

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОАВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ НА ОПАСНЫХ УЧАСТКАХ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА

Ануфриев Е.А., Голов Е.В.

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный
университет, Санкт-Петербург*

Ключевые слова: транспортная доступность Арктики, интеллектуальная транспортная система, цифровой двойник дороги, высокоавтоматизированные транспортные средства, безопасность дорожного движения, безопасная эксплуатация.

Аннотация. Арктика является климатически суровым и труднодоступным краем, транспортное перемещение по территории которого несет множество опасностей для человека. Использование высокоавтоматизированных транспортных средств позволит оптимизировать человеческий труд и сократить вероятность несчастных случаев на опасных участках движения транспорта. Также предложены способы улучшения работы интеллектуальной транспортной системы в Арктической зоне РФ путем применения системы C-V2X, а также протоколов X.509.

PROSPECTS FOR THE USE OF HIGHLY AUTOMATED VEHICLES IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION ON DANGEROUS SECTIONS OF TRAFFIC

Anufriev E.A., Golov E.V.

*Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
Saint-Petersburg*

Keywords: Arctic transport accessibility, intelligent transport system, digital twin of the road, highly automated vehicles, road safety; safe operation.

Abstract. The Arctic is a climatically harsh and inaccessible region, and transportation through its territory carries many dangers for humans. The use of highly automated vehicles will optimize human labor and reduce the likelihood of accidents in dangerous areas of traffic. It also suggests ways to improve the operation of an intelligent transport system in the Arctic zone of the Russian Federation by using the C-V2X system, as well as X.509 protocols.

Арктическая зона РФ (АЗРФ) – это актуальная площадка для внедрения самых современных технологий, так как жизнеобеспечение человека в суровых климатических условиях экономически затратно, в то время как новые системы обладают дополнительным преимуществом – практическим отсутствием персонала. Внедрение удаленных технологий для разработки месторождений, автоматизация нефтегазодобычи и переход к интеллектуальным транспортным системам (ИТС) в Арктике позволят снизить затраты и сделать нефтегазодобычу практически безлюдной [1].

На сегодняшний день транспортная система рассматриваемой территории представлена различными видами транспорта (рис. 1).

Основным видом транспорта в АЗРФ является морской. Однако и автомобильный транспорт имеет огромное значение при доставке грузов от побережья до конечного пункта логистической цепочки.



Рис. 1. Структура транспортной системы Арктической зоны России

Ежегодно большое количество водителей-дальнобойщиков совершает многокилометровые рейсы в условиях крайнего севера, рискуя при этом не только техникой и оборудованием, но и своими жизнями. Маршрут, протяженностью 800 км, преодолимый на хорошей асфальтированной дороге за сутки, в северных районах преодолевается минимум за неделю. Это связано с множеством факторов, которые в первую очередь определяют рельеф и климатические условия данной местности. Низкая средняя температура окружающей среды, большие перепады температур и, как следствие, сильные ветра, бурные реки, не везде замерзающие даже при низких отрицательных температурах – все это усложняет эксплуатацию дорожной техники и создает множество опасностей при работе человека в Арктической зоне РФ.

Компанией «КАМАЗ», занимающейся активным испытанием беспилотных грузовых автомобилей в АЗРФ (Восточно-Мессояхское месторождение), были предоставлены данные, исходя из которых можно сделать вывод, что использование ВАТС уменьшит количество ДТП на дорогах данной местности примерно на 30%. Для наглядности выполнены следующие гистограммы (рис. 2, 3).

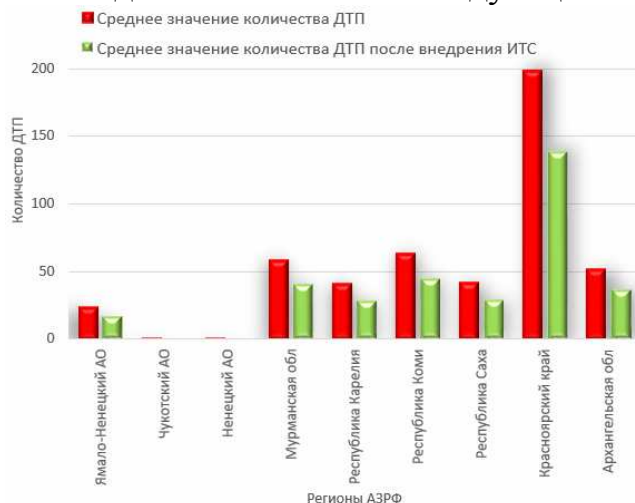


Рис. 2. Статистика ДТП в период с ноября 2023 г. по март 2024 г.

Стоит отметить, что при расчете средних значений количества ДТП и погибших в них рассматривался период с ноября по март. Это связано с тем, что значительную часть автомобильных дорог наиболее суровых и малонаселенных районов Арктики занимают автозимники – дороги, проложенные, как правило, по льду рек, озер, болот, время функционирования которых возможно в период с ноября по март [2].

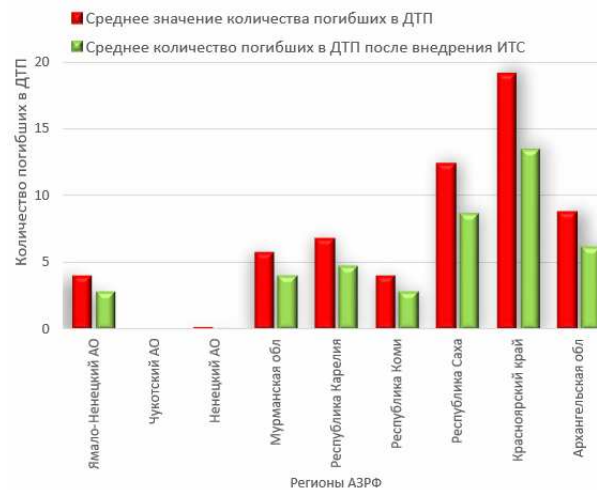


Рис. 3. Статистика погибших в ДТП в период с ноября 2023 г. по март 2024 г.

В связи с этим существует необходимость комплексного решения данной проблемы: применение интеллектуальных транспортных систем для использования в условиях Арктики, а также создание Цифровых двойников дорог для применения высокоавтоматизированных транспортных средств (ВАТС). Реализация данного комплекса позволит сократить вероятность несчастных случаев в следствие уменьшения количества работников транспортной инфраструктуры и снижения влияния человеческого фактора [3].

Создание Цифрового двойника дороги необходимо для функционирования беспилотных транспортных средств, так как без данной модели невозможно геопозиционирование ВАТС на проезжей части. Основные элементы ЦД дороги: Автоматизированная система управления дорожным движением (АСУДД), Автоматизированная информационная система (АИС), Динамическая транспортная модель (ДТМ). Остановимся более подробно на ДТМ. Динамическая транспортная модель – это базовая система ИТС, которая позволяет вести учет данных улично-дорожной сети, производить сбор информации с периферийных устройств ИТС, моделировать и выполнять аналитические исследования в области дорожного движения. ДТМ представляет собой критически важное звено в проектировании ИТС [4, 5].

ДТМ в свою очередь состоит из сервисной платформы V2X, основная задача которой заключается в передаче и получении информации между ТС и дорожной инфраструктурой. Данная платформа включает в себя платформы сбора и обработки данных, интеграционную шину, подсистему аналитики данных, подсистему мониторинга и контроля функционирования, а также подсистемы информационной безопасности. На данный момент известны две наиболее актуальные технологии сбора и обмена данными: DSRC и C-V2X. Данные технологии созданы для повышения безопасности движения, точного позиционирования, эффективности управления движением в целом и, как следствие, поддержки беспилотных транспортных средств. Данные сервисы способны собирать, накапливать и обмениваться данными о транспортных, дорожных, природно-климатических условиях, рельефе местности и трафике дороги [6].

Для обмена информацией ВАТС оснащаются бортовыми устройствами (on board unit, OBU), а вдоль дорог на объектах транспортной инфраструктуры располагаются дорожные устройства (roadside unit, RSU). Передача данных между OBU и RSU выполняется с помощью отправки коротких сообщений в эфир и получением таких же от других OBU и RSU (см. рис. 4). Сообщения содержат в себе информацию о скорости и ускорении транспортного средства, а также его координаты. Далее сравниваются передаваемые данной связью параметры других ТС с собственными значениями скорости и координат, которые определены при помощи анализа данных с лидаров, радаров, акселерометров и гироскопа. Бортовое устройство OBU определяет траекторию движения ТС, а также вероятность возникновения дорожно-транспортного происшествия, причем при приближении значения вероятности к критическому производит экстренное торможение.

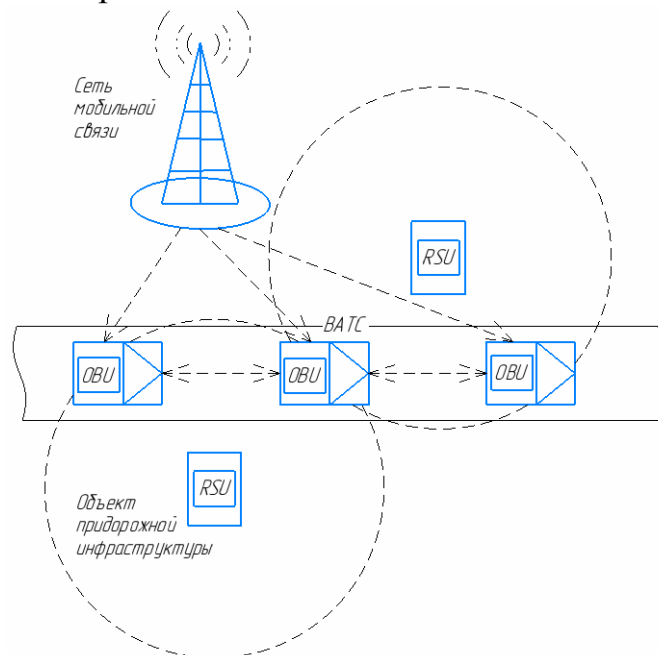


Рис. 4. Схематическое изображение принципа действия системы C-V2X

В последнее время корпорации, разрабатывающие ЦД дорог, применяют, как правило, технологию DSRC. Причина тому – высокая надежность данной технологии, а также оптимальный диапазон канала связи. Однако технология DSRC имеет ряд недостатков, которые необходимо учитывать при выборе технологии сбора и обмена данными в условиях Арктики.

В рамках исследования установлена целесообразность использования технологии C-V2X. Наиболее важные и показательные характеристики технологий для осуществления связи между ТС и объектами дорожно-транспортной инфраструктуры представлены в таблице 1 [7].

Уступая по параметру время установления соединения и параметру задержка при подключении, технология C-V2X более производительная и имеет большую скорость передачи данных, так как DSRC использует только внутренний стандарт беспроводной связи, а C-V2X применяет еще и технологию LTE. Также стоит отметить, что дальность связи DSRC не превышает 1000 м, в то время как C-V2X за счёт интеграции с сотовой связью может иметь на 50-70%

большую дальность действия, чем DSRC, следовательно, большую производительность при наличии препятствий [8, 9].

Табл. 1. Сравнение характеристик технологий для осуществления связи между ТС и объектами дорожно-транспортной инфраструктуры

Характеристики	Радиотелефонная связь	DSRC
Стандарт	EDGE; LTE	IEEE 802.11p
Рабочие частоты	900/1800 МГц	5,9 ГГц
Ширина канала	От 200 кГц до 100 МГц	10 МГц
Дальность связи	До 19,7 км	1 км
Задержка	От 500 мс до 2 с	До 50 мс
Время установления соединения	1-1,5 с	250 мс
Скорость передачи данных	59,2 кбит/с (EDGE); 150 Мбит/с (LTE)	27 Мбит/с

Подсистема сервисной безопасности – немаловажная составляющая сервисной платформы V2X. Данная подсистема необходима для предотвращения утечек данных, а также для ограничения доступа к ней посторонним абонентам. Еще большую актуальность сервисная безопасность приобретает в АЗРФ, так как взлом ИТС и предоставление некорректной информации составляющим ее компонентам влечет за собой выход из строя оборудования [10].

В архитектуре ИТС в настоящее время обычно применяется стандарт протоколов IEEE 1609.2. Данный стандарт имеет преимущества над зарекомендовавшей себя в информационно-цифровом пространстве системой безопасности, основанной на сертификатах X.509. В первую очередь, это меньший размер передаваемых сертификатов. Минимизация размеров необходима по причине ограниченной пропускной способности каналов связи. Уменьшение размеров достигается путем ограничения сертификатов по времени и местоположению. Однако, как следствие, это приводит к возникновению погрешностей при получении данных. Стоит подчеркнуть, что из-за некорректного определения элементов, составляющих ИТС, будут возникать сбои, которые приведут к нежелательным последствиям функционирования системы [11].

Имея большие размеры, сертификаты X.509 не ограничены по времени и местоположению. Притом стандарт протоколов, использующий данные сертификаты, широко используется в мире, имеет большую сервисную поддержку. Таким образом, в перспективе целесообразно прибегнуть к стандарту протоколов X.509.

Развитие ИТС в рамках функционирования в Арктике и дальнейшее применение рассматриваемой системы позволит значительно повысить уровень безопасности на дорогах и уменьшить количество несчастных случаев на опасных участках движения транспорта.

Заключение

Для эффективной связи арктических пространств с остальной территорией Российской Федерации, для пользования ресурсами требуется интеллектуальная

транспортная система. В рамках представленного исследования предложены два способа повышения эффективности работы ИТС с учетом условий крайнего севера. Применение ИТС для перемещения ВАТС повысит уровень безопасности и оптимизирует человеческий труд на автомобильных дорогах, а также поможет выстроить эффективные стандарты связи всех участников дорожного движения.

Список литературы

1. Евтюков С.А., Лукашов Б.В. Исследование подсистемы выявления инцидентов интеллектуальной транспортной системы // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – №1(90). – С. 136-142. – DOI: 10.23968/1999-5571-2022-19-1-136-142.
2. Сведения о показателях безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stat.gibdd.ru/>.
3. Куракина Е.В., Лутов Д.А., Мейке У.Н. Оценка уровня содержания и факторов риска автомобильных дорог // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 1(72). – С. 177-183. – DOI: 10.23968/1999-5571-2019-16-1-177-183.
4. Evtukov S.S., Golov E.V., Ivanov N.A. Innovative safety systems for modern vehicles // T-Comm. 2019, vol. 13, no. 6, pp. 71-76. DOI: 10.24411/2072-8735-2018-10283.
5. Голов Е.В., Евтюков С.А., Андреев А.П., Сорокина Е.В. Формирование трехмерной пространственно-следовой базы исходных данных с использованием сканирующих беспилотных летательных аппаратов и ее интеграция в модельно-ориентированную реконструкцию дорожно-транспортных происшествий // Транспорт Урала. – 2022. – №1(72). – С. 74-79. – DOI: 10.20291/1815-9400-2022-1-74-79.
6. Иванов А.М., Шадрин С.С. Обоснование выбора ключевых технологий функционирования системы межобъектного взаимодействия интеллектуальных транспортных средств при движении по скоростным автомагистралям // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2013. – № 1(32). – С. 7а-13.
7. Григорьев В.А., Кузнецов В.И., Хворов И.А. Технологические концепции реализации интеллектуальных транспортных систем // Вестник связи. – 2013. – № 11. – С. 40-44.
8. Голов Е.В., Сорокина Е.В., Евтюков С.С. Проблемные вопросы использования спутниковой навигации при оценке состояния факторов "дорога" и "среда" в системе ВАДС // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – № 4(93). – С. 141-150. – DOI: 10.23968/1999-5571-2022-19-4-141-150.
9. Иванов А.М., Шадрин С.С., Невзоров Д.В., Фурлетов Ю.М. Разработка и исследование системы управления движением автомобиля в сетях lte // Беспилотные транспортные средства: проблемы и перспективы: сборник материалов 94 международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2016. – С. 32-38.
10. Шадрин С.С., Иванов А.М. Аналитический обзор стандарта SAE J3016 «Системы автоматизированного управления движением АТС. Классификация, термины и определения» // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2015. – № 6(84). – С. 10.
11. Иванов А.М., Шадрин С.С. Разработка системы межобъектного взаимодействия интеллектуальных транспортных средств // Известия ВолгГТУ. Серия: Наземные транспортные системы. – 2013. – Т. 7, № 21(124). – С. 74-77.

Сведения об авторах:

Ануфриев Евгений Андреевич – студент;

Голов Егор Викторович – к.т.н., доцент кафедры «Транспортные системы и дорожно-мостовое строительство».