

# Цифровая экономика и Цифровая железная дорога



**Е. Н. Розенберг,**  
д.т.н., профессор,  
первый заместитель  
генерального директора  
АО «Научно-иссле-  
довательский и проектно-  
конструкторский инсти-  
тут информатизации,  
автоматизации  
и связи на железнодо-  
рожном транспорте»  
(АО «НИИАС»)



**В. И. Уманский,**  
д.т.н.,  
заместитель  
генерального  
директора  
АО «НИИАС»



**Ю. В. Дзюба,**  
руководитель  
Центра  
стратегического  
анализа  
и развития  
АО «НИИАС»

Цифровая железная дорога (ЦЖД) является одним из следствий появления цифровой экономики, которая получила рождение после четвертой информационной революции, называемой также цифровой революцией. Однако в настоящее время этот термин имеет новое толкование, связанное с влиянием сетевой экономики на бизнес и производство.

Цифровая экономика — это программа на 2016–2020 гг., предусматривающая осуществление ряда мероприятий, стимулирующих внедрение информационно-телекоммуникационных технологий в большинство экономических секторов России. В новой трактовке отмечают три компонента методологии «Цифровая экономика» [1]: информационную инфраструктуру электронного бизнеса, сетевой электронный бизнес, электронную коммерцию. Все эти компоненты также входят и в концепцию «Цифровая железная дорога» (ЦЖД).

Сегодня цифровую экономику оценивают в три триллиона долларов [2]. Эта стоимость сформировалась с момента запуска Интернета. Доминирующая компонента современной экономики заключается в работе с данными и использованием информационно-коммуникационных систем для про-

изводства и управления. Цифровая экономика усиливает этот компонент сетевыми технологиями. В современной экономике компании цифрового сектора выходят на первый план и становятся точками инновационного роста, обеспечивающими всю экономику цифровым ресурсом. Отсюда влияние цифровой экономики распространяется на всю экономику, в том числе на сферу железнодорожного транспорта.

За рубежом ЦЖД — это порождение цифровой экономики, или интернет-экономики, в которой аспект коммуникации и сетевидного управления является доминирующим (рис. 1). Национальные проекты «Цифровая железная дорога» затрагивают ряд коммуникационных направлений: национальные широкополосные сети, электронный бизнес, электронную коммерцию, информационную экономику, экономику знаний, управление знаниями и рынком знаний,

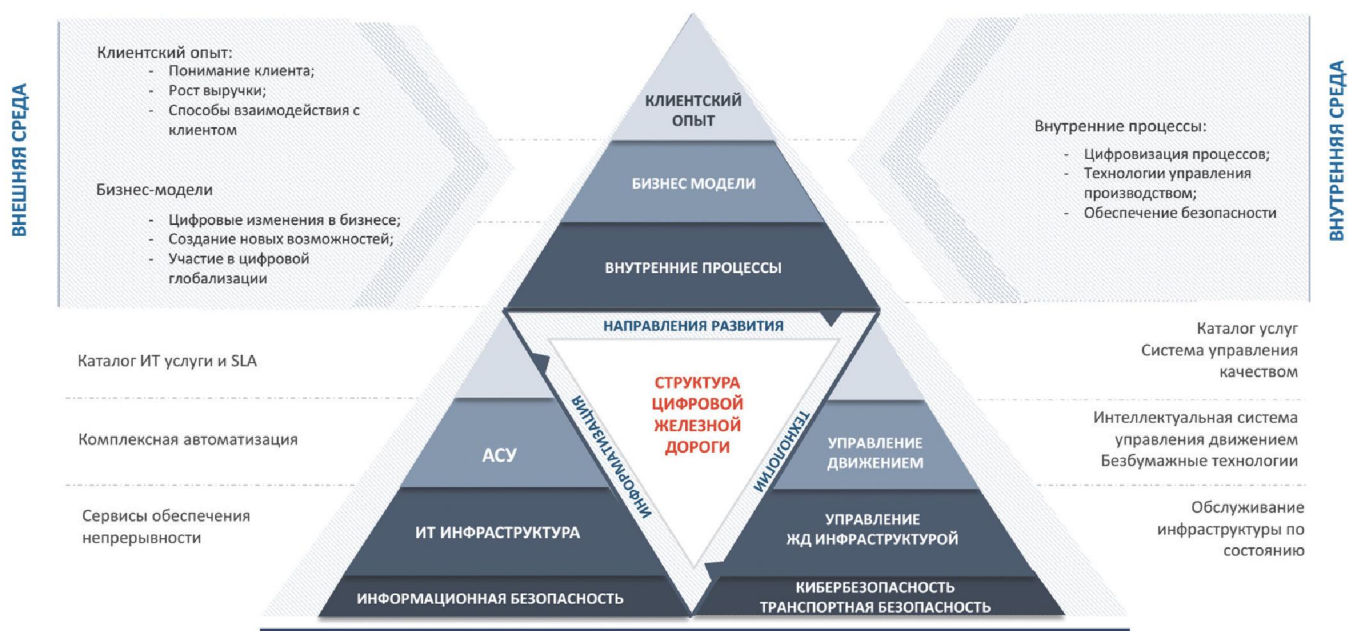


Рис. 1. Структура цифровой железной дороги

виртуальную экономику и экономику цифровизации (digitization economics).

### Полисемия проекта «Цифровая железная дорога»

Толкование содержания понятия «цифровая железная дорога» зависит от множества факторов, важнейший из которых — масштаб. Например, модель ЦЖД английского варианта не отвечает всем требованиям Российских железных дорог. Великобритания — небольшая страна, и структурная сложность ее железных дорог сопоставима со структурной сложностью железной дороги на территории Московской области. Условия Сибири, Крайнего севера, горные условия требуют дополнительных исследований и технических решений. Поэтому допустимы разные подходы к трактовке содержания ЦЖД.

По мнению авторов, ЦЖД включает в себя интеллектуальные и коммуникационные технологии, используемые для управления движением поездов и трафиком в железнодорожной сети. Такой подход позволяет увеличить пропускную способность, надежность и безопасность транспортной сети.

Основным стандартом внедрения Цифровой железной дороги является Европейская система управления железнодорожным движением (ERTMS), включающая Европейскую систему управления поездом (ETCS) и мобильные сети GSM-R для обеспечения связи между поездами и радиоблоками [3]. Идеи блокового управления высокоскоростным транспортом развиваются в НИИАС как методы интегрального управления [4].

Существуют точки зрения, в которых ЦЖД рассматривается как целостная информационная модель [5]. Такое упрощенное понимание допустимо при теоретическом анализе и недопустимо при практической реализации. Альтернативой такому упрощению в работе [6] рассматривается цифровая железная дорога как новая интегрированная железнодорожная информационная система, т. е. система противопоставляется модели. Данная ЦЖД-система использует набор информационных моделей: инфраструктуры, объектов транспорта и окружающей среды. Система использует геоданные, данные глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС), технологии распределенного управления, технологии мобильной связи, виртуальные технологии (рис. 2).

В работе [6] вводится понятие «ключевые технологии» и «ключевые стандарты цифровой железной дороги». В качестве системы поддержки разработана специальная геоинформационная система (ГИС) для задач ЦЖД.

### Концепции и требования ЦЖД

По мнению авторов, в проекте «Цифровая железная дорога» должны быть применены принципиально инновационные технологии по сравнению с существующим управлением. При этом важным фактором является информационная совместимость существующих и новых разрабатываемых систем. С точки зрения перспективы необходимо применять интеллектуальные технологии и системы. Стратегия единой транспортной политики [7] служит основой проекта «Цифровая железная дорога». Формирование его архитектуры производится с учетом стратегии, существующего опыта автоматизации, определения имеющихся и требуемых ресурсов. На основе проведенных исследований сформулируем следующее определение ЦЖД.

С организационных позиций цифровая железная дорога — это совокупность бизнес-моделей, транспортных услуг и средств их автоматизации, объединенных едиными принципами цифровизации всех физических активов и процессов холдинга РЖД, и их интеграция в мировую экосистему перевозок. Термин «цифровизация» является синтезом технологий цифровой экономики и развитием методов цифрового моделирования на транспорте [8]. Технология цифровизации близка к понятию технологии интернет-вещей [9].

С технологических позиций цифровую железную дорогу можно определить как совокупность цифровых технологий и методов описания инфраструктуры, подвижного состава, перевозочного процесса и базирующихся на них технологий управления движением, обеспечения безопасности и содержания инфраструктуры, которые ориентированы на достижение принципиально новых автоматизированных методов планирования, диспетчерского управления движением, ресурсами и обслуживания пассажиров. Базой цифрового моделирования являются цифровые динамические модели как основа управления подвижными объектами [10].

Используя ресурсы холдинга РЖД, можно определить требования к проек-

ту. Цифровая железная дорога должна охватывать все аспекты деятельности Холдинга. С точки зрения цифровизации функционирование ЦЖД может быть сгруппировано по основным направлениям:

- клиентский опыт и клиентоориентированность;
- цифровые методы управления и производства, а также обеспечение комплексной безопасности;
- электронный бизнес и участие в цифровой глобализации.

Данные направления предъявляют каждое свои требования. При общей реализации проекта «Цифровая железная дорога» основные преимущества внедрения могут быть получены только при тотальной цифровизации технологий. В качестве ключевых технологических операций следует выделить управление инфраструктурой, управление движением и комплексное обеспечение безопасности.

Для каждого из перечисленных направлений цифровой железной дороги формулируются свои цели. Так, в направлении «клиентский опыт» основной целью является увеличение выручки за счет лучшего понимания клиентов и решения социальных задач обслуживания разных категорий пассажиров. Инструментом достижения цели этого направления является интеграция технологий мобильной связи, управления коммуникациями и сервисами с ориентированием на клиента. Эти технологии будут способствовать увеличению пассажиропотока, удобству и качеству работы грузоотправителей.

Для направления «цифровые методы» главными целями становятся повышение оперативности, снижение транзакционных затрат, повышение уровня безопасности, включая снижение антропогенного фактора. Здесь инструментами достижения цели являются:

- комплексная автоматизация и интеллектуализация планирования и диспетчерского управления на основе разнообразных цифровых моделей, интернета вещей, широкополосных систем связи;
- автоматизированное управление подвижным составом на основе технологий ГНСС и контроля объектов в реальном масштабе времени;
- автоматизированные методы диагностики пути и технических средств на базе методологии УРРАН [11];
- модернизация технологий проек-



тирования, строительства и эксплуатации объектов инфраструктуры в едином информационном пространстве для обеспечения проектного положения пути;

- управление имуществом, ресурсами и финансовой деятельностью с применением единого цифрового описания инфраструктуры.

Для направления «электронный бизнес» основной целью является создание электронных технологий для холдинга РЖД и его интеграция в глобальную систему перевозок. Основными инструментами в этом направлении являются:

- электронизация услуг и сервисов РЖД и управление качеством на основе цифровых технологий, сквозная интеграция со всеми участниками перевозочного процесса;

- целостность и системность: целостность означает полный охват электронными и цифровыми технологиями всех видов деятельности Холдинга, системность — применение системного подхода при обработке информации обо всех событиях и технологических процессах РЖД.

Важным понятием современной цифровой экономики являются ключевые показатели и центры ответственности. В проекте ЦЖД ключевыми показателями цифровой железной дороги являются комплементарные между собой ресурсы (рис. 3): интегрированная модель перевозочного процесса, подвижного состава, инфраструктуры ОАО «РЖД» и технологии работы, реализованные в интеллектуальной системе управления железнодорожным транспортом (ИСУЖТ); интегрированная модель пространственных данных КСПД ИЖТ [12], включающая в себя цифровую модель пути [8], 3D-модели инфраструктуры, координатную систему и реализацию BIM; согласованная система нормативно-справочной информации, реализованная в ЦНСИ; гармонизированная система электронных карт безопасности, объединенных в рамках ЕГИС ТПС; согласованные подходы в системах управления движением и автоведения.

При внедрении современных технологий типа BigData, IOT и Blockchain должно учитываться отсутствие массового опыта их применения в сложных производственных условиях железных дорог, что может повлечь технологические и информационные риски безопасности движения. В связи с этим при выборе базовой



Рис. 2. Основные предметные области применения спутниковых и геоинформационных технологий в Цифровой железной дороге

платформы для реализации ЦЖД необходимо уделить существенное внимание выделению центров ответственности. В каждом направлении цифровой железной дороги необходимо определить назначение внедряемых технологий: информационная поддержка либо управляющее воздействие. В связи с этим необходимо согласовывать взаимодействие разных технологий для снижения безопасности в центрах ответственности и не создавать новые типы угроз и уязвимостей. Это влечет повышенное внимание к безопасной функциональной архитектуре цифровой железной дороги. Система безопасности не только включает в себя обычные методы защиты передачи данных, но и обеспечивает кибербезопасность в целом.

### Технологические решения ЦЖД

Реализация проекта подразумевает перечень технологических решений, определяющих системную основу национального проекта «Цифровая железная дорога». Технологические решения соответствуют функциональным и технологическим задачам проекта.

Главной основой технологических решений ЦЖД является развитие интеллектуальной системы управления железнодорожным транспортом (ИСУЖТ) [12]. Она ориентирована на комплексную автоматизацию основных процессов планирования и диспетчерского управления перевозочным процессом, а также на управление знаниями, и применяет онтологическую модель элементов инфраструктуры и технологических процессов.

ИСУЖТ осуществляет автоматизированный сбор первичной информации о состоянии перевозочных процессов: скорости, веса, местоположении локомотивов и поездов, текущем состоянии систем СЦБ, дислокации и состоянии вагонов, техническом состоянии подвижного состава и средств автоматизации. После обработки и интеграции первичной информации в интегрированную информационную основу она становится базой для автоматизированного принятия решений и выработки управляющих воздействий.

В сущности ИСУЖТ реализует технологии интернета вещей в масштабах всей железной дороги. Она содержит информацию и управляет миллионами технических средств, связанных между собой цифровыми сетями. Основная задача системы — повышение качества за счет интеграции и оперативной обработки задач планирования и выработки принимаемых решений. Система оптимизирует управление на значительных полигонах интеллектуальными планировщиками конкретных технологических процессов.

В программно-технические комплексы ИСУЖТ имплементированы средства киберзащиты как внешнего, так и внутреннего контуров. Это решает задачи информационной и кибербезопасности. Платформой реализации проекта являются доверенные вычислительные комплексы и сформированная под ЦЖД онтология.

Второй основой технологических решений ЦЖД выступает автоматизация проектных и ремонтных работ для

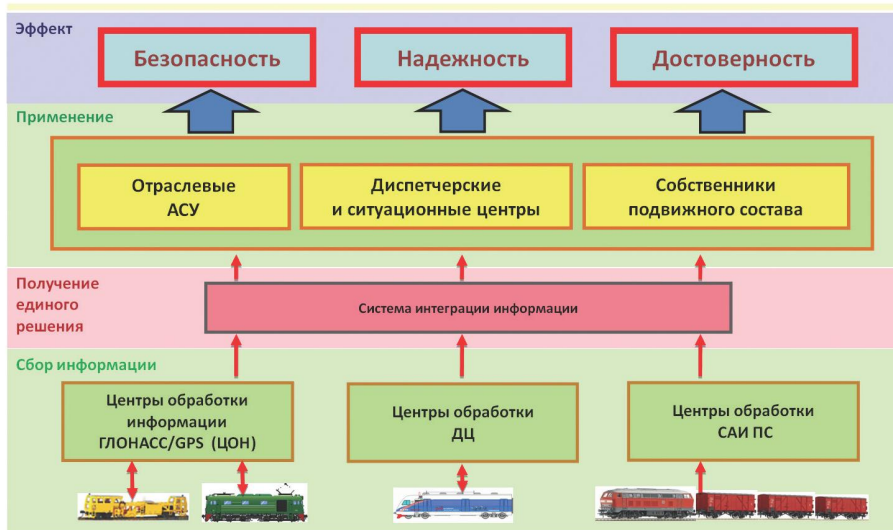


Рис. 3. Единое интеграционное решение. Цифровая железная дорога

координатного содержания пути, опирающиеся на применение Комплексной системы пространственных данных инфраструктуры железнодорожного транспорта (КСПД ИЖТ) [12], включающей в себя цифровую модель пути. Технология ориентирована на определение геометрических параметров объектов инфраструктуры: автоматизированный расчет габаритов приближения, геометрические параметры контактного провода, видимость переездов, автоматизация процесса постановки пути в проектное положение.

Третьей основой технологических решений ЦЖД является технология реализации режимов «Автоведение» и «Автомашинист», обеспечивающих существенные изменения в работе станций, МЦК, пригородного сообщения, пассажирского и грузового движения. Реализация этих технологических решений интегрирует технологии, определяющие содержание проекта «Цифровая железная дорога». В качестве составляющих интегрированной технологии следует отметить 3D-модели пути и инфраструктуры, автоматическое распознавание наличия помех движению, автоматизацию принятия решений с замещением машиниста, информационно-управляющую связку локомотива и датчиков состояния и движения. Средствами режимов «Автоведение» и «Автомашинист» реализуется система автоматического управления движением, включающая автоматическую установку маршрутов.

Для повышения оперативности и качества принятия решений на местах предлагается четвертое технологическое решение — применение мобиль-

ных рабочих мест в задачах управления тяговым хозяйством, содержания пути, реализация которых предполагает использование геоинформационной платформы, защищенных каналов связи, технологий ИОТ и технологий КСПД ИЖТ.

Пятое технологическое решение реализации проекта ЦЖД строится на применении комплексных систем учета и анализа отказа технических средств и нарушений технологии КАСАНТ/КАСАТ [12]. Это технологическое решение реализует согласованную классификацию объектов и технологии BigData для факторного анализа данных.

Шестое решение основано на интеграции диагностических данных, получаемых на постах комплексного контроля состояния подвижного состава от средств акустического, теплового, динамического, оптического контроля с привязкой результатов к вагонной модели и с прогнозом развития дефектов. Эти системы контроля технического состояния подвижного состава в процессе движения определяют ряд важных факторов: динамические нагрузки на рельсы, контроль температуры нагрева буксы, динамические характеристики движения вагона. Информация, собранная по всему вагонному парку, является примером комплекса больших данных и требует применения технологий BigData.

Седьмое технологическое решение включает комплекс стандартов ОАО «РЖД» «Управление ресурсами, рисками и надежностью на этапах жизненного цикла (УРРАН)» [11].

Восьмое решение, как и в зарубежных аналогах, основано на создании специализированной геоинформаци-

онной системы РЖД. Она включает комплексное применение геоданных и спутниковых технологий. ГИС обеспечивает сбор и обработку геоданных об инфраструктуре и подвижном составе, координирует объекты РЖД в единой координатной системе. Специализированная ГИС задает единую топологию сети железных дорог в привязке к государственным системам координат и специальной местной железнодорожной системе координат, зарегистрированной в Росреестре и не имеющей режимных ограничений. ГИС РЖД полностью гармонизирована с действующей системой ЦНСИ ОАО «РЖД» и имеет утвержденные схемы информационно-коммуникационного взаимодействия с уполномоченными центрами федеральных органов исполнительной власти, включая Министерство обороны и МЧС России, АСУ ТК Минтранса России, а также с функциональными АСУ частных организаций холдинга.

Девятое решение опирается на существующие и проверенные опытом средства автоматизации управления движением. Это устройства интервального регулирования и обеспечения безопасности движения поездов, в том числе системы автоматической и полуавтоматической блокировки. Это системы виброакустических методов контроля местоположения поезда по волоконно-оптическому кабелю и бортовые устройства безопасности, интегрирующие данные напольных устройств и средств диагностики локомотивов на основе технологии ИОТ. Система включает также программно-аппаратные бортовые комплексы обеспечения безопасности движения и маневровой работы — БЛОК, МАЛС, СОБ-400 [12], использующие электронную карту и навигационное определение объекта.

Десятое технологическое решение реализации проекта ЦЖД основано на применении имитационного моделирования работы полигонов. Моделирование предотвращает риски и повышает надежность. Оно также выявляет непредвиденные нештатные ситуации. Это моделирование основано на пространственно-координатной имитационной модели полигонов, включающей детализированные модели станций, и учитывает реальные технологии работы и взаимодействия со средствами СЦБ при моделировании перевозочного процесса.





### ЦЖД как объективная необходимость

Цифровая железная дорога как феномен неразрывно связана с цифровой экономикой и взаимодействует с ней. Современный проект ЦЖД является интегрированным информационно-технологическим комплексом, объединяющим многие достижения науки и техники. По сравнению с существующими проектами он обладает максимальной сложностью, что является барьером при его формировании. Масштабность проекта требует обязательного привлечения технологий обработки «больших данных» и интеллектуального анализа данных.

С другой стороны, ЦЖД есть объективная необходимость развития железнодорожного транспорта. Работа над проектом консолидирует усилия по совершенствованию не только железнодорожной системы, но и единой транспортной системы Российской Федерации. Общая идеология построения ЦЖД основана на внедрении технологии интернет-вещей в сферу транспорта и развития технологий интеллектуального управления транспортным комплексом. ■

### Литература

1. Mesenbourg T. L. Measuring the Digital Economy. U.S. Bureau of the Census. 2001.
2. Семячков К. А. Цифровая экономика и ее роль в управлении современными социально-экономическими отношениями // *Соврем. технологии управления*. 2017. № 8 (80). Ст. № 8001. URL: <http://sovman.ru/article/8001>.
3. Иманкул М. Н. Актуальные способы повышения эффективности использования радиочастотного спектра // *Sci. World*. 2013. С. 42–49.
4. Цветков В.Я. Интегральное управление высокоскоростной магистралью // *Мир транспорта*. 2013. № 5 (49). С. 6–9.
5. Куприяновский В. П. и др. Цифровая железная дорога – целостная информационная модель как основа цифровой трансформации // *Int. J. Open Inform. Technol*. 2016. Т. 4, №. 10. С. 32–42.
6. Shi T. Y., Wangy J., Li P. Research on digital railway system architecture // *J. Transp. Systems Eng. Inform. Tech*. 2010. Vol. 10. P. 29–33.
7. Розенберг И. Н. О единой транспортной политике в сфере железнодорожного транспорта // *Славянский форум*. 2015. № 3 (9). С. 244–250.
8. Куприянов А. О. Цифровое моделирование железнодорожного пути // *Образовательные ресурсы и технологии*. 2016. № 3 (15). С. 104–114.
9. Дешко И. П., Кряженков К. Г., Цветков В. Я. Устройства, модели и архитектуры Интернета вещей. М.: МАКС Пресс, 2017. 88 с.
10. Розенберг И. Н., Цветков В. Я. Создание динамической пространственно-временной модели управления железной дорогой // *Геодезия и картография*. 2010. № 8. С. 48–51.
11. Гапанович В. А. и др. Внедрение методологии УРРАИ в хозяйстве АТ // *Автоматика, связь, информатика*. 2012. № 4. С. 12–15.
12. Розенберг И. Н. Основные направления развития ОАО «НИИАС». Прошлое, настоящее, будущее // *Тр. V науч.-техн. конф. с междунар. участием «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование. ИСУЖТ-2016»*. М.: ОАО НИИАС, 2016. С. 3–8.