

Вопросы взаимодействия беспилотных транспортных средств с дорожной инфраструктурой



И. А. Евстигнеев,
начальник отдела перспективных систем Департамента информационных технологий и интеллектуальных транспортных систем Государственной компании «Автодор»



В. В. Шмытинский,
руководитель Центра телекоммуникаций АО «Автодор-Телеком»

В процессе движения высокоавтоматизированных транспортных средств по автодорогам общего пользования возникают проблемы взаимодействия автомобилей с дорожной инфраструктурой. Комплексное решение этих проблем позволит обеспечить безопасное и эффективное использование высокоавтоматизированного транспорта.

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) являются одним из основных компонентов транспортной системы, обеспечивающей безопасность, скорость и комфорт в передвижении по автомагистралям. В мире идет активная разработка ИТС нового поколения с большим спектром возможностей. Стандартизацией этих систем занимаются такие организации, как ETSI (www.etsi.org), CartoCar Consortium (www.car-to-car.org), IEEE (www.ieee.org) и другие [1]. Основное назначение ИТС — помочь водителю транспортного средства (ТС). За счет «кооперативной осведомленности» ТС может получить оповещение об опасности, индикатор медленно идущих машин, предупреждение о столкновении на перекрестке, индикатор о приближении мотоцикла и т. д.

Водителю будут доступны оповещения о таких ситуациях, как поломка электрического освещения, неверная дорога, стационарная машина (авария или поломка ТС), проведение дорожных работ, риск столкновения, оповещение о состоянии дорожного движения и оповещение о смене сигнала. Децентрализованные базы данных будут предоставлять информацию об опасных зонах, осадках, видимости, ветре и др.

Следующим шагом станет использование ИТС в беспилотном автомобиле — ТС, оборудованном системой автоматического управления, которое может передвигаться без участия человека. Базовым компонентом беспилотных автомобилей будут внешние камеры и радарное оборудование. Для безопасного и эффектив-

ного дорожного движения беспилотного автотранспорта необходимо обеспечить не только обмен информацией между автомобилями, но и связь с транспортной инфраструктурой в виде информации о ситуации на дорогах и актуальных цифровых карт дорог.

Современное состояние разработок автомобилей с интеллектом не позволяет считать их в полной мере «беспилотниками», поэтому в среде специалистов, занимающихся этими проблемами, применяется аббревиатура ВАТС (высокоавтоматизированные транспортные средства).

В автоиндустрии развивается концепция Connected Car — это «подключенный» инновационный автомобиль, который оснащен средствами навигации и ориентации, связью с Интернетом и т. д. Такой автомобиль через телекоммуникационные сети взаимодействует с окружающей средой и окружающими объектами. Принято различать несколько систем в технологии V2X: автомобиль-автомобиль (vehicle-to-vehicle, V2V), автомобиль-инфраструктура (vehicle-to-infrastructure, V2I) и автомобиль-пешеход (vehicle-to-pedestrian, V2P), а также автомобиль-электросеть (vehicle-to-grid, V2G) и автомобиль-устройство (vehicle-to-device, V2D) [2].

С каждым годом технология V2X развивается, появляются новые программно-технические реализации, позволяющие наполнить интеллект автомобиля более обширной информацией для принятия оптимальных решений в процессе движения в реальных условиях автодорог.



Система V2V основана на беспроводной связи между автомобилями, которая позволяет им обмениваться информацией о состоянии на дорогах без участия человека. Это информация о скорости движения, местонахождении, техническом состоянии автомобиля в режиме онлайн. Оснащение ТС системой V2I в дополнение к V2V обеспечивает взаимодействие с окружающей обстановкой в реальном времени, и, как следствие, ВАТС принимают более разумные решения, поскольку база для их принятия становится существенно шире.

Начальный этап внедрения ВАТС, так же как дальнейшие этапы, однозначно потребует поддержки со стороны дорожной инфраструктуры. Есть мнение, что при дальнейшем развитии технологий ВАТС смогут обходиться без особых требований к оснащению дороги, но наиболее вероятен «гибридный» подход, основанный на использовании нескольких технологий для обеспечения наилучшей функциональности системы «ТС + инфраструктура».

Рассмотрим подробнее, готова ли инфраструктура городов и федеральных дорог к массовому использованию ВАТС.

К сожалению, понятие цифровая телекоммуникационная инфраструктура, обеспечивающая ВАТС необходимыми сервисами и информацией, является неоднозначным. Под цифровой инфраструктурой часто понимают цифровую копию (модель) физической инфраструктуры. Применительно к наземному транспорту это в основном высокоточные трехмерные цифровые карты.

В литературе сейчас встречаются также понятия «информационная инфраструктура», «интеллектуальная транспортная инфраструктура», «инфраструктура цифровой экономики», «умная инфраструктура» и другие похожие термины [3].

В целом под цифровой инфраструктурой понимается скорее информационно-коммуникационная инфраструктура как совокупность средств передачи, хранения,

обработки и представления информации, предназначенная для повышения эффективности работы некоторой системы в целом.

В более широком контексте цифровая инфраструктура понимается уже как совокупность социально-технических систем, включающая влияние разработчиков и пользователей информационных технологий.

Развитие ВАТС нельзя рассматривать изолированно от коммуникационных систем, обеспечивающих «подключенность» автомобилей. Все передовые разработки по реальному внедрению ВАТС ведутся как минимум с учетом возможностей «подключенности», а в большинстве своем непосредственно на основе таких технологий.

Успешное функционирование ВАТС зависит от большого количества датчиков, лидаров, радаров, видеокамер и т. д. Эти элементы увеличивают стоимость производства ТС, мало того, все они имеют те или иные недостатки и технические ограничения.

Проблемы видеокамер — ограниченная зона видимости для полноценного обзора, дорожная грязь, снег, яркие солнечные лучи, проблесковая реклама на улично-дорожной сети города.

Проблемы лидаров — крайне высокая стоимость (40–70 тысяч долларов), сложность подбора алгоритмического компромисса по выявлению опасных для движения объектов.

Проблемы радаров — относительно узкое поле зрения и ограниченный перечень типов получаемой информации.

Без интеллектуальной инфраструктуры, которая способна принять на себя часть задач, стоящих перед ВАТС, цена таких автомобилей может стать неприемлемой для коммерческого использования.

Одним из способов уменьшения стоимости ВАТС является перенесение ответственности, которую в данный момент несет в основном ТС, на систему, включающую ТС и инфраструктуру. Вполне вероятно, что при развертывании на ограниченных участках подобная система окажется более экономичной, чем дорогой полный набор сенсоров в ТС.

Компетенции и обязанности по организации автоматизированного управления ТС разделяются между инфраструктурой (которая будет обеспечивать ситуационную осведомленность), сторонними поставщиками программного обеспечения (ПО), встроенного в ТС (и принимающего решения по управлению), и традицион-

ными производителями автомобилей (которые предоставляют сами машины, оснащенные двигательными установками и иными необходимыми элементами).

Взаимодействие с инфраструктурой открывает новые возможности в управлении транспортными потоками и значительный потенциал в повышении эффективности дорожного движения, что также говорит об очевидной необходимости внедрения этих технологий. В этом случае автоматизация не только поддерживается инфраструктурой, но и фактически ею обеспечивается.

Если все участвующие в движении автомобили будут оснащены оборудованием V2V, V2I, включение режима ВАТС может предоставляться как услуга (подобно проезду по платному участку дороги), а пользователи будут платить за нее по мере необходимости.

Для дальнейшего поступательного развития технологий ВАТС и их более широкого распространения предстоит решить ряд технологических задач, без решения которых взаимодействие «транспортное средство – инфраструктура» не может быть эффективным.

Прежде всего это задача получения, обработки и хранения больших объемов данных в режиме реального времени.

Объем данных, генерируемых объектами транспортной системы, уже достаточно велик и, как ожидается, будет быстро расти. При большом скоплении «подключенных» автомобилей имеет место лавинообразное нарастание количества исходных данных для анализа, что может привести к ошибкам и замедлению работы бортовых устройств.

В настоящее время отсутствуют единые правила получения и использования таких данных. Часть их может относиться к персональным или коммерческим, использование которых ограничивается законом.

В современном мире данные — один из важнейших активов [4]. Технология





больших данных подразумевает наличие трех элементов: огромных массивов данных, вычислительных мощностей для очень быстрой обработки этих данных и специальных математических моделей, позволяющих сравнивать определенные параметры, выявлять связи и закономерности и на их основе принимать управленческие решения.

Задача непростая и неоднозначная, требующая объединения усилий всех заинтересованных сторон. На сегодняшний день участники российского и зарубежного рынков создали межотраслевой консорциум «Автодата. Рус». Планируется, что консорциум создаст национальную сервисную телематическую платформу «Автодата», которая будет аккумулировать данные по автомобилям [5]. На базе платформы предполагается создание сервисов, включая макеты «Умная автомобильная магистраль» и «Умная дорожная сеть». Остается надеяться, что в рамках проекта «Автодата» будут оперативно и грамотно решены текущие проблемы в области больших данных.

Для поддержания постоянной готовности систем ВАТС элементы дорожной инфраструктуры, обеспечивающие информирование, должны обеспечивать непрерывную передачу данных между транспортными средствами и дорожной инфраструктурой.

Основными технологическими проблемами телекоммуникационной части системы V2X является отсутствие устойчивого покрытия автодорог сетью беспроводной связи. Кроме того, развивающийся стандарт сотовой связи 4G не обеспечивает требований каналов для V2I в части задержек сигналов. Теоретически сеть

нового стандарта 5G позволит автомобилям взаимодействовать с диспетчерской службой и между собой в режиме реального времени без задержек, однако для качественного покрытия и высокой надежности базовые станции 5G необходимо устанавливать более часто, чем для существующих сотовых сетей, и это повлечет огромные дополнительные вложения в инфраструктуру.

Кроме того, проблемы выделения частотного диапазона для сетей 5G пока не решены. Министерство обороны РФ выступило против передачи операторам мобильной связи частот в диапазоне 3,4...3,8 ГГц и предложило использовать для 5G частоты в диапазонах 4,8...4,99 и 27,1...27,5 ГГц, ранее одобренные Госкомиссией по радиочастотам [6]. Однако под первый диапазон в России попросту нет коммерческого оборудования, а второй подходит лишь для локального покрытия. Диапазон 3,4...3,8 ГГц, который в наибольшей степени подходит для 5G, занят средствами спутниковой связи.



Основными местами размещения радиоэлектронных средств являются крупные города и примыкающие к ним территории. Следствием этого является сложная электромагнитная обстановка на данных территориях и фактическое отсутствие свободного радиочастотного ресурса. Предстоит серьезная работа с владельцами частотного ресурса не только в России, но и по всему миру.

Еще один вопрос — отсутствие соответствующего объема картографического обеспечения, описывающего дорожную инфраструктуру с достаточной для движения ВАТС точностью (до сантиметров в плане), а также отсутствие системы внесения изменений в картографическое обеспечение для участков дорожной сети с высокой динамикой изменений элементов окружающей среды.

С целью повышения безопасности дорожного движения для ВАТС, а также мобильности и комфорта для всех участников дорожного движения необходима разработка и внедрение цифровой модели дороги (ЦМД), основанной на достоверных высокоточных пространственных данных о дороге и условиях движения. ЦМД следует разработать для всех дорог, на которых планируется применение ВАТС. Дорожно-транспортная инфраструктура должна обладать возможностью обеспечивать передачу с заданными параметрами качества управляющих воздействий и данных о ситуационной осведомленности, а также своевременное обновление дорожной карты на участке дороги, по которому следует ВАТС.

ЦМД должна содержать:

- цифровую крупномасштабную навигационную карту с описанием структурных линий дорог, дорожной разметки, дорожных знаков и светофоров и т. п.;
- цифровой граф дорог;



• цифровые сведения об условиях движения, характеризующие текущую дорожно-транспортную обстановку (препятствия, аварии, плохие погодные условия, низкое качество дорожного покрытия и пр.);

• данные, описывающие объекты придорожной инфраструктуры и сервиса;

• слои обработки исходной информации и формирования управляющих воздействий на транспортный поток ВАТС;

• интерфейс взаимодействия с ИТС;

• аппаратно-программный комплекс реализации пользовательских сервисов.

В целях унификации содержания и отображения объектов при формировании высокоточных цифровых динамических карт предлагается руководствоваться основными международными телекоммуникационными стандартами в области интеллектуальных транспортных систем, а также другими решениями уполномоченных органов в данной области.

В настоящее время в различных устройствах широко используются приемники GPS/Глонасс (глобальная спутниковая система навигации). Однако понятно, что их применение в перспективных ВАТС потребует дополнительного оборудования дороги устройствами, обеспечивающими высокоточное позиционирование (например, сервис дифференциальных поправок GPS/Глонасс-RTK — «кинематика реального времени»).

В связи с этим становится очевидной необходимость организации в составе дорожной инфраструктуры системы высокоточного позиционирования дороги (СВПД) на основе методов определения местоположения объектов по сигналам глобальных спутниковых навигационных систем, с применением волоконно-оптической линии связи, линейной цепи референтных базовых станций и каналов мобильной радиосвязи.

СВПД должна обеспечивать:

• сбор, хранение, обработку информации от базовых станций, выработку

и выдачу на приемник пользователя корректирующей информации;

• точность определения местоположения движущегося автотранспортного средства в режиме реального времени не хуже 0,10 м в плане;

• периодичность определения местоположения автотранспортного средства (с частотой, обеспечивающей требуемый функционал).

Критически важным аспектом, связанным с развитием технологий автономного вождения, является способность автономных систем эффективно и безопасно взаимодействовать с окружающей транспортной инфраструктурой в различных дорожных ситуациях (с различными типами пользователей, неожиданными препятствиями) вне зависимости от внешних условий (плохих погодных условий или плохой видимости). Основные усилия производителей ВАТС направлены на разработку алгоритмов движения индивидуальных ВАТС в широком спектре дорожных ситуаций, поскольку основная задача — как можно скорее выпустить продукт, привлекательный для конечного пользователя. Понятно, что пренебрежение вопросами взаимодействия с элементами дорожной инфраструктуры, особенно в условиях смены окружающей среды, или рассмотрение их в качестве второстепенных в конечном итоге скажется на безопасности дорожного движения.

Целесообразно применять механизмы государственно-частного партнерства либо приватизацию государственных участков или объектов дорожной инфраструктуры, которые потребуют модернизации (оснащения необходимым оборудованием сервиса безопасности (автомобиль-инфраструктура) и адаптации дорожного полотна, разметки, знаков и парковочных мест для эксплуатации транспортных средств различного уровня автономности.

Вслед за закреплением обязанности оснащать на территории Европейского союза все транспортные средства современными системами помощи водителю, такими как АЕBS (правила Европейского союза 347/2012, 2015/562) и LDW (правило Европейского союза 351/2012), ужесточение требований по безопасности закономерно повлечет обеспечение возможности взаимодействия со световыми дорожными знаками, другими участниками движения для получения новой и дополнительной информации.

Основным направлением стимулирования развития инфраструктуры для беспилотного транспорта и интеллекту-

альных транспортных систем является разработка типовых моделей и выработка требований (рекомендаций) к оснащению транспортных средств и инфраструктуры информационно-телекоммуникационными средствами автомобильного и городского электрического транспорта для различных территорий, принятие соответствующих нормативных (рекомендательных) документов, в том числе по порядку и срокам оснащения.

Не последнее место в вопросах распространения ВАТС играют вопросы конфиденциальности персональных данных пользователей и кибербезопасность.

Системы ВАТС постоянно фиксируют всю информацию о своих перемещениях: маршрут, время поездки, места остановок. Существует опасение, что злоумышленники могут получать данные с помощью технологий ИТС о перемещении конкретных физических лиц (водителей), кроме того, имеется вероятность, что соединенные с Интернетом автомобили в определенной ситуации не только нанесут ущерб пассажирам или пешеходам, но могут быть массово выведены из строя.

Рекомендуется использовать комплексное сочетание технологий и систем в области безопасности, в том числе базовые программные или программно-аппаратные системы защиты, шифрование данных и биометрические данные (отпечаток пальца, распознавание голоса, лица и иные), чтобы помочь физически аутентифицировать пользователей транспортных средств.

Следует убедиться, что ВАТС надежно защищено от попыток радиоэлектронного подавления, перехвата управления и утечки передаваемой информации, включая персональные данные пользователей. Системное проектирование ВАТС нужно выполнять с учетом минимизации рисков для безопасности из-за кибернетических угроз и уязвимостей ПО. Решения, касающиеся кибербезопасности, должны интегрироваться в систему управления ТС на этапах его разработки.

Необходимо соблюдать все стандартные требования, связанные с информационной безопасностью, контролировать





жизненный цикл ПО, т. е. своевременно обновлять ПО как транспортного средства, так и взаимодействующих с ним объектов дорожно-транспортной инфраструктуры, причем вновь установленное ПО должно обладать всеми необходимыми сертификатами безопасности.

Дополнительными могут быть требования введения схемы отчетности, в которой сообщается о возможных неисправностях ТС и потенциальных уязвимостях для кибератак, и требование по борьбе с кибератаками, включая решения по их обнаружению, предотвращению и мониторингу угроз.

Следует принимать корпоративные правила кибербезопасности и охраны в организациях, которые имеют отношение к производству и обслуживанию «подключенных» и высокоавтоматизированных ТС. Необходимо предоставлять соответствующие полномочия сотрудникам службы безопасности указанных выше организаций, чтобы предотвратить уязвимости или ошибки, прежде чем транспортное средство получит допуск к коммерческой эксплуатации.

Не следует рассматривать кибербезопасность подключенных и автоматизированных ТС по отдельным компонентам и проблемам, необходим многоуровневый подход и обеспечение системных мер защиты. Целостный подход предполагает комплексное рассмотрение вопросов и системных решений.

В заключение необходимо отметить, перечисленные трудности в развитии ВАТС не являются непреодолимыми. Шаг

за шагом разработчики ИТС, ВАТС, производители ТС, предприятия дорожной инфраструктуры и телекоммуникационные компании продвигаются по пути их решения. В ближайшее время ВАТС выйдут за пределы полигона и станут реальностью на наших дорогах.

На конференции «Скорость, безопасность, комфорт. Опыт десятилетия» 4 декабря 2019 г. было озвучено пожелание государственной компании «Автодор» об организации пилотного участка для движения ВАТС на новой автомагистрали М-11 «Нева». Очевидно, что автомагистраль Москва – Санкт-Петербург, на которой практически нет барьеров для транзитного транспорта (все пересечения выполнены как развязки в разных уровнях) является наиболее перспективной трассой для запуска беспилотных автомобилей. Кроме того, дорога имеет современную телекоммуникационную инфраструктуру на всей протяженности, развитую ИТС, что существенно сокращает затраты на реализацию технологий V2X и проекта беспилотного движения в целом. ■

Литература

1. Евстигнеев И. А. Интеллектуальные транспортные системы на автомобильных дорогах федерального значения России. — М. : Перо, 2015. — 164 с.
2. Автомобиль и технологии v2x. — URL: <https://v2x.ru> (дата обращения: 18.12.2019).
3. Интеллектуальная транспортная инфраструктура // Tadviser. Государ-

ство. Бизнес. IT. — URL: <http://www.tadviser.ru/a/308588> (дата обращения: 18.12.2019).

4. Кашин С. Как на транспорте большие данные превратились в ценный актив. — URL: https://www.gudok.ru/science_education/?ID=1463049&phrase=135673 (дата обращения: 18.12.2019).
5. Мельникова Ю. «Автодата.Рус» — крупнейшее хранилище данных в мире // ComNews. 2019. № 10.
6. Шарапов И. Военные против 5G: что потеряет Россия без нового стандарта связи // Forbes. — URL: <https://www.forbes> (дата обращения: 18.12.2019).
7. Евстигнеев И. А., Канаев А. К., Шмытинский В. В. Развитие магистральной сети связи скоростных автомобильных дорог // Транспорт Российской Федерации. 2018. № 6 (79). С. 8–12.
8. Шнепс-Шнеппе М.А., Намиот Д. Е. Цифровая экономика: телекоммуникации — решающее звено. — М. : Горячая линия — Телеком, 2018. — 150 с.
9. Комплекс стандартов ИСО 26262.
10. Федеральный портал проектов нормативных правовых актов (ID: 01/01/08–19/00094034). Проект постановления Правительства РФ «Об утверждении концепции обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования».
11. Технологические барьеры по направлению. Автонет НТИ. — URL: <http://nti.one/technology> (дата обращения: 18.12.2019).