



Цифровая железная дорога: принципы и технологии



Борис ЛЁВИН
Boris A. LYOVIN

Виктор ЦВЕТКОВ
Victor Ya. TSVETKOV



Лёвин Борис Алексеевич – доктор технических наук, профессор, ректор Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

Цветков Виктор Яковлевич – доктор технических наук, профессор, заместитель руководителя центра стратегического анализа и развития НИИАС, Москва, Россия.

**Digital Railway:
Principles and Technologies**
(текст статьи на англ. яз. – English text of
the article – p. 57)

Статья посвящена исследованию цифровой железной дороги как сложной технико-технологической системы, имеющей связь с цифровой экономикой. Показаны основные технологические компоненты цифровой железной дороги. Описаны принципы блокового управления, принципы радионаблюдения, взаимозависимости цифровой логистики и цифровой железной дороги. Подчёркиваются роль киберфизических систем в развитии цифровой железной дороги, перспективы цифровизации в обеспечении безопасной автоматизации и бесшовной интеграции всех видов транспорта.

Ключевые слова: транспорт, управление, цифровая железная дорога, сложные системы, цифровая экономика, цифровая логистика, цифровые модели, блоковое управление.

Цифровые технологии перестраивают многие отрасли промышленности, включая бизнес, транспорт и логистику [1]. Цифровая железная дорога является одним из следствий появления цифровой экономики. При этом следует отметить терминологическую особенность.

Термины «цифрование», «дигитализация», «цифровизация» соответствуют английскому digitalization. В России термин «дигитализация» стандартизован в ГОСТ Р 52438-2005. В цифровой экономике применяют термин digitization, который буквально означает «отцифровка». Однако в области экономики и транспорта у него другой русский эквивалент, нестандартизованный термин «цифровизация». С точки зрения лингвистики это неправильно, но с технологической допустимо и оправданно. Допустимость обусловлена тем, что классическая дигитализация связана с получением дискретной информации для обработки её на компьютере и хранении в базе данных. То есть довольно простое и узкое понятие.

Цифровизация в первоисточнике имеет более широкое значение, но многие российские публикации трактуют её содержа-

тельно как дигитализацию, чем теряется смысл применения термина. Цифровая железная дорога как технология возникла и развивается не изолированно, а вместе с технологиями цифрового транспорта [2], цифровой логистики [3], цифровой коммуникации [4], цифрового бизнеса [5] и так далее до киберфизических систем [6].

Как сущность цифровая железная дорога (ЦЖД) представляет из себя комплексную систему, содержащую сложные технологические системы [7], сложные технические системы [8], системы вычислительной обработки информации, коммуникационные системы, навигационные системы [9], технологии интернета вещей [10] и другие структурные элементы. Поэтому с системных позиций можно характеризовать ЦЖД как сложную технико-технологическую систему. Как феномен она связана с цифровой экономикой, и именно из её особенностей проистекают и многие особенности ЦЖД.

ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА КАК МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА

Новая экономика возникла после четвёртой информационной революции [11], которую также называли «цифровой». Экономику, связанную с цифровой революцией, некоторые представляют новой или сетевой. Однако в 1994 году Дон Тапскот в книге «Цифровая экономика: надежды и опасность в эпоху интеллектуальных сетей» [12] выделил цифровую экономику из прежней сетевой экономики. И она может быть рассмотрена как кластер и результат развития новой экономики. Следует отметить, что в три последующих года (1995, 1996, 1997) Тапскот написал ещё три книги с точно таким же названием. В каждой он проводил корректировку и уточнение, но основные принципы, изложенные в [12], остались неизменными.

Принципиальным является то, что в своей книге Д. Тапскот даёт 12 признаков цифровой экономики: знание, цифровизация (digitization), виртуализация, молекуляризация (molecularization), интеграция/сетевая работа, дезинтермедиация (disintermediation), конвергенция, инновационность, презумптивность (prosumption), информированность, глобализация, разногласия (discordance). Эти признаки при-

няты мировым сообществом и не вызывают критики до настоящего времени.

Остановимся на тех признаках, которые относительно редко встречаются в русскоязычной литературе. Наиболее важный термин – цифровизация (digitization) или цифровка. Ключевым отличием в этом термине являются знания.

Цифровизация – группа технологий, в результате функционирования которых знания могут храниться в цифровой форме. В старой экономике, где информация оставалась аналоговой или физической, общение было возможным только благодаря фактическому перемещению людей. В новой экономике цифровая форма, обеспечиваемая цифровыми устройствами, позволяет в кратчайшие сроки свободно перемещать огромное количество информации и знаний между людьми в разных частях мира.

Виртуализация в цифровой экономике означает комплекс технологий, с помощью которых можно превращать физические и материальные вещи в виртуальные. Этим достигаются сжатие информации и когнитивный эффект обзримости и воспринимаемости [13] больших объёмов информации, которые в обычных технологиях создают для человека информационный барьер.

Молекуляризация (molecularization) – переносное понятие, состоит в том, что традиционные организационные структуры уступают место более гибкой и мелкой структуре. Команды проекта являются нормой, когда люди из всех уголков мира собираются вместе. В новой экономике это будет «светлая организация», которая выживет «тяжёлые организации», которым сложнее измениться и адаптироваться к статическим условиям. Частично примером молекуляризации могут служить стартапы.

Дезинтермедиация (disintermediation) – процесс, при котором действия посредников существенно сокращаются. Примером является бесскладовая торговля или интернет-торговля. Этот процесс требует более тесной связи предприятий с потребителями напрямую.

Конвергенцией называют доминирующий сектор экономики, который создаётся путём сближения вычислений, коммуникации и контента.





Рис. 1. Место цифровой железной дороги среди сложных технико-технологических систем.

Презумптивность (prosumption) – процесс, который сменяет массовое производство традиционной экономики на массовую настройку (компьютерных) продуктов в цифровой экономике, стирает различия между производителями и клиентами. Однако он требует высокой информационной культуры от клиента. Например, различные государственные электронные услуги, покупка электронных билетов и регистрация через компьютер не доступны лицам, не имеющим компьютерной подготовки. При этом каждый потребитель становится участником информационной магистрали, создавая и отправляя сообщение на заказ или определяя своё мнение о продукте или услуге, которые он покупает.

Разногласия (discordance) – негативный процесс, связанный с расслоением клиентов по признаку информационной культуры. Для любого нового явления происходит сопротивление среды, части общества и медленная адаптация к нему. В результате возникают технологические конфликты. Разрыв между технологически грамотными – «имущими» и технологически негра-

мотными – «неимущими» растёт и может вызвать серьёзные проблемы для общества в ближайшем будущем. Изменения в экономике делают возможным создание новых типов организаций, где применение информационных технологий для работы в области знаний повысит эффективность потребителей и эффективность организаций.

МЕСТО ЦЖД СРЕДИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Как сложная технико-технологическая система ЦЖД связана и взаимодействует с другими сложными системами и направлениями [14] (рис. 1).

Цифровая экономика служит, уже подчёркивалось, методологической основой ЦЖД. Цифровой транспорт [2] является более общим понятием и включает в себя ЦЖД. В настоящее время существует необходимость в единой транспортной политике [15] и это требует, чтобы ЦЖД была комплементарна другим видам цифрового транспорта. Как отражение этого факта в Евросоюзе создана Европейская система



Рис. 2. Технология радионаблюдения.

управления железнодорожным движением (ERTMS), включая Европейскую систему управления движением поездов (ETCS) и мобильные сети GSM-R для обеспечения связи между поездами и подвижными блоками [16]. В практическом аспекте ЦЖД подчинена интересам цифровой логистики [3] и цифрового бизнеса [5].

Цифровая коммуникация [4] является обязательной для ЦЖД. Её особенность в том, что она создаёт возможности радионаблюдения в дополнение к видеонаблюдению в обычном транспорте. Цифровая железная дорога требует новой цифровой (информационной) технологии управления [17], а будучи пространственным объектом, нуждается в применении геоинформационных технологий, технологий космического наблюдения и комплексного пространственного мониторинга [18]. Многие ситуации управления ЦЖД исключают возможность оперативной реакции человека, поэтому всё большее распространение получают элементы интеллектуального управления или интеллектуальные транспортные системы.

Цифровая коммуникация актуализирует проблему информационной безопасности в двух аспектах: неумышленные ошиб-

ки человека и целенаправленное вредительство или внешние угрозы. Для эффективной политики информационной безопасности и отражения внешних и внутренних угроз широко используют киберфизические системы.

НЕКОТОРЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Радионаблюдение. На рис. 2 поясняется его сущность. Для реализации технологии вся трасса железной дороги должна быть оборудована станциями радиоконтроля, чтобы подвижный объект всегда находился в зоне наблюдения.

Это технология наземного наблюдения, и она не связана со спутниковой навигацией, а дополняет её. В России такой радиоконтроль существует в особо охраняемых зонах. Поэтому распространить эту технологию на железную дорогу не представляется сложным. Радионаблюдение включает пеленгацию подвижного объекта [19] с учётом его движения по трассе, цифровая модель которой известна.

Для реализации этой технологии подвижные средства и даже каждый вагон должны быть дополнительно к приёмникам GPS/ГЛОНАСС оборудованы радиочастотными метками.



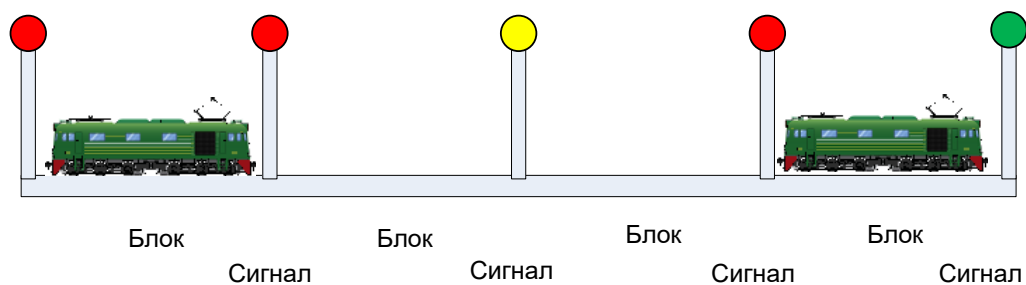


Рис. 3. Принцип обычного движения.

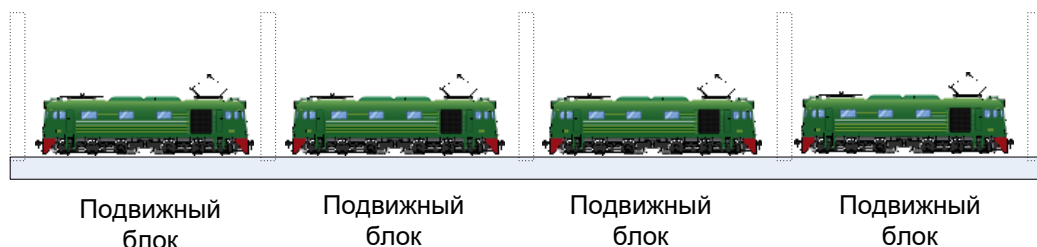


Рис. 4. Принцип использования подвижных блоков сигнализации.

Технология подвижных сигнальных блоков (Moving block signaling). Эта технология поясняется на рис. 3 и 4. Обычное движение можно определить как сигнально-блоковое. Между поездами существуют блоки, движение по которым разрешено оптическими и дополнительными сигналами. Если сигнал разрешающий, то происходит движение. При запрещающем транспортное средство стоит.

В технологии подвижных блоков сигнализации (рис. 4) подвижный объект содержит внутреннюю информационно-вычислительную систему [16] и представляет собой для других объектов систему, которая осуществляет с ними информационное взаимодействие [20].

Система подвижных сигнальных блоков определяется в реальном времени компьютерами в виде безопасных зон вокруг каждого поезда [16]. Подвижный блок позволяет поездам сближаться, сохраняя при этом требуемые пределы безопасности, тем самым увеличивая общую пропускную способность линии. Определение блока требует знания точного местоположения данного поезда, а также скорости всех поездов в любой момент времени и постоянной связи между центральной сигнализацией и системой сигнализации кабины. Это называют интегрированным или интеграль-

ным управлением. В цифровом аспекте такой механизм предполагает переход от точечных цифровых моделей объектов к интервальному, что описано в [21].

Подвижный блок эффективно поддерживает безопасный «конверт» пустой дорожки вокруг каждого поезда (рис. 4), который перемещается вместе с ним. Этот конверт может быть адаптирован для соответствия скорости поезда, оптимизируя пропускную способность линии в разных ситуациях.

ЦИФРОВАЯ ЛОГИСТИКА

Цифровизация — один из главных приоритетов для железнодорожного сектора и его будущего. Задача заключается в том, чтобы предложить своим клиентам высокоэффективные и привлекательные варианты перевозок и максимально использовать возможности, предлагаемые цифровыми преобразованиями. Рост цифровых данных приводит к необходимости все чаще применять технологию Big Data [22], анализировать информацию, оптимизировать свою деятельность, цепочки поставок.

Автоматизация построения логистической цепочки и оптимизация входящего и исходящего движения груза позволяют рационально использовать имеющиеся ресурсы, сокращать отходы. Мобильные



Рис. 5. Применение БПЛА для погрузочно-разгрузочных работ.

решения обеспечивают большую прозрачность операций. Цифровая система управления запасами и цепочками поставок облегчает сквозную видимость для инвентаризации, заказов и поставок.

Наряду с Big Data в бизнесе появился новый термин «богатство данных». Логистические компании применяют богатство данных, связанных с перемещением своих товаров и грузовых автомобилей, для определения моделей, отвечающих тенденциям клиентов и поиска того, что хорошо работает, чтобы получать конкурентные преимущества.

Логистические компании прибегают к цифровым технологиям не только для повышения эффективности операций, но и для анализа операций и их преобразования. Использование роботов на больших складах и при обращении с опасными грузами уже широко распространено, как и практика обходиться без водителя-оператора, ограничиваясь дистанционным управлением.

Следующая важная деталь в цифровой логистике – применение дронов [23], особенно для доставки груза на «последней миле». Правительство США уже запустило пилотную систему мониторинга трафика на основе беспилотных летательных аппа-

ратов. В таких странах, как Испания, Франция, Чешская Республика, есть несколько исследовательских проектов, изучающих возможности беспилотных летательных аппаратов для управления трафиком. Их использование значительно ускорит работу, уменьшит трудности, напряжение и неэффективность (рис. 5).

Например, AmazonPrimeAir уже реализует отгрузку [23] с помощью беспилотных летательных аппаратов менее чем за 30 минут после того, как клиенты разместили заказ. Когда эта технология станет широко распространённой, логистика существенно изменится.

В ПОРЯДКЕ ДИСКУССИИ

В ряде работ ЦЖД ошибочно называют моделью. Это реальная технико-технологическая система, а система управления цифровой дорогой может быть рассмотрена как сложная организационно-техническая система [14]. Сводить сложную систему к модели некорректно.

Часто в материалах о ЦЖД не уделяют должного внимания технологии организации данных, хотя по стандартам ISO/IEC9126–1. 2001 и ГОСТ 28195–89 именно организация данных является одним из трёх компонентов качества любых инфор-





мационных систем. Информационные системы в составе ЦЖД – элемент перво-степенный, с определяющими функциями.

Применительно к российским условиям упускается и столь серьёзный фактор, как координатные преобразования. Для небольших стран типа Великобритании эта проблема не существует. Для государств с большой территорией зональные преобразования становятся необходимым условием точного определения местоположения транспортного средства в единой координатной среде. Связана с ней и проблема единого времени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цифровизация может и должна обеспечивать безопасную автоматизацию и бесшовную интеграцию всех видов транспорта, а также увеличение пропускной способности и качества различных видов транспорта.

Интернет вещей вносит свой вклад в высокоинтегрированные решения, удобные для управления транспортом, что помогает реализовать проект ЦЖД и цифровой логистики. Приложения IoT в цифровой логистике широко применяются: от отслеживания транспортных товаров с контролируемым температурным режимом до обеспечения правильной доставки пакета в нужное место в указанное время. Проект ЦЖД целесообразно реализовать как проект сложной интегрированной системы с включением в неё киберфизических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Замышляев А. М. Эволюция цифрового моделирования // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – № 1. – С. 82–91.
2. Keck W. H., Emberson D. A. Posting status data in digital transport stream processing: пат. 7817721 США. – 2010.
3. Digital transformation in transportation and logistics. [Электронный ресурс]: <https://www.i-scoop.eu/digital-transformation/transportation-logistics-supply-chain-management/>. Доступ 11.02.2018.
4. Шнепс-Шнеппе М. А., Федорова Н. О., Суконников Г. В., Куприяновский В. П. Цифровая железная дорога и переход от сети GSM-R к LTE-R и 5G-R – состоится ли он? International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – V. 5. – No. 1. – Pp. 71–80.

5. Brousseau E., Pénard T. The economics of digital business models: A framework for analyzing the economics of platforms // Review of network Economics. – 2007. – V. 6. – No. 2. – Pp. 81–114.

6. Khaitan [et al]. «Design Techniques and Applications of Cyber Physical Systems: A Survey», IEEE Systems Journal, 2014, V. 9(2), pp. 1–16. DOI: 10.1109/JSYST.2014.2322503.

7. Буравцев А. В. Сложные технологические системы // Славянский форум. – 2017. – № 3. – С. 14–19.

8. Цветков В. Я. Сложные технические системы // Образовательные ресурсы и технологии. – 2017. – № 3. – С. 86–92.

9. Розенберг И. Н., Цветков В. Я., Романов И. А. Управление железной дорогой на основе спутниковых технологий // Государственный советник. – 2013. – № 4. – С. 43–50.

10. Дешко И. П., Кряженков К. Г., Цветков В. Я. Устройства, модели и архитектуры Интернета вещей: Учеб. пособие. – М.: Макс Пресс, 2017. – 88 с.

11. Поляков А. А., Цветков В. Я. Прикладная информатика. – М.: Янус-К, 2002. – 392 с.

12. Tapscott D. The Digital Economy. Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence. McGraw-Hill Published, 1994, 368 p.

13. Цветков В. Я. Когнитивное управление: Монография. – М.: Макс Пресс, 2017. – 72 с.

14. Буравцев А. В. Функционирование сложной организационно-технической системы в транспортной сфере // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – № 3. – С. 48–58.

15. Розенберг И. Н. О единой транспортной политике // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – № 1. – С. 22–26.

16. A digital future for Britain's railway to benefit passengers and support economic growth. [Электронный ресурс]: <https://www.networkrail.co.uk/our-railway-upgrade-plan/digital-railway/>. Доступ 11.02.2018.

17. Замышляев А. М. Информационное управление в транспортной сфере // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – № 4. – С. 11–24.

18. Лёвин Б. А. Комплексный мониторинг транспортной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – № 1. – С. 14–21.

19. Розенберг Е. И., Розенберг И. Н., Цветков В. Я., Шевцов Б. В. Устройство контроля подвижного объекта. Патент на полезную модель. № RU95851 U1. Зарегистр. 10.07.2010.

20. Tsvetkov V. Ya. Information interaction // European researcher. Series A. 2013, Iss. 11–1 (62), pp. 2573–2577.

21. Цветков В. Я. Интегральное управление высокоскоростной магистралью // Мир транспорта. – 2013. – № 5. – С. 6–9.

22. Данилов К. В., Капустин Н. И. Технологии Big Data в железнодорожной отрасли инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – № 4. – С. 25–33.

23. Лёвин Б. А., Бугаев А. С., Ивашов С. И., Разевиг В. В. Дистанционно-пилотируемые летательные аппараты и безопасность пути // Мир транспорта. – 2013. – № 2. – С. 152–157.

24. D'Andrea R. Can drones deliver? // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. – 2014. – V. 11. – No. 3. – Pp. 647–648. ●

Координаты авторов: **Лёвин Б. А.** – tu@miit.ru, **Цветков В. Я.** – cvj2@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 11.02.2018, принята к публикации 04.04.2018.

DIGITAL RAILWAY: PRINCIPLES AND TECHNOLOGIES

Lyovin, Boris A., Russian University of Transport, Moscow, Russia.

Tsvetkov, Victor Ya., JSC Research & Design Institute for Information Technology, Signalling and Telecommunications, Moscow, Russia.

ABSTRACT

The article is devoted to the study of a digital railway as of a complex technical and technological system having a connection with the digital economy. The main technological components of the digital railway are shown. The principles of block management, principles

of radio monitoring, interdependence of digital logistics and digital railway are described. The role of cyber physical systems in development of the digital railway, the prospects of digitalization in ensuring safe automation and seamless integration of all modes of transport are emphasized.

Keywords: transport, management, digital railway, complex systems, digital economy, digital logistics, digital models, block management.

Background. Digital technologies rebuild many industries, including business, transportation and logistics [1]. The digital railway is one of the consequences of emergence of the digital economy. In this case, the terminological feature should be noted.

Some Russian terms [originally cited in Russian] correspond to the English digitalization. In Russia, the term «digitalization» [Russian transliteration of English digitalization] is standardized in GOST R52438–2005. In the digital economy, the term digitization is used, which literally means «transforming into digital form». However, in the field of economy and transport, it has another Russian equivalent, a non-standardized term [russified equivalent of both digitalization and digitization that makes no substantial difference between both terms]. From the point of view of linguistics, this is wrong, but from the technological point of view it is permissible and justifiable. Admissibility is due to the fact that classical digitalization involves obtaining discrete information for processing it on a computer and storing it in a database. That is a fairly simple and narrow concept.

The last term in the primary source has a broader meaning, but many Russian publications treat it meaningfully as digitalization, what makes the term meaningless¹. The digital railway as a technology has arisen and is developing not isolated, but along with the technologies of digital transport [2], digital logistics [3], digital communication [4], digital business [5] and so on up to cyber physical systems [6].

As the essence, the digital railway (DR) is a complex system containing complex technological systems [7], complex technical systems [8], information processing systems, communication systems, navigation systems [9], technologies of Internet of things [10] and other structural elements. Therefore, from the system positions it is possible to characterize DR as a complex technical and technological system. As a phenomenon it is connected with the digital economy and it is from its features that many features of DR derive.

Objective. The objective of the authors is to consider principles and technologies of digital railway.

¹On the whole the authors are dealing with specific Russian context of terms of digitization, digitalization and digital transformation, which is close e.g. to the positions described in Jason Bloomberg's paper «Digitization, Digitalization, And Digital Transformation: Confuse Them At Your Peril» (<https://www.forbes.com/sites/jasonbloomberg/2018/04/29/digitization-digitalization-and-digital-transformation-confuse-them-at-your-peril/#53bc6cb2f2c>). Further approach of the authors to digital railway is described rather in terms of digital transformation. Ed. note.

Methods. The authors use general scientific and engineering methods, comparative analysis, evaluation approach.

Results.

Digital economy as a methodological basis

The new economy arose after the fourth information revolution [11], which was also called «digital». Some people consider the economy associated with the digital revolution as new or networked. However, in 1994 Don Tapscott in the book «The Digital Economy. Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence» [12] singled out the digital economy from the previous network economy. And it can be considered as a cluster and a result of development of a new economy. It should be noted that during three subsequent years (1995, 1996, 1997) Tapscott wrote three more books with exactly the same name. He updated and modified each of them, but the basic principles stated in [12] remained unchanged.

Principally, in his book, D. Tapscott gives 12 themes that differentiate digital economy from the old ones: knowledge, digitization, virtualization, molecularization, internetworking, disintermediation, convergence, innovation, presumption, immediacy, globalization, discordance. These themes are accepted by the world community and have not caused criticism till now.

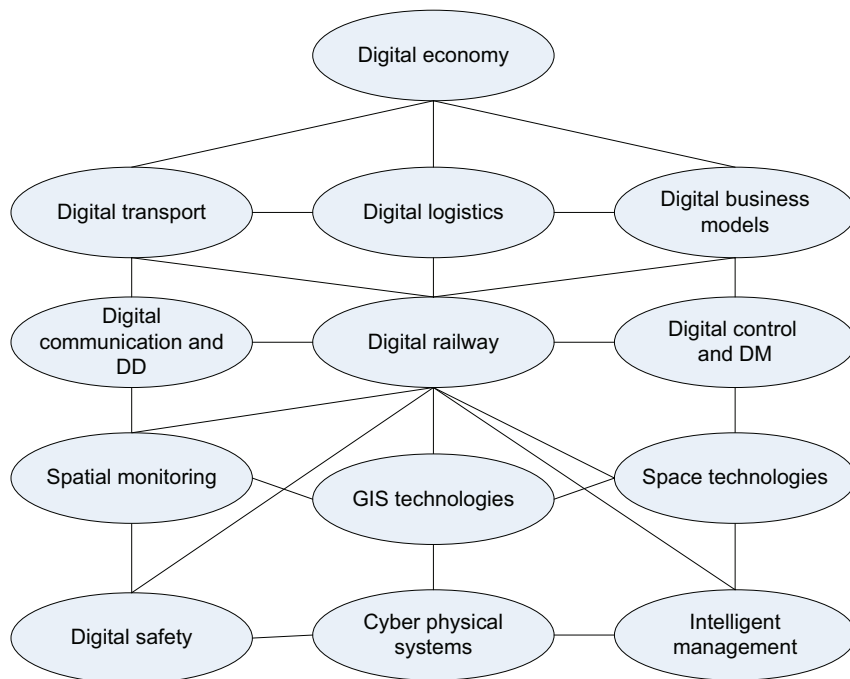
Let us dwell on those features that are relatively rare in the Russian-language literature. The most important term is digitization. The key difference in this term is knowledge.

Digitalization is a group of technologies through which knowledge can be stored digitally. In the old economy, where the information remained analog or physical, communication was possible only thanks to the actual movement of people. In the new economy, the digital form provided by digital devices allows the huge amount of information and knowledge to be freely transferred in the shortest possible time between people in different parts of the world.

Virtualization in the digital economy means a set of technologies that can be used to turn physical and material things into virtual ones. This ensures the compression of information and the cognitive effect of visibility and perceptibility [13] of large amounts of information, which in conventional technologies create an information barrier for a person.

Molecularization is a metaphorical concept, that traditional organizational structures give way to a more flexible and shallow structure. Project teams are the norm when people from all corners of the world come together. In the new economy, this will be a «bright organization» that will live through «heavy organizations», for which it is more difficult to change and adapt to static conditions. Startups can serve as an example of molecularization.





Pic. 1. Place of the digital railway among complex technical and technological systems.

Disintermediation is a process in which the actions of intermediaries are significantly reduced. An example is a stock-free trade or Internet trading. This process requires a closer and immediate connection of enterprises with consumers.

Convergence is the name for the dominant sector of the economy, which is created by convergence of computing, communication and content.

Prosumption is a process that replaces the mass production of the traditional economy by the mass tuning or adjustment of (computer) products to the digital economy, blurring the differences between producers and customers. However, it requires a high information culture from the client. For example, various state electronic services, the purchase of electronic tickets and registration through a computer are not available to persons who have not got computer training. At the same time, each consumer becomes a member of the information main line, creating and sending a message to order a product or expressing his opinion about the product or service that he buys.

Discordance is a negative process associated with stratification of customers on the basis of information culture. Any new phenomenon comes across the resistance of the environment, of a part of society and a slow adaptation to it. As a result, technological conflicts arise. The gap between technologically literate «propertied» and technologically illiterate «underprivileged» is growing and can cause serious problems for society in the near future. Changes in the economy make it possible to create new types of organizations, where the use of information technology to work in the field of knowledge will increase the effectiveness of consumers and the effectiveness of organizations.

Place of DR among complex systems

As a complex technical and technological system, DR is connected and interacts with other complex systems and directions [14] (Pic. 1).

The digital economy serves, as already stressed, as a methodological basis of DR. Digital transport [2] is a more general concept and includes DR. At present, there is a need for a common transport policy [15] and this requires that DR is complementary to other types of digital transport. As a reflection of this fact, the European Railway Traffic Management System (ERTMS), including the European Train Control System (ETCS) and GSM-R mobile networks for providing communication between trains and moving blocks has been established in the European Union [16]. In practical terms, DR is subordinated to the interests of digital logistics [3] and digital business [5].

Digital communication [4] is mandatory for DR. Its feature is that it creates the possibility of radio monitoring in addition to video surveillance in conventional transport. The digital railway requires a new digital (information) control technology [17], and as a spatial object requires the use of geoinformation technologies, space monitoring technologies and integrated spatial monitoring [18]. Many situations of management of DR exclude the possibility of an immediate reaction of a person, therefore, elements of intellectual control or intelligent transportation systems are becoming more widespread.

Digital communication actualizes the problem of information security in two aspects: unintentional human errors and targeted sabotage or external threats. For an effective information security policy and to reflect external and internal threats, cyber physical systems are widely used.

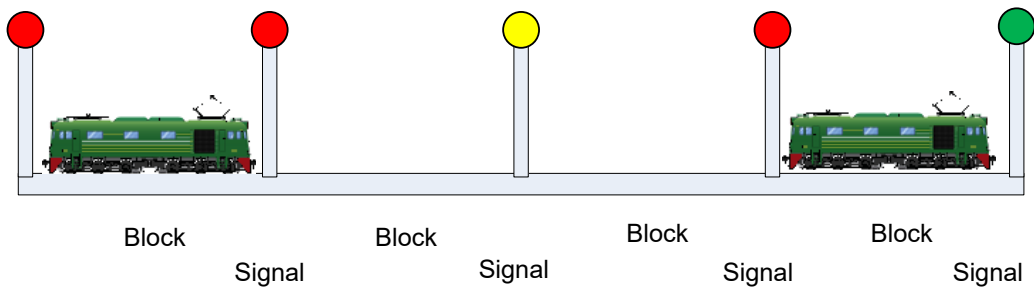
Some technological solutions

Radio monitoring. Pic. 2 explains its essence. To implement the technology, the entire railway track must be equipped with radio monitoring stations, so that a mobile object is always in the observation zone.

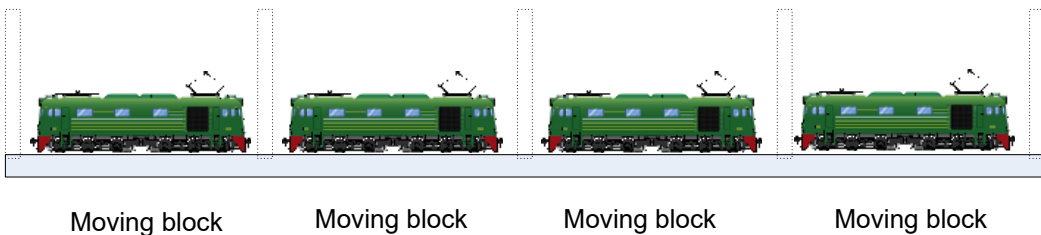
This is the technology of ground-based monitoring and it is not connected with satellite navigation, but complements it. In Russia, such radio control exists



Pic. 2. Technology of radio monitoring.



Pic. 3. The principle of conventional traffic.



Pic. 4. The principle of using moving block signaling.

in specially protected areas. Therefore, it is not difficult to extend this technology to the railway. Radio monitoring includes the direction-finding of a mobile object [19], taking into account its movement along a track, the digital model of which is known.

To implement this technology, vehicles and even each car must be additionally equipped with radio-

frequency tags in addition to GPS/GLONASS receivers.

Moving block signaling technology. This technology is explained in Pic. 3 and 4. Conventional motion can be defined as a signal-block movement. Moving trains are located within the range of blocks, motion over which is allowed by optical signals and





Pic. 4. Application of UAV for loading and unloading operations.

additional signals. If the signal is permissive, then motion occurs. If the signal is restrictive, a vehicle does not move.

In moving block signaling technology (Pic. 4), a mobile object contains an internal information-computing system [16] and represents for other objects a system that carries out information interaction [20] with other objects.

The system of moving signal blocks is identified in real time by computers in the form of safe zones around each train [16]. A moving block allows trains to approach each other, while maintaining the required safety limits, thereby increasing the overall line capacity. The identification of the block requires knowledge about exact location of the train, as well as about the speed of all trains at any time and the constant communication between the central signaling and the driver's compartment signaling system. This is called integrated or integral control. In a digital aspect, such a mechanism involves the transition from pointed digital objects models to interval ones, which are described in [21].

A moving block effectively maintains a safe «envelope» of an empty track around each train (Pic. 4), which moves with it. This envelope can be adapted to match the train speed, optimizing the line capacity in different situations.

Digital logistics

Digitalization is one of the main priorities for the railway sector and its future. The challenge is to offer the customers highly effective and attractive transportation options and make the most of the opportunities offered by digital conversions. The growth of digital data leads to the need to increasingly use the Big Data technology [22], analyze information, optimize its activities, supply chain.

Automating the construction of the supply chain and optimizing the incoming and outgoing cargo

movements allow rational use of available resources, to reduce waste. Mobile solutions provide greater transparency of operations. The digital inventory and supply chain management system facilitates end-to-end visibility for inventory, orders and deliveries.

Along with Big Data, the business has a new term called «data richness». Logistics companies use richness of data related to the movement of their goods and trucks to identify models that meet customer trends and to find what works well to gain competitive advantage.

Logistic companies resort to digital technologies not only to increase the efficiency of operations, but also to analyze operations and transform them. The use of robots in large warehouses and when handling dangerous goods is already widespread, as well as are the practices to do without a driver operator, using remote control.

The next important detail in digital logistics is the use of drones [23], especially for last mile delivery of cargo. The US government has already launched a pilot traffic monitoring system based on unmanned aerial vehicles. In countries such as Spain, France, the Czech Republic, there are several research projects that study the capabilities of aircraft drones to control traffic. Their use will significantly speed up the work, reduce difficulties, stress and inefficiency (Pic. 5).

For example, AmazonPrimeAir already carries out shipping [23] with unmanned aerial vehicles in less than 30 minutes after customers placed the order. When this technology becomes widespread, logistics will change significantly.

As a matter of discussion

In a number of works, DR is mistakenly called a model. This is a real technical and technological system, and the digital railway management system can be considered as a complex organizational and

technical system [14]. It is incorrect to reduce a complex system to a model.

Often in the materials about DR the authors do not pay due attention to data organization technology, although according to ISO/IEC9126–1. 2001 and GOST 28195–89, the organization of data is one of three components of the quality of any information system. Information systems as a part of DR are an element of paramount importance, with key functions.

As for Russian conditions, the so important factor of coordinate transformations is missing to some extent. For small countries such as Great Britain, this problem does not exist. For countries with a large territory, zonal transformations become a prerequisite for exact location of a vehicle in a single coordinate environment. The problem of a single time is also connected with it.

Conclusion. Digitalization [in the meaning of digital transformation – ed.note] can and should ensure the safe automation and seamless integration of all modes of transport, as well as growth in carrying capacity and quality of various modes of transport.

Internet of things contributes to highly integrated solutions that are convenient for transport management, which helps to realize the project of DR and digital logistics. IoT applications in digital logistics are widely used: from tracking of transport goods with controlled temperature conditions to ensuring the correct delivery of the package to the right place at the specified time. It is advisable to implement the project of DR as a project of a complex integrated system with inclusion of cyber physical systems.

REFERENCES

1. Zamyshlyayev, A. M. Evolution of digital modeling [Evolutsiya tsifrovogo modelirovaniya]. *Nauka i tehnologii zheleznykh dorog*, 2017, Iss. 1, pp. 82–91.
2. Keck, W. H., Emberson, D. A. Posting status data in digital transport stream processing: US patent 7817721, 2010.
3. Digital transformation in transportation and logistics. [Electronic resource]: <https://www.i-scoop.eu/digital-transformation/transportation-logistics-supply-chain-management/>. Last accessed 11.02.2018.
4. Sneps-Sneppé, M. [et al]. Digital Railway and the transition from the GSM-R network to the LTE-R and 5G-R-whether it takes place? *International Journal of Open Information Technologies*, 2017, Vol. 5, No. 1, pp. 71–80.
5. Brousseau, E., Pénard, T. The economics of digital business models: A framework for analyzing the economics of platforms. *Review of network economics*, 2007, Vol. 6, No. 2, pp. 81–114.
6. Khaitan [et al]. Design Techniques and Applications of Cyber Physical Systems: A Survey. *IEEE Systems Journal*, 2014, Vol. 9(2), pp. 1–16. DOI: 10.1109/JSYST.2014.2322503.
7. Buravtsev, A. V. Complex technological systems [Slozhnye tehnologicheskie sistemy]. *Slavyanskiy forum*, 2017, Iss. 3, pp. 14–19.
8. Tsvetkov, V. Ya. Complex technical systems [Slozhnye tehnicheskie sistemy]. *Obrazovatel'nye resursy i tehnologii*, 2017, Iss. 3, pp. 86–92.
9. Rozenberg, I. N., Tsvetkov, V. Ya., Romanov, I. A. Railway management on the basis of satellite technologies [Upravlenie zheleznoi dorogoi na osnove sputnikovyykh tehnologii]. *Gosudarstvenniy sovetnik*, 2013, Iss. 4, pp. 43–50.
10. Deshko, I. P., Kryazhenkov, K. G., Tsvetkov, V. Ya. Devices, models and architecture of the Internet of things: Study guide [Ustroistva, modeli i arhitektury Interneta veshchei: uchebnoe posobie]. Moscow, Max Press publ., 2017, 88 p.
11. Polyakov, A. A., Tsvetkov, V. Ya. Applied Informatics [Prikladnaya informatika]. Moscow, Yanus-K publ., 2002, 392 p.
12. Tapscott, D. The Digital Economy. Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence. McGraw-Hill Published, 1994, 368 p.
13. Tsvetkov, V. Ya. Cognitive management: Monograph [Kognitivnoe upravlenie: monografiya]. Moscow, Max Press publ., 2017, 72 p.
14. Buravtsev, A. V. Functioning of a Complex Organizational and Technical System in the Transport Sphere [Funktsionirovanie slozhnoi organizatsionno-tehnicheskoi sistemy v transportnoi sfere]. *Nauka i tehnologii zheleznykh dorog*, 2017, Iss. 3, pp. 48–58.
15. Rozenberg, I. N. On a Unified Transport Policy [Oedinoi transportnoi politike]. *Nauka i tehnologii zheleznykh dorog*, 2017, Iss. 1, pp. 22–26.
16. A digital future for Britain's railway to benefit passengers and support economic growth. [Electronic resource]: <https://www.networkrail.co.uk/our-railway-upgrade-plan/digital-railway/>. Last accessed 11.02.2018.
17. Zamyshlyayev, A. M. Information management in the transport sphere [Informatsionnoe upravlenie v transportnoi sfere]. *Nauka i tehnologii zheleznykh dorog*, 2017, Iss. 4, pp. 11–24.
18. Lyovin, B. A. Complex monitoring of transport infrastructure [Kompleksniy monitoring transportnoi infrastruktury]. *Nauka i tehnologii zheleznykh dorog*, 2017, Iss. 1, pp. 14–21.
19. Rozenberg, E. I., Rozenberg I. N., Tsvetkov, V. Ya., Shevtsov, B. V. Device for monitoring a mobile object. Patent for utility model. No. RU95851 U1. Registered 10.07.2010 [Ustroistvo kontrolya podvizhnogo ob'ekta. Patent na poleznyuyu model'. No. RU95851 U1. Zaregistrirvano 10.07.2010].
20. Tsvetkov, V. Ya. Information interaction. *European researcher. Series A*. 2013, Iss. 11–1 (62), pp. 2573–2577.
21. Tsetkov, V. Ya. Integrated control of high speed railway. *World of Transport and Transportation*, Vol. 11, 2013, Iss. 5, pp. 6–9.
22. Danilov, K. V., Kapustin, N. I. Big Data Technologies in the Railway Infrastructure Sector [Big Data v zheleznodorozhnoi otrasli infrastruktury]. *Nauka i tehnologii zheleznykh dorog*, 2017, Iss. 4, pp. 25–33.
23. Lievin, B. A., Bugaev, A. S., Ivashov, S. I., Razevig, V. V. Distantly piloted aircrafts and the track security. *World of Transport and Transportation*, Vol. 11, 2013, Iss. 2, pp. 152–157.
24. D'Andrea, R. Can drones deliver? *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 2014, Vol. 11, No. 3, pp. 647–648. ●

Information about the authors:

Lyovin, Boris A. – D.Sc. (Eng), professor, rector of Russian University of Transport, Moscow, Russia, tu@miit.ru.

Tsvetkov, Victor Ya. – D.Sc. (Eng), professor, deputy head of Center for Strategic Analysis and Development of JSC Research & Design Institute for Information Technology, Signalling and Telecommunications (NIIAS), Moscow, Russia, cvj2@mail.ru.

Article received 11.02.2018, accepted 04.04.2018.

