

УДК 656.13:519.65.

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ИХ РАЗВИТИЯ

**Григоренко Николай Иванович**<sup>1</sup>, кандидат технических наук  
e-mail: [gri-nik@mail.ru](mailto:gri-nik@mail.ru)

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Москва, Россия

**Аннотация.** С развитием передовых транспортных систем возникла необходимость внедрения интеллектуального подхода в транспортном комплексе. Важно обеспечить необходимую технологическую инфраструктуру для интегрированного функционирования систем, используемых в интеллектуальных транспортных системах (ИТС), особенно определения функционирования транспортного средства, связи и картографии. Современное развитие ИТС в значительной мере определяется уровнем развития инновационных технологий в области коммуникаций и внедрением перспективных технических решений.

**Ключевые слова:** интеллектуальная транспортная система, транспортная инфраструктура, цифровой двойник, искусственный интеллект, данные.

## INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS AND THEIR DEVELOPMENT DIRECTIONS

**Nikolay I. Grigorenko**<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences  
e-mail: [ugri-nik@mail.ru](mailto:ugri-nik@mail.ru)

<sup>1</sup> All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials of the National Research Center "Kurchatov Institute", Moscow, Russia

**Abstract.** With the development of advanced transport systems, it has become necessary to introduce an intelligent approach in the transport sector. It is important to provide the necessary technological infrastructure for the integrated functioning of systems used in intelligent transportation systems (ITS), especially vehicle function detection, communications, and cartography. The modern development of ITS is largely determined by the level of development of innovative technologies in the field of communications and the introduction of promising technical solutions.

**Keywords:** intelligent transport system, transport infrastructure, digital twin, artificial intelligence, data.

Перспективы и возможности инновационного развития способствуют формированию транспортной инфраструктуры посредством цифровой трансформации отрасли. Перед транспортной отраслью стоят задачи по повышению конкурентоспособности российской

транспортной системы до 2030 года [1]. Транспортная отрасль является базовой для поддержания взаимосвязанного экономического пространства и сохранения территориальной целостности государства, тем самым обеспечивая единый каркас между всеми субъектами страны. Участие страны в глобальной экономической системе способствует упрочнению транспортных коммуникаций, позволяя формировать материальный фундамент для развития внешнеторговых отношений.

Конкурентоспособность транспортной отрасли тесно взаимосвязана с уровнем развития инновационных технологий и инфраструктурных платформ, которые закреплены нормативными документами [2-6]. Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) для транспортной отрасли представляют собой базовую задачу по внедрению инновационных технологий. Достижение эффективности мобильности и качества транспортных услуг в режиме онлайн возможно при генерации и анализе информационных потоков и данных, а также мониторинге дорожного движения и местоположения транспортных средств. Интегрирование мобильных решений и совместимость различных технологий составляют функционал интеллектуальной транспортной системы (ИТС), тем самым обеспечивая поддержание непрерывного потока информации между различными видами транспорта. В соответствии с намеченными целями и задачами по формированию дорожно-транспортной инфраструктуры, изложенными в Концепции [7].

Интеграция цифрового двойника в транспортные технологические процессы является перспективным направлением развития транспортного комплекса. Данное решение в виде концептуальной модели представлено на рисунке 1. Она включает в себя три уровня: объективный (физическая инфраструктура), зеркальный (виртуальные модели) и сценарный (система обслуживания объектов). Дороги, мосты, туннели и другие объекты, представляющие физическую транспортную инфраструктуру, относятся к объективному уровню. Для цифрового двойника они являются физическими объектами, представляющими реальный массив информации.

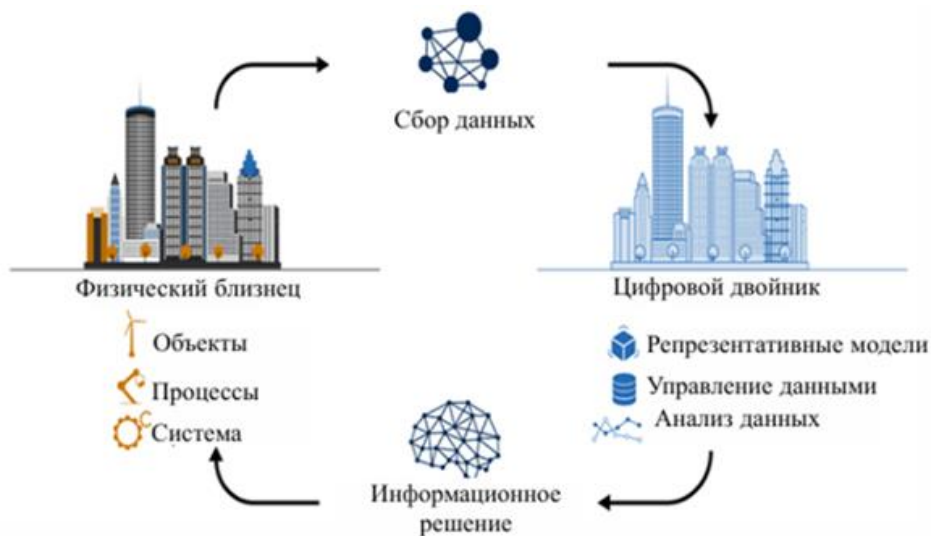


Рисунок 1 – Схема связи между цифровым двойником и его физическим аналогом

В основе концептуальной модели лежат объединённые данные транспортного двойника, сочетающие информацию о физических объектах, виртуальных моделях, сервисных системах и пр. Данные транспортного двойника обеспечивают бесшовную интеграцию и взаимодействие между физической и виртуальной системами, служат связующим звеном между тремя уровнями концептуальной модели.

Предложенная концептуальная модель представляет собой структурированную основу для понимания и применения технологии цифровых двойников в транспортной отрасли. Следует выделить четыре ключевые концептуальные характеристики технологии цифровых двойников:

- точное картографирование на основе данных;
- масштабируемость и функциональная совместимость;
- достоверность в реальном времени;
- интеллектуальное принятие решений на основе моделей.

Цифровые технологии зависят от поддержки различных предшествующих технологий, которые формируют основу для их внедрения и применения в различных областях, включая транспортную инфраструктуру. К таким предшествующим технологиям относятся сенсорные технологии и технологии управления, интернет вещей, большие данные, моделирование, BIM, автоматизированное проектирование/инжиниринг (CAD/CAE) и расширенная /смешанная/ дополненная/ виртуальная реальность (XR/ MR/ AR/ VR).

Проводить мониторинг и оценку эксплуатационных характеристик и уровня работоспособности объектов инфраструктуры в режиме реального времени позволяет технология цифрового двойника, помогая руководителям принимать обоснованные решения и оптимизировать стратегии технического обслуживания [8]. Система нацелена на следующие аспекты: сбор и контроль информации, объединение данных, построение моделей и их исследование, а также на взаимодействие между человеком и машиной (рис. 2). Она содержит набор технологий для создания и внедрения цифровых двойников, включающий стандарты и методы оценки, которые предоставляют нужные рекомендации и ориентиры.



Рисунок 2 – Система цифровых двойников для транспортной инфраструктуры

Интеграция ряда передовых решений в единый технологический комплекс способствует эффективной цифровизации транспортной инфраструктуры. К ним следует отнести технологии по коррекции, объединению и созданию моделей, обеспечению их совместимости, бизнес-интеграцию и технологии цифровых потоков. Технологии по коррекции моделей способствуют динамическому обновлению цифровых двойников,

позволяя им в режиме реального времени точно отражать состояние и производительность объектов физической инфраструктуры. При применении сенсоров на постоянной основе с учётом актуальных данных из фактической ситуации происходит коррекция моделей, что позволяет цифровым двойникам поддерживать высокую степень точности и надёжности.

Технологическое применение цифрового двойника в транспортной инфраструктуре требует наличия комплексной технологической системы, которая включает в себя датчики и средства управления, интеграцию данных, моделирование и анализ, а также взаимодействие человека и машины [9]. В период непрерывного технологического развития и преобразования ключевыми условиями успешной трансформации цифровых двойников в транспортной сфере являются технологии, способные обеспечивать контроль над данными, совместимость систем и защиту информации.

Ввиду постоянного развития ИТС-системы и внедрения инновационных решений приходится искать способы категоризации разнообразия транспортных средств; совершенствование сервисного обслуживания и распределение ресурсов становятся ключевыми факторами, определяющими рост их результативности. Для решения данных проблем и расширения возможностей ИТС предлагается использовать значительный потенциал в виде внедрения новых технологий и инновационных стратегий. Решить проблему сбора данных из окружающей среды в кратчайший период времени в условиях высокой мобильности узлов в сетях ИТС возможно посредством передовых вычислений [10]. Развертывание сетей пятого и шестого поколений гарантирует сверхбыстрое соединение с минимальными задержками, что существенно повышает эффективность обмена информацией между узлами и заменяет текущие технологии.

Интеграция автоматизации и искусственного интеллекта является преобладающей тенденцией в транспортных системах. Вследствие новейших технологий автоматизации повышается безопасность, оптимизируются маршруты и управление дорожным движением. В режиме реального времени агрегируется большой массив данных благодаря разнообразию сенсорных устройств. Следует учитывать, что данные устройства могут быть подвержены взлому со стороны киберпреступников и может произойти утечка данных, так как они не способны обеспечить защиту для надежного хранения данных [10]. На рисунке 3 показаны будущие тенденции, базирующиеся на четырех ключевых направлениях: устойчивой мобильности, управлении и автоматизации, цифровизации и стратегических основах. Эти направления в перспективе способствуют созданию транспортных средств, обладающих повышенной эффективностью, надежностью и экологической чистотой.



Рисунок 3 – Основные факторы, связанные с развитием ИТС

Инновационные технологии могут кардинальным образом изменить формирование мобильности и планирование городской инфраструктуры вследствие стремительной

модернизации ИТС. Они способствуют развитию более динамичного подхода к интеграции получаемых данных, повышая эффективность и устойчивость транспортных систем. Следует отметить основные направления:

- применение алгоритмов на основе машинного обучения и искусственного интеллекта;
- внедрение криптографических методов в ИТС;
- централизация сетей 5G и 6G с «автомобиль — инфраструктура» (V2X);
- базирование ИТС на основе блокчейна.

Интенсивное развитие ИТС обусловлено интеграцией современных технологий на основе 5G и 6G, искусственного интеллекта, машинного обучения и блокчейна. При высокой транспортной нагрузке возникают сложности в дорожном движении, применение современных технологий способствует их минимизации. Дальнейшее их внедрение позволит развивать интеллектуальные городские пространства и системы городской мобильности.

Повышение технологического уровня транспортной инфраструктуры посредством внедрения коммуникационных систем, автоматизированных решений и высокоскоростных сетей, функционирующих на основе интеграции датчиков. Способствуя повышению эффективности и безопасности, ИТС используют различные технологии для мониторинга, оценки и координирования транспортным комплексом. Проанализированы актуальные тенденции в сфере транспортных инноваций, их влияние на повседневную жизнь граждан и методики градостроительного проектирования. Возможности роста во многом определяются внедрением интеллектуальных систем управления городским и пригородным сообщением.

При создании прикладных решений для ИТС следует предусмотреть интеграцию перспективных технологий: методов искусственного интеллекта и глубокого обучения, подходов науки о данных, распределённых реестров (блок-чейн), а также — по мере созревания — квантовых вычислений. Важной составляющей станут алгоритмы безопасной генерации и обработки данных и меры по защите гибридных архитектур, объединяющих облачные, локальные и периферийные вычисления. Параллельно необходимо формирование нормативно-правовой и институциональной базы, а также поэтапная стратегия внедрения — от пилотных проектов до масштабирования на региональном и федеральном уровнях. В исследовании [11] отмечается приоритетная задача по формированию конкурентоспособности транспортной отрасли при условии успешной разработки и внедрения ИТС.

Развитие ИТС сопряжено с различными трудностями: организационными, нормативными, техническими, вопросами конфиденциальности и пр. Работа системы в режиме реального времени связана с высокой степенью сложности и значительными вычислительными ресурсами, при которых приходится учитывать уровень кибербезопасности. В значительной степени качественные и согласованные данные для алгоритмов искусственного интеллекта способствуют точному прогнозированию и принятию эффективных решений в приложениях ИТС. В противном случае могут возникать проблемы, так как точность прогнозов прибытия автобусов в реальном времени напрямую зависит от корректности данных навигационной системы.

Определяющее значение приобретает оперативное реагирование на данные, поступающие в режиме реального времени в рамках ИТС, динамического построения маршрутов и контроля транспортных потоков. В этом случае важно гарантировать высокую производительность и эффективность при работе с полученной информацией, используя сложные вычисления и обработку больших массивов данных. Интеграция передовых методов искусственного интеллекта для ИТС сопряжена с высокими требованиями к



вычислительным мощностям и квалификации специалистов, что затруднительно при нехватке ресурсов. Большие объемы информации можно эффективно обрабатывать при внедрении системы интеллектуальной регистрации данных и анализа данных, записанных ранее [12].

Приоритетными направлениями развития ИТС являются цифровизация и использование интернета вещей (IoT). Сбор, анализ и обработка больших объемов данных в реальном времени для повышения эффективности, безопасности и устойчивости транспортной системы. Интеграция сетей передачи данных, мониторинг транспорта (ГЛОНАСС/GPS) и развитие концепции взаимодействия инфраструктуры с беспилотными транспортными средствами и связанных с ними сервисов. Развитие автономного и высокоавтоматизированного транспорта, создание и функционирование национальной сети ИТС на автомобильных дорогах общего пользования.

### Список литературы:

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 3 ноября 2023 г. № 3097-р об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года. Электронный ресурс: <https://mintrans.gov.ru/documents/2/12953> (дата обращения: 12.04.2026)
2. Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». Электронный ресурс: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202007210012> (дата обращения: 19.04.2026)
3. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». Электронный ресурс: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001201805070038> (дата обращения: 19.04.2026)
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р. Электронный ресурс: <https://pravo.ppt.ru/rasporyazheniye/258649> (дата обращения: 19.04.2026)
5. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2021 г. № 3744-р. Электронный ресурс: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202112270030?ysclid=mftpqfk8nj934175154> (дата обращения: 19.04.2026)
6. Паспорт федерального проекта "Общесистемные меры развития дорожного хозяйства". Электронный ресурс: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/9759?type> (дата обращения: 29.04.2026)
7. Распоряжение Министерства транспорта РФ от 30 сентября 2022 года № АК-247-р «Об утверждении Концепции создания и функционирования национальной сети интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах общего пользования. Электронный ресурс: <https://mintrans.gov.ru/documents/2/12057> (дата обращения: 22.04.2026)
8. Кондратенкова Т.И., Кузнецова А.А., Панфилов А.С. Оценка опыта внедрения и перспективы использования территориальных интеллектуальных транспортных систем // Российский экономический интернет-журнал. – 2022. – № 2. Электронный ресурс: <https://www.e-rej.ru/upload/iblock/6b9/6b9aaf3b2e554724f05507990fc502e2.pdf> (дата обращения: 22.04.2026)
9. Григоренко, Н. И. Технологии цифрового двойника портовых систем, в сфере обеспечения безопасности функционирования объекта критической транспортной



инфраструктуры / Н. И. Григоренко, В. А. Гутников // Безопасность в современном мире. – 2024. – № 4(5). – С. 70-83. – EDN LVGMPF.

10. ПНСТ 878-2023 Интеллектуальные транспортные системы. Архитектура эталонной модели для интеллектуальных транспортных систем. Часть 5. Требования к описанию архитектуры в стандартах на интеллектуальные транспортные системы. Электронный ресурс: <https://gostassistant.ru/doc/89be122a-f59f-4819-8f07-a2238aa940d2> (дата обращения: 22.04.2026)

11. Солодкий А. И. Развитие интеллектуальных транспортных систем в России: проблемы и пути их решения. Новый этап // Интеллект. Инновации. Инвестиции. - 2020. - № 6. - С. 10-19. DOI: 10.25198/2077-7175-2020-6-10.

12. Григоренко, Н. И. Несанкционированное вмешательство вследствие кибератак на системы управления автотранспорта / Н. И. Григоренко // Высокие технологии в строительном комплексе. – 2025. – № 1. – С. 208-215. – EDN MCNYDI.

