

УДК: 656.001.57

## ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО ЦИФРОВОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

**Болбаков Р.Г.**

к.т.н., доцент, зав. кафедрой, Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), E-mail: antaros05@yandex.ru, Москва, Россия.

### Аннотация

В статье описываются результаты исследования информационного пространства для цифровой железной дороги. Автоматизация процессов обмена данными осуществляется через информационное пространство цифровой железной дороги. Информационное пространство представляет собой эффективный способ оптимизировать коммуникацию и способствовать бесперебойной работе отдельных операций в системе транспорта. Раскрывается связь между цифровой железной дорогой и цифровой коммуникацией. Описана структура цифровой железной дороги с учетом информационного пространства. Показана связь информационного пространства цифровой железной дороги с геоинформационным пространством и с координатным пространством. Обоснована необходимость применения геоинформатики в информационно пространстве цифровой железной дороги. Описаны основные технологические компоненты цифровой железной дороги, показана роль информационного пространства в развитии цифровой железной дороги.

### Ключевые слова:

Транспорт, цифровые технологии, цифровая трансформация, цифровая железная дорога, сложные системы, цифровое управление.

## INFORMATION SPACE OF THE DIGITAL RAILWAY

**Bolbakov R.G.**

Ph.D.(Tech.), Assistant professor, Head of the Department, Russian Technologies University (RTU MIREA), E-mail: antaros05@yandex.ru, Moscow, Russia

### Abstract

The article describes the results of the study of the information space used for the digital railway. The development of the digital railway serves as the basis for the formation of a multimodal transport system. The information space is an effective way to optimize communication and facilitate the smooth operation of individual operations in the transport system. The relationship between the digital railway and digital communication is revealed. The structure of the digital railway is described taking into account the information space. The relationship of the information space of the digital railway with the geoinformation space and the coordinate space is shown. The need to use geoinformatics in the information space of the digital railway is substantiated. The main technological components of the digital railway are described. The role of the information space in the development of the digital railway is shown.

### Keywords:

Transport, digital technologies, digital transformation, digital railway, complex systems, digital control.

**Введение**

Цифровизация и инновационные технологии становятся важными инструментами в развитии транспортной системы. Они позволяют оптимизировать мощности, повысить производительность, улучшить качество, обеспечивая при этом гибкость всей системы. Цифровая трансформация процессов, внедрение новых технологий, современное управление транспортом основано на использовании информационных пространств [1]. Информационное пространство включает координатное пространство [2]. Информационное пространство также включает геоинформационное пространство [3]. В совокупности все пространства образуют киберпространство [4,5], которое применяют для управления.

Цифровые технологии перестраивают сферу транспорта и цифровая железная дорога (ЦЖД) является одним из следствий цифровой трансформации [6]. Как показывают исследования цифровая трансформация является синонимом цифровизации, которую в России трактуют двояко: как процесс дискретизации данных и как процесс использования информационно-цифровых технологий в промышленности и управлении. Цифровая трансформация связана с цифровой логистикой [7], цифровой коммуникацией [8], цифровым бизнесом [9], цифровым менеджментом [10]. Поэтому ЦЖД [11-13] есть комплексная система, включающая сложные технологические системы, сложные организационные системы, коммуникационные системы. С системных позиций ЦЖД есть сложная система систем, которая требует применения информационного пространства для управления.

**Структура информационного пространства**

Цифровая трансформация транспорта и автоматизация транспортной инфраструктуры проводятся по норме и необходимости. Речь идет не только об управлении, но и прежде всего об устойчивости всех транспортных процессов. Самый быстрый способ повысить эффективность работы транспортной системы заключается в рациональной автоматизации комплекса процессов с использованием цифровых технологий глобального и локального управления. Перенос процессов в информационное пространство решает глобальные и локальные задачи. Автоматизация процессов управления в информационном пространстве объединяет технологии локального и глобального управления в единую систему. Это ставит задачу исследования и разработки информационного пространства как средства поддержки управления транспортной системой.

Для решения подобной задачи целесообразно использовать системный подход. Он дает возможность рассматривать информационное пространство как сложную систему и применять к ней методы системного анализа. Как сложная система информационное пространство (ИП)

взаимодействует с другими системами и компонентами. В структуре ИП можно выделить системный уровень, технологический уровень и уровень компонент.

Системный уровень ИП включает распределенные системы, робототехнические системы, цифровые системы, сетевые системы и интегрированные системы, например, система интеллектуальной логистики [14]. Робототехнические системы все шире применяют на транспорте в сфере погрузочных работ, включая наземные и воздушные роботы (Рис.1). На рис.2 показана структура информационного пространства.



Рисунок 1. Воздушный робот-погрузчик

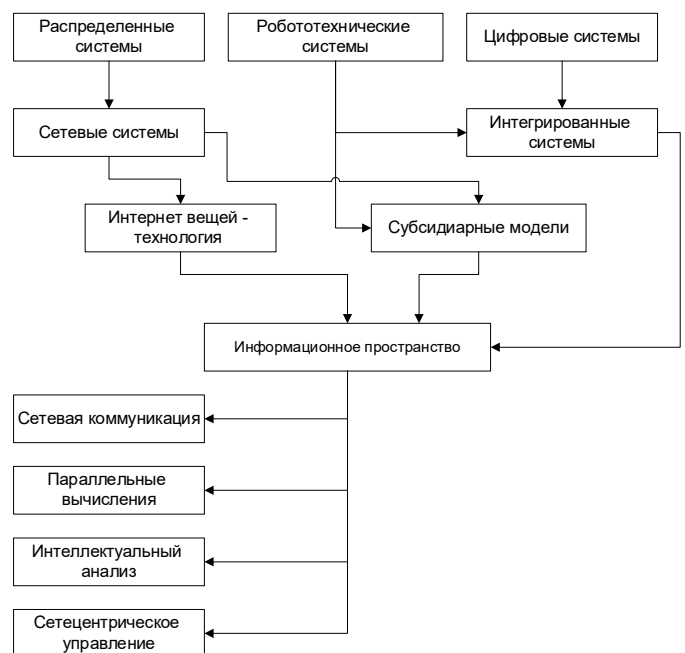


Рисунок 2. Структура информационного пространства

Распределенные системы используют в сфере управления потоками. Технологический уровень включает технологии Интернета вещей и технологии субсидиарных систем и моделей. Технологии Интернета вещей обеспечивают коммуникации и физически технологическую связь. Субсидиарные системы и модели обеспечивают адаптивность ИП и возможность его саморазвития. С системных позиций субсидиарные системы

и модели позволяют получать эффект эмерджентности от ИП.

Компонентный уровень является открытым, как и все ИП. Он включает: сетевые коммуникации; параллельные вычисления (как средство преодоления «больших данных»); интеллектуальный анализ (как средство преодоления сложности); сетевое управление (как средство устранения недостатков иерархического управления и возможности субординатного управления).

### Компоненты ЦЖД

На рис. 3 приведена структурная схема ЦЖД

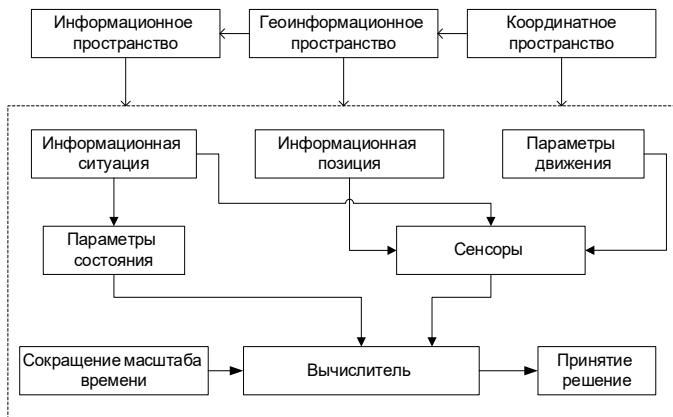


Рисунок 3. Структурная схема ЦЖД

Структурная схема ЦЖД вложена в интегрированное пространство, которое включает координатное пространство (привязка к реальному миру), геоинформационное пространство (координация объектов и управленческих действий) и информационное (описательное) пространство. Конкретный объект находится в информационной ситуации и имеет в ней определенную информационную позицию по отношению к другим подвижным и неподвижным объектам. Часть параметров передается напрямую, часть передается на сенсоры, где они дополнительно обрабатываются.

При этом следует заметить, что параметры формируют в виде фактофиксирующих моделей [15]. В современной ЦЖД в настоящее время действует негативный фактор сокращение масштаба времени принятия решений. Это означает сжатие времени на принятие решений. Этот фактор обусловлен повышением скоростных режимов и возрастанием объемов информации. Этот фактор требует принятия решений в более короткие сроки и при этом обрабатывать большие объемы информации, чем при обычном движении. Это означает отказ от старых методов и алгоритмов (медленных) управления. С учетом всех перечисленных факторов вычислитель ЦЖД должен сформировать решение надежное решение в короткие сроки.

Цифровая коммуникация [8] является обязательной для ЦЖД. Ее основой является цифровая связь, которая более помехоустойчива по сравнению с аналоговой связью.

Цифровая коммуникация (рис.4) создает возможности дополнительного наблюдения в дополнение к наблюдению в обычном транспорте.

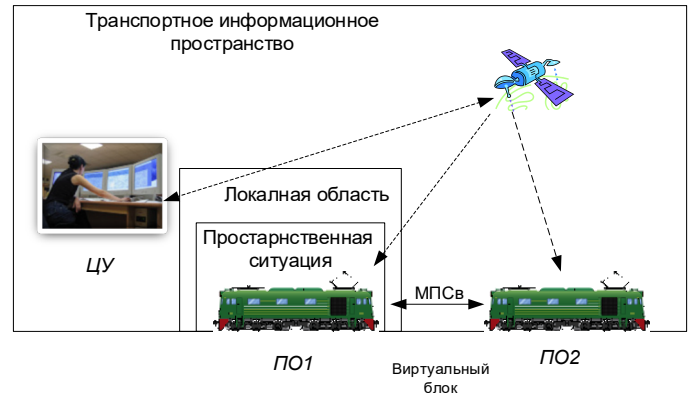


Рисунок 4. Цифровая коммуникация и цифровое наблюдение.

На рис. 4 показано цифровое наблюдение. Для реализации этой технологии вся трасса железной дороги должна быть оборудована станциями поддержки спутниковой навигации или радиорелейными станциями [16]. В такой технологии подвижный объект (ПО) всегда находится в зоне цифрового наблюдения. Цифровая коммуникация повышает информационную безопасность. Она обеспечивает снижение умышленных воздействий. Она проводит контроль действий человека и в случае необходимости либо прерывает его действия, либо посылает запрос в центр управления. Следует отметить, что ручное управление поездами становится менее эффективным в силу того, что человек при управлении осуществляет рецепцию [17,18] информации. Это когнитивный процесс, который тормозится не только требованиями малого времени, но и сложностью принимаемой визуальной информации. Для обеспечения цифровой коммуникации подвижные средства должны быть обеспечены приемниками GPS/ГЛОНАСС. Пути должны быть оборудованы сетью электронных меток. Для снижения информационных рисков и повышения кибербезопасности используют субординатные системы как средство активной борьбы с внешними угрозами.

ЦЖД использует новую цифровую технологию управления [19]. Развитием технологии ЦЖД создало возможность взаимодействия поездов методом виртуальных блоков (виртуальной сцепки) [20]. Метод не требует физического сцепления поездов, а реализует этот процесс в информационном пространстве (рис.4). В этой технологии поезда находятся в виртуальном пространстве, а физически удалены друг от друга на переменную дистанцию. Эта дистанция физически зависит от скорости и внешних условий, но в виртуальном пространстве она четко связывает разделенные поезда. Эта технология повышает пропускную способность и применима только в ЦЖД.

ЦЖД расположена в реальном пространстве, поэтому требует применения пространственной логики для анализа. ЦЖД требует использования

комплекса пространственных технологий: геомониторинга геоинформационного моделирования, дистанционного зондирования земли, космического мониторинга транспорта, экологического мониторинга, мониторинга путей. ЦЖД требует применения технологий комического наблюдения и комплексного пространственного мониторинга [21].

Объекты ЦЖД всегда находятся в ситуации (рис.4), в силу этого в ЦЖД необходимо проводить ситуационный анализ и ситуационное управление. Ситуационное управление включает два типа ситуаций: «скользящую» и стационарную. Ситуации управления скоростным транспортом исключают принятия оперативных действий человека. Управление ЦЖД в условиях повышенной сложности требует применения искусственного интеллекта или интеллектуальных транспортных систем.

Взаимодействие человека с ЦЖД повсеместно присутствует в современном управлении. Оно осуществляется за счет переноса общения в информационное пространство и подключения методов искусственного интеллекта к управлению.

Железнодорожная отрасль приняла цифровизацию и взаимосвязанность, внедрив информационно-коммуникационные технологии в традиционную операционную технологическую инфраструктуру. Эта конвергенция принесла многочисленные преимущества, включая улучшенную видимость, надежность, эксплуатационную эффективность и лучший опыт пассажиров. Но она также внесла новые киберриски [22] и усилила существующие в цифровых железных дорогах и всей цепочке поставок.

Информационное пространство ЦЖД повышает безопасность движения. Это вытекает из того, что оно повышает осведомленности об инцидентах, которые можно рассматривать как события в сложной системе обработки событий в информационном пространстве. Главной особенностью такой возможности является метод обнаружения аномалий в сети, использующий связь локальных и глобальных событий в информационном пространстве.

Влияние на нормальную работу и соответствующие решения безопасности обеспечивает таксономия безопасности, которая формируется в информационном пространстве в разных масштабах.

Технологически эта реализация использует метамоделирование или гармонический анализ телекоммуникационного трафика и принятие решений при известных инцидентах об аномалиях в ЦЖД. Это соответствует основным требованиям к услугам цифровой железнодорожной сети нового класса, таким как большие объемы трафика данных и осведомленность о ситуации в реальном времени.

## Заключение

Цифровые технологии вообще и ЦЖД в частности предоставляют железнодорожному сектору возможность достичь социальной, экономической и экологической устойчивости при правильном внедрении. Однако раскрытие полного потенциала цифровых технологий требует учета многих факторов. Отметим три важные особенности. Информационное пространство дает возможность связывать глобальное и локальное управление, связывать локальные и глобальные события. Оно дает возможность накапливать опыт и повышать надежность эксплуатации транспортных систем.

В некоторых публикациях о ЦЖД эту систему называют моделью. ЦЖД не модель, а сложная система систем. Управление системой ЦЖД также может быть рассмотрено как сложная управленческая система. Еще одной массовой ошибкой в описании ЦЖД является то, что в ней не уделяют внимание специальной организации данных для ЦЖД как для системы. Напомним, что по стандартам ISO/IEC 9126-1:2001 и ГОСТ 28195-89 организация данных в информационных и сложных системах связана с организацией сразу трех компонентов: данных, программного обеспечения и технологий обработки. Только такое оптимальное объединение обеспечивает качество информационной или сложной системы. Третья особенность в том, что применительно к российским ЖД в рамках глобального управления упускают необходимость координатных преобразований. Для стран типа UK эта проблема не существует в силу небольших размеров. Для стран большой площади и несколькими зонами координатные преобразования необходимы при переходе из одной зоны в другую.

Физические активы в системе ЦЖД связаны с цифровыми активами, максимально используя данные и моделирование. Трансформационное лидерство, основанное на системной инженерии, будет необходимо для реализации процесса изменений, необходимого для инноваций на протяжении всего жизненного цикла цифровой железной дороги. Каждый из этих элементов цифровой железной дороги – технология, данные, моделирование, трансформационное лидерство и системная инженерия – представляет собой проблемы, которые необходимо преодолеть. По существу ЦЖД реализуют концепцию интеллектуальных транспортных систем. Они более адаптивные, чем нецифровые дороги, и более ресурсные.

Информационное пространство в сочетании с цифровизацией становятся незаменимыми инструментами для ожидаемой и желаемой трансформации транспортной системы. Они позволяют оптимизировать мощности, повысить производительность, улучшить качество, обеспечивая при этом гибкость всей цепочки перевозки грузов и пассажиров. Информационное пространство цифровой железной дороги формирует основу для устойчивой

цифровой железной дороги, чтобы удовлетворить растущие потребности общества.

## Список литературы

1. Ознамец В.В. Информационное управляющее транспортное пространство // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т.4.– 4(16). – С.43-50.
2. Шайтура С. В. Проблемы координатного обеспечения цифровой железной дороги // Наука и технологии железных дорог. – 2018. Т.2.– 1(5). – С.62-68.
3. Бучкин В.А. Геоинформационное пространство в транспортной сфере // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т.4.– 2(14). – С.34-44.
4. Цветков В.Я. Киберпространство транспортной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. 2023. Т. 7. №2 (25). – С.30-34.
5. Нестеров Е. А., Цветков В. Я. Транспортная кибербезопасность // Мир транспорта. 2023. Т. 21. № 6 (109). С. 103-109.
6. Тягунов А.М. Цифровая трансформация в сфере транспорта // Наука и технологии железных дорог. 2021. Т. 5. №2 (18). – С.13-21.
7. Borisova V. V., Tasueva T. S., Rakhimova B. K. State support for digital logistics //Institute of Scientific Communications Conference. – Cham : Springer International Publishing, 2019. – С. 631-638.
8. Sneps-Snepp 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.
9. 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
10. Цветков В.Я. Электронный менеджмент в отраслях//E-Management. 2023. Т. 6, № 4. С. 14–21
11. Буравцев А. В. Цифровая железная дорога как сложная организационно-техническая система // Наука и технологии железных дорог. – 2018. Т.2.– 1(5). – С.69-79.
12. Tsvetkov V. Ya., Shaytura S.V., Ordov K.V. 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.
13. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Цифровая железная дорога: принципы и технологии // Мир транспорта. – 2018. – Т. 16. – №3 (76). – С. 50-61.
14. Булгаков С.В. Интеллектуализация логистики // Наука и технологии железных дорог. 2024. Т.8. №2(30). – С.23-26.
15. Цветков В.Я. Фактофиксирующие и интерпретирующие модели // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – №9-3. – С.487.
16. Ознамец В.В. Интервальное управление в радиорелейном информационном пространстве // Наука и технологии железных дорог. 2024. Т.8. №1 (29). – С.27-31.
17. Цветков В.Я. Рецепция информации // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. – 1 (13). – С.121-129.
18. Джорова С.М. Рецепция, перцепция и апперцепция при интерактивной обработке в геоинформационных системах // Славянский форум. 2022, 4(38). С.25-33.
19. Замышляев А.М. Информационное управление в транспортной сфере // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 4(4). – С.11-24.
20. Оленцевич В. А., Упырь Р. Ю., Антипина А. А. Эффективность внедрения интервального регулирования движения поездов по системе «виртуальная сцепка» на участке //Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – №. 2 (66). – С. 182-189.
21. Лёвин Б.А. Комплексный мониторинг транспортной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 1(1). – С.14-21.
22. Нестеров Е.А., Цветков В.Я. Информационные коммуникационные риски цифрового развития // Транспортное право и безопасность. 2023. № 2 (46). С. 58-65.