

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В УСЛОВИЯХ ДВИЖЕНИЯ ВЫСОКОАВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ОБЩЕМ ТРАНСПОРТНОМ ПОТОКЕ

Кандидат техн. наук Булатова О.Ю.
(Донской государственный технический университет. ДГТУ)

DIGITAL TRANSFORMATION OF ROAD INFRASTRUCTURE UNDER CONDITIONS OF HIGHLY AUTOMATED VEHICLES MOVEMENT IN THE GENERAL TRAFFIC FLOW

O.Yu. Bulatova, Ph.D. (Tech.)
(Don State Technical University. DSTU)

Аннотация. Качественное функционирование городских транспортных систем необходимо для экономического и социального благосостояния городов. Чтобы отвечать современным потребностям пользователей транспортная инфраструктура должна быть интегрирована в единую информационную систему оказания транспортных услуг. Развитие высокоавтоматизированных транспортных средств и беспилотных автомобилей требует соответствующей дорожной инфраструктуры. Рассматриваются цифровые услуги Умных дорог, которые позволяют создать безопасную среду для всех участников дорожного движения.

Abstract. Efficient urban transportation systems functioning is necessary for the economic and social well-being of cities. In order to meet the modern user's needs, the transport infrastructure must be integrated into holistic information system for the provision of transport services. The development of highly automated vehicles requires the inclusion of self-driving cars in the road infrastructure. This article discusses the Smart Road's digital services allow to create a safe environment for all road users.

Ключевые слова: автономные транспортные средства, высокоавтоматизированные транспортные средства, интеллектуальные транспортные системы, автомобильный транспорт, Умные города, Умные дороги, цифровые дорожные услуги, организация и безопасность дорожного движения

Key words: self-driving cars, highly automated vehicles, intelligent transport systems, Smart cities, Smart roads, digital road services, traffic management, road safety

Эффективное функционирование транспортных систем обеспечивает стабильный экономический рост городов, трудоустройство граждан, создание конкурентной среды для развития различных видов услуг. В настоящее время, чтобы отвечать потребностям пользователей, необходимо трансформировать транспортную инфраструктуру в интегрированную, динамическую систему, обеспечивающую сбор, контроль и управление данными для оптимизации процесса оказания транспортных услуг и качественной организации мобильности населения [1]. Для решения обозначенных задач применяются интеллектуальные транспортные системы (ИТС). Согласно проведенным исследованиям, ИТС позволяют:

- снизить время рейсов на 20%;
- повысить пропускную способность транспортных сетей на 5-10%;
- снизить количество дорожно-транспортных происшествий на 10-15%;
- снизить количество транспортных заторов на 15%;
- сократить количество выбросов загрязняющих веществ на 10%;
- сократить расход электроэнергии на 10%.

Для эффективного использования ИТС транспортные средства, логистические платформы и инфраструктура должны пройти процесс цифровой трансформа-

ции и интегрироваться с технологиями обмена информацией между различными участниками транспортной системы. Таким образом, должны быть четко разработаны стратегии для внедрения развития Кооперативных интеллектуальных транспортных систем.

Производители транспортных средств выпускают всё более автоматизированные автомобили, которые взаимодействуют как с другими транспортными средствами, так и с дорожной инфраструктурой. Такое взаимодействие позволяет пользователям и операторам транспортной инфраструктуры обмениваться информацией в режиме реального времени для повышения уровня безопасности и комфорта дорожного движения, а также для более эффективного управления транспортной системой.

Далее рассматривается процесс реализации «Умных дорог», отвечающих современным требованиям организации дорожного движения и транспортных услуг.

Трансформация городов в Умные города является приоритетным направлением развития многих стран. Умные города предлагают новую концепцию, в которой применяются информационные технологии нового поколения, такие как Интернет вещей, облачные вычисления, большие данные и интеграция пространственно-географической информации, для облегчения планирования, строительства, управления городской инфраструктурой и предоставления умных услуг [2].

Устойчивый Умный город - это инновационный город, который использует информационно-коммуникационные технологии и другие средства для повышения качества жизни, эффективности городских операций и услуг. Умный город позволяет быстро и эффективно удовлетворять потребности населения, упрощает процессы взаимодействия человека с различными

инфраструктурами, четко формировать запрос и получать на него конкретную услугу. Умный город использует данные о своём населении для повышения качества жизни, обеспечения условий комфорта и безопасности проживания.

На рис. 1 представлены основные аспекты Умных городов:

Технология	Человеческий аспект	Энергия	Институциональный аспект	Управление данными
Цифровые (коммуникации, удовлетворение потребностей граждан)	Креативная среда	Уличное освещение	Электронное правительство	Технологии сбора, обработки и распространения данных
Искусственный интеллект, машинное обучение, Big data	Образовательная среда и создания высококвалифицированных специалистов	Интеллектуальные здания	Взаимодействие граждан и государства для улучшения качества жизни	Сетевые и вычислительные технологии
Физические компоненты (устройства, проводная среда)	Доступность социальных услуг и их разнообразие	Распределенные энергетические ресурсы		Информационная безопасность
Сочетание физической агломерации и виртуального города	Экономика знаний, инновационные центры и кластеры	Интеллектуальный транспорт		

Рис. 1. Аспекты умного города

Транспортная инфраструктура становится всё более цифровой при помощи информационно-коммуникационных технологий. На данный момент основными проблемами транспортной отрасли являются: многочисленные транспортные заторы, высокий уровень автомобилизации, дорожно-транспортные происшествия, загрязнение окружающей среды, рост цен на топливо, ограниченное количество природных ресурсов для производства топлива, высокие расходы на страхование и т.д. Увеличение численности населения в городах и количества автомобилей, велосипедов, мотоциклов и других участников дорожного движения увеличили риск возникновения несчастных случаев, заторов на дорогах, выбросов загрязняющих веществ и т.д. [3]. Цифровая трансформация услуг позволяет осуществлять устойчивое и инклюзивное развитие как отдельных регионов, так и страны в целом. Для достижения этой цели создание кооперативной интеллектуальной транспортной системы предусматривает создание единой унифицированной транспортной системы. Данная тенденция также связана с развитием и распространением высокоавтоматизированных транспортных средств (ВАТС) [4].

Высокоавтоматизированное транспортное средство представляет собой автомобиль, оснащенный различными датчиками и сенсорами, которые позволяют получать информацию о состоянии дорожной обстановки на маршруте (например, погодные условия, информация о ремонтных работах на маршруте, дорожно-транспортных происшествиях и т.д.). Такое оснащение позволяет минимизировать участие водителя в управлении транспортным средством [5].

Для того, чтобы выбранный маршрут был пройден безопасно и эффективно, ВАТС необходимо решить следующие задачи:

1. Распознавание маршрута и деление его на определенные отрезки с учетом информации о дорожной ситуации.
2. Корректирование параметров движения в соответствии с изменениями, возникающими на выбранном маршруте.
3. Распознавание различных источников информации (дорожные знаки, осадки, блики на полосах движения, светофорные сигналы и т.д.).

Иерархия планирования движения ВАТС состоит из следующих шагов (рис. 2):

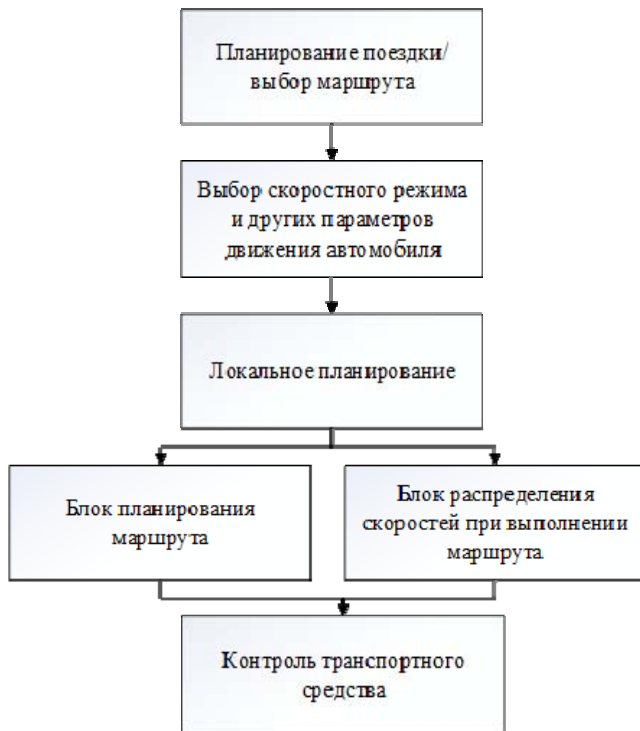


Рис. 2. Иерархия планирования движения ВАТС

Таким образом, определяется необходимость создания единой информационной транспортной среды, которая позволила бы ВАТС своевременно получать информацию об условиях дорожного движения. Транспортному средству необходимо четкое определение местности и её особенности, потенциальные ситуации, когда управление транспортным средством необходимо передать водителю. Таким образом, транспортному средству необходимо взаимодействие с инфраструктурой, которая будет способствовать оптимальной корректировке маршрута путем предоставления информации в режиме реального времени. Перечисленные выше аспекты показывают необходимость целостного подхода к организации дорожной инфраструктуры, адаптированной для высокоавтоматизированных транспортных средств.

Умная транспортная система включает в себя: умные дороги, умное уличное освещение, умное светофорное регулирование, умные транспортные средства, умные дорожные знаки и т.д. [6,7,8].

Умная дорога - это набор технологических инфраструктур, направленных на повышение безопасности дорожного движения и доступности дорог посредством цифровой трансформации (ЦТ), которая представляет собой динамичный процесс, предлагающий современные услуги и решения. Основой процесса цифровой трансформации является создание эффективных структур и платформ, позволяющих внедрять

Умные дороги, для выполнения различных функций дорожной инфраструктуры и предоставления услуг, которые могут удовлетворить современные потребности пользователей дорог [9,10]. Для реализации Умных дорог необходимо включать модули и подсистемы умных дорог в архитектуру интеллектуальных транспортных систем.

Умная дорога должна быть ориентирована на обеспечение следующих услуг:

- Безопасность дорожного движения, в том числе при наличии высокоавтоматизированных транспортных средств в общем транспортном потоке.
- Своевременное оказание помощи при возникновении чрезвычайных ситуаций и оповещение о происшествии всех пользователей транспортной сети.
- Информация о мобильности в режиме реального времени.
- Цифровые услуги для пользователей с возможностью обновления приложений.
- Повышение коэффициента эксплуатации автомобильных дорог с использованием современных технологий.
- Умный мониторинг с помощью систем Интернета вещей (IoT) дорожной инфраструктуры, дорожного движения и грузовых перевозок, а также окружающей среды и климата.
- Мониторинг потоков транспортных средств с помощью многофункциональных смарт-камер, в том числе управление и мониторинг тоннелей.
- Управление сетью и увеличение пропускной способности инфраструктуры за счет увеличения объемов трафика при помощи динамических полос движения.
- Проверка массы транспортных средств в режиме реального времени с помощью систем взвешивания в движении.

- Полная интеграция существующих технологий и баз данных на одной цифровой платформе.

Особенностью Умной дороги также является создание инфраструктуры для постоянного мониторинга в режиме реального времени всех объектов дорожного движения и состояния дорожной сети (рис. 3,4) [11,12].

Таким образом, среди требований к Умным дорогам должна быть реализация вспомогательных платформ, таких как:

- телекоммуникационная система,
- энергетическая система,
- динамическая полоса движения,
- умные тоннели,
- Интернет вещей (IoT).
- открытые данные и большие данные.



Рис. 3. Создание единой цифровой дорожной инфраструктуры

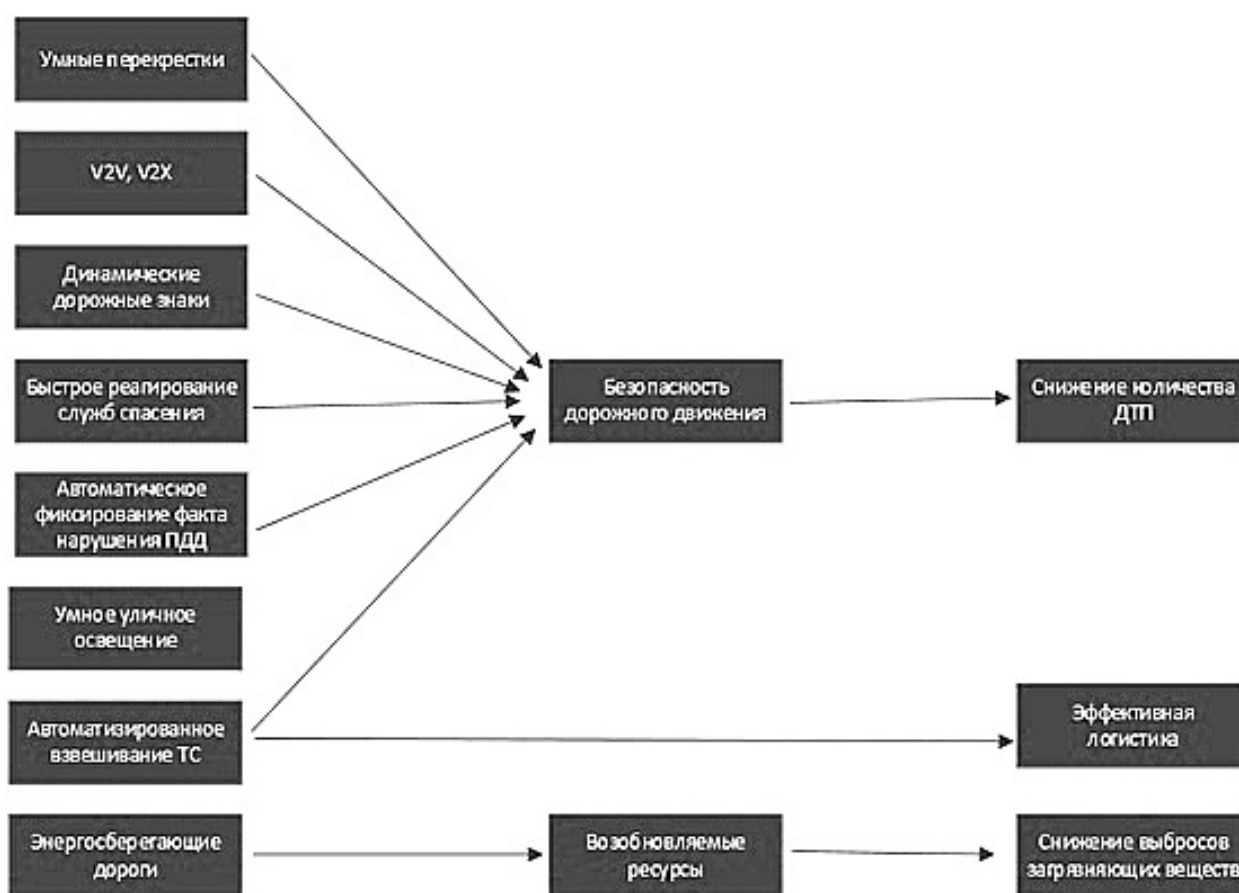


Рис. 4. Создание единой цифровой дорожной инфраструктуры

Разработка единой цифровой дорожной инфраструктуры будет способствовать прогрессу, развитию и внедрению ВАС и услуг Умных городов. Умные дороги способствуют безопасности дорожного движения, эффективному использованию природных ресурсов, повышению качества жизни в городах [13, 14].

Для развития Умных городов, обеспечения устойчивой транспортной политики, удовлетворения современных требований пользователей транспортными услугами необходимо применять инновационные подходы в области организации функционирования транспортной инфраструктуры. Высокоавтоматизированные транспортные средства стремительно развиваются и распро-

страняются в повседневной жизни населения. Для того, чтобы работа транспортной инфраструктуры была организована безопасно для транспортного потока, имеющего ВАС в своём составе, она должна своевременно предоставлять широкий спектр информации о состоянии дорожных условий. Различные технологии и устройства, которые обеспечивают реализацию умных дорог, позволяют создать единую, интегрированную, безопасную, инклюзивную транспортную систему, обеспечивающую обмен данными в режиме реального времени, эффективную логистику, сохранение природных ресурсов и окружающей среды.

Литература

1. Криволапова, О.Ю. Особенности построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем / О.Ю. Криволапова // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2012. – № 1(24). – С. 99-102.
2. Булатова, О.Ю. Адаптация транспортной инфраструктуры к системе "Умный город" // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – № 2(73). – С. 92-98. – DOI 10.33979/2073-7432-2021-73-2-92-98.
3. Зырянов, В.В. Динамическая маршрутизация транспортных потоков как метод снижения транспортной нагрузки на элементы УДС / В.В. Зырянов, А.А. Феофилова, Н.Н. Чуклинов // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – № 1(60). – С. 74-80.
4. Тиверовский, В. . Инновации в логистике на пути к цифровизации / В. . Тиверовский // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2021. – № 4. – С. 33-37. – DOI 10.36535/0236-1914-2021-04-5.
5. Novikov, A. Dynamic traffic re-routing as a method of reducing the congestion level of road network elements / A. Novikov, V. Zyryanov, A. Feofilova // Journal of Applied Engineering Science. – 2018. – Vol. 16. – No 1. – P. 70-74. – DOI 10.5937/jaes16-15289.
6. Криволапова, О.Ю. Применение спутниковых систем мониторинга для повышения производительности работы водителей / О.Ю. Криволапова, А.О. Слынько // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2017. – № 4(47). – С. 43-50.
7. Фейзуллаев, А.Р. Подходы к выявлению инцидентов на дорожной сети / А.Р. Фейзуллаев, И.В. Топилин // Информационные технологии и инновации на транспорте : Материалы 5-ой Международной научно-практической конференции, Орёл, 22–23 мая 2019 года / Под общей редакцией А.Н. Новикова. – Орёл: Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, 2020. – С. 150-154.
8. Сафиуллин, Р.Н. Концептуальные подходы к построению систем оперативного управления движением транспортных средств при внедрении технологий 5G-V2X / Р.Н. Сафиуллин, Д.Д. Беликова, Х. Тянь // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2021. – № 4. – С. 50-54. – DOI 10.36535/0236-1914-2021-04-8.
9. Беспилотники на дорогах России: (уголовно-правовые проблемы) / А.И. Воробьев, С.В. Жанказиев, С.А. Иванов [и др.]. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Проспект", 2021. – 520 с. – ISBN 9785392328468.
10. Chen C., Ma J., Susilo Y., Liu Y., Wang M.: (2016). The promises of big data and small data for travel behavior (aka human mobility) analysis. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 68, 285–299.
11. Обеспечение ситуационной осведомленности для повышения надёжности движения высокоавтоматизированных транспортных средств / С.В. Жанказиев, А.И. Воробьев, Т.В. Воробьева, А. А. Ковешников // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2020. – № 4(94). – С. 27-29.
12. Евстигнеев, И.А. Дорожная инфраструктура и высокоавтоматизированные транспортные средства / И.А. Евстигнеев // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2019. – № 2(13). – С. 44-50. – DOI 10.17273/CADGIS.2019.2.7.
13. Zyryanov V. Simulation for development of urban traffic: The Rostov-on-don approach of traffic management / V. Zyryanov, V. Kocherga // 13th World Congress on Intelligent Transport Systems and Services : 13, ITS: Delivering Transport Excellence, London, 08–12 октября 2006 года. – London, 2015.
14. Жанказиев С.В. Проектирование человеко-машинного интерфейса для беспилотного транспортного средства с учетом безопасного времени передачи управления / С.В. Жанказиев, А.И. Воробьев, А.Ю. Забудский // Информационные технологии и инновации на транспорте : Материалы 5-ой Международной научно-практической конференции, Орёл, 22–23 мая 2019 года / Под общей редакцией А.Н. Новикова. – Орёл: Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, 2020. – С. 87-94.

Сведения об авторе

Булатова Ольга Юрьевна, доцент кафедры организации перевозок и дорожного движения. Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону.

Почтовый адрес: 344002 г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162.

Тел.: 8-918-584-57-27,

e-mail: mip.rnd@yandex.ru.

Bulatova Olga. Don State Technical University, Rostov-on-Don. Associate Professor of the traffic management department DSTU

Address: 344011, Rostov-on-Don, Sotsialisticheskaya, 162.

Tel.: 8-918-584-57-27,

e-mail: mip.rnd@yandex.ru.