

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СФЕРЫ

Козлов А.В., Тягунов А.М.

*МИРЭА - Российский технологический университет, 119454, Россия, г. Москва, проспект Вернадского, 78, e-mail: avkozlov82@bk.ru, tyagunov\_a@mirea.ru*

---

**Статья описывает результаты исследования цифровизации в транспортной сфере. Описана цифровая железная дорога как сложной технико- технологический комплекс. Показана связь цифровой железной дороги с цифровой экономикой. Показано место цифровой железной дороги среди связанных с ней сложных систем. Описаны основные технологические компоненты цифровой железной дороги. Описаны принципы блокового управления. Описаны принципы радионаблюдения. Показана связь цифровой железной дороги с цифровой логистикой. Показана роль кибер-физических систем в развитии цифровой железной дороги.**

---

Ключевые слова: цифровизация, цифровая железная дорога, сложные системы, цифровая экономика, цифровое управление, цифровые модели, блоковое управление.

## DIGITALIZATION OF THE TRANSPORT SPHERE

Kozlov A.V., Tyagunov A.M.

*MIREA - Russian Technological University, 119454, Moscow, 78 Vernadskogo Avenue, Russia, e-mail: avkozlov82@bk.ru, tyagunov\_a@mirea.ru*

---

**The article describes the results of a study on digitalization in the transport sector. The digital railway is described as a complex technical and technological complex. The connection of the digital railway with the digital economy is shown. The place of the digital railway among complex systems is shown. The main technological components of the digital railway are described. The principles of block control are described. The principles of radio observation are described. The connection of the digital railway with digital logistics is shown. The importance of cyber-physical systems in the development of a digital railway is shown.**

---

Keywords: digitalization, management, digital railway, complex systems, digital economy, digital control, digital models, block control.

### Введение

Цифровая экономика — главное направление современного развития экономики, включая сферу транспорта. Цифровизации в экономике состоит в том, чтобы предложить потребителю эффективные и скоростные услуги и максимально ускорит процесс их получения и использования. Применение цифровых моделей и методов обеспечивает повышенную безопасность, автоматизацию и интеграцию технологий и средств транспорта. Услуги, предлагаемые цифровыми преобразованиями, обладают более широкими возможностями в сравнении с нецифровыми услугами. Цифровизация способствует увеличению пропускной способности всех видов транспорта. В тоже время, в этой сфере возрастают угрозы, такие как кибератаки, угрожающие безопасности движения и жизни.

Решение задач безопасности состоит в разработке защищенного аппаратного и программного комплекса управления. Цифровые технологии совершенствуют логистику [1] и инфраструктуру. Одним их примером цифровизации транспорта является цифровая железная дорога (ЦЖД) [2-4]. В более широком смысле можно говорить о цифровом транспорте. В то же время существуют терминологические особенности в области цифровизацией. Ряд ранее существовавших терминов в России: дигитализация, цифрование, цифровизация соответствует английскому термину digitalization.

Эти термины применялись в цифровом моделировании и геоинформатике, Термин «дигитализация» в России является стандартизованным и закрепленным в ГОСТ Р 52438-2005. Позже, с появлением цифровой экономики, появился термин «digitization», который буквально означает отцифровка. Однако в области цифровой экономики и цифрового транспорта ему ставят другой русский эквивалент, но не стандартизованный термин «цифровизация». С технологической точки зрения эта терминология допустима.

Дигитализация как технология преобразования аналоговых сигналов в дискретные существует задолго до появления цифровой экономики. Она направлена на получение дискретной информации для последующей ее

передаче и обработки с высоким качеством. Это цифровая телефонная связь, цифровое телевидение. То есть в области коммуникаций цифровые методы доказали свое преимущество давно. В области управления они появились позже. Следует отметить появление цифровых вычислительных машин (ЦВМ), которые также обладали преимуществом перед аналоговыми вычислительными машинами (АВМ), именно ЦВМ способствовали применению дискретной информации для обработки на компьютере и организации ее хранения в базах данных (БД). Поэтому термин «дигитализация» есть узкое технологическое понятие, в областях информатики, геоинформатики, базах данных и компьютерной обработки. Новый термин «Цифровизация» имеет более широкое применение, так как дополнительно применяется в управлении и производстве. значение. В тоже время, существуют публикации, которые сужено трактуют термин «Цифровизация» как «дигитализация».

### **Цифровая экономика и цифровая железная дорога**

Цифровая железная дорога является продуктом цифровой экономики и цифрового транспорта. Она развивается соразмерно цифровым бизнесом [5], интеллектуальными транспортными системами, цифровой связью [6], цифровой логистикой. В системном аспекте ЦЖД может быть рассмотрена как сложная организационно-техническая система (СОТС) [3]. В аспекте саморазвития ЦЖД может быть рассмотрена как субсидиарная система [7]. Как СОТС ЦЖД включает разные подсистемы. Особо следует выделить навигационные системы [8] и радиорелейное информационное пространство [9, 10], которые являются обязательными для ЦЖД. Необходимо дать анализ цифровой экономики, которая задает особенности ЦЖД

Цифровая экономика является продуктом новой экономики, возникшее после цифровой революции, связанной с изобретением интегральных схем. Новую экономику называют также сетевой экономикой, подчеркивая значение сетей и коммуникация для ее развития. Дон Тапскот в 1994 году [11] описал цифровую экономику как особый вид экономики из новой экономики. Цифровую экономику можно рассматривать как продукт новой экономики. Три следующие года Д. Тапскот улучшал эту книгу не меняя название. В каждом издании он вносил поправки, но основные принципы первого издания [11] оставались неизменными.

В своей работе Д. Тапскот выделяет 12 основных признаков цифровой экономики: цифровизация (digitization), информативность, знание, молекуляризация, сетевая интеграция, виртуализация, дезинтермедиация, конвергенция, инновации, презумптивность, глобализация, discordance. Эти признаки приняты научным сообществом и характеризуют цифровую экономику.

Наиболее важный признак - цифровизация (digitization). Цифровизация может быть рассмотрена как технологическая группа [11], которая создает возможность хранения и применения знаний в цифровой форме.

В цифровой экономике (ЦЭ) цифровая форма позволяет в сжатые сроки перемещать и применять большое количество информации для управления и производства. Виртуализация [11] в ЦЭ означает возможность создания виртуальных или цифровых двойников предприятия. Виртуализация обеспечивает когнитивную обзорность и воспринимаемость [12]. Это особенно важно для больших объемов информации, которые создают необозримую. Молекуляризация состоит в том, что традиционные организационные структуры уступают место более гибкой структуре типа Интернета-вещей. Стартапы могут служить примером молекуляризации. Дезинтермедиация [11] представляет собой совокупность процессом, сокращающих посредников. Примером являются интернет магазины. Конвергенцией [11] называют комплекс технологий, обеспечивающих сближение и комплексирование технологий и технических средств. В единую систему

Презумптивностью (prosumption) [11] называют процесс замены массового производства на массовую настройку цифровых продуктов в ЦЭ. Discordance [11] - это процесс различия и соответственно стратификации клиентов в соответствии с их потребностями.

Один из вариантов рассмотрения ЦЖД представляет ее в виде сложной организационно-технической системой (СОТС) Как СОТС ЦЖД связана с другими сложными системами и направлениями [11]. Для цифровизации транспортной сферы и ЦЖД характерно обязательное использование пространственной информации. Это приводит к обязательному применению геоинформатики [13] и пространственного анализа.

Цифровой транспорт [14] емкое понятие. Оно включает интеллектуальные транспортные системы (ИТС), интеллектуальные логистические системы, модель автономного поезда и ЦЖД. В условиях единой транспортной политики [15] ЦЖД должна быть комплементарна всем видам транспорта. В Евросоюзе, как отражение этого факта, была сформирована единая Европейская система управления железнодорожным движением (ERTMS). Она содержит Европейскую систему управления поездом (ETCS) и мобильные сети для обеспечения синхронизации между движением поездов [16].

Интегральная коммуникация является обязательным атрибутом ЦЖД. Она основана на едином информационном и коммуникационном пространстве. ЦЖД является объектом транспортной инфраструктуры, поэтому требует применения для управления геотехнического мониторинга, [17] геоинформационных технологий, технологий комического мониторинга. Оперативность правления ЦЖД во многих случаях

исключает технологии реакции человека для принятия решений. Для управления современного ЦЖД применяют ситуационные центры и элементы интеллектуального управления. Цифровая коммуникация заостряет проблему информационной безопасности в управлении. Для эффективной политики информационной безопасности необходимо применять программные оболочки.

#### **Технологические решения ЦЖД**

Информационное пространство ЦЖД реализуется в первую очередь за счет использования технологии радиорелейного пространства и пространства электронных меток. Радиорелейное информационное пространство (РИП) является новым видом информационного пространства, характерным для ЦЖД. На рис.1 поясняется сущность РИП. Для реализации этого пространства трасса дороги должна быть окружена радиорелейными мачтами. В этом случае объект транспорта всегда находится в зоне этого пространства.



Рис. 1. Технология РИП

РИП не связана со спутниковой навигацией, а служит ее дополнением. В России РИП существует в особо охраняемых зонах: атомные электростанции, военные полигоны, аэродромы. РИП осуществляет фиксацию подвижного объекта на трассе. Однако она требует наличия цифровой модели трассы. Для реализации этой технологии подвижные средства и траса должны быть оборудованы радиочастотными метками.

Технология применения подвижных виртуальных блоков. Виртуальные блоки яркий пример применения виртуальных моделей в производственных процессах. Обычное движение железнодорожного транспорта называют сигнально-блоковым. На железнодорожном пути существуют участки – физические блоки, движение по которым разрешено или запрещено с помощью сигнальных устройств. При разрешающем сигнале происходит движение. При запрещающем сигнале движение запрещено.

В технологии виртуальных блоков [18] блоки являются не физическими, а виртуальными. Внешние сигналы заменены на внутреннюю сигнализацию. Каждый подвижный объект содержит вычислитель, который анализирует информационную ситуацию [19] вокруг подвижного объекта. Именно бортовой вычислитель формирует виртуальный блок, внутри которого движение разрешено. Система виртуальных блоков определяется в реальном времени бортовыми вычислителями. Виртуальные блоки задают безопасные зоны для поезда [18]. Виртуальный блок является динамическим. Он зависит от массы, скорости поезда, уклона пути и погодных условий. Качественно важно, что при цифровом управлении такой механизм требует перехода от точечных четких параметров движения к интервальным нечетким параметрам [20].

#### **Цифровая логистика и ЦЖД.**

Цифровизация существует не только для подвижных объектов, но и для материальных потоков, которые они перевозят. Это приводит к понятию цифровая логистика, которая существует как в рамках ЦЖД, так и самостоятельно. Современный рост данных, включая цифровые, приводит к проблеме Big Data [22]. Для решения проблемы используют специальные методы и ПО, которые анализируют данные, оптимизируют свою

деятельность и оптимизируют цепочку поставок.

Цифровизация построения моделей логистических цепочек и цифровая оптимизация потоков, позволяют оптимально использовать имеющиеся ресурсы, сокращать затраты. Цифровые решения наглядны и прозрачны. Цифровые системы управления цепочками поставок упрощают анализ и контроль заказов и поставок. Логистические компании применяют многообразие данных для улучшения работы и получения конкурентного преимущества.

Цифровые технологии широко применяют логистические компании для повышения эффективности операций, и, главное, для накопления опыта путем анализа операций и их результатов. По существу, речь идет об использовании неявного знания [23]. Это создает предпосылки для беспилотного управления, такого как использование роботов, перевозка грузов, транспортиция опасных грузов и прочее. В цифровой логистике широко применяют использование дронов [24]. Правительства разных стран применяют системы мониторинга трафика на основе беспилотных летательных аппаратов. В таких странах, как Испания, Франция, Чешская Республика и другие, есть несколько исследовательских проектов, изучающих использование беспилотных летательных аппаратов для управления трафиком. Широкое использование беспилотных летательных аппаратов значительно ускорит работу, уменьшит трудности, напряжение и неэффективность. Например, Amazon Prime Air уже реализует отгрузку [24] с помощью беспилотных летательных аппаратов, менее чем за 30 минут до того, как заказчики разместили заказ. Когда эта технология станет широко распространенной, логистика существенно изменится.

### **Заключение**

Иногда цифровую железную дорогу называют моделью. это определение преуменьшает значение и масштаб данного феномена. Цифровая железная дорога в первую очередь сложная технико-технологическая система. Во многих публикациях о ЦЖД не уделяют внимание специфике данных, применяемых в ЦЖД. Если рассматривать ЦЖД как систему, то по стандартам ISO/IEC 9126-1. 2001 и ГОСТ 28195–89 организация данных является обязательным компонентом качества информационной системы.

В ряде работ о ЦЖД упускают важный фактор геоинформатику и координатные преобразования. Для небольших стран проблема координатных преобразований не актуальна. Для стран с большой территорией, включающей несколько зон, координатные преобразования из одной зоны в другую являются необходимым условием точного определения местоположения транспортного средства в единой координатной среде и в системе единого времени. Цифровизация транспортной сферы проходит по нарастающей за счет использовании разных видов транспорта и разных технологий.

Особенностью цифровизации транспортной сферы является тесная связь с технологиями обработки пространственной информации и с геоинформатикой. В рамках программы цифровизации транспорта ЦЖД является ведущим направлением. Интернет вещей (IoT) также вносит свой вклад в цифровизацию транспорта.

Приложения IoT применяются: от отслеживания транспортных товаров с контролируемым температурным режимом до обеспечения правильной доставки пакета в нужное место в указанное время и многое другое. Проекты цифровизации целесообразно реализовать с включением кибер-физических систем. Кибер-физические системы заменяют интеллектуальные транспортные системы как более гибкие и мобильные.

### **Список литературы**

---

1. Цветков В.Я. Интеллектуализация транспортной логистики // Железнодорожный транспорт. -2011. - №4. – с.38-40.
2. V. Ya. Tsvetkov, S.V. Shaytura, K.V. Ordov. Digital management railway // Advances in Economics, Business and Management Research, volume 105. 1st International Scientific and Practical Conference on Digital Economy (ISCDE 2019), p. 181- 185.
3. Буравцев А. В. Цифровая железная дорога как сложная организационно-техническая система // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – 1(5). – с.69-79
4. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Цифровая железная дорога: принципы и технологии // Мир транспорта. - 2018. - Т. 16. - №3 (76). - с. 50-61
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. – №. 2. – p.81-114
6. 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. – V. 5. – №. 1. – p. 71-80.
7. Цветков В. Я., Козлов А. В. Принципы субсидиарного управления // Государственный советник. – 2018.

- №4(24). – с.20-28.

8. Розенберг И. Н., Цветков В. Я., Романов И. А. Управление железной дорогой на основе спутниковых технологий // Государственный советник. – 2013. - №4. – с43-50.
9. Ознамец В.В. Геодезическое обеспечение радиорелейного информационного пространства // Наука и технологии железных дорог. – 2019. Т.3.– 1(9). – с.46 -52.
10. Ознамец В.В. Информационное управляющее транспортное пространство // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т.4.– 4(16). – с.43-50.
11. Don Tapscott The Digital Economy. Promise and Peril In The Age of Networked Intelligence. Publisher: McGraw-Hill Published: 1994, - 368 p..
12. Tsvetkov V. Ya. The Cognitive Modeling with the Use of Spatial Information// European Journal of Technology and Design. - 2015, 4 (10), pp. 149-158.
13. Савиных В. П., Цветков В. Я. Геоинформатика как система наук // Геодезия и картография. – 2013. - №4. - с.52-57.
14. Ознамец В.В. Геодезическое обеспечение цифрового транспорта // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т.4.– 3(15). – с.29-43.
15. Розенберг И.Н. О единой транспортной политике // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 1(1). – с.22-26.
16. <https://www.networkrail.co.uk/our-railway-upgrade-plan/digital-railway/>.
17. Цветков В.Я. Геоинформационный геотехнический мониторинг // Науки о Земле. - 2012. - №4. - с.054-058.
18. Щенников А.Н. Применение виртуальных блоков в управлении транспортом // Наука и технологии железных дорог. – 2019. Т.3.– 1(9). – с.17 -26.
19. Цветков В.Я. Модель информационной ситуации // Перспективы науки и образования. - 2017. - №3(27). - с.13-19.
20. Цветков В.Я. Интегральное управление высокоскоростной магистралью // Мир транспорта. - 2013. - № 5 (49). - с.6-9.
21. Бубнова Г. В., Лёвин Б. А. Цифровая логистика-инновационный механизм развития и эффективного функционирования транспортно-логистических систем и комплексов //International journal of open information technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 3..
22. Данилов К.В., Капустин Н.И. Технологии Big Data в железнодорожной отрасли инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 4(4). – с.25-33.
23. Цветков В.Я. Неявное знание и его разновидности // Вестник Мордовского университета. - 2014. - Т. 24. № 3. – с.199-205.
24. D'Andrea R. Guest editorial can drones deliver? //IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. – 2014. – V. 11. – №. 3. – p. 647-648

## References

---

1. Tsvetkov V.Ya. Intellektualizaciya transportnoj logistiki // ZHeleznodorozhnyj transport. -2011. - №4. – s.38-40.
2. V. Ya. Tsvetkov, S.V. Shaytura, K.V. Ordov. Digital management railway // Advances in Economics, Business and Management Research, volume 105. 1st International Scientific and Practical Conference on Digital Economy (ISCDE 2019), p. 181- 185.
3. Buravcev A. V. Cifrovaya zheleznaya doroga kak slozhnaya organizacionno-tehnicheskaya sistema // Nauka i tekhnologii zheleznih dorog. – 2018. – 1(5). – s.69-79
4. Lyovin B.A., Tsvetkov V.Ya. Cifrovaya zheleznaya doroga: principy i tekhnologii // Mir transporta. - 2018. - Т. 16. - №3 (76). - s. 50-615.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. – №. 2. – p.81-114
6. 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. – V. 5. – №. 1. – p. 71-80.
7. Tsvetkov V. Ya., Kozlov A. V. Principy subsidiarnogo upravleniya // Gosudarstvennyj sovetnik. – 2018. - №4(24). – с.20-28.
8. Rozenberg I. N., Tsvetkov V. Ya., Romanov I. A. Upravlenie zheleznoj dorogoj na osnove sputnikovyh tekhnologij // Gosudarstvennyj sovetnik. – 2013. - №4. – с43-50.

9. Oznamec V.V. Geodezicheskoe obespechenie radiorelejnogo informacionnogo prostranstva // Nauka i tekhnologii zheleznyh dorog. – 2019. T.3.– 1(9). – s.46 -52.
10. Oznamec V.V. Informacionnoe upravlyayushchee transportnoe prostranstvo // Nauka i tekhnologii zheleznyh dorog. 2020. T.4.– 4(16). – s.43-50.
11. Don Tapscott The Digital Economy. Promise and Peril In The Age of Networked Intelligence. Publisher: McGraw-Hill Published: 1994, - 368 p..
12. Tsvetkov V. Ya. The Cognitive Modeling with the Use of Spatial Information// European Journal of Technology and Design. - 2015, 4 (10), pp. 149-158.
13. Savinyh V. P., Tsvetkov V. Ya. Geoinformatika kak sistema nauk // Geodeziya i kartografiya. – 2013. - №4. - s.52-57.
14. Oznamec V.V. Geodezicheskoe obespechenie cifrovogo transporta // Nauka i tekhnologii zheleznyh dorog. 2020. T.4.– 3(15). – s.29-43.
15. Rozenberg I.N. O edinoj transportnoj politike // Nauka i tekhnologii zheleznyh dorog. – 2017. – 1(1). – s.22-26.
16. <https://www.networkrail.co.uk/our-railway-upgrade-plan/digital-railway/>.
17. Tsvetkov V.Ya. Geoinformacionnyj geotekhnicheskij monitoring // Nauki o Zemle. - 2012. - №4. - s.054-058.
18. SHCHennikov A.N. Primenenie virtual'nyh blokov v upravlenii transportom // Nauka i tekhnologii zheleznyh dorog. – 2019. T.3.– 1(9). – s.17 -26.
19. Tsvetkov V.Ya. Model' informacionnoj situacii // Perspektivy nauki i obrazovaniya. - 2017. - №3(27). - s.13-19.
20. Tsvetkov V.Ya. Integral'noe upravlenie vysokoskorostnoj magistral'yu // Mir transporta. - 2013. - № 5 (49). - s.6-9.
21. Bubnova G. V., Lyovin B. A. Cifrovaya logistika-innovacionnyj mekhanizm razvitiya i effektivnogo funkcionirovaniya transportno-logisticheskikh sistem i kompleksov //International journal of open information technologies. – 2017. – T. 5. – №. 3..
22. Danilov K.V., Kapustin N.I. Tekhnologii Big Data v zheleznodorozhnoj otrasli infrastruktury // Nauka i tekhnologii zheleznyh dorog. – 2017. – 4(4). – s.25-33.
23. Tsvetkov V.Ya. Neyavnoe znanie i ego raznovidnosti // Vestnik Mordovskogo universiteta. - 2014. - T. 24. № 3. – s.199-205.
24. D'Andrea R. Guest editorial can drones deliver? //IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. – 2014. – V. 11. – №. 3. – p. 647-648