics: Conference Series, IOP Publishing, 2018, Vol. 1045, Iss. 1, p. 012032. DOI: 10.1088/1742-6596/1045/1/012032.

15. Гринин В. Н., Доенин В. В., Панищев В. С., Бысов И. Д. Нейронная сеть для прогнозирования нагрузок энергопотребления сортировочного узла // Мир транспорта. – 2019. – Т. 17. – № 3. – С. 6–15. – DOI: 10.30932/1992-3252-2019-17-3-6-15.

16. Розенберг Е. Н., Дзюба Ю. В., Батраев В. В. О направлениях развития цифровой железной дороги // Автоматика, связь, информатика. – 2018. – № 1. – С. 9–13.

17. Розенберг Е. Н., Коровин А. С. Глобальные тренды развития интеллектуальных транспортных систем // Автоматика, связь, информатика. – 2018. – № 12. – С. 14–19.

18. Wang, Y., De Schutter, B., Boom van den, T., Ning, B. Optimal trajectory planning for trains under a moving block signaling system. Proceedings of the 2013 European Control Conference, Zurich, Switzerland, 2013, pp. 4556–4561.

19. Розенберг Е. Н., Батраев В. В. Инновационное развитие систем интервального регулирования // Автоматика, связь, информатика. – 2018. – № 7. – С. 5–9.

20. Розенберг Е. Н., Коровин А. С. Управление функциональной безопасностью железнодорожного транспорта // Бюллетень Объединённого учёного совета ОАО РЖД. – 2018. – Т. 3. – С. 23–35.

21. Asaul, A., Malygin, I., Komashinskiy, V. The project of intellectual multimodal transport system. Transportation Research Procedia, Vol. 20, 2017, pp. 25–30. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.006.

22. Consortium for ITS Training and Education (CITE). [Электронный ресурс]: <http://www.citeconsortium.org/partners/resources/>. Доступ 21.10.2019.

23. Intelligent Transportation Systems (ITS) Professional Capacity Building (PCB) Strategic Plan, 2017–2021. [Электронный ресурс]: [https://www.pcb.its.dot.gov/strategic\\_plan/toc.aspx](https://www.pcb.its.dot.gov/strategic_plan/toc.aspx). Доступ 21.10.2019. ●

## Благодарности

Авторы выражают признательность коллегам, принимавшим участие в исследованиях, результаты которых были использованы при подготовке данной статьи: Белошицкому Алексею Валерьевичу, магистру по направлению «Экономика», заместителю директора Центра хранения и анализа больших данных МГУ имени М. В. Ломоносова; Буровой Анастасии Сергеевне, магистру по направлению «Физика наностистем», инженеру лаборатории биоорганической структуры ФНИЦ «Кристаллография и фотоника»; Ракову Дмитрию Александровичу, магистру по направлению «Экономика», 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; Титовой Юлии Александровне, магистру по направлению «Менеджмент», ведущему специалисту Центра хранения и анализа больших данных МГУ имени М. В. Ломоносова.