Игорь Анатольевич Евстигнеев

ОСНОВЫ ИСПЫТАНИЙ КООПЕРАТИВНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ



Москва — Санкт-Петербург КОСТА 2023

Евстигнеев И. А.

Основы испытаний кооперативных интеллектуальных транс-E26 портных систем. — М.; СПб.: Издательско-полиграфическая компания «КОСТА», 2023. — 304 с.

ISBN 978-5-91258-505-0

В книге представлен анализ формирования системы испытаний кооперативных интеллектуальных транспортных систем. Рассмотрены и раскрыты особенности проведения тестирования интеллектуальных транспортных систем в России.

Настоящая книга преследует цель содействовать развитию транспортной инфраструктуры, обеспечивающей внедрение беспилотного дорожного движения, повышение безопасности функционирования интеллектуальных транспортных систем и высокоавтоматизированных транспортных средств.

Книга предназначена для инженерно-технических работников автодорожной отрасли, занимающихся вопросами разработки и внедрения интеллектуальных транспортных систем.

Помимо этого, она будет, безусловно, интересна студентам и аспирантам автомобильно-дорожных институтов.

> УДК 695.05/07 ББК 39.37

[©] И. А. Евстигнеев, 2023



В условиях высоких темпов развития технологий управления автомобильным транспортом и дорожного хозяйства необходимо учитывать, что, одновременно с ростом развития информационных технологий и автоматизированных систем управления в сфере транспорта, растет количество различных угроз и в области безопасности дорожного движения.

В России сейчас осуществляется разработка большого количества нормативно-технических документов по регулированию процессов создания и развития интеллектуальной дорожной инфраструктуры, внедрения и обеспечения функционирования ИТС. Происходит формирование единой технической политики в сфере создания ИТС на автомобильных дорогах общего пользования.

Учитывая накопленный в целом по стране опыт использования информационных систем на транспорте, назрела необходимость формирования единого подхода в области испытаний ИТС, определяющего национальные правила формирования, технического регулирования, контроля и развития рынка ИТС-технологий.

Считаю, что материал, изложенный в данной книге, поможет сформировать правильное решение данной задачи.

Д. э. н., Заслуженный работник транспорта РФ, почетный дорожник России

А. И. Солодкий

Содержание

	Обозначения и сокращения. 7 Введение. 11
1.	Зачем нужны испытания?
2.	Ключевые трансформации, происходящие в ИТС 20 2.1. Развитие цифровых технологий 20 2.2. Технические барьеры по внедрению ИТС и пути их решения. 28 2.3. Национальная сеть ИТС 35 2.4. Цифровая инфраструктура кооперативных ИТС. 39
3.	Задача и роль государства в развитии испытаний ИТС
	Зарубежная и отечественная стандартизация в области
	испытаний ИТС. 45 4.1. Зарубежная стандартизация в области испытаний ИТС. 45 4.1.1. Рынок стандартизации. 45 4.1.2. Международная организация по стандартизации (ISO). 48 4.1.3. Европейский институт телекоммуникационных стандартов (ETSI). 49 4.1.4. Европейский комитет по стандартизации (CEN). 51 4.1.5. Управление стандартизации Китайской Народной Республики (SAC). 79 4.2. Отечественная стандартизация в области испытаний ИТС. 83 4.2.1. Испытания при приемке автоматизированных систем. 83 4.2.2. Испытания интеллектуальных транспортных систем. 87 4.2.3. Испытания систем искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. 93 4.3. Проблемы стандартизации испытаний ИТС. 96 4.4. Проблемы в области связи. 97 4.5. Проблемы информационной безопасности и приватности. 103
5.	ИТС-полигоны. Зарубежный и отечественный опыт
	формирования системы испытаний ИТС1055.1. Испытательные полигоны США1055.1.1. Испытательный полигон Мсіту. Мичиган1075.1.2. Американский центр мобильности. Мичиган1095.1.3. Испытательный полигон Waymo. Калифорния1125.1.4. Испытательный полигон Almono Uber. Пенсильвания1145.2. Испытательные полигоны Европейского союза1165.2.1. Проект C-Roads1195.2.2. Проекты консорциума 5G-МОВІХ1225.3. Испытательные полигоны Южной Кореи127
	5.4. Испытательные полигоны Японии

5.5.	Испытательный полигон Сингапура	132
5.6.	Испытательные полигоны Китая	134
	5.6.1. Испытательный полигон Apollo Park. Пекин	139
	5.6.2. Испытательные полигоны в Шанхае	142
	5.6.3. Национальные испытательные зоны в Шэньчжэне	
	и Чанше	146
	5.6.4. Испытательный полигон Donghai (Bosch)	148
5.7.	Анализ зарубежного опыта в части построения полигонов	
		150
	1	
Оте	чественные полигоны и тестовые зоны	152
6.1.		
	и попытки по их формированию в России	152
6.2.	Текущие и перспективные проекты по испытаниям ИТС	
	в России	157
	6.2.1. Основные отечественные нормативно-правовые	
	документы в части испытаний ИТС	157
	6.2.2. Центр испытаний «НАМИ»	159
	6.2.3. Полигонно-тестовый комплекс МАДИ «Умная дорога»	160
	6.2.4. Полигон в технопарке «Калибр»	162
	6.2.5. Сколково	
	6.2.6. Университет Иннополис	165
	6.2.7. Полигон «Яндекса»	166
	6.2.8. Пилотная зона «Умная дорога» в Самарской области	167
	6.2.9. Пилотная зона кооперативных ИТС на ЦКАД	168
		171
		174
		174
	в Санкт-Петербурге	176
	6.2.15. Пилотная зона ИТС на территории	
	Республики Татарстан в Алабуге	177
	на автомобильной дороге M-11 «Нева»	182
_		
7.4.	Источники неопределенностей при проведении испытаний	192
	5.6. 5.7. Ore 6.1. 6.2.	5.6. Испытательные полигоны Китая. 5.6.1. Испытательный полигон Apollo Park. Пекин 5.6.2. Испытательные полигоны в Шанхае. 5.6.3. Национальные испытательные зоны в Шэньчжэне и Чанше. 5.6.4. Испытательный полигон Donghai (Bosch). 5.7. Анализ зарубежного опыта в части построения полигонов и испытаний кооперативных ИТС. Отечественные полигоны и тестовые зоны. 6.1. Прошедшие за последние годы проекты по испытаниям ИТС и попытки по их формированию в России. 6.2. Текущие и перспективные проекты по испытаниям ИТС в России. 6.2.1. Основные отечественные нормативно-правовые документы в части испытаний ИТС. 6.2.2. Центр испытаний «НАМИ» 6.2.3. Полигонно-тестовый комплекс МАДИ «Умная дорога» 6.2.4. Полигон в технопарке «Калибр» 6.2.5. Сколково. 6.2.6. Университет Иннополис 6.2.7. Полигон «Яндекса» 6.2.8. Пилотная зона «Умная дорога» в Самарской области

8.	Обп	ций подход к проведению испытаний ИТС	95
	8.1.	Цели создания полигонов / тестовых зон)5
	8.2.	Испытательный полигон ИТС	0(
		8.2.1. Опытная эксплуатация испытательных полигонов 20	
		8.2.2. Сервисы V2X	
		8.2.3. Базовый состав испытательного полигона ИТС	
		8.2.3.1. Сервисная V2X-платформа)5
		8.2.3.2. Динамическая цифровая карта дорожного	
		движения (ДЦКДД))9
		8.2.3.3. Элементы телекоммуникационной	
		инфраструктуры	20
		8.2.3.4. Техническое оснащение ВАТС	
		8.2.3.5. Мобильные приложения	25
	0.2	8.2.3.6. Центр управления испытательных комплексов 22	26
	8.3.	Определение основных сценариев испытаний	7
	0.4	кооперативных ИТС	./
	8.4.	Общие подходы к разработке сценариев испытаний кооперативных ИТС	26
		-	,0
9	. Им	итационное моделирование при проведении	
	ИС	пытаний ИТС	51
10	. Ла	бораторная база	53
11	. Ко	мпетенции для испытаний ИТС26	55
12	. По	дводя итоги	57
Cr	исон	к использованных источников26	59
06	бщая	признательность)3

Обозначения и сокращения

Сокращенное наименование	Полное наименование
BATC	высокоавтоматизированное транспортное средство
ГЛОНАСС	Глобальная навигационная спутниковая система
ГИС	геоинформационная система
гост	государственный стандарт
дит	динамическое информационное табло
дтп	дорожно-транспортное происшествие
дцкдд	динамическая цифровая карта дорожного движения
ЗИИ	знак с изменяемой информацией — Variable Message Sign (VMS)
ЗПИ	знак переменной информации
ИТС	интеллектуальная транспортная система
исо	Международная организация по стандартизации, ИСО (англ. International Organization for Standardization, ISO)
К-ИТС	кооперативная интеллектуальная транспортная система
кии	критическая информационная инфраструктура
нгпт	наземный городской пассажирский транспорт
ОДМ	отраслевой дорожно-методический документ
ОТ	общественный транспорт
пдд	правила дорожного движения
подд	проект организации дорожного движения
пми	программа и методика испытаний
ппк	публично-правовая компания
СВПД	система высокоточного позиционирования
тк	технический комитет
TC	транспортное средство
УДС	улично-дорожная сеть

Сокращенное наименование	Полное наименование
ЦКАД	Центральная кольцевая автомобильная дорога
ЭПР	экспериментальный правовой режим
ABS	Anti-lock braking system — система, предотвращающая блокировку колес транспортного средства при торможении.
AD	Autonomous driving — автономное вождение
ADAS	Advanced Driver-Assistance Systems — автоматизированные системы помощи водителю
API	Application Programming Interface — программный интерфейс приложения
ETSI	European Telecommunications Standards Institute — Европейский институт телекоммуникационных стандартов.
DSRC	Dedicated Short Range Communications (группа стандартов IEEE 802.11р) — выделенная ближняя связь, технология беспроводной радиосвязи для передачи данных на короткие расстояния, в том числе для обмена информацией между транспортным средством и его окружением в формате V2X
V2I	Vehicle-to-Infrastructure — взаимодействие транспортного средства с объектами инфраструктуры для взаимного обмена информацией посредством беспроводной связи
V2V	Vehicle-to-Vehicle — взаимодействие транспортного средства с транспортным средством для взаимного обмена информацией посредством беспроводной связи
V2P	Vehicle-to-pedestrian — система, через которую автомобиль может взаимодействовать с находящимися в непосредственной близости от него пешеходами
V2X	Vehicle-to-Everything — взаимодействие транспортного средства с любыми объектами, которые могут повлиять на транспортное средство, для взаимного обмена информацией посредством беспроводной связи. Это понятие включает в себя более специфические понятия, такие как V2V, V2I, V2P и др.
IEC	International Electrotechnical Commission — Международная электротехническая комиссия

Сокращенное наименование	Полное наименование
ISO	International Organization of Standartization — Международная организация по стандартизации
ITS-G5	Специализированная связь малого радиуса действия, аналогичная DSRC, предназначенная для обмена информацией между транспортным средством и его окружением в формате V2X
IP	Internet Protocol — маршрутизируемый протокол сетевого уровня стека TCP/IP
LVD	Lead Vehicle Decelerating — торможение впереди идущей машины
LDM	Local Dynamic Map — локальная динамическая карта
LTE	Long-Term Evolution. — букв «долговременное развитие», часто обозначается как 4G LTE — стандарт беспроводной высокоскоростной передачи данных для мобильных телефонов и других терминалов, работающих с данными
RSU	Road Side Unit — устройство дорожной инфраструктуры, обеспе- чивающее поддержку связи с проезжающими транспортными средствами
RTK	Real Time Kinematic — кинематика реального времени
OEM	Original equipment manufacturer — оригинальный производитель оборудования
CAD	Connected and Automated Driving — подключенное и автоматизированное вождение
CAV	Connected Autonomous Vehicle — подключенное автономное транспортное средство
Cellular V2X (C-V2X)	Cellular-Vehicle to Everything — глобальное решение для обмена информацией между транспортным средством и его окружением
C-ITS	Cooperative intelligent transport systems — кооперативная интеллектуальная транспортная система
CEN	European Committee for Standartization (фр. Comité Européen de Normalisation) — Европейский комитет по стандартизации
TEN-T	Trans European transport network — Европейская транспортная сеть

Сокращенное наименование	Полное наименование
TCP/IP	Transmission Control Protocol (TCP) и Internet Protocol (IP) — набор сетевых протоколов передачи данных, используемых в сетях, включая сеть Интернет
TTCN	Testing and Test Control Notation — нотация тестирования и управления тестами. Является строго типизированным скриптовым языком, используемым в аттестационном тестировании коммуникационных систем, а также спецификацией интерфейсов тестовой инфраструктуры, позволяющих реализовать связывание абстрактных тестовых скриптов с конкретным коммуникационным окружением
SAC	Standardization Administration of China — Управление стандартизации Китайской Народной Республики
GPS	Global Positioning System — система глобального позиционирования

Наука имеет свои странности. Сначала исследователь ценит те явления, которые связываются законом; когда же закон установлен, исследователь начинает ценить исключения из него, так как только они обещают ему нечто новое.

Даниил Гранин. «Искатели»

Введение

Доступная и интересная научная литература помогает прогрессу не тормозить и двигаться вперед. К сожалению, в России интерес к науке не постоянен, он регулярно переживает взлеты и падения.

С огромной благодарностью вспоминаю своего отца, который в школьные годы подарил серию книг Якова Перельмана. Я помню свой восторг при посещении книжных магазинов «Техническая книга» на Пушкинской улице и «Академкнига» на Литейном проспекте тогда еще в Ленинграде.

Будучи подростком, я трепетно открывал там свежие издания, перелистывал страницы, предвкушая новые эмоции от их шороха и загадочных иллюстраций. Мне казалось, что именно они дают реальную возможность приобщится к разгадке тайн устройства если не вселенной, то точно человечества.

Однако после распада СССР в нашей стране научно-популярная литература практически перестала существовать. Выжившие профильные журналы сократили тиражи в сто раз, а научные книги оказались никому не нужны.

Сейчас с ростом цифровизации роль науки в жизни людей, и особенно в транспортной сфере, резко выросла. Стало очевидным, что

существующая классическая система высшего образования не успевает за прогрессом.

Многие технологии просто врываются в нашу жизнь, ломая сложившиеся вековые устои, и прежде всего рушат их флагман цифровой экономики — искусственный интеллект¹. Крайне важно, чтобы системы искусственного интеллекта оставались под контролем человека и были надежными и прозрачными.

Именно в период инноваций, как правило, возникает всплеск запросов на самообразование, и обществу требуется доступная научная и техническая литература.

Жаждущим реальных знаний приходится самим переводить статьи из иностранных источников. Отечественной научной и научно-популярной литературы становится крайне мало.

За последние годы произошли важные изменения:

- появились очень мощные и относительно дешевые компьютеры, которые позволили превратить нейронные сети в эффективный инструмент;
- мир накопил доступные колоссальные массивы различных данных, которые очень важны для обучения нейронных сетей.

Становится очевидным, что искусственный интеллект превращается в технологию уникальной значимости.

Применение искусственного интеллекта неразрывно связано с интеллектуальными транспортными системами (далее — ИТС), и интенсивное развитие технологий искусственного интеллекта уже сейчас позволяет делать первые, может быть еще робкие, шаги в направлении адаптивного управления транспортными потоками.

К ИТС не стоит относиться как к панацее от транспортного коллапса, но как отделить реальные возможности технологии от пиарного шума вокруг (особенно в контексте организации безопасного движения в беспилотном режиме) и может ли использование технологий, применяемых в ИТС и высокоавтоматизированном транспорте, в ближайшее время дать реальный экономический и социальный эффект?

¹ Искусственный интеллект; ИИ: Комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение, поиск решений без заранее заданного алгоритма и достижение инсайта) и получать при выполнении конкретных практически значимых задач обработки данных результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека [ГОСТ Р 59277-2020, пункт 3.18].

Искусственный интеллект уже сейчас используется в исследованиях для повышения безопасности движения высокоавтоматизированных транспортных средств (далее — BATC), движущихся в беспилотном режиме. С помощью алгоритмов искусственного интеллекта и передовых методов моделирования обеспечивается генерация массивов данных датчиков, которые имитируют различные условия и участников движения — повороты, уклоны в гололедицу, светофорные объекты, пешеходов, автомобили, велосипедистов и т. д.

Однако организация безопасного и эффективного² движения высокоавтоматизированного транспорта невозможна без опоры на информацию, получаемую от интеллектуальной дорожной инфраструктуры. Синергия возможностей интеллектуальной транспортной системы и бортового оборудования автомобиля, объединенных с возможностями искусственного интеллекта, приведет к более безопасному и экономному движению транспортного средства.

Однако не все так гладко — уже сейчас должны быть определены основные подходы технического и социального контроля над искусственным интеллектом. Увы, и у современных ИТС есть темные стороны. Они создают определенные и реальные опасности как для отдельных людей, так и для общества в целом: прежде всего отсутствие прозрачности при формировании управляющего воздействия со стороны искусственного интеллекта. Никто в точности не знает, как он работает, а ведь большинство алгоритмов разрабатывается частными компаниями, главная цель которых — извлечение прибыли. Стоит задуматься...

Современный искусственный интеллект, по сравнению с человеком, способен решать пока только ограниченный и предопределенный класс задач. Погодные условия, разный стиль вождения, распознавание образов — все это должно учитывается искусственным интеллектом и входить в сценарии управления движением ВАТС.

Предоставление искусственному интеллекту серьезной роли в части обеспечения безопасности в реальной жизни людей пока сопряжено с большими рисками.

Тем не менее развитие ИТС востребовано и в настоящее время является, пожалуй, единственным действенным средством организации

² Под эффективным движением здесь понимается движение грузового и пассажирского транспорта на максимально возможных скоростях, без нарушения правил дорожного движения (например, на автомагистралях — 90 км/час).

комфортного движения автомобильного транспорта в условиях плотной (особенно исторической) городской застройки. При этом наибольший интерес, безусловно, представляют кооперативные $\rm UTC^3$.

Являясь частью интеллектуальных транспортных систем, кооперативные ИТС (К-ИТС, C-ITS) охватывают группу технологий и приложений, которые обеспечивают эффективный обмен данными с помощью технологий беспроводной связи между компонентами и участниками транспортной системы, очень часто между транспортными средствами или между транспортными средствами и инфраструктурой.

В марте 2018 года Элейн Херцберг скончалась после того, как ее сбил беспилотный автомобиль, который испытывала группа Uber (ATG)⁴ в американском штате Аризона. Это первый известный случай гибели человека в результате столкновения с автономным транспортным средством, и этот инцидент поднял вопросы о регулировании индустрии беспилотных автомобилей. По мнению некоторых экспертов, аварии со смертельным исходом мог бы избежать водитель-человек⁵.

Таким образом, должны быть выработаны и апробированы оптимальные способы обеспечения рационального и безопасного сосуществования человека и роботов в самом широком их понимании.

Снижая вовлеченность водителя в процесс управления, системы автоматизации провоцируют его переключить внимание на другие действия (чтение, просмотр различного контента, общение с пассажирами или по телефону, сон и т. д.). Необходимо либо обеспечить постоянную вовлеченность водителя, либо полностью освободить его от задач управления, что может быть достигнуто уже в настоящее время при поддержке интеллектуальной транспортной системы.

Интеллектуальная транспортная система должна быть способна обеспечить максимальную ситуационную осведомленность ТС. Право

³ Кооперативные интеллектуальные транспортные системы/К-ИТС (соорегаtive-its/c-its): Подмножество общих интеллектуальных транспортных систем, которое передает и обменивается информацией между станциями интеллектуальных транспортных систем для предоставления, обмена или получения данных и рекомендаций или оказания услуг с целью повышения безопасности, устойчивости эффективности и комфорта за рамками автономных систем [ПНСТ 460-2020. Интеллектуальные транспортные системы. Кооперативные интеллектуальные транспортные системы. Часть 1. Роли и ответственность в контексте архитектуры кооперативных интеллектуальных транспортных систем].

⁴ Über (Убер) — американская международная публичная компания из Сан-Франциско.

⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/Self-driving_car#Anticipated_Level_2

самостоятельного принятия решения может быть ограничено в установленном законом случае при наличии соответствующей технической возможности со стороны ИТС.

Именно поэтому государство должно обладать возможностью (как технической, так и правовой) тестировать любые системы, где применяется искусственный интеллект и, в частности, ИТС.

Открытое тестирование, проверки и испытания — это основа для формирования адекватной и обоснованной регуляторной базы, которая поможет минимизировать потенциальные риски развития и внедрения искусственного интеллекта, в том числе в транспортной сфере. Эта книга дает представление об общих подходах к научно-методическому обеспечению контроля функциональных параметров коопера-

Эта книга дает представление об общих подходах к научно-методическому обеспечению контроля функциональных параметров кооперативных ИТС при проведении полигонных и натурных испытаний. Она дает возможность стать чуть ближе к разгадке тайн в области ИТС, осознать, как сложно устроен их мир и на какие чудеса он способен.

1. Зачем нужны испытания?

Люди вынуждены постоянно изучать мир, в котором они существуют. Без проведения проверки всего и вся человечество не может существовать.

Интерес к изучению природы у человека появился еще в глубокой древности. Волей-неволей, а задумаешься о том, какое копье лучше взять на охоту, из какого дерева лучше делать стрелы для лука и спасет ли твоя одежда от когтей дикого животного. Ведь от того, насколько правильно ты сделаешь выбор, напрямую зависит твоя жизнь.

Вопрос о необходимости систематизировать полученные знания стоял всегда. Сегодня человечеству приходится использовать знания из разных наук, таких как математика, физика, робототехника, электроника, информатика и т. п.

Современные испытания проводят с целью получения сведений, необходимых для принятия решения о соответствии предмета испытаний заданным требованиям. Иногда испытания проводят с научными целями, с целью изучения предмета, с целью установления цены изделия или системы.

В России сложился уже и официальный термин.

Справочно. Испытания — экспериментальное определение количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата воздействия на него, при его функционировании, при моделировании объекта и (или) воздействий б.

Характеристики свойств объекта при испытаниях могут оцениваться, если задачей испытаний является получение количественных или качественных оценок. А могут контролироваться, если задачей испытаний является только установление соответствия характеристик объекта заданным требованиям. В этом случае испытания сводятся к контролю. Поэтому ряд видов испытаний являются контрольными, в процессе которых решается задача контроля.

⁶ ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.

Важнейшим признаком любых испытаний является принятие на основе их результатов определенных решений.

Другим признаком испытаний является задание определенных условий испытаний (реальных или моделируемых), под которыми понимаются совокупность воздействий на объект и смена режимов функционирования объекта.

Одним из очень важных направлений испытаний являются испытания кооперативных ИТС.

Очень остро стоит вопрос о разработке научно обоснованных предложений по установлению требований к дорожно-транспортной инфраструктуре, необходимой для обеспечения безопасного движения ВАТС, и порядка взаимодействия



Рис. 1. Ребенок готовится к испытаниям своих машинок, чтобы выбрать лучшую по его мнению

Источник: фото автора

ВАТС с указанной интеллектуальной инфраструктурой.

Считается, что безопасное функционирование ВАТС достигается путем выполнения следующих задач:

- обеспечения ситуационной осведомленности ВАТС;
- обеспечения оптимального перераспределения транспортных потоков;
- управления ВАТС в различных нештатных ситуациях;
- решения конфликтных ситуаций на стратегическом уровне управления транспортными потоками ВАТС;
- поддержки автоматической системы управления дорожным движением для ВАТС, эксплуатирующихся в беспилотном режиме;
- доступа пользователей BATC к пользовательским сервисам цифровой модели дорог⁷.

⁷ Распоряжение Правительства РФ от 25 марта 2020 г. № 724-р «О Концепции обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования».

Использование интеллектуальной инфраструктуры может не только обеспечить безопасность движения ВАТС на автомобильных дорогах общего пользования, но и позволить выстроить эффективные стандарты взаимодействия всех участников процесса эксплуатации ВАТС и оказания транспортных, логистических услуг.

Для отработки взаимодействия «умных» автомобилей с интеллектуальной инфраструктурой и другими автомобилями создаются новые испытательные полигоны и пилотные зоны.

Справочно. Испытательный полигон— территория и испытательные сооружения на ней, оснащенные средствами испытаний и обеспечивающие испытания изделий в условиях, близких к условиям их эксплуатации 8 .

Никто не согласится пустить на свои дороги ВАТС, которые будут критически замедлять трафик и не обеспечат безопасность дорожного движения. Поэтому нужно вводить элементы искусственного интеллекта.

С учетом ожидаемого в ближайшем будущем массового появления на автомобильных дорогах ВАТС необходимо определить возможные угрозы, сформировать новые модели, вносящие дестабилизирующие действия на существующие транспортные сети. Чем больший объем разных дорожных ситуаций будет отработан на полигонах в тестовом режиме, тем более безопасным будет движение на дорогах общего пользования.

Интеллектуальная транспортная система также должна пройти процедуру подтверждения соответствия установленным требованиям согласно действующим нормативно-правовым документам в области информационной безопасности.

Тестирования этих решений и конфигураций, а также проверка функциональной совместимости между различными системами и компонентами ИТС (включая движение ВАТС в беспилотных режимах) возможны только на полигонах (пилотных зонах) ИТС.

Информация об испытаниях ИТС дает реалистичную картину технологических возможностей и требований к ним. Сочетание архитектуры ТС со спецификациями придорожной инфраструктуры с поддержкой высокоскоростных сетей связи как информация представляет

⁸ ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.

существенный интерес для автомобильной промышленности и операторов автомобильных дорог.

Испытания дают возможность для обоснованного анализа нормативно-правовой и нормативно-технической базы ВАТС — таких ее аспектов, как, например, требования к инфраструктуре, правила взимания платы за роуминг, обеспечения конфиденциальности данных и безопасности.

Также выполняется всесторонняя предварительная оценка затрат, связанных с внедрением ИТС, оцениваются порядок формирования стоимости и возникающие новые бизнес-модели, возможные инвестиции, необходимые для поддержки передовых направлений ИТС.

2. Ключевые трансформации, происходящие в ИТС

2.1. Развитие цифровых технологий

В настоящее время социальная, технологическая и экономическая области переживают серьезные перемены, связанные с мобильностью, безопасностью и повышением комфорта на транспорте.

В свою очередь три аспекта повышают уровень цифровизации: развитие услуг мобильности по требованию пользователя, увеличение количества электромобилей и в целом ТС на альтернативных видах топлива, появление высокоавтоматизированных и полностью беспилотных ТС.

Применение ВАТС, движущихся в беспилотном режиме, на автомобильных дорогах общего пользования является закономерным этапом развития современных интеллектуальных транспортных систем и преследует следующие цели:

- повышение безопасности дорожного движения;
- повышение номинальной пропускной способности дорог;
- оптимизация транспортных процессов;
- формирование заданного поведения участников дорожного движения и культуры вождения;
- развитие различных сервисных услуг для пользователей транспортной системы;
- поддержание заданного уровня содержания дорожного полотна и дорожно-транспортной инфраструктуры.

Высокоавтоматизированные транспортные средства, функционирующие в беспилотном режиме, должны поэтапно включаться в уже сложившуюся транспортную систему, не подвергая опасности других участников дорожного движения и обеспечивая полное соблюдение установленных правил дорожного движения.

Но чтобы это произошло, необходимы:

- создание отечественной электронно-компонентной базы;
- создание лидаров отечественного производства;

- разработка собственных приемо-передающих и обрабатывающих систем;
- разработка новых алгоритмов и средств шифрования и обеспечения информационной безопасности;
- создание новых центров обработки данных.

В 2022 году исследование, проведенное организацией по безопасности Lloyd's Register Foundation, показало, что только четверть (27%) населения мира будет чувствовать себя в безопасности в беспилотных автомобилях 9 .

При этом должна быть установлена дифференциация уровня ответственности участников дорожного движения в зависимости от уровня автономности TC.

Принципиальные подходы к обеспечению безопасного взаимодействия ВАТС, движущихся в беспилотном режиме, с другими участниками дорожного движения включают следующие ключевые компоненты ¹⁰:

- безопасность, осуществляемая с помощью ситуационной осведомленности ВАТС путем максимального использования возможностей дорожно-транспортной инфраструктуры и всестороннего риск-менеджмента;
- безопасность, осуществляемая с помощью необходимых функциональных возможностей ВАТС, дополняющих и при необходимости дублирующих возможности дорожно-транспортной инфраструктуры, а также за счет обмена информацией между транспортными средствами;
- безопасность, осуществляемая с помощью надлежащей организации дорожного движения на основе динамического управления транспортным потоком посредством управляющих действий со стороны интеллектуальных транспортных систем.

Дорожно-транспортная инфраструктура должна быть способна обеспечить максимальную ситуационную осведомленность ВАТС. При этом принятие окончательных решений в различных дорожно-транспортных ситуациях осуществляется автоматизированной системой

⁹ Большинство населения мира считает беспилотные автомобили небезопасными. Фонд Регистра Ллойда. 25 ноября 2022 г. https://www.lrfoundation.org.uk/en/news/majority-of-worlds-population-feel-self-driving-cars-are-unsafe/

¹⁰ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.03.2020 № 724-р «О Концепции обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования».

вождения самостоятельно с учетом рекомендаций объектов дорожнотранспортной инфраструктуры.

Принципы управления и организации дорожного движения должны быть направлены на обеспечение безопасности и эффективности смешанной транспортной среды и иметь возможность изменяться в соответствии с увеличением доли ВАТС.

Не существует безотказной технологии и технологии, которая могла бы гарантировать отсутствие несчастных случаев, но в автомобильных авариях по всему миру каждый день погибает огромное количество людей.

Развитие технологий подключения автомобиля к дорожнотранспортной инфраструктуре должно быть нацелено на реализацию следующих принципов безопасности:

- снижение до минимума вероятности возникновения дорожнотранспортных происшествий;
- обеспечение защиты от террористических атак, предпринимаемых с использованием ВАТС;
- обеспечение защиты от кибератак;
- обеспечение защиты от намеренной дестабилизации дорожного движения посредством использования ВАТС;
 — обеспечение конфиденциальности персональных данных водите-
- лей и пользователей ТС.

Поскольку TC, движущиеся в подключенном режиме 11 , имеют широкий диапазон потенциальных уязвимостей, решения по обеспечению безопасности должны быть многоуровневыми, чтобы обеспечить оптимальную защиту, а вышеперечисленные принципы безопасности должны учитываться еще на этапе разработки транспортного средства и быть неотъемлемой частью его жизненного цикла.

Кажется, что все просто — нужно лишь заставить ВАТС соблюдать все правила дорожного движения, но иногда опытному водителю приходится пересекать двойную желтую линию на дороге, чтобы предотвратить ДТП или проехать мимо автомобиля, припаркованного вторым рядом. Возможно, такие ситуации будут возникать редко, но их нельзя не учитывать.

¹¹ Подключенный режим движения транспортного средства — функциональное состояние транспортного средства, оснащенного оборудованием связи и обработки данных, при котором осуществляется взаимодействие между транспортным средством и ИТС, а также между такими транспортными средствами.

На дорогах, увы, присутствуют «дорожные ловушки» — ситуации со скрытой опасностью для всех участников дорожного движения.

Для того чтобы система в таких случаях принимала правильные решения, необходимо надлежащим образом юстировать процедуру ее разработки и тестирования на базе методов машинного обучения, причем в плотной взаимоувязке с интеллектуальной дорожной инфраструктурой.

Требуется всесторонняя и достоверная оценка практической пригодности потенциальной инновации для достижения целей, заявленных разработчиком или поставщиком нового материала, конструкции, технологии. Эта задача решается путем сертификации. Но применительно к инновациям оценку практической пригодности нельзя сводить только к тем или иным формам сертификации (т. е. подтверждения соответствия установленным требованиям). Поскольку вновь создаваемые материалы, конструкции или технологии могут еще не иметь соответствующей нормативной базы в виде стандартных технических требований, методик и средств измерения.

Для обеспечения надежного информационного обмена и управления объектами транспортной инфраструктуры необходимо создание единой безопасной цифровой среды, построенной на основе облачных технологий и включающей распределенные центры хранения данных и вычислений, сетевую инфраструктуру, инфраструктуру интеллектуальных сенсоров и интеграционные интерфейсы коммуникации с цифровыми системами организаций, эксплуатирующих объекты транспортной инфраструктуры, транспортные средства, а также инфраструктуру обеспечения кибербезопасности.

Управление интеллектуальными транспортными системами с помощью инструментов искусственного интеллекта подразумевает внедрение решений автоматизированного эффективного управления транспортной инфраструктурой, включая мониторинг погодных условий, распределение потоков, мониторинг состояния транспортной инфраструктуры, прогнозирование возможных аварийных ситуаций, определение скоростного режима.

Интеллектуальные транспортные системы позволяют повысить безопасность перевозок, оптимизировать маршруты, повысить провозную способность транспортной системы, а также планировать комплексное развитие транспортной инфраструктуры, включая инфраструктуру управления высокоавтоматизированным транспортом, зарядную и заправочную инфраструктуру «зеленого» транспорта,

оказывающего минимальное негативное воздействие на окружающую среду.

Интеллектуальные транспортные системы предполагается применять на объектах инфраструктуры всех видов транспорта в следующих форматах взаимодействия по технологии V2X:

- Vehicle-to-vehicle (V2V) система беспроводной связи, позволяющая двум автомобилям обмениваться друг с другом информацией о состоянии на дорогах без участия человека;
- Vehicle-to-infrastructure (V2I) система беспроводной связи, позволяющая автомобилям обмениваться информацией с объектами инфраструктуры, например со светофорами, дорожными знаками и т. д.;
- Vehicle-to-pedestrian (V2P) система, с помощью которой автомобиль может взаимодействовать с находящимися в непосредственной близости от него пешеходами¹².

В рамках этого направления должны быть разработаны стандарты взаимодействия по технологии V2X в части интеллектуальных транспортных систем, обеспечено развитие сетей передачи данных, определены стимулирующие меры для внедрения и формирования национальной сети интеллектуальных транспортных систем.

В настоящее время уже существуют высокоавтоматизированные транспортные средства, способные двигаться в беспилотном режиме, при этом действующая нормативная правовая база не позволяет однозначно определить для них правила безопасности. Отсутствие таких норм неизбежно приводит к повышению рисков при дорожном движении.

ИТС сегодня играют все большую роль: уже внедрены технологии предупреждения водителей о возможных столкновениях со встречными транспортными средствами, системы помощи при экстренном торможении и системы контроля движения по полосе. Это большой шаг вперед по сравнению с использованием пассивных средств безопасности, таких как ремни и подушки безопасности. В автомобильной промышленности эта тенденция рассматривается как начало эволюции, приводящей к использованию автоматизированных и в конечном итоге полностью автономных ТС.

Однако новые технологии, внедряемые в ТС, могут создавать дополнительные риски для безопасности дорожного движения, поэтому

¹² http://1234g.ru/novosti/v2v-v2i-v2x-v2p-v2g-v2d-connected-car



Рис. 2. Взаимодействия по технологии V2X Источник: https://www.eletimes.com/wp-content/uploads/2023/05/v2x-connected-car.png

новой задачей является минимизация как существующих, так и потенциальных рисков в интересах всего общества.

Поскольку в настоящее время ВАТС, движущиеся в беспилотном режиме, не в состоянии самостоятельно обеспечивать необходимый уровень безопасности дорожного движения, то возникает необходимость организации сетевого взаимодействия ТС и дорожной инфраструктуры.

Интеллектуальная дорожно-транспортная инфраструктура способна принять на себя часть задач по обеспечению безопасности дорожного движения с участием ВАТС. В этом случае беспилотный режим движущихся в транспортном потоке ТС будет поддерживаться и обеспечиваться дорожно-транспортной инфраструктурой.

Внедрение технологий подключения ВАТС к дорожно-транспортной инфраструктуре приведет к значительному росту объема пользовательских данных, что потребует ресурсов по их обработке и хранению, обеспечению конфиденциальности.

Сертификацию элементов ИТС сегодня приходится проводить на основании существующей нормативной базы, разработанной для аналогичных (но не всегда идентичных) материалов, конструкций или технологий. А пока эта база крайне небольшая.

Обязательная сертификация осуществляется органом по сертификации, аккредитованным в соответствии с законодательством

Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации 13 .

Отношения, возникающие при применении обязательных требований к продукции в рамках всего ее жизненного цикла, регулируются Федеральным законом от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

Подтверждение соответствия осуществляется в целях:

- удостоверения соответствия продукции техническим регламентам, документам по стандартизации, условиям договоров;
- содействия приобретателям, в том числе потребителям, в компетентном выборе продукции, работ, услуг;
- повышения конкурентоспособности продукции, работ, услуг на российском и международном рынках;
- создания условий для обеспечения свободного перемещения товаров по территории Российской Федерации, а также для осуществления международного экономического, научно-технического сотрудничества и международной торговли.

При этом является недопустимым применение обязательного подтверждения соответствия к объектам, в отношении которых не установлены требования технических регламентов.

Обязательное подтверждение соответствия осуществляется в формах:

- принятия декларации о соответствии;
- обязательной сертификации.

В техническом регламенте Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог» (ТР ТС $014/2011^{14}$) приведен перечень изделий, подлежащих подтверждению соответствия в форме сертификации. Из них непосредственно к ИТС относятся только дорожные светофоры и табло с изменяющейся информацией.

В соответствии с Федеральным законом «О стандартизации в Российской Федерации» от 29.06.2015 № 162-ФЗ установлен принцип добровольности применения документов по стандартизации. Но документы по стандартизации, применение которых обеспечивает безопасность дорожного движения при его организации на территории Российской Федерации, являются обязательными для применения.

¹³ Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ (ред. от 2 июля 2021 г.) «О техническом регулировании» (с изм. и доп., вступ. в силу с 23 декабря 2021 г.).

¹⁴ https://docs.cntd.ru/document/902307834

Правительством Российской Федерации распоряжением от 04.11.2017 № 2438-р утвержден перечень документов по стандартизации, обязательное применение которых обеспечивает безопасность дорожного движения при его организации на территории Российской Федерации 15 .

В соответствии с ГОСТ 34.401^{16} из всего состава периферийных технических средств автоматизированных систем дорожного движения обязательные требования предъявляются только к части характеристик следующих устройств:

- дорожных контроллеров;
- детекторов транспорта;
- табло вызова пешехода.

Таким образом, проведение работ по сертификации другого оборудования ИТС в рамках обязательного подтверждения его соответствия требует внесения изменений в ТР ТС 014/2011.

Система испытаний обеспечивает многоступенчатый контроль

Система испытаний обеспечивает многоступенчатый контроль безопасности автомобильного транспортного средства и его систем на всех стадиях разработки и подготовки продукции к производству. В соответствии с принятым подходом к проектированию автомобильных ТС широко используются системы компьютерного моделирования и тестирования основного функционала (фактически системы виртуальных испытаний).

Такой подход позволяет значительно сократить время и затраты на разработку архитектуры транспортного средства и его систем.

Комплекс исследовательских, лабораторных и стендовых испытаний свидетельствует о серьезном подходе автопроизводителей к обеспечению безопасности технически сложного продукта — транспортного средства и более ответственной комплексной системы — высокоавтоматизированного транспортного средства.

Формирование телекоммуникационной дорожно-транспортной инфраструктуры для управления высокоавтоматизированными транспортными средствами включает создание на сети автомобильных дорог линейной и станционной инфокоммуникационной, объектовой инфраструктуры, создание и развитие технологической платформы,

¹⁵ https://docs.cntd.ru/document/555617605

¹⁶ Государственный стандарт СССР ГОСТ 34.401-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Средства технические периферийные автоматизированных систем дорожного движения. Типы и технические требования.

включающей прикладные программные модули, средства защиты каналов передачи данных, а также обеспечение функционирования всей инфраструктуры на базе открытых протоколов, как единой цифровой экосистемы.

2.2. Технические барьеры по внедрению ИТС и пути их решения

Человеку довольно трудно решиться доверить свою жизнь искусственному интеллекту, особенно на начальном этапе внедрения неизвестных и не очень понятных ему технологий. Для принятия данного решения ему нужны веские основания. Человека всегда страшило неизвестное, и возможность оказаться в неконтролируемой ситуации в случае технического сбоя систем управления ВАТС, конечно, вызывает оправданное опасение.

Одной из наиболее значимых ошибок при создании проекта по формированию интеллектуальной дорожной инфраструктуры для организации беспилотного движения является недостаточное внимание к его рисковым составляющим.

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

Одним из способов уменьшения стоимости ВАТС является перераспределение ответственности, сконцентрированной в данный момент исключительно на транспортном средстве, на систему, включающую ТС и инфраструктуру. При развертывании на ограниченных участках (когда не надо сразу оснастить целый город) вполне вероятно, что подобная система окажется более экономичной, чем дорогой полный набор сенсоров в транспортном средстве.

В Российской Федерации можно выделить целый ряд барьеров, не позволяющих обеспечить формирование функционально совместимой и эффективно действующей сети интеллектуальных транспортных систем:

- **1.** Отсутствие нормативной правовой базы, определяющей права и обязанности владельцев интеллектуальных транспортных систем (как на федеральном, так и на региональном уровне).
- **2.** Отсутствие единой коммуникационной среды ИТС, позволяющей существенно снизить транзакционные издержки и обеспечить

требуемые сетевые характеристики в части скорости, объема, надежности и безопасности сетевых транзакций.

- 3. Отсутствие центра компетенции в сфере ИТС, обеспечивающего технологическую и экспертную поддержку технологического и информационного сопряжения ИТС, функционирующих на автомобильных дорогах общего пользования, и обеспечение их функциональной совместимости на основе формирования и введения единых требований к открытой архитектуре ИТС.
- 4. Отсутствие на территории Российской Федерации специализированного испытательного полигона, позволяющего обеспечить проведение как полноценных испытаний оборудования и технологий, используемых при создании ИТС, так и совместных испытаний интеллектуальной дорожной инфраструктуры и высоко и полностью автоматизированного транспорта.
- 5. Отсутствие мероприятий, направленных на создание в Российской Федерации федеральной платформы интеллектуальных транспортных систем, реализующей функции сбора и анализа сведений о функционировании национальной сети ИТС и входящих в ее состав отдельных технологических элементов, «бесшовную» интеграцию ИТС на межрегиональном и межгосударственном уровнях и информационную поддержку управленческих решений по вопросам функционирования и развития дорожно-транспортного комплекса Российской Федерации.
- 6. Серьезная зависимость от зарубежных поставщиков в части отдельных продуктов.

Например: Nvidia, основной поставщик ключевого компонента «беспилотности» — видеопроцессоров, сворачивает свою деятельность в России. К тому же американские власти запретили Nvidia поставлять в Российскую Федерацию два типа процессоров, предназначенных для решения задач машинного обучения ¹⁷.

7. Необходимость получения, хранения и обработки больших данных в режиме реального времени.

Технология больших данных подразумевает наличие трех элементов: огромных массивов данных, вычислительных мощностей для очень быстрой обработки этих данных и специальных математических моделей, позволяющих сравнивать заранее определенные параметры.

https://expert.ru/expert/2022/41/sberavtotekh-shag-vpered-dva-v-kyuvet/?ysclid=lc1t wg2fup529777915

Это позволяет выявлять новые, очень часто неочевидные связи и закономерности и уже на основе их принимать управленческие решения и извлекать прибыль.

8. Системы связи V2X (автомобиль — автомобиль, автомобиль — инфраструктура, автомобиль — другие участники движения).

Необходимо развитие технологий беспроводной передачи данных для обеспечения максимально быстрого (мгновенного) обмена информацией автомобилей высокой степени автономности между собой и с объектами инфраструктуры.

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

При этом существуют значительные трудности по внедрению таких систем, в том числе остаются нерешенными вопросы электромагнитной совместимости.

9. Картография, ГИС, Навигация.

Дорожно-транспортная инфраструктура должна обладать возможностью обеспечить 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.

Динамическая цифровая карта дорожного движения (ДЦКДД) должна обеспечивать:

- ситуационную осведомленность ВАТС;
- оптимальное перераспределение транспортных потоков ВАТС для достижения заданных показателей качества обслуживания различных клиентских групп;
- управление BATC в различных нештатных для автоматизированной системы вождения ситуациях;
- решение конфликтных ситуаций на стратегическом уровне управления транспортными потоками ВАТС;
- поддержку реализации автоматической системы управления дорожным движением для ВАТС, эксплуатирующихся в беспилотном режиме;
- удаленный доступ пользователей ВАТС к пользовательским сервисам ДЦК ДД в онлайн- и офлайн-режимах.

10. Системы глобального и локального позиционирования. Технологии повышения точности навигации.

С целью повышения безопасности дорожного движения автотранспортных средств (в том числе беспилотных), достижения мобильности и комфорта для участников дорожного движения требуется сформировать в составе дорожной инфраструктуры систему высокоточного позиционирования дороги (СВПД) на основе методов определения местоположения объектов по сигналам глобальных спутниковых навигационных систем.

СВПД должна обеспечивать:

- сбор, хранение, обработку информации от базовых станций, выработку и выдачу на приемник пользователя корректирующей информации;
- точность определения местоположения движущегося автотран-спортного средства в режиме реального времени не хуже 0,10 м в плане;
- периодичность определения местоположения автотранспортного средства (с частотой, обеспечивающей требуемый функционал).
 11. Несовершенство искусственного интеллекта. Видеодетекция,

транспортная аналитика и автоматический контроль движения.
Существует постоянно расширяющийся спектр автомобильных электрических и/или электронных (Е/Е/РЕ) систем, таких как адаптивные системы помощи водителю, антиблокировочные системы торможения и системы помощи в управлении. Их растущие уровни интеграции и подключенности создают новые проблемы контроля их функционирования. Иногда некритические системы, такие как разфункционирования. Иногда некритические системы, такие как развлекательные системы, используют ту же инфраструктуру связи, что и системы управления и торможения ТС. Конечным результатом является необходимость формирования унифицированных требований процессов испытаний функциональной безопасности, спецификации требований, проектирования, внедрения, интеграции и проверки.

Выход только один — использование алгоритмов видеообработки

данных, позволяющих быть устойчивым к таким видам рисков.

12. Отсутствие отработанных конструктивных решений для развертывания элементов «цифровой» дорожной инфраструктуры, необходимых для эффективного использования ВАТС.

Основными направлениями стимулирования развития инфраструктуры для беспилотного транспорта и интеллектуальных транспортных систем являются разработка типовых моделей и выработка требований (рекомендаций) к оснащению ТС 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.

13. Приватность. Конфиденциальность персональных данных

пользователей и кибербезопасность (хакерские атаки, компьютерные взломы и вирусы).

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 ТС. Использование множества разных сетей для подключения автомо-

Использование множества разных сетей для подключения автомобилей к интернету позволит уменьшить количество машин, которое злоумышленники смогут вывести из строя с помощью единичного взлома. Если, скажем, не больше пяти процентов ВАТС будут объединены одной сетью или будут использовать одни и те же сетевые протоколы, то риск пробок, парализующих весь город, будет низким. Следовательно, хакер, задумавший вызвать серьезные проблемы, столкнется с раздробленной многосетевой архитектурой и будет вынужден осуществить множество одновременных взломов. Это повышает сложность атаки и делает ее менее вероятной.

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

14. Мировая унификация.

Совершенно очевидно, что учитывать унификацию параметров

совершенно очевидно, что учитывать унификацию параметров дорожной архитектуры необходимо.

При внедрении новых технологий всегда возникает вопрос о пересмотре и доработке документов по стандартизации. И беспилотного транспорта это касается в полной мере. Стандарты нужны как для самих ВАТС, так и для их поведения на дорогах. При разработке правил нельзя забывать о том, что внедрением беспилотного транспорта

занимаются многие страны мира. Это означает, что в какой-то момент потребуется унификация принимаемых стандартов для ВАТС, и лучше предусмотреть необходимость этого шага заранее.

Стандартизацией технического оснащения ТС, включая ВАТС, занимается технический комитет ISO/TC22, с аспектами деятельности которого можно ознакомиться в отчете Road Vehicle Standardization 2021^{18} .

Системным решением указанных выше проблем, с моей точки зрения, является формирование национальной сети интеллектуальных транспортных систем. Она представляет собой территориальнораспределенную систему, объединяющую, на принципе присоединения с сохранением организационной и функционально-технологической независимости создания и функционирования, ИТС субъектов Российской Федерации, ИТС федеральных автомобильных дорог и федеральную информационную платформу национальной сети ИТС в единую сеть с оптимизированной топологией и единым планом развития.

Выводы

- 1) Новая технология не приведет к ее конкуренции с традиционными видами транспорта, скорее, послужит «дополнением».
- 2) Сам автомобиль никогда не сможет справиться со всеми сложными ситуациями самостоятельно.
- 3) Инфраструктура должна быть единой для всех видов транспорта вне зависимости от уровня автоматизации, а автомобиль, как элемент одной общей неделимой системы, должен быть к ней подключен. Невозможно будет разделить ТС и транспортную инфраструктуру.
- 4) Приоритетной задачей является обеспечение бесперебойной и устойчивой связи на дорогах.
- 5) Ключевая техническая проблема обеспечить автомобили возможностями высокоскоростного сетевого подключения. Сети пятого поколения рассматриваются как драйвер технологий автономного вождения. Они позволят автомобилю максимально оперативно получать информацию и взаимодействовать с другими автомобилями и окружающей его инфраструктурой.
- 6) Минимальные задержки передачи информации, которые ожидаются в 5G, являются критическими для беспилотных автомобилей при их массовом использовании. Высокоскоростная связь

_

¹⁸ https://web.iso.org/standard/77811.html

- позволит мгновенно принимать и передавать данные от одного автомобиля к другому. Информация об изменениях в движении одного автомобиля, например о торможении, позволит сразу же корректировать действия окружающих его машин.
- 7) В настоящее время в мире идет борьба стандартов ITS-G5 и C-V2X ITS-G5. И пока не ясно, кто победит. Не исключено появление и совершенно новых стандартов.
- 8) Официальная позиция в Российской Федерации технологическая нейтральность. Очевидно, что необходимо обеспечить совместимость ТС и дорожной инфраструктуры, в том числе трансграничную совместимость. С этой целью необходимо установить требования к подключенным автомобилям и придорожным устройствам связи V2X.
- 9) Карты высокой точности фундаментальный элемент в дополнение к сенсорам и камерам для того, чтобы беспилотный автомобиль мог ориентироваться в окружающей его обстановке. Упростить создание точных карт для автомобилей может сотрудничество с автопроизводителями.
 - Произведенные ими автомобили, оснащенные сенсорами и радарами, могут «делиться» получаемой с дорог информацией с разработчиками картографических сервисов. За счет этого карты смогут обновляться буквально в режиме реального времени.
- 10) Помимо технологических вызовов, для перехода к массовому использованию автономных автомобилей предстоит решить множество вопросов на уровне законодательного регулирования. Необходимы нормативные документы, определяющие основные технологические и юридические понятия в данной сфере, регулирование возможностей использования таких технологий в целом, регулирование ответственности в случае инцидентов с беспилотными автомобилями и др.
- 11) В каждой форс-мажорной ситуации в разные промежутки времени один и тот же водитель реагирует по-разному. На это влияют его усталость, погодные условия, характеристики автомобиля. Беспилотник же не сразу обзаведется эвристической способностью самообучения на дороге, поэтому сегодня важно вложить в его алгоритмы некие априорные базовые сценарии поведения в неожиданных ситуациях, которые сделают его безопасным для всех участников дорожного движения.

2.3. Национальная сеть ИТС

Национальная сеть ИТС на автомобильных дорогах общего пользования — территориально-распределенная система, состоящая из взаимосвязанных элементов информационно-технологического, организационного, методологического, кадрового, нормативно-правового и нормативно-технического характера, объединяющая действующие и создаваемые по единым правилам интеллектуальные транспортные системы в единую сеть с оптимизированной топологией и единым планом развития¹⁹.

В состав технологического сегмента входят:

- Федеральная платформа национальной сети ИТС.
- Интеллектуальные транспортные системы автомобильных дорог общего пользования федерального значения и интеллектуальные транспортные системы субъектов Российской Федерации.
- Коммуникационная среда национальной сети ИТС.
- Обеспечение информационной безопасности и надежности функционирования национальной сети ИТС и входящих в ее состав технологических элементов.

В состав обеспечивающего сегмента входят следующие элементы:

- Регулирование в сфере ИТС.
- Центр компетенции национальной сети ИТС.
- Испытательный полигон ИТС.
- Система обязательной сертификации в сфере ИТС.
- Кадровое обеспечение в сфере ИТС²⁰.

Основной целью создания национальной сети является скоординированное развертывание ИТС в субъектах Российской Федерации, крупных городских агломерациях и на федеральных автомобильных дорогах общего пользования. Это позволяет обеспечить их функциональную совместимость как на региональном, так и на межгосударственном уровне, синергию используемых при создании ИТС единых методологических и технологических подходов и решений.

¹⁹ Концепция создания и функционирования национальной сети интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах общего пользования, утвержденная Распоряжением Минтранса России от 30 сентября 2022 г. № АК-247-р.

https://rosdornii.ru/upload/iblock/085/ilzabdsnsqmaewwv85354kw4ad504awq/ Kurguzov.pdf

Достижение указанной цели будет осуществляться за счет решения задач по формированию нормативных правовых, технических, методических, организационных и кадровых механизмов создания, развития и обеспечения функционирования национальной сети ИТС посредством:

- разработки системы национальных стандартов в сфере ИТС, гармонизированных с международными стандартами;
 унификации и сертификации оборудования, технологий и ком-
- унификации и сертификации оборудования, технологий и комплексных технологических решений в сфере ИТС в целях обеспечения возможности их «бесшовной» интеграции как на межрегиональном, так и межгосударственном уровнях;
 технологического и информационного сопряжения ИТС, функцио-
- технологического и информационного сопряжения ИТС, функционирующих на автомобильных дорогах общего пользования, и обеспечения их функциональной совместимости на основе единства требований к архитектуре ИТС, протоколам их взаимодействия и используемым технологиям сбора, обработки и хранения информации;
- формирования федеральной платформы, реализующей функции сбора и анализа сведений о функционировании национальной сети ИТС и входящих в ее состав отдельных технологических элементов, для информационной поддержки управленческих решений по вопросам функционирования и развития дорожно-транспортного комплекса Российской Федерации;
- обеспечения устойчивого и безопасного функционирования всех элементов национальной сети ИТС за счет приоритетного использования отечественных инновационных технологий и более широких возможностей по резервированию и взаимозаменяемости технологических мощностей и отдельных компонентов ИТС;
- формирования условий для разработки единой эталонной линейки цифровых сервисов (электронных услуг), обеспечения доступности и гарантированности их использования из любой точки входа в национальную сеть ИТС;
- создания интегрированной коммуникационной среды национальной сети ИТС, позволяющей существенно снизить транзакционные издержки и обеспечить требуемые сетевые характеристики в части скорости, объема, надежности и безопасности сетевых транзакций на межрегиональном и межгосударственном уровнях;
- формирования системы поддержки и развития цифровых компетенций в дорожно-транспортном комплексе и подготовки пользователей и профильных специалистов в сфере ИТС;

создания центра компетенции и испытательного полигона ИТС в целях обеспечения научно-технической, экспертно-методической, информационной и консультационной поддержки участников процессов формирования и функционирования национальной сети ИТС и проведения аудита и оценки зрелости ИТС, включаемых в состав национальной сети ИТС.

Создание и обеспечение функционирования национальной сети ИТС основывается на следующих принципах:

- единство и регламентация механизмов взаимодействия участников национальной сети ИТС в области создания, развития и обеспечения ее функционирования на автомобильных дорогах общего пользования;
- единые требования по планированию, проектированию, разработке, внедрению, мониторингу, эксплуатации и совершенствованию ИТС, внедряемых на автомобильных дорогах общего пользования как элементов национальной сети;
- сбалансированность требований к инновационности, функциональности, масштабируемости ИТС и оптимизации затрат на обеспечение выполнения этих требований;
- применение процессного и сервис-ориентированного подходов, системного и ситуационного анализа, технологий облачных вычислений, методов поддержки принятия решений, в том числе алгоритмов искусственного интеллекта и анализа больших данных;
- преимущественное использование оборудования и программного обеспечения российского производства при создании и развитии федеральной платформы и ИТС, входящих в состав национальной сети;
- обязательность сертификации оборудования, технологий и комплексных технологических решений, используемых при создании и развитии ИТС, на соответствие требованиям национальных стандартов;
- обеспечение безопасности функционирования элементов национальной сети ИТС в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации в сфере информационной безопасности, включая требования в области защиты государственных информационных систем, персональных данных и объектов критической информационной инфраструктуры;
- единый механизм присоединения ИТС к национальной сети на основе утверждаемых правил и типового договора присоединения,

предусматривающих использование инструментов интеграции на сетевом, программном и информационном уровнях федеральной платформы и интеграционных платформ ИТС при условии сохранения их внутренней функциональной и технологической независимости;

- контроль качества и устойчивости функционирования элементов национальной сети ИТС, резервирование критически важных компонентов и оперативное восстановление их работоспособности в случае возникновения сбоев;
- обеспечение надежности, непрерывности и доступности предоставления цифровых сервисов и услуг ИТС и федеральной платформы, входящих в национальную сеть, для конечного пользователя (бенефициара) с возможностью использования единой точки входа и унифицированных пользовательских интерфейсов;
- преемственность и совместимость с реализуемыми в Российской Федерации государственными ИТ-проектами и создаваемыми цифровыми инфраструктурными платформами, такими как «Умный город», «Безопасный город» и инфраструктура «электронного правительства»;
- соблюдение прав и законных интересов владельцев ИТС, входящих в состав национальной сети, принципов невмешательства в их хозяйственную деятельность;
- обработка сведений, составляющих государственную тайну, в национальной сети ИТС не допускается.

Функциональная совместимость ИТС, внедряемых на автомобильных дорогах общего пользования, обеспечиваемая в рамках национальной сети ИТС, позволит обеспечить:

- эффективность их функционирования, в первую очередь при реализации информационной поддержки участников дорожного движения, в том числе в зонах перехода ответственности операторов ИТС на территории Российской Федерации и в международных транспортных коридорах;
- оперативную и качественную информационную поддержку принятия управленческих решений на федеральном уровне по вопросам развития и функционирования дорожно-транспортного комплекса Российской Федерации и дорожно-транспортных комплексов субъектов;
- высокий уровень доступности и качества цифровых сервисов (электронных услуг) при решении задач в сфере обеспечения безопасности

дорожного движения, транспортного планирования, мультимодальной логистики и при ликвидации чрезвычайных ситуаций; — оптимизацию бюджетных расходов на всех этапах жизненного цикла ИТС и сокращение сроков реализации проектов как на стадии создания и развития, так и на стадии их эксплуатации.

2.4. Цифровая инфраструктура кооперативных ИТС

Коммуникация транспортного средства с инфраструктурой будет стимулировать развитие интеллектуальных городов, где сочетание современных методов организации дорожного движения, «умной» парковки и административных воздействий приведет к улучшению общей дорожной ситуации и повысит безопасность дорожного движения. Связь ТС с инфраструктурой поможет во время аварий и чрезвычайных ситуаций, будет значительным достижением на пути к полной автоматизации.

В то же время при дальнейшем развитии технологий ВАТС, вероятно, смогут проектироваться без особых требований к оснащению дороги.

Ожидается, что при внедрении ВАТС основные изменения коснутся физической инфраструктуры, например дорожной разметки и знаков, но дальнейшее совершенствование этих элементов для ВАТС не обязательно, т. е. на последнем уровне автоматизации можно избежать развертывания дорогостоящей инфраструктуры. Предпочтителен «гибридный» подход, основанный на использовании нескольких технологий для обеспечения наилучшей функциональности системы «транспортное средство + инфраструктура», однако их наиболее эффективное сочетание все еще не найдено.

Понятие «**цифровой**» **телекоммуникационной инфраструктуры**, обеспечивающей ВАТС необходимыми сервисами и информацией, является комплексным и неоднозначным.

Встречаются также понятия «информационной инфраструктуры», «интеллектуальной инфраструктуры», «инфраструктуры цифровой экономики», «умной инфраструктуры» и другие похожие термины. В целом под «цифровой инфраструктурой» понимается скорее информационно-коммуникационная инфраструктура как совокупность средств передачи, хранения, обработки и представления информации, предназначенная для повышения эффективности работы определенной системы в целом.

С другой стороны, под цифровой инфраструктурой часто понимают цифровую копию (модель) физической инфраструктуры. Применительно к наземному транспорту это высокоточные **трехмерные цифровые карты**.

В транспортной отрасли наиболее близким является определение «Интеллектуальных транспортных систем»: Автоматизированная система, применяемая в транспортном комплексе автомобильного транспорта, взаимодействующая с другими видами транспорта и предназначенная для эффективной организации дорожного движения при условии обеспечения безопасности дорожного движения, обеспечения комфортности участников дорожного движения и экономической эффективности транспортного процесса.

При этом существует также понятие «интеграционная платформа ИТС»: Информационно-коммуникационная надстройка в виде программного обеспечения, которая обеспечивает управление всеми комплексными подсистемами ИТС и взаимодействие с внешними информационными системами

Зарубежные источники также не дают однозначного понятия «цифровой инфраструктуры», разделяя ее на различные типы: гибридную и чисто цифровую.

Под гибридной подразумевается любая физическая инфраструктура, дополненная информационно-коммуникационным взаимодействием элементов, а под чисто цифровой подразумеваются средства, направленные только на обеспечение ИТ-функций. Некоторые авторы относят к цифровой инфраструктуре только программное обеспечение.

В целом под *цифровой инфраструктурой* подразумевают большой набор современных информационных технологий. В более широком контексте цифровая инфраструктура — совокупность социально-технических систем, включающая уже влияние разработчиков и пользователей информационных технологий.

В материалах Европейской Комиссии понятие цифровой инфраструктуры означает: «Статическое и динамическое цифровое отображение физического мира, с которым автоматизированные ТС будут взаимодействовать в процессе эксплуатации. В него входят сбор, обработка и передача информации».

Термин «цифровая инфраструктура», хотя он и получил широкое распространение, скорее носит обобщающий характер, чем является научно-техническим определением.

Под «цифровой инфраструктурой» для движения ВАТС будем понимать следующие основные компоненты программного обеспечения кооперативных ИТС:

- высокоточные локальные динамические карты;
- алгоритмы обработки и сопоставления информации в реальном времени;
- логика управления движением на основе цифровых карт.

Производители ВАТС в настоящее время не уделяют значительного внимания вопросу кооперативного управления ВАТС. Их основные усилия направлены на разработку алгоритмов движения индивидуальных ВАТС в широком спектре режимов и дорожных ситуаций, поскольку основная задача — как можно скорее выпустить продукт, привлекательный для конечного пользователя.

Как показывают исследования, влияние таких ВАТС на транспортный поток будет иметь негативный характер, поскольку они будут настроены на очень консервативный стиль вождения с большими зазорами безопасности.

3. Задача и роль государства в развитии испытаний ИТС

Инновационное развитие является одним из приоритетов дорожного хозяйства Российской Федерации. Устойчивое экономическое и научно-инновационное развитие страны не может возникнуть спонтанно и происходить само по себе. Должны быть созданы необходимые хозяйственные, финансовые, организационно-правовые и кадровые условия.

Инновационная деятельность предполагает появление новых материалов, конструкций или технологий (включая новые образцы техники). Однако, для того чтобы в качестве конечного результата инновационной деятельности реализовался инновационный продукт и началось широкое освоение его в дорожном хозяйстве, необходим еще целый комплекс мер и условий.

Задача оптимизации транспортных потоков лежит на государственных структурах, поэтому именно они должны уделить внимание этому вопросу и сформировать требования к алгоритмам управления ВАТС и надстройки для кооперативного управления. В настоящее время вопрос кооперативного управления дорожным движением прорабатывается во многих странах.

Как правило, разработки осуществляются университетами и частными компаниями в рамках проектов с государственным финансированием, а также специальными рабочими группами, например экспертной группой Европейской Комиссии по развитию кооперативных ИТС.

Всегда у любого государства в его развитии есть серьезные, а чаще всего жесткие финансовые и временные ограничения. В период роста цифровизации в транспортной отрасли требуются особые инструменты и формы государственной поддержки.

К огромному сожалению, переход к рыночным отношениям в значительной степени ослабил финансовое обеспечение деятельности учреждений научного и проектного профиля.

Надежда на то, что перевод российской экономики на рыночные рельсы хозяйствования приведет к массовому созданию венчурных фирм, технопарков, инновационно-технологических центров, бизнесинкубаторов как очагов технологического прогресса, пока не оправдывается 21 .

Деятельность в области проведения различных испытаний связана с длительным сроком ожидания и высоким риском неполучения прогнозируемого, ожидаемого конечного результата.

Мировой опыт свидетельствует, что государство является обязательным участником инновационного процесса. Оно выполняет одну из важнейших функций — инновационно-стратегическую, которая требует высокого профессионализма, стратегического мышления и усилий со стороны государственных органов.

Должна быть сформулирована четкая политика государства в области развития и внедрения ИТС, в том числе кооперативных. Именно эта политика должна являться правовой основой для инвестиций бизнеса в разработку соответствующих технологий ²².

Для координированного и эффективного управления процессом проведения различных испытаний ИТС необходимо определить стратегические цели и разработать единые подходы и стандарты.

Государство не должно быть вовлечено напрямую в создание и исследование технологий, однако оно должно убедиться, что дорожнотранспортная инфраструктура готовится к развертыванию ВАТС через комплексное тестирование. Для этого должна быть обеспечена среда тестирования, охватывающая реальные условия УДС городов и междугородних магистралей.

Необходимо, чтобы государство имело сильную координирующую роль в этом вопросе. Очень важной является роль государства в подготовке на системной основе инжерно-технического состава для внедрения ИТС. России катастрофически не хватает кадров в данном секторе.

Мировая практика организации исследований, испытаний и сертифицирования в области ИТС и автономного движения показывает необходимость создания различных полигонов, тестовых площадок и научно-исследовательских лабораторий.

 $^{^{21}}$ Рябова Н. Ю. Роль государства в инновационном развитии страны // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». 2009. № 4. С. 44–47.

 $^{^{22}}$ Кудрявцев О. Н. Перспективы и тенденции развития V2X в контексте кооперативных ИТС: монография. 2018.

При испытаниях должны быть установлены характеристики свойств объекта испытаний, т. е. параметры и показатели качества:

- назначения;
- экономного использования сырья, материалов, топлива и энергии;
- надежности (безотказности, долговечности, ремонтопригодности, сохраняемости);
- эргономические;
- эстетические;
- технологичности;
- транспортабельности;
- стандартизации и унификации;
- патентно-правовые;
- экологические;
- безопасности;
- экономические.

4. Зарубежная и отечественная стандартизация в области испытаний ИТС

4.1. Зарубежная стандартизация в области испытаний ИТС

4.1.1. Рынок стандартизации

С учетом оценки социального и экономического потенциала, связанного с развертыванием современных ИТС, в настоящее время во всем мире ведутся активные работы в области стандартизации, законодательной базы, исследовательской деятельности, а также тестирования прототипов кооперативных ИТС в реальных условиях.

Здесь одним из ограничений является Венская конвенция о дорожном движении 1968 года. Без ее пересмотра в большинстве стран мира выпуск ВАТС на дорогу общего пользования в полностью беспилотном режиме без водителя невозможен, так как непонятно, кто будет виноват в случае аварии.

Если ВАТС едет из одной страны в другую, где приняты свои правила движения, то как он должен себя вести? Ведь это не просто перестроения под местные ПДД — это новая модель поведения, загруженная в «мозг» беспилотника.

Уже сейчас формируется устойчивый конкурентный рынок соответствующих технологий и услуг в сфере ИТС.

Существуют также различные объединения производителей оборудования ИТС, призванные обеспечить взаимодействие между участниками рынка, выработать рекомендации по применению существующих стандартов, создать общую стратегию развертывания системы С-ITS в Европе. Это такие организации, как Car-2-Car Communication Consortium, которая объединяет производителей оборудования для автомобилей, и C-Roads, связывающая воедино C-ITS дорожной сети стран Европы.

Логическим шагом в этом процессе является наличие глобальных стандартов автоматизированных TC от органов стандартизации

разных стран, составляющих согласованный союз. Эти усилия по гармонизации также помогут в отслеживании и пересмотре статуса опубликованных или находящихся в стадии проектов стандартов.

Многие страны EC (например, Франция, Испания и Швеция) приняли меры по пересмотру нормативных актов, связанных с CAD^{23} , включая испытания TC.

В некоторых странах Европы (например, в Великобритании) действуют правила, благоприятные для тестирования, а в других (например, в Италии и Германии) используется индивидуальный подход.

Это говорит о том, что государства-члены EC находятся на разных уровнях разработки, тестирования и внедрения CAD.

Для улучшения исследований и тестирования эксплуатации TC требуется гармонизированное регулирование CAD в масштабах всего мирового сообщества.

В отсутствие сертификации одобрение эксплуатации путем независимой оценки обоснования безопасности конструкции и обоснования безопасности эксплуатации является промежуточным шагом, позволяющим отрасли продвигаться вперед к безопасному и надежному развертыванию. Становится необходимым разработать стандарты и подходы, которые будут устанавливать конкретные требования, которые должны выполняться для получения сертификации, чтобы обеспечить правильное поведение системы.

Как имеющие наибольшее влияние именно для Российской Федерации в сфере технического регулирования ИТС следует выделить четыре основных организации в области стандартизации: ISO, ETSI, CEN и SAC.

Созданные в этих организациях рабочие группы специализируются по следующим направлениям: архитектура, системы возврата угнанных ТС, общественный транспорт, управление стоянками и парковками, общественная ближняя связь, интерфейс человек/машина, автоматическая идентификация ТС, широкополосная связь/протоколы и интерфейсы, а также системы управления грузовым транспортом и подвижным составом и др.

К настоящему времени основная часть процессов, функций, интерфейсов, протоколов обмена данными, требований к оборудованию и другим аспектам ИТС уже стандартизована на международном уровне, а в развитых странах — и на национальном уровне.

²³ Connected and Automated Driving — подключенное и автоматизированное вождение.

Одним из подходов по методам испытаний кооперативных ИТС являются испытания на соответствие стандартам.

Испытания компонентов

Испытания компонентов совместно с функциональными испытаниями формируют общую программу испытаний ИТС.

Данный вид испытаний предназначен для оценки характеристик отдельных компонентов K-ИТС на соответствие требованиям.

Архитектура компонентов К-ИТС представляет совокупность навигационного модуля, модуля связи, стека протоколов.

Навигационный модуль

Объектом испытаний является навигационная система (навигационный модуль) в части программно-аппаратных решений, реализующих функциональность входящего в состав элемента К-ИТС, для определения информации о местоположении и вектора скорости.

Модуль связи

Объектом испытаний являются образцы элементов К-ИТС в части программно-аппаратных решений, реализующих функциональность входящего в состав К-ИТС модуля системы подвижной радиотелефонной связи.

Испытания модуля связи напрямую зависят от используемых технологий стандартов связи. Все необходимые количественные характеристики для конкретной технологии связи, используемой К-ИТС, определены требованиями в соответствующих документах консорциума 3GPP.

Стек протоколов

Методология тестирования протоколов передачи данных основана на использовании тестов соответствия. Набор тестов соответствия, или тестовых процедур, определяют требования, цели, условия, параметры, процедуры, предназначенные для максимально полного покрытия спецификации проверяемого протокола.

В англоязычных источниках такой набор называется abstract test suites. Для формального описания набора тестовых процедур в области К-ИТС принято использовать нотацию тестирования и управления тестами версии 3 (англ. Testing and Test Control Notation, TTCN-3).

4.1.2. Международная организация по стандартизации (ISO)

ISO (ИСО) — это международная организация по стандартизации. Международная организация по стандартизации создана в 1946 году двадцатью пятью национальными организациями по стандартизации на базе двух организаций: ISA (International Federation of National Standardizing Associations), учрежденной в Нью-Йорке в 1926 году (расформирована в 1942), и UNSCC (United Nations Standards Coordinating Committee), учрежденной в 1944 году. Фактически ее работа началась с 1947 года.

Более подробную информацию о ISO можно найти на веб-сайте организации: https://www.iso.org/

СССР был одним из основателей организации, постоянным членом руководящих органов. Председателем организации дважды избирался представитель Госстандарта. Россия стала членом ИСО как правопреемник СССР 23 сентября 2005 года.

При создании организации и выборе ее названия учитывалась необходимость одинакового звучания аббревиатуры наименования на всех языках. Для этого было решено использовать греческое слово ίσος (исос) — равный, вот почему на всех языках мира Международная организация по стандартизации имеет краткое название «ИСО».

ISO решает задачи по содействию развития стандартизации и смежных видов деятельности в мире с целью обеспечения международного обмена товарами и услугами, развития сотрудничества в интеллектуальной, научно-технической и экономической областях.

ISO/TK 204 отвечает за общие системные аспекты и инфраструктурные аспекты интеллектуальных транспортных систем, а также за координацию общей рабочей программы ISO в этой области, включая график разработки стандартов с учетом работы существующих международных органов по стандартизации²⁴.

Сам ТК 204 состоит из большого количества подгрупп:

- ISO/TC 204/AG 1 Большие данные и искусственный интеллект;
- ISO/TC 204/AG 2 Идентификаторы;
- ISO/TC 204/AG 3 Группа оперативного улучшения (OIG);
- ISO/TC 204/AG 4 Координация программы;
- ISO/TC 204/AG 5 Публикация и маркетинговый обзор;
- ISO/TC 204/АНС 1 Специальная группа по обзору;

-

²⁴ https://www.iso.org/committee/54706.html

- ISO/TC 204/WG 1 Архитектура;
- ISO/TC 204/WG 10 Информационные системы для путешественников:
- ISO/TC 204/WG 11 Наведение по маршруту и системы навигации;
- ISO/TC 204/WG 14 Системы предупреждения и контроля транспортных средств/проезжих частей;
- ISO/TC 204/WG 15 Выделенная связь ближнего действия для приложений TICS;
- ISO/TC 204/WG 16 Коммуникации;
- ISO/TC 204/WG 17 Номадические устройства в системах ИТС;
- ISO/TC 204/WG 18 Совместные системы;
- ISO/TC 204/WG 19 Интеграция мобильности;
- ISO/TC 204/WG 20 Большие данные и искусственный интеллект, поддерживающие ИТС;
- ISO/TC 204/WG 3 Географические данные ИТС;
- ISO/TC 204/WG 4 Автоматическая идентификация транспортных средств и оборудования;
- ISO/TC 204/WG 5 Взимание сборов и пошлин;
- ISO/TC 204/WG 7 Общее управление автопарком и коммерческие/грузовые перевозки;
- ISO/TC 204/WG 8 Общественный транспорт/аварийные службы;
- ISO/TC 204/WG 9 Интегрированная транспортная информация, управление и контроль.

4.1.3. Европейский институт телекоммуникационных стандартов (ETSI)

Европейский институт телекоммуникационных стандартов (ETSI) является независимой организацией, которая разрабатывает стандарты для систем, приложений и услуг во всех секторах промышленности и общества, в том числе в области ИТС.

ETSI официально ответствен за стандартизацию информационных и телекоммуникационных технологий в пределах Европы. В ETSI входят более 800 членов из 64 стран мира, включая производителей оборудования, операторов связи, администрации, сервисных провайдеров, исследователей и пользователей — фактически все ключевые игроки в мире информационных технологий.

Более подробную информацию о ETSI можно найти на веб-сайте организации: https://www.etsi.org/

В направлении «Автомобильный интеллектуальный транспорт» ETSI рассматривает следующие вопросы:

- Cooperative-ITS (C-ITS) и их эволюция для поддержки ВАТС, включая беспроводную связь на короткие расстояния (ITS-G5);
- инфотелекоммуникационная безопасность транспортного средства: это включает обеспечение конфиденциальности, а также различные протоколы и сертификаты;
- автомобильное телекоммуникационное оборудование;
- выделенная связь на короткие расстояния (DSRC).

Протоколы связи C-ITS, естественно, должны быть стандартизованы. Европейские стандарты C-ITS разрабатываются при поддержке Еврокомиссии и выпускаются Европейским институтом стандартизации телекоммуникаций (ETSI).

Стандарты C-ITS ETSI включают в себя как протоколы уровня приложений, так и протоколы связи сетевого и транспортного уровня. Все опубликованные стандарты ETSI бесплатны и находятся в свободном доступе.

Как было сказано выше, на сегодняшний день существуют две конкурирующие технологии связи ITS.

Первая — это G5, которая представляет собой совокупность сетей Wi-Fi стандарта 802.11р.

Вторая — C-V2X, технология сотовой связи 5G, специально предназначенная для TC. Обе эти технологии стандартизованы в ETSI и 3GPP^{25} и уже реализуются в различных европейских проектах.

Однако возможности передавать информацию недостаточно — надо знать, какая именно информация должна быть передана и в какой форме. За это отвечают протоколы уровня приложений, например:

- информации об участниках C-ITS (CAM);
- децентрализованных уведомлений о событиях (DENM);
- инфраструктурных сервисов (МАР, SPAT, IVI...).

Стандарты протоколов уровня приложений совместимы друг с другом, не зависят от сетевого и транспортного уровня и могут быть использованы в любых сетях $\rm UTC^{26}$.

²⁵ ЗGPP (англ. 3rd Generation Partnership Project) — консорциум, разрабатывающий спецификации для мобильной телефонии.

²⁶ https://itsjournal.ru/articles/international-experience/evropeyskiy-koridor-dlya-umnykh-avto/

Одним из важных аспектов деятельности ETSI, C-Roads и других организаций является разработка и осуществление систем тестирования и сертификации оборудования. Публикуя спецификацию стандарта ИТС, ETSI часто предоставляется абстрактный тестовый комплект, который, после необходимой адаптации, может использоваться для тестирования оборудования на соответствие стандарту. Такие тестовые комплекты существуют для большинства протоколов связи C-ITS.

Благодаря стандартам ETSI можно осуществлять испытания на соответствие стандартам: GeoNetworking; CAM, DENM, SPaT, MAP, IVIM, SREM.

4.1.4. Европейский комитет по стандартизации (CEN)

Европейский комитет по стандартизации (фр. Comité Européen de Normalisation, CEN) — международная некоммерческая организация, основной целью которой является содействие развитию торговли товарами и услугами путем разработки европейских стандартов.

Организация создана в 1961 году.

Более подробную информацию о ISO можно найти на веб-сайте организации: https://www.cen.eu/

Целями организации являются:

- единообразное применение в странах-членах CEN международных стандартов ISO;
- сотрудничество со всеми европейскими организациями по стандартизации;
- предоставление услуг по сертификации на соответствие европейским стандартам.

Одним из главных принципов работы CEN является обязательное использование международных стандартов ISO как основы для разработки евронорм либо дополнение тех результатов, которые достигнуты в ISO.

Европейская стандартизация является ключевым инструментом консолидации Единого рынка и усиления конкурентоспособности европейских компаний, тем самым создавая условия для экономического роста. Европейские стандарты являются ценным инструментом для облегчения трансграничной торговли, как в рамках единого европейского рынка, так и с остальным миром.

Таблица 1. Опубликованные зарубежные стандарты в области испытаний ИТС²⁷

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
ISO 22737:2021	Интеллектуальные транспортные системы — Системы низкоскоростного автоматизированного вождения (LSAD) для заранее определенных маршрутов — Требования к производительности, системные требования и процедуры тестирования производительности	Июль 2021	Функции AD ²⁸ /ADAS ²⁹
ISO 21202:2020	Интеллектуальные транспортные системы — Частично автоматизированные системы смены полосы движения (PALS) — Функциональные/эксплуатационные требования и процедуры тестирования	Апрель 2020	Функции AD/ADAS
ISO 21717:2018	Интеллектуальные транспортные системы — Частично автоматизированные системы движения в полосе движения (PADS) — Требования к производительности и процедуры испытаний	Сентябрь 2018	Функции AD/ADAS
ISO 16787:2017	Интеллектуальные транспортные системы— Система помощи при парковке (APS)— Требования к производительности и процедура тестирования	Декабрь 2017	Функции AD/ADAS
ISO 20035	ITS — Совместные адаптивные системы круиз-контроля	Январь 2019	Функции AD/ADAS
ISO 19638	Системы предотвращения выезда за границу ITS — Road	Сентябрь 2018	Функции AD/ADAS
SAE ³⁰ J3045	Процедура тестирования систем преду- преждения о выезде с полосы движения грузовиков и автобусов	Сентябрь 2018	Функции AD/ADAS

_

 $^{^{27}\} https://www.connected automated driving.eu/standards/standards-collection/$

²⁸ AD — автономное вождение.

 $^{^{29}~\}mathrm{ADAS}$ — усовершенствованная система помощи водителю (англ. Advanced driver-assistance systems).

³⁰ SAE International, ранее называвшаяся Обществом инженеров автомобильной промышленности, является базирующейся в США, действующей во всем мире профессиональной ассоциацией и организацией по разработке стандартов для инженерных специалистов в различных отраслях промышленности.

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
ETSI TS 101539	Предупреждение о риске столкновения на перекрестке	Июнь 2018	Функции AD/ADAS
PAS ³¹ 1880:2020	Руководство по разработке и оценке систем управления для автоматизированных транспортных средств	Февраль 2020	Функции AD/ADAS
SAE J3171_201911	Выявление автоматизированных систем вождения— Выделенные транспортные средства (ADS-DVs)— Проблемы с пассажирами для людей с ограниченными возможностями	Ноябрь 2019	Функции AD/ADAS
ISO 19237:2017	Интеллектуальные транспортные системы — Системы обнаружения пешеходов и предотвращения столкновений (PDCMS) — Требования к производительности и испытания	Декабрь 2017	Функции AD/ADAS
ISO 22078:2020	Интеллектуальные транспортные системы — Системы обнаружения велосипедистов и предотвращения столкновений (BDCMS) — Требования к производительности и процедуры тестирования	Февраль 2020	Функции AD/ADAS
ISO 15622:2018	Интеллектуальные транспортные системы — Адаптивные системы круиз-контроля — Требования к производительности и процедуры тестирования	Сентябрь 2018	Функции AD/ADAS
ISO 20900:2019	Интеллектуальные транспортные системы — Частично автоматизированные парковочные системы (PAPS) — Требования к производительности и процедуры тестирования	Май 2019	Функции AD/ADAS

³¹ Общедоступная спецификация, или PAS — это документ по стандартизации, который по структуре и формату очень похож на официальный стандарт, но имеет другую модель разработки. Целью общедоступной спецификации является ускорение стандартизации. PAS часто производятся в ответ на срочную потребность рынка.

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
ISO 11067:2015	Интеллектуальные транспортные системы — Системы предупреждения о превышении скорости на повороте (CSWS) — Требования к производительности и процедуры испытаний	Июль 2015	Функции AD/ADAS
ISO 11270:2014	Интеллектуальные транспортные системы — Системы помощи при удержании полосы движения (LKAS) — Требования к производительности и процедуры испытаний	Май 2014	Функции AD/ADAS
ISO 15623:2013	Интеллектуальные транспортные системы — Системы предупреждения о переднем столкновении транспортных средств — Требования к производительности и процедуры испытаний	Июль 2013	Функции AD/ADAS
ISO 17361:2017	Интеллектуальные транспортные системы — Системы предупреждения о выезде с полосы движения — Требования к производительности и процедуры испытаний	Июнь 2017	Функции AD/ADAS
ISO 17386:2010	Транспортные информационные и управляющие системы — Средства маневрирования для работы на низких скоростях (MALSO) — Требования к производительности и процедуры испытаний	Март 2010	Функции AD/ADAS
ISO 17387:2008	Интеллектуальные транспортные системы — Системы помощи при принятии решений о смене полосы движения (LCDAS) — Требования к производительности и процедуры испытаний	Май 2008	Функции AD/ADAS
ISO 22839:2013	Интеллектуальные транспортные системы — Системы предотвращения столкновений передних транспортных средств — Требования к эксплуатации, производительности и проверке	Июнь 2013	Функции AD/ADAS

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
ISO 22840:2010	Интеллектуальные транспортные системы — Устройства для облегчения маневров заднего хода — Системы помощи при движении задним ходом с увеличенным радиусом действия (ERBA)	Апрель 2010	Функции AD/ADAS
ISO 26684:2015	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) — Системы информирования о сигналах перекрестков и предупреждения о нарушениях (CIWS) — Требования к производительности и процедуры испытаний	Май 2015	Функции AD/ADAS
SAE J3114	Определения человеческого фактора для автоматизированного вождения и смежные темы исследований	Декабрь 2016	Функции AD/ADAS
ABTO3AP ³²	Архитектура открытой автомобильной системы	Ноябрь 2020	Функции AD/ADAS
ETSI GS MEC 013 V2.1.1	Пограничные вычисления с множественным доступом (MEC); Location API	Сентябрь 2019	Возможность подключения
ETSI GS MEC 030 V2.1.1	Пограничные вычисления с множественным доступом (MEC); АРІ информационной службы V2X	Апрель 2020	Возможность подключения
ETSI TR 102 638 V1.1.1	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Автомобильная связь; Базовый набор приложений; Определения	Июнь 2009	Возможность подключения
ETSI TR 103 300-1 V2.2.1	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Осведомленность уязвимых участников дорожного движения (ВРУ); Часть 1: Определение вариантов использования; Выпуск 2	Апрель 2021	Возможность подключения

 $^{^{32}}$ AUTomotive Open System ARchitecture (AUTOSAR) — партнерство заинтересованных сторон в области развития автомобильной промышленности, основанное в 2003 году.

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
ETSI TS 103 300-2 V2.2.1	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Осведомленность уязвимых участников дорожного движения (VRU); Часть 2: Функциональная архитектура и определение требований; Выпуск 2	Апрель 2021	Возможность подключения
ETSI TS 103 300-3 V2.1.2	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Осведомленность уязвимых участников дорожного движения (VRU); Часть 3: Спецификация базовой услуги VRU awareness; Выпуск 2	Апрель 2021	Возможность подключения
NEMA TS 10-2020	Подключенная инфраструктура транс- портных средств — Придорожное обору- дование	Март 2020	Возможность подключения
CEN ISO/TS 19468	Интеллектуальные транспортные системы — Интерфейсы передачи данных между центрами транспортной информации и системой управления	Октябрь 2019	Подключение
IEEE 1609.12	Стандарт IEEE для беспроводного досту- па в транспортных средствах (WAVE) — Идентификаторы	Сентябрь 2019	Подключение
CEN ISO/TS 19091	Интеллектуальные транспортные системы — Кооперативные ITS — Используют связь V2I и I2V для приложений, связанных с сигнализацией перекрестков	Июль 2019	Подключение
IEEE 1609.2b	Стандарт IEEE для беспроводного досту- па к автомобильной среде	Июль 2019	Подключение
CEN/TR 17297-1	Интеллектуальные транспортные системы— Согласование привязки к местоположению для городских ИТС— Часть 1: Современное состояние и рекомендации	Май 2019	Подключение
ISO 20078-3	Дорожные транспортные средства — Расширенные веб-сервисы транспортных средств (ExVe) — Часть 3: Безопасность	Май 2019	Подключение
ISO 20080	Дорожные транспортные средства — Информация для удаленной диагностической поддержки	Март 2019	Подключение

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
ISO 20078-2	Дорожные транспортные средства — Веб-сервисы расширенного транспортного средства (ExVe) — Часть 2: Доступ	Февраль 2019	Подключение
ISO 20078-1	Дорожные транспортные средства — Веб-сервисы расширенного транспортного средства (ExVe) — Часть 1: Содержание	Февраль 2019	Подключение
SAE J2945/2	Требования к производительности DSRC для повышения осведомленности о безопассти V2V	Октябрь 2018	Подключение
ETSI TS 138 522	5G; NR; Спецификация соответствия пользовательского оборудования	Октябрь 2018	Подключение
ETSI TS 102965	Интеллектуальные транспортные систе- мы; идентификатор объекта приложения	Июль 2018	Подключение
ETSI TR 121914	Цифровая сотовая телекоммуникацион- ная система (фаза 2+) (GSM); Универ- сальная мобильная телекоммуникацион- ная система (UMTS); LTE; 5G; Описание выпуска; Выпуск 14	Июнь 2018	Подключение
ETSI TS 124386	LTE; Пользовательское оборудование с функцией управления V2X	Июнь 2018	Подключение
ISO 20077-1:2017	Дорожные транспортные средства — Методология расширенного транспортного средства (ExVe) — Часть 1: Общая информация	Декабрь 2017	Подключение
SAE J2945	Руководство по проектированию систем выделенной связи на короткие расстояния (DSRC) для документов SAE J2945/X и общих концепций проектирования	Декабрь 2017	Подключение
ISO 20077-2	Дорожные транспортные средства — Методология расширенного транспортного средства (ExVe) — Часть 2: Методология проектирования расширенного транспортного средства	Декабрь 2017	Подключение

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
ETSI TS 122 185	LTE; Требования к обслуживанию для служб V2X	Март 2017	Подключение
ETSI EN 302571 V2.1.1	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Оборудование радиосвязи, работающее в диапазоне частот от 5855 МГц до 5925 МГц	Февраль 2017	Подключение
SAE J3067_202010	Возможные усовершенствования словаря набора сообщений выделенной связи малой дальности (DSRC) [SAE J2735] с использованием методов системного проектирования (СТАБИЛИЗИРОВАНО в октябре 2020 года)	Октябрь 2020	Подключение
SAE J2735ASN_ 202007	Файл ASN-словаря набора сообщений V2X Communications™	Март 2016	Подключение
SAE J2735SET_ 202007	Haбор коммуникационных сообщений V2X Dictionary™ Set	Март 2016	Подключение
SAE J2735_202007	Словарь набора сообщений V2X Communications™	Декабрь 2006	Подключение
SAE J2945/1A_ 202007	Процедуры валидационных испытаний на уровне транспортного средства для обеспечения безопасности связи V2V	Июль 2020	Подключение
SAE J2945/2A_ 201907	Выделенная связь на короткие расстояния (DSRC). Требования к производительности для файла ASN V2V Safety Awareness™	Июль 2019	Подключение
ETSI GR IP6 030	Автомобильная сеть на основе IPv6 (V2X)	Октябрь 2020	Подключение
ETSI TR 103496	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Совместная поддержка ИТС (C-ITS) для приложений управления транспортным загрязнением; Примеры использования и исследование стандартизации	Октябрь 2020	Подключение

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
ETSI EN 302890-2	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Функция уровня объектов; Часть 2: Управление местоположением и временем (РоТі); Выпуск 2	Август 2020	Подключение
ETSI TS 122 185	LTE; Требования к обслуживанию для служб V2X	Август 2020	Подключение
ISO-20078-1:2019	Дорожные транспортные средства — Веб-сервисы расширенного транспортного средства (ExVe) — Часть 1: Содержание	Февраль 2019	Подключение
ISO-20078-2:2019	Дорожные транспортные средства — Веб-сервисы расширенного транспорт- ного средства (ExVe) — Часть 2: Доступ	Февраль 2019	Подключение
ISO/PRF 21217:2020	Интеллектуальные транспортные системы— Архитектура станций и коммуникаций	Декабрь 2020	Подключение
ISO-20078-3:2019	Дорожные транспортные средства — Расширенные веб-сервисы транспортных средств (ExVe) — Часть 3: Безопасность	Май 2019	Подключение
ISO-20078-4:2019	Дорожные транспортные средства — Веб-сервисы расширенного транспортного средства (ExVe) — Часть 4: Управление	Апрель 2019	Подключение
ISO 23132:2020	Дорожные транспортные средства — Расширенные транспортные средства (ExVe), критичные по времени применения — Общие требования, определения и методология классификации ограниченных по времени ситуаций, связанных с безопасностью дорожного движения и ExVe (RExVeS)	Июль 2020	Подключение
ETSI TR 138 900	Исследование модели канала для час- тотного спектра выше 6 ГГц	Июль 2018	Подключение

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
ETSI TR 138185	Аспект безопасности для поддержки LTE сервисов Vehicle-to-Everything (V2X)	Август 2020	Подключение
ETSI TR 121914	Цифровая сотовая телекоммуникационная система (фаза 2+) (GSM); Универсальная мобильная телекоммуникационная система (UMTS); LTE; 5G;	Октябрь 2018	Подключение
ETSI EN 302895	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Автомобильная связь; Базовый набор приложений; Локальная динамическая карта (LDM)	Сентябрь 2014	Подключение
ETSI EN 302 686	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Оборудование радиосвязи, работающее в диапазоне частот от 63 ГГц до 64 ГГц; Согласованный ЕN, охватывающий основные требования статьи 3.2 Директивы R& TTE	Февраль 2011	Подключение
ETSI EN 302 663	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Спецификация уровня доступа ITS-G5 для интеллектуальных транспортных систем, работающих в полосе частот 5 ГГц	Май 2019	Подключение
EN 302571	Оборудование радиосвязи, работающее в диапазоне частот от 5855 МГц до 5925 МГц;	Февраль 2017	Подключение
ETSI EN 302 637-2 V1.4.1	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Автомобильная связь; Базовый набор приложений; Часть 2: Спецификация базовой услуги Cooperative Awareness	Январь 2019	Подключение
ETSI EN 302 637-3 V1.3.1	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Автомобильная связь; Базовый набор приложений; Часть 3: Спецификации базовой службы децентрализованного экологического оповещения	Апрель 2019	Подключение

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
ETSI TS 102894-2 V1.3.1	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Требования к пользователям и приложениям; Часть 2: Общий словарь данных уровня приложений и средств	Август 2018	Подключение
ETSI EN 302 665 V1.1.1	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Коммуникационная архитектура	Сентябрь 2010	Подключение
ETSI TS 102792 V1.2.1	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Методы устранения помех во избежание помех между европейским оборудованием СЕN, предназначенным для ближней связи (CEN DSRC), и интеллектуальными транспортными системами (ИТС), работающими в диапазоне частот 5 ГГц	Июнь 2015	Подключение
ETSI TS 103 301 V1.3.1	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Автомобильная связь; Базовый набор приложений; Протоколы уровня объектов и требования к связи для инфраструктурных услуг	Февраль 2020	Подключение
ISO/TS 19321:2020	Интеллектуальные транспортные системы — Кооперативный ITS — Словарь структур данных информации о транспортном средстве (IVI)	Сентябрь 2020	Подключение
ETSI EN 302 636- 5-1 V2.2.1	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Автомобильная связь; Геосеть; Часть 5: Транспортные протоколы; Подраздел 1: Базовый транспортный протокол	Май 2019	Подключение
ETSI EN 302 636- 4-1 V1.4.1	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Автомобильная связь; Геосеть; Часть 4: Географическая адресация и пересылка для связи «точка-точка» и «точка-многоточечная связь»; Подраздел 1: Функциональность, не зависящая от среды	Ноябрь 2019	Подключение

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
IEEE 1609.4	Стандарт IEEE для беспроводного досту- па в транспортных средствах (WAVE) — Многоканальная работа	Январь 2016	Подключение
IEEE 1609.3	Стандарт IEEE для беспроводного досту- па в транспортных средствах (WAVE) — Сетевые сервисы	Январь 2016	Подключение
ETSI EN 303 613	Интеллектуальные транспортные системы (ITS); Спецификация уровня доступа LTE-V2X для интеллектуальных транспортных систем, работающих в полосе частот 5 ГГц	Январь 2020	Подключение
ISO 17515-3:2019	Интеллектуальные транспортные системы — Эволюционная универсальная наземная сеть радиодоступа — Часть 3: LTE-V2X	Август 2019	Подключение
ISO 17427-1:2018	Интеллектуальные транспортные системы— Кооперативные ИТС— Часть 1: Роли и обязанности в контексте кооперативной архитектуры ИТС	Июнь 2018	Подключение
ISO 17419:2018	Интеллектуальные транспортные системы— Кооперативные системы— Глобальная уникальная идентификация	Май 2018	Подключение
ISO 17423:2018	Интеллектуальные транспортные системы— Кооперативные системы— При- кладные требования и цели	Май 2018	Подключение
ISO 24102 (часть 1-6)	Интеллектуальные транспортные системы— Доступ к наземным мобильным телефонам (CALM)— Управление станцией ITS	Январь 2018	Подключение
ISO/TS 17429:2017	Интеллектуальные транспортные систе- мы — Кооперативные ITS — Стационар- ные средства для передачи информации между станциями ITS	Март 2017	Подключение

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
ISO/TR 13185- 1:2012	Интеллектуальные транспортные системы— Интерфейс транспортного средства для предоставления и поддержки своих услуг — Часть 1: Общая информация и определение варианта использования	Май 2012	Подключение
ISO 13185-2:2015	Интеллектуальные транспортные системы — Интерфейс транспортного средства для предоставления и поддержки своих услуг — Часть 2: Требования и спецификации протокола унифицированного шлюза (UGP) для интерфейса шлюза станции транспортного средства (V-ITS-SG)	Апрель 2015	Подключение
ISO 13185-3:2018	Интеллектуальные транспортные системы — Интерфейс транспортного средства для предоставления и поддержки своих услуг — Часть 3: Унифицированный протокол интерфейса транспортного средства (UVIP), спецификация сервера и клиентского АРІ	Июнь 2018	Подключение
ISO 13185-4:2020	Интеллектуальные транспортные системы — Интерфейс транспортного средства для предоставления и поддержки своих услуг — Часть 4: Спецификация теста на соответствие унифицированному протоколу интерфейса транспортного средства (UVIP)	Май 2020	Подключение
ISO 14813-1:2015	Интеллектуальные транспортные системы — Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем — Часть 1: Сервисные домены в области интеллектуальных транспортных систем, сервисные группы и сервисы	Октябрь 2015	Подключение
ISO 14813-5:2020	Интеллектуальные транспортные системы — Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем — Часть 5: Требования к описанию архитектуры в стандартах ИТС	Январь 2020	Подключение

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
ISO 14813-6:2017	Интеллектуальные транспортные системы— Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем— Часть 6: Использование ASN.1	Ноябрь 2017	Подключение
ISO/TR 21959- 1:2020	Дорожные транспортные средства — Производительность и состояние человека в контексте автоматизированного вождения — Часть 1: Общие базовые концепции	Январь 2020	Взаимо- действие с людьми
ISO/TR 21959- 2:2020	Дорожные транспортные средства — Производительность и состояние человека в контексте автоматизированного вождения — Часть 2: Соображения при разработке экспериментов для исследования переходных процессов	Февраль 2020	Взаимо- действие с людьми
ISO/TR 23049:2018	Дорожные транспортные средства — Эргономические аспекты внешней визуальной коммуникации между автоматизированными транспортными средствами и другими участниками дорожного движения	Сентябрь 2018	Взаимо- действие с людьми
ISO 15007:2020	Дорожные транспортные средства — Измерение и анализ визуального поведения водителя в отношении транспортных информационных и управляющих систем	Август 2020	Взаимо- действие с людьми
ISO/DIS 23150	Дорожные транспортные средства — Обмен данными между датчиками и блоком объединения данных для функций автоматического вождения — Логический интерфейс	Май 2021	Определение систем, сетей, данных и ин- терфейсов в автомобиле
SAE J3134	Сигнальные огни автоматизированной системы вождения	Май 2019	Определение систем, сетей, данных и ин- терфейсов в автомобиле

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
SAE J3197	Автоматизированный регистратор дан- ных системы вождения	Апрель 2020	Определение систем, сетей, данных и интер- фейсов в автомобиле
ISO 21111-1-10	Дорожные транспортные средства — Встроенный Ethernet — часть 1–10	Октябрь 2020	Определение систем, сетей, данных и интер- фейсов в автомобиле
ISO/TR 20545:2017	Интеллектуальные транспортные системы — Системы предупреждения и управления транспортными средствами / проезжей частью — Отчет о стандартизации автоматизированных систем вождения транспортных средств (RoVAS) / Помимо систем помощи водителю	Июль 2017	Стандарты управле- ния / Инже- нерные стандарты
CEN/TS 17400:2020	Интеллектуальные транспортные системы — Городские ИТС — Смешанные среды поставщиков, методологии и переводчики	Апрель 2020	Стандарты управле- ния/Инже- нерные стандарты
ISO 20524-2:2020	Интеллектуальные транспортные системы — Файлы географических данных (GDF) GDF5.1 — Часть 2: Картографические данные, используемые в автоматизированных системах вождения, совместном ITS и мультимодальном транспорте	Ноябрь 2020	Карта и позицио- нирование
EN 16803-1	Пространство — Использование позиционирования на основе GNSS для дорожных интеллектуальных транспортных систем (ITS) — Часть 1: Определения и процедуры системного проектирования для создания и оценки характеристик	Октябрь 2016	Карта и позицио- нирование

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
ETSI TS 103 246-1	Спутниковые земные станции и системы (SES); Системы определения местоположения на основе GNSS; Часть 1: Функциональные требования	Октябрь 2020	Карта и позицио- нирование
ISO 14296:2016	Интеллектуальные транспортные системы — Расширение спецификаций картографической базы данных для приложений cooperative ITS	Февраль 2016	Карта и позицио- нирование
ISO 14825:2011	Интеллектуальные транспортные системы— Файлы географических данных (GDF)— GDF5.0	Июль 2011	Карта и позицио- нирование
ISO 18750: 2018	Интеллектуальные транспортные системы— Совместная ИТС— Локальная динамическая карта	Май 2018	Карта и позицио- нирование
ISO 17572-1:2015	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) — Привязка местоположения к географическим базам данных — Часть 1: Общие требования и концептуальная модель	Январь 2015	Карта и позицио- нирование
ISO 17572-2:2018	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) — Привязка местоположения к географическим базам данных — Часть 2: предварительно закодированные ссылки на местоположение (предварительно закодированный профиль)	Сентябрь 2018	Карта и позицио- нирование
ISO 17572-3:2015	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) — Привязка местоположения к географическим базам данных — Часть 3: Динамические привязки местоположения (динамический профиль)	Январь 2015	Карта и позицио- нирование
ISO 17572-4:2020	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) — Привязка местоположения к географическим базам данных — Часть 4: Точные относительные привязки местоположения (точный относительный профиль)	Апрель 2020	Карта и позицио- нирование

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
ISO/SAE DIS 21434:2021	Дорожные транспортные средства— Разработка кибербезопасности	Август 2021	Конфиден- циальность и безопас- ность
ISO/TS 21177:2019	Интеллектуальные транспортные системы— Службы безопасности станций ИТС для безопасного установления сеанса и аутентификации между доверенными устройствами	Август 2019	Конфиден- циальность и безопас- ность
CEN ISO/TS 21177	Интеллектуальные транспортные системы — Службы безопасности станций ИТС для безопасного установления сеанса и аутентификации между доверенными устройствами	Октябрь 2019	Конфиден- циальность и безопас- ность
BSI PAS 1885	Фундаментальные принципы автомо- бильной кибербезопасности	Декабрь 2018	Конфиден- циальность и безопас- ность
BSI PAS 11281	Взаимосвязанные автомобильные эко- системы. Влияние безопасности на безопасность. Кодекс практической деятельности	Декабрь 2018	Конфиден- циальность и безопас- ность
SAE J3061	Руководство по кибербезопасности для киберфизических систем транспортных средств	Январь 2016	Конфиден- циальность и безопас- ность
ETSI TR 103460	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Безопасность; Предварительное исследование стандартизации по выявлению нарушений; Выпуск 2	Октябрь 2020	Конфиден- циальность и безопас- ность
ETSI TS 103 097 V1.4.1	Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Безопасность; Форматы заголовков безопасности и сертификатов	Октябрь 2020	Конфиден- циальность и безопас- ность

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
AVSC00007202107	Информационный отчет AVSC по адаптации системы управления безопасностью полетов (SMS) для тестирования и оценки автоматизированной системы вождения (ADS) SAE уровней 4 и 5	Июль 2021	Безопасность
ISO/CD TR 4804:2020	Дорожные транспортные средства— Безопасность и кибербезопасность для автоматизированных систем вождения— Методы проектирования, проверки и валидации	Декабрь 2020	Безопасность
UL 4600	Стандарт безопасности, регулирующий самоуправляемые автомобили	Апрель 2020	Безопасность
ISO/PAS 21448	Дорожные транспортные средства— Безопасность предполагаемой функцио- нальности	Январь 2019	Безопасность
ISO 26262-11	Дорожные транспортные средства — Функциональная безопасность — Часть 11: Руководство по применению стандарта ISO 26262 к полупроводникам	Декабрь 2018	Безопасность
ISO 26262-10	Дорожные транспортные средства — Функциональная безопасность — Часть 10: Руководство по ISO 26262	Декабрь 2018	Безопасность
ISO 26262-9	Дорожные транспортные средства — Функциональная безопасность — Часть 9: Анализ уровня полноты безопасности автомобиля и анализ безопасности автомобиля	Декабрь 2018	Безопасность
ISO 26262-7	Дорожные транспортные средства — Функциональная безопасность — Часть 7: Производство, эксплуатация, обслуживание и вывод из эксплуатации	Декабрь 2018	Безопасность
ISO 26262-6	Дорожные транспортные средства — Функциональная безопасность — Часть 6: Разработка продукта на уровне программного обеспечения	Декабрь 2018	Безопасность

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
ISO 26262-5	Дорожные транспортные средства — Функциональная безопасность — Часть 5: Разработка продукта на аппаратном уровне	Декабрь 2018	Безопасность
ISO 26262-4	Дорожные транспортные средства — Функциональная безопасность — Часть 4: Разработка продукта системы	Декабрь 2018	Безопасность
ISO 26262-3	Дорожные транспортные средства — Функциональная безопасность — Часть 3: Этап разработки концепции	Декабрь 2018	Безопасность
ISO 26262-2	Дорожные транспортные средства — Функциональная безопасность — Часть 2: Управление функциональной безопасностью	Декабрь 2018	Безопасность
ISO 26262-1	Дорожные транспортные средства — Функциональная безопасность — Часть 1: Словарь	Декабрь 2018	Безопасность
PAS 1881:2020	Обеспечение безопасности испытаний автономных транспортных средств. Спецификация	Февраль 2020	Безопасность
ISO/SAE PAS 22736	Интеллектуальные транспортные системы — Таксономия и определения терминов, относящихся к системам автоматизации вождения дорожных транспортных средств	Август 2021	Термины и опреде- ления
ISO/TR 21718:2019	Интеллектуальные транспортные системы — Пространственно-временной словарь данных для совместной ИТС и автоматизированных систем вождения 2.0	Январь 2019	Термины и опреде- ления
SAE_J3016	Таксономия и определения терминов, относящихся к системам автоматизации вождения для дорожных транспортных средств	Июнь 2018	Термины и опреде- ления

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
SAE J2735D	Словарь набора сообщений выделенной связи ближнего радиуса действия (DSRC) (ПЕРЕСМОТРЕННЫЙ)	Март 2016	Термины и опреде- ления
SAE J3216_202005	Таксономия и определения терминов, связанных с автоматизацией совместного вождения для дорожных транспортных средств	Май 2020	Термины и опреде- ления
PAS 1883:2020	Таксономия предметной области операционного проектирования (ODD) для автоматизированной системы вождения (ADS). Спецификация	Август 2020	Термины и опреде- ления
ASAM OpenDrive	Открытая динамическая дорожная информация для среды транспортного средства	Август 2021	Тестирование, проверка и валидация
ASAM OpenCRG	Изогнутая правильная сетка	Сентябрь 2020	Тестирование, проверка и валидация
OGC CityGML	Открытый геопространственный консорциум — Язык географической разметки городов	Декабрь 2019	Тестирование, проверка и валидация
Khronos gITF	Формат передачи графического языка Khronos	Июль 2021	Тестирование, проверка и валидация
АСАМ Опен СЦЕНАРИО	Открытый сценарий ASAM	Март 2021	Тестирование, проверка и валидация
АСАМ ОСИ	ASAM Открытый интерфейс моделирования	Март 2021	Тестирование, проверка и валидация
ИФР	Функциональный интерфейс макета	Июль 2021	Тестирование, проверка и валидация

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
SSP	Структура и параметризация системы	Март 2019	Тестирование, проверка и валидация
ASAM XIL	Общий интерфейс симулятора для целей тестирования	Март 2020	Тестирование, проверка и валидация
DCP	Протокол распределенного совместного моделирования	Март 2019	Тестирование, проверка и валидация
SAE J3206	Таксономия и определение принципов безопасности для автоматизированной системы вождения (ADS)	Июль 2021	Тестирование, верификация и валидация
Расширения ASAM OTX	Открытый формат обмена тестовыми последовательностями	Сентябрь 2020	Тестирование, верификация и валидация
ISO 13209-2:2012	Дорожные транспортные средства — Открытый формат обмена последовательностями испытаний (ОТХ) — Часть 2: Спецификация и требования к базовой модели данных	Август 2012	Тестирование, верификация и валидация
ASAM МДФ	Формат данных измерений ASAM	Сентябрь 2019	Тестирование, верификация и валидация
ASAM ODS	ASAM ODS (Open Data Services) фокусируется на постоянном хранении и извлечении данных тестирования	Июнь 2021	Тестирование, верификация и валидация
AVSC00001201911	Наилучшая практика AVSC по отбору, обучению и процедурам надзора за тестируемыми автоматизированными транспортными средствами при резервном тестировании в автомобиле	Ноябрь 2019	Тестирование, верификация и валидация
SAE J3018	Руководство по безопасному тестированию на дорогах прототипов автоматизированных систем вождения уровня SAE 3, 4 и 5	Октябрь 2019	Тестирование, верификация и валидация

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
CEN ISO/TS 21189	Интеллектуальные транспортные системы — Кооперативные ITS — Требования к тестированию и заявление о соответствии реализации протокола (PICS) для стандарта ISO/TS 17426	Май 2019	Тестирование, верификация и валидация
ISO 19206-1:2018	Дорожные транспортные средства — Тестовые устройства для целевых транспортных средств, уязвимых участников дорожного движения и других объектов для оценки функций активной безопасности — Часть 1: Требования к задним целям для легковых автомобилей	Декабрь 2018	Тестирование, верификация и валидация
ISO 19206-2:2018	Дорожные транспортные средства — Тестовые устройства для целевых транспортных средств, уязвимых участников дорожного движения и других объектов для оценки функций активной безопасности — Часть 2: Требования к пешеходным целям	Декабрь 2018	Тестирование, верификация и валидация
ISO 19206-4	Дорожные транспортные средства — Тестовые устройства для целевых транспортных средств, уязвимых участников дорожного движения и других объектов для оценки функций активной безопасности — Часть 4: Требования к целям для велосипедистов	Ноябрь 2020	Тестирование, верификация и валидация
ISO 19364:2016	Легковые автомобили — Моделирование и проверка динамики транспортного средства — Поведение при движении по кругу в установившемся режиме	Октябрь 2016	Тестирование, верификация и валидация
ISO 19365:2016	Легковые автомобили — Проверка динамического моделирования транспортного средства — Синус с контролем устойчивости при остановке	Октябрь 2016	Тестирование, верификация и валидация
ISO 22140:2021	Легковые автомобили— Проверка моделирования динамики транспортного средства— Методы испытаний на поперечный переходный отклик	Октябрь 2016	Тестирование, верификация и валидация

Номер стандарта	Название	Дата публи- кации	Домен
ISO 19206-3:2021	Дорожные транспортные средства — Тестовые устройства для целевых транспортных средств, уязвимых участников дорожного движения и других объектов для оценки функций активной безопасности — Часть 3: Требования к 3D-целям для пассажирских транспортных средств	Май 2021	Тестирование, верификация и валидация
ISO 22735:2021	Дорожные транспортные средства — метод испытаний для оценки эффективности систем помощи при удержании полосы движения	Май 2021	Тестирование, верификация и валидация
ISO/DIS 22733-1:2021	Метод испытаний для оценки эффектив- ности автономных систем экстренного торможения— Часть 1: Автомобиль- автомобиль	Июль 2021	Тестирование, верификация и валидация

Таблица 2. Зарубежные стандарты в стадии разработки

Номер стандарта	Название	Домен
IEEE P2846	Допущения для моделей автоматизированного поведения транспортных средств, связанных с безопасностью	Функции AD/ADAS
ISO 22733-1	Дорожные транспортные средства — Метод испытаний для оценки эффективности автономных систем экстренного торможения — Часть 1: Автомобиль-автомобиль	Функции AD/ADAS
ISO/AWI 23375	Интеллектуальные транспортные системы — Системы бокового маневрирования для уклонения от столкновения (CELM) — Требования к производительности и процедуры испытаний	Функции AD/ADAS
ISO/AWI 23792-1	Интеллектуальные транспортные системы — Системы для водителей на автомагистралях (MCS) — Часть 1: Структура и общие требования	Функции AD/ADAS

Номер стандарта	Название	Домен
ISO/AWI 23793-1	Интеллектуальные транспортные системы — Маневр с минимальным риском (МRM) для автоматизированного вождения — Часть 1: Каркас, остановка на прямой и остановка в полосе	Функции AD/ADAS
ISO/AWI 4273	Интеллектуальные транспортные системы — Автоматическое торможение при маневрировании на низкой скорости (ABLS) — Требования и процедуры испытаний	Функции AD/ADAS
ISO/AWI 5283	Дорожные транспортные средства — Эргономические аспекты мониторинга водителя и вмешательства в систему в контексте автоматизированного вождения	Функции AD/ADAS
ISO/CD 23374-1	Интеллектуальные транспортные системы— Автоматизированные парковочные системы (AVPS)— структура системы, интерфейс связи и управление транспортным средством	Функции AD/ADAS
ISO/CD 4272	Интеллектуальные транспортные системы— Системы взлета грузовиков (TPS)— Функцио- нальные и эксплуатационные требования	Функции AD/ADAS
ISO/DIS 23376	Интеллектуальные транспортные системы — Системы предупреждения о столкновении на перекрестке между транспортными средствами (VVICW) — Требования к производительности и процедуры испытаний	Функции AD/ADAS
ETSI TS 103324	Интеллектуальная транспортная система (ИТС); Автомобильная связь; Базовый набор прило- жений; Система коллективного восприятия	Подключение
ISO/AWI TR 23254	Интеллектуальные транспортные системы — Архитектура — Примеры использования и высокоуровневая эталонная архитектура для подключенных автоматизированных транспортных средств	Подключение
SAE J3161	Профили развертывания C-V2X	Подключение
ISO/AWI TR 23720	Дорожные транспортные средства — Методы оценки поведения других участников дорожного движения при наличии автоматизированной внешней связи транспортного средства	Взаимодействие с человеком

Номер стандарта	Название	Домен
ISO /AWI TR 23735	Дорожные транспортные средства — Руководство по эргономичному дизайну для внешней визуальной коммуникации между автоматизированными транспортными средствами и другими участниками дорожного движения	Взаимодействие с человеком
ISO/AWI TS 5283	Дорожные транспортные средства — Эргономические аспекты мониторинга водителя и вмешательства в систему в контексте автоматизированного вождения	Взаимодействие с человеком
ISO/PWI 7999	Дорожные транспортные средства — Спецификации НМІ для обновления программного обеспечения по воздуху (ОТА)	Взаимодействие с человеком
ISO/PWI PAS 23735	Дорожные транспортные средства — Руководство по эргономичному дизайну для внешней визуальной коммуникации между автоматизированными транспортными средствами и другими участниками дорожного движения	Взаимодействие с человеком
IEEE P2040.1-3	Стандарт общих требований к полностью автоматизированным транспортным средствам, движущимся по дорогам общего пользования	Стандарты управ- ления / Инженер- ные стандарты
ISO/AWI 34504	Дорожные транспортные средства— Атрибуты сценария и классификация	Стандарты управ- ления / Инженер- ные стандарты
ISO/CD 24089	Дорожные транспортные средства — Разра- ботка обновлений программного обеспече- ния	Стандарты управ- ления / Инженер- ные стандарты
ISO/CD 34502	Дорожные транспортные средства — Инженерная основа и процесс оценки безопасности на основе сценариев	Стандарты управ- ления / Инженер- ные стандарты
ISOP/AWI TS 22726-1	Интеллектуальные транспортные системы — Спецификация динамических данных и картографических баз данных для подключенных и автоматизированных приложений систем вождения — Часть 1: Архитектура и логическая модель данных для согласования статических картографических данных	Карта и позицио- нирование

Номер стандарта	Название	Домен
ISO/AWI TS 22726-2	Интеллектуальные транспортные системы — Спецификация динамических данных и картографических баз данных для приложений подключенных и автоматизированных систем вождения — Часть 2: Логическая модель динамических данных	Карта и позицио- нирование
SS_V2X_001	Спецификация безопасности в процессе про- ектирования систем для стандартов SAE V2X	Конфиден- циальность и безопасность
ISO/PWI 8477	Дорожные транспортные средства — Общая проверка и проверка кибербезопасности	Конфиден- циальность и безопасность
ISO/SAE FDIS 21434	Дорожные транспортные средства— Разра- ботка кибербезопасности	Конфиден- циальность и безопасность
ISO/SAE PWI 8475	Дорожные транспортные средства — Уровни обеспечения кибербезопасности (CAL) и возможности целевой атаки (TAF)	Конфиден- циальность и безопасность
ISO/AWI TS 5083	Дорожные транспортные средства — Безопасность для автоматизированных систем вождения — Проектирование, проверка и валидация	Безопасность
ISO/DIS 21448	Дорожные транспортные средства — Безопасность предполагаемой функциональности	Безопасность
AVSC00002202004	Лучшая практика AVSC для описания области оперативного проектирования: концептуальная основа и лексика	Термины и определения
ISO/AWI 34503	Дорожные транспортные средства — Таксономия для области оперативного проектирования автоматизированных систем вождения	Термины и определения
ISO/CD 34501	Дорожные транспортные средства — Термины и определения сценариев тестирования для автоматизированных систем вождения	Термины и определения
ASAM OpenODD	ASAM Open ODD	Тестирование, проверка и валидация

Номер стандарта	Название	Домен
SAE J3131	Автоматизированная эталонная архитектура вождения	Функции AD/ADAS
ISO/DIS 11010-1	Легковые автомобили— Классификация имитационных моделей— Часть 1: Динамика транспортного средства	Тестирование, проверка и валидация
ASAM открытая стоматология	Онтология ASAM OpenX должна обеспечивать основу общих определений, свойств и отношений для основных концепций стандартов ASAM OpenX, включая OpenDrive, OpenSCENARIO, OpenLABEL и др.	Тестирование, проверка и валидация
АЅАМ Открытая метка	ASAM OpenLbale стремится внедрить стандартизированный набор меток для объектов, представляющих интерес (идентифицируемых, например, датчиками транспортного средства), и для сценариев вождения	Тестирование, проверка и валидация
SAE J3164	Таксономия и определения терминов, относящихся к поведению и маневрам автоматизированной системы вождения для дорожных транспортных средств	Тестирование, проверка и валидация
ISO/AWI 21734-1	Общественный транспорт — Тестирование производительности для подключения и функций безопасности автоматизированного вождения автобуса — Часть 1: Общая структура	Тестирование, проверка и валидация
ISO/AWI 22733-2	Метод испытаний для оценки эффективности автономных систем экстренного торможения— Часть 2: От автомобиля до пешехода	Тестирование, проверка и валидация
ISO/AWI 24650	Дорожные транспортные средства — Датчики для автоматического вождения в неблаго-приятных погодных условиях — Оценка системы очистки	Тестирование, проверка и валидация
ISO/AWI TS 22133	Дорожные транспортные средства — Мониторинг и управление объектами тестирования для обеспечения активной безопасности и автоматизированное/автономное тестирование транспортных средств — Функциональные требования, спецификации и протокол связи	Тестирование, проверка и валидация

Номер стандарта	Название	Домен
ISO/DIS 11010-1	Легковые автомобили — Классификация имитационных моделей — Часть 1: Динамика транспортного средства	Тестирование, проверка и валидация
ISO/PWI 19206-5	Дорожные транспортные средства — Испытательные устройства для целевых транспортных средств, уязвимых участников дорожного движения и других объектов для оценки функций активной безопасности — Часть 5: Требования к мишеням для двухколесных транспортных средств с приводом	Тестирование, проверка и валидация
ISO/PWI 19206-7	Дорожные транспортные средства — Тестовые устройства для целевых транспортных средств, уязвимых участников дорожного движения и других объектов для оценки функций активной безопасности — Часть 7: Метод тестирования поведения целевой несущей системы	Тестирование, проверка и валидация
ISO/PWI 19206-8	Дорожные транспортные средства — Тестовые устройства для целевых транспортных средств, уязвимых участников дорожного движения и других объектов для оценки функций активной безопасности — Часть 8: Спецификация стационарных придорожных суррогатных целей	Тестирование, проверка и валидация
ISO/PWI 34505	Дорожные транспортные средства — Оценка сценариев тестирования автоматизированных систем вождения	Тестирование, проверка и валидация
ISO/PWI 8023	Дорожные транспортные средства — Методо- логия Волшебника страны Оз и автоматизи- рованные системы вождения	Тестирование, проверка и валидация
ISO/PWI TR 19206-6	Дорожные транспортные средства — Тестовые устройства для целевых транспортных средств, уязвимых участников дорожного движения и других объектов для оценки функций активной безопасности — Часть 6: Данные исследований и рекомендации для суррогатных животных-мишеней	Тестирование, проверка и валидация

Номер стандарта	Название	Домен
ISO/PWI TS 19206-9	Дорожные транспортные средства — Тестовые устройства для целевых транспортных средств, уязвимых участников дорожного движения и других объектов для оценки функций активной безопасности — Часть 9: Требования к маленьким целям для детей	Тестирование, проверка и валидация

4.1.5. Управление стандартизации Китайской Народной Республики (SAC)

В Китае отлично понимают, что экономический рост невозможен без эффективной системы технического регулирования.

В последние годы Китай активно реформирует национальную систему стандартизации в целях повышения ее эффективности.

В связи с развитием реформ в апреле 2001 года Государственный совет Китая принял решение о создании Главного управления по надзору за качеством, инспекции и карантину Китайской Народной Республики (AQSIQ), Управления стандартизации Китайской Народной Республики (SAC) и Управления сертификации и аккредитации Китайской Народной Республики при AQSIQ³³.

Принята новая Государственная программа развития стандартизации на период до 2035 года, направленная на совершенствование разработки технических стандартов в стране и превращение КНР в главного поставщика международных технических стандартов по широкому спектру отраслей промышленности³⁴.

В соответствии с законом КНР «О стандартизации» и Правилами его реализации китайские национальные стандарты могут быть как обязательными, так и добровольными.

В настоящее время в Китае действует пять категорий стандартов:

- национальные стандарты;
- рекомендуемые национальные стандарты;

³³ https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.6e38c8d1-63bbd26a-28a79aaa-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Standardization_ Administration of China

³⁴ Комиссина И. Н. Стандартизация в Китае: современные тренды и перспективы развития // Проблемы национальной стратегии. 2022. № 1 (70). С. 191–218.

- отраслевые/промышленные/министерские стандарты;
- корпоративные стандарты;
- стандарты ассоциаций (предприятий).

Большинство существующих ныне в мире стандартов было разработано государствами Запада. По подсчетам китайских экспертов, 95% стандартов принадлежит лишь нескольким развитым странам из 165 государств — членов Международной организации по стандартизации, а Китаю — только 0,7%.

Китай начиная с 2018 года активно включился в развитие и информационную поддержку ВАТС. Выделен диапазон частот 5905–5925 МГц только для LTE-V2X. Министерство транспорта Китая инициировало строительство 12 умных автомагистралей и сетей по управлению транспортом в 9 провинциях и в Пекине для обеспечения движения подключенных и беспилотных ${\rm TC}^{35}$.

В октябре 2021 года в Китае была опубликована Государственная программа развития стандартизации на ближайшие 15 лет 36 .

Пятнадцатилетняя программа стандартизации ставит перед Китаем амбициозные задачи по изменению глобальной технологической индустрии. В частности, документ стимулирует ведущие технологические компании КНР к установлению стандартов во многих важнейших секторах, таких как производство высокотехнологичного оборудования, беспилотных и интеллектуальных TC^{37} .

Весной 2021 года было опубликовано «Руководство по созданию национальной системы стандартов для интеллектуальных транспортных средств (Smart Transport)». Предполагается формирование системы стандартов, содержащей базовые стандарты отрасли, стандарты по обслуживанию такого транспорта, технические стандарты и стандарты продукции, ориентированные на технологии, и ключевые приложения. Этот документ предусматривает разработку и пересмотр свыше 20 стандартов, которые необходимы для нормальной деятельности

³⁵ Аналитический отчет по итогам анализа сегментов рынка направления НТИ «Автонет» 1: Телематические транспортные и информационные системы (платформы, системы управления, транспортные средства), включая описание основных характеристик и ключевых индикаторов рынка 2019 (Рынок телематических транспортных и информационных систем.pdf).

³⁶ 国家标准化发展纲要 (Государственная программа развития стандартизации) // Жэньминь жибао. 2021. 11 октября. URL: http://politics.people.com.cn/n1/2021/1011/c1001-32249019.html

 $^{^{37}\} https://riss.ru/documents/1793/journal_221_70_09.pdf?ysclid=lc9gvxsnub537688351$

Таблица 3. Количество пилотных дорог для ВАТС в Китае

Высокоскоростные дороги для испытаний	Провинция	Протяженность (км)
HuiwuHighwayG12	Jilin	889
New Airport Highway	Beijing	35
JingjingtangHighway	Beijing	142
YanchongHighway	Beijing-Hebei	123
Beijing-Hongkong-Macao Highway G4 (Beijing- Shijiazhuang part)	Beijing-Hebei	480
Rongwu Highway G18(Baoding-Tianjingpart)	Hebei	105
Airport West Highway	Henan	106
G107 (Xinxiang-Zhengzhou part), G207 (Jiyuan-Zhengzhou part), G310(Kaifeng-luoyanpart)	Henan	
Changjiu Highway G70	Jiangxi	138
Guangfo Highway S15	Guangdong	15,7
Hangzhou-Shaoxing-Ningbo Highway G92N	Zhejiang	161
Huantaihu Highway	Jiangsu	19,3

интеллектуальной транспортной инфраструктуры и оказания информационной помощи для обеспечения дорожного движения.

К концу 2025 года должно быть подготовлено более 20 основных стандартов по управлению интеллектуальным транспортом и его обслуживанию, а также по координации и управлению дорожным движением³⁸.

В основе стандартов лежат:

- Закон о кибербезопасности КНР;
- Закон о безопасности данных КНР;
- Положение о защите критической информационной инфраструктуры;

³⁸ Guiding the standards system for smart trans // China Standardization. 2021. September 22. URL: http://www.cspress.cn/News5.html

- План развития автомобильной промышленности на новых источниках энергии (2021–2035 гг.);
- План действий по развитию подключенной автомобильной промышленности;
- Положение об управлении безопасностью автомобильных данных;
 Уведомление об усилении кибербезопасности Интернета транспортных средств Китая и безопасности данных³⁹.
 Китай поставил перед собой цель стать мировым лидером в об-

ласти подключенных к сети и беспилотных автомобилей. Автономное вождение и интеллектуальный транспорт были названы ключевыми направлениями развития в 14-м пятилетнем плане (FYP), самом высоком плане социально-экономического развития Китая. В нескольких политических документах, выпущенных с 2020 года, также установлены ключевые цели развития отрасли, в том числе в Дорожной карте для технологии интеллектуальных подключенных транспортных средств 2.0, в которой говорится, что к 2025 году:

- интеллектуальные подключенные автомобили с частично автоматизированным вождением и возможностями условного автоматизированного вождения должны составлять более 50% всех продаж автомобилей;
- уровень сборки новых автомобилей с терминалами Cellular Vehicleto-Everything (C-V2X) должен достичь 50%;
 • коммерческое применение ТС с высокоавтоматизированными воз-
- можностями вождения должно быть реализовано сначала в конкретных сценариях и зонах с ограниченным доступом, а затем расширено до более широких масштабов.

Согласно положениям, личная информация и важные данные, полученные от заинтересованных сторон в Китае, должны храниться внутри страны. Данные также должны пройти государственную проверку безопасности, если они предназначены для экспорта за границу. Эти требования ранее предъявлялись к обработчикам данных в других областях китайского Закона о кибербезопасности, Закона о безопасности данных и Закона о самила пример. сти данных и Закона о защите личной информации, но до сих пор не распространялись явно на автопроизводителей.

82

³⁹ https://prc.today/rukovodyashhie-princzipy-interneta-transportnyh-sredstv-kitaya/

4.2. Отечественная стандартизация в области испытаний ИТС

4.2.1. Испытания при приемке автоматизированных систем

Конечно, все приемочные испытания нужно проводить на основании ГОСТов, взаимосогласованных программ и методик. В ГОСТах 1980–1990-х годов есть явные атавизмы (они уже не учитывают современных тенденций развития технологий), тем не менее в них много здравого смысла.

Традиционно разработчики документации на автоматизированные системы при создании и обеспечении защиты этих систем применяли ГОСТы 34-й серии. В 2022 году произошло обновление старых стандартов в рамках новой серии национальных и межгосударственных стандартов на автоматизированные системы.

Значительную роль в этом сыграл национальный и межгосударственный технический комитет по стандартизации ТК-МТК-22 «Информационные технологии» 40 .

Технический комитет по стандартизации ТК-МТК-22 является базовой организацией Росстандарта РФ и занимается вопросами стандартизации, сертификации, обеспечения эффективности, качества и безопасности информационных технологий во всех отраслях экономики РФ.

ТК22 был создан в 1987 году, практически сразу после создания совместного международного технического комитета СТК1 ИСО/МЭК (JTC1 ISO/IEC 41) «Информационные технологии». Одновременно на него были возложены функции постоянно действующего рабочего органа в JTC1, которые и действуют по настоящее время.

Приемочные испытания проводятся в соответствии с ГОСТ Р 59792-2021 «Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды испытаний автоматизированных систем».

Цель испытаний — проверить соответствие автоматизированной системы требованиям Технического задания и сделать заключение о готовности Системы к вводу в постоянную эксплуатацию.

⁴⁰ https://www.cksit-rspp.ru/company/koordiniruemye-organizatsii/tk-mtk-22-informatsionnye-tekhnologii/

⁴¹ ISO / IEC JTC 1, «Информационные технологии», является совместным техническим комитетом (JTC) Международной организации по стандартизации (ISO) и Международной электротехнической комиссии (IEC).

Таблица 4. Перечень действующих стандартов на автоматизированные системы

Ранее действовавший стандарт	Новый стандарт	Статус (основание)
ГОСТ 34.601-90. Автоматизиро- ванные системы. Стадии созда- ния	ГОСТ Р 59793-2021. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания	Действует с 30.04.2022 (приказ Росстан- дарта от 25.10.2021 № 1285-ст)
ГОСТ 34.602-89. Техническое задание на создание автоматизированной системы. Действие прекращено с 01.01.2022	ГОСТ 34.602-2020. Техническое задание на создание автоматизированной системы	Действует с 01.01.2022 (приказ Росстан- дарта от 19.11.2021 № 1522-ст)
ГОСТ 34.603-92. Виды испытаний автоматизированных систем. Действие прекращено с 30.04.2022	ГОСТ Р 59792-2021. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды испытаний автоматизированных систем	Действует с 30.04.2022 (приказ Росстан- дарта от 25.10.2021 № 1284-ст)
ГОСТ 34.201-89. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем. Действие прекращено с 01.01.2022	ГОСТ 34.201-2020. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов	Действует с 01.01.2022 (приказ Росстан- дарта от 19.11.2021 № 1521-ст)
РД 50-34.69890. Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов. Действие прекращено (приказ Росстандарта от 12.02.2019 № 216)	ГОСТ Р 59795-2021. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов	Действует с 30.04.2022 (приказ Росстан- дарта от 25.10.2021 № 1297-ст)
ГОСТ 34.003-90. Автоматизированные системы. Термины и определения. Действие прекращено с 01.01.2022	ГОСТ Р 59853-2021. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения	Действует с 01.01.2022 (приказ Росстан- дарта от 19.11.2021 № 1520-ст)
ГОСТ 2.102-2013. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов	Действует ранее принятый стандарт	Издание (июль 2020) с поправками

Ранее действовавший стандарт	Новый стандарт	Статус (основание)
ГОСТ Р 2.105-2019. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам	Действует ранее принятый стандарт	Действует с 01.02.2020
ГОСТ 7.32-2017. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления	Действует ранее принятый стандарт	Действует с 01.07.2018
ГОСТ 2.113-75. Единая система конструкторской документации. Групповые и базовые конструкторские документы	Действует ранее принятый стандарт	Измененная редакция, Изм. № 2
ГОСТ 19.101-77. Единая система программной документации. Виды программ и программных документов (ЕСПД)	Действует ранее принятый стандарт	Измененная редакция, Изм. № 1
ГОСТ Р 51583–2014. Защита информации. Порядок создания автоматизированных систем в защищенном исполнении. Общие положения	Действует ранее принятый стандарт	Переиздан в октябре 2018 года

Метод испытаний предполагает применение определенных принципов и средств испытаний. Методы испытаний должны позволять экспериментальным путем определять и измерять характеристики свойств объекта испытаний или получат качественную оценку функционирования объекта испытаний.

Рекомендуется использовать три уровня приоритета применения методов испытаний при соответствии испытываемых подсистем ИТС следующим признакам:

1) подсистема напрямую или косвенно рекомендована к внедрению в нормативно-правовых документах и планах стратегического развития транспортного комплекса Российской Федерации. Проведение испытаний является обязательным;

- 2) подсистема напрямую или косвенно включена в нормативнотехнические документы. Уровень готовности технологий высокий. Проведение испытаний опционально;
- 3) подсистема включена в нормативно-техническую документацию (например, ОДМ). Уровень готовности технологий низкий. Проведение испытаний опционально.

Методика, в отличие от метода, представляет собой конкретные инструкции по проведению диагностики, обработке данных и интерпретации результатов. В рамках одного метода может существовать неограниченное множество методик.

Методика испытаний, согласно ГОСТ 16504-81 «Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения», представляет собой организационно-методический документ, обязательный к выполнению, включающий метод испытаний, средства и условия испытаний, отбор проб, алгоритмы выполнения операций по определению одной или нескольких взаимосвязанных характеристик свойств объекта, формы представления данных и оценивания точности, достоверности результатов, требования техники безопасности и охраны окружающей среды.

Испытания проводятся по документу «Программа и методика приемочных испытаний» (далее — $\Pi M U$).

Документ предназначен для определения порядка проведения и объема предварительных испытаний при передаче в опытную эксплуатацию и приемо-сдаточных испытаний при передаче в промышленную эксплуатацию автоматизированной системы.

ПМИ описывает все требования (функциональные и нефункциональные) Технического задания и ожидаемые результаты проверки 42.

Программа и методика испытаний, согласно ГОСТ 2.106-2019 «Единая система конструкторской документации. Текстовые документы», в общем случае содержат следующие разделы:

- общие положения,
- общие требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний,
- требования безопасности,
- определяемые показатели (характеристики) и корректность их измерений,
- режимы испытаний изделия,

86

⁴² https://www.sedcom.ru/topic6.html

- методы испытаний и (или) измерений показателей (характеристик),
- отчетность.

Некоторые элементы ИТС относятся к средствам измерений, поэтому согласно п. 3 Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ данные элементы должны подвергаться поверке.

Поверка осуществляется по разработанным методикам в соответствии с ГОСТ 1.5-2001, ГОСТ Р 1.5-2012, которые определяют содержание и оформление. Поверку средств измерений осуществляют аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

По результатам проведения приемочных испытаний оформляется протокол (отчет) о результатах испытаний, в его составе может быть приложение с описанием выявленных замечаний и сроками их устранения (не забывайте об этом), а также акт технического состояния Системы и готовности ее приемки в промышленную эксплуатацию.

Основные нормативно-технические документы для разработки ПМИ:

- ГОСТ 24.208-80 «Требования к содержанию документов стадии "Ввод в эксплуатацию"»;
- ГОСТ Р 59792-2021 «Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды испытаний автоматизированных систем»;
- РД 50-34.698-90 «Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов».

4.2.2. Испытания интеллектуальных транспортных систем

В основном вопросами разработки нормативно-технических документов в части испытаний ИТС занимаются два технических комитета — 57 и 164.

ТК 57 «Интеллектуальные транспортные системы» создан приказом Госстандарта России от 22 июля 2011 г. № 3821 с целью реализации Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-Ф3 «О техническом регулировании», повышения эффективности работ по национальной, региональной и международной стандартизации в области интеллектуальных транспортных систем 43.

⁴³ http://www.tk57.ru/

Ведение секретариата поручено Московскому автомобильнодорожному государственному техническому университету с возложением на него функции постоянно действующего национального рабочего органа ИСО/ТК 204 в области стандартизации интеллектуальных транспортных систем по закрепленной за ТК 57 продукции и услуг в соответствии с кодами ОКС 03.220.20, 35.020, 43.040.15.

На сегодняшний день в ТК 57 входят семь подкомитетов (далее — ПК):

- ПК 1 «Архитектура ИТС, терминология, интеграция ИТС в ВИС»;
- ПК 2 «Управление и контроль на транспорте, управление дорожным движением»;
- ПК 3 «Бортовые интеллектуальные системы автомобилей. Кооперативные системы»;
- ПК 4 «Платные сервисы в ИТС»;
- ПК 5 «Системы управления подвижным составом и грузовым коммерческим транспортом»;
- ПК 6 «Общественный транспорт»;
- ПК 7 «Системы противодействию угонам и возврата угнанных транспортных средств».

Приказом Росстандарта от 25 июля 2019 г. № 1732 сформирован специальный технический комитет по стандартизации — ТК 164 «Искусственный интеллект». Основная цель — повышение эффективности работ по стандартизации в области искусственного интеллекта на национальном, межгосударственном и международном уровнях⁴⁴.

На сегодняшний день в ТК 164 входят три подкомитета:

- ПК 1 «Искусственный интеллект в здравоохранении»;
- ПК 2 «Данные» на базе МГУ им. М. В. Ломоносова;
- ПК 3 «Искусственный интеллект на транспорте».

Перед ПК 3 «Искусственный интеллект на транспорте» стоит ряд первоочередных задач: унификация и стандартизация терминологии; стандартизация процедур подтверждения качества и соответствия интеллектуальных транспортных систем требованиям; стандартизация требований к сбору, хранению, использованию и защите данных в высокоинтеллектуальных транспортных системах; разработка и стандартизация требований к взаимодействию между автомобилем и инфраструктурой, между автомобилями; участие в разработке международных стандартов и норм.

-

⁴⁴ http://tc164.ru/page28499750.html

Технические комитеты 57 и 164 проделали фундаментальную работу и достигли ощутимых результатов в области разработки нормативно-технических документов, необходимых для испытаний интеллектуальных транспортных систем.

Таблица 5. Перечень действующих ГОСТ, ПНСТ и ОДМ в части испытаний интеллектуальных транспортных систем

Nº п/п	Наименование документа	Профиль- ный ТК	Срок действия
1	ГОСТ Р ИСО 15622-2017. Интеллектуальные транс- портные системы. Системы адаптивного круиз- контроля. Требования к эксплуатационным характе- ристикам и методы испытания	TK 57	Без ограничений
2	ГОСТ Р ИСО 15623-2017. Интеллектуальные транс- портные системы. Системы предупреждения столк- новений с движущимся впереди транспортным средством. Требования к эксплуатационным харак- теристикам и методы испытания	TK 57	Без ограничений
3	ГОСТ Р ИСО 22179-2017. Интеллектуальные транс- портные системы. Системы адаптивного круиз- контроля во всем диапазоне скоростей. Требования к эксплуатационным характеристикам и методы испытания	TK 57	Без ограничений
4	ГОСТ Р 57145-2016. Специальные технические средства, работающие в автоматическом режиме и имеющие функции фото- и киносъемки, видеозаписи, для обеспечения контроля за дорожным движением. Правила применения	TK 57	Без ограничений
5	ГОСТ Р 56293-2014. Интеллектуальные транспортные системы. Технология и организация ситуационного управления пассажирским транспортом. Требования к организации, функциям и решаемым задачам при обслуживании массовых спортивных мероприятий	TK 57	Без ограничений
6	ГОСТ Р 56350-2015. Интеллектуальные транспортные системы. Косвенное управление транспортными потоками. Требования к динамическим информационным табло	TK 57	Без ограничений

Nº п/п	Наименование документа	Профиль- ный ТК	Срок действия
7	ГОСТ Р 56351-2015. Интеллектуальные транспортные системы. Косвенное управление транспортными потоками. Требования к технологии информирования участников дорожного движения посредством динамических информационных табло	TK 57	Без ограничений
8	ГОСТ Р 56670-2015. Интеллектуальные транспортные системы. Подсистема мониторинга параметров транспортных потоков на основе анализа телематических данных городского пассажирского транспорта	TK 57	Без ограничений
9	ГОСТ Р 56675-2015. Интеллектуальные транспортные системы. Подсистема контроля и учета состояния автомобильных дорог города, региона на основе анализа телематических данных дорожных машин	TK 57	Без ограничений
10	ГОСТ Р 57186-2016. Интеллектуальные транспортные системы. Система контроля и учета состояния автомобильных дорог. Назначение, состав и характеристики бортового навигационно-связного оборудования дорожных машин	TK 57	Без ограничений
11	ГОСТ Р 57187-2016. Интеллектуальные транспортные системы. Протокол обмена данными бортового телематического устройства транспортного средства городского пассажирского транспорта с системой диспетчерского управления	TK 57	Без ограничений
12	ГОСТ Р ИСО 17261-2014. Интеллектуальные транс- портные системы. Автоматическая идентификация транспортных средств и оборудования. Архитектура и терминология в секторе интермодальных грузо- вых перевозок	TK 57	Без ограничений
13	ГОСТ Р ИСО 17438-1-2017. Интеллектуальные транспортные системы. Навигация внутри помещений для персонала и транспортных средств с использованием ИТС станций. Часть 1. Общие сведения и описание применения	TK 57	Без ограничений

Nº п/п	Наименование документа	Профиль- ный ТК	Срок действия
14	ГОСТ Р ИСО 21214-2015. Интеллектуальные транс- портные системы. Радиоинтерфейс непрерывного действия, длинный и средний диапазоны (CALM). Инфракрасные системы	TK 57	Без ограничений
15	ГОСТ Р ИСО 21218-2015. Интеллектуальные транспортные системы. Доступ к наземным мобильным средствам связи (CALM). Поддержка технологии доступа	TK 57	Без ограничений
16	ГОСТ Р ИСО 22178-2016. Интеллектуальные транс- портные системы. Низкоскоростные системы слеже- ния. Требования к эксплуатации и процедуре испы- таний	TK 57	Без ограничений
17	ГОСТ Р ИСО 22839-2017. Интеллектуальные транс- портные системы. Системы снижения тяжести по- следствий от столкновения с движущимся впереди транспортным средством. Работа, эксплуатационные характеристики и требования к проверке	TK 57	Без ограничений
18	ГОСТ Р 57119-2016. Методика проведения оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств. Общие требования	TK 246	Без ограничений
19	ГОСТ Р 8.850-2013. Государственная система обеспечения единства измерений. Характеристики люксметров и яркомеров. Общие положения	TK 206	Без ограничений
20	ПНСТ 388-2019. Интеллектуальные транспортные системы. Основные требования в отношении сетевого взаимодействия транспортных средств с высокой степенью автоматизации управления с инфраструктурой (V2I)	TK 57	C 2020-06-01 до 2023-06-01
21	ПНСТ 634-2022. Кооперативные интеллектуальные транспортные системы. Локальная динамическая карта	TK 57	C 2022-01-08 до 2025-01-08
22	ПНСТ 411-2020. Интеллектуальные транспортные системы. Условия окружающей среды и испытания электрического и электронного оборудования. Часть 1. Общие положения	TK 57	С 2021-01-01 до 2024-01-01

Nº п/п	Наименование документа	Профиль- ный ТК	Срок действия
23	ПНСТ 412-2020. Интеллектуальные транспортные системы. Условия окружающей среды и испытания электрического и электронного оборудования. Часть 2. Электрические нагрузки	TK 57	С 2021-01-01 до 2024-01-01
24	ПНСТ 413-2020. Интеллектуальные транспортные системы. Условия окружающей среды и испытания электрического и электронного оборудования. Часть 3. Механические нагрузки	TK 57	С 2021-01-01 до 2024-01-01
25	ПНСТ 414-2020. Интеллектуальные транспортные системы. Условия окружающей среды и испытания электрического и электронного оборудования. Часть 4. Климатические нагрузки	TK 57	С 2021-01-01 до 2024-01-01
26	ПНСТ 463-2020. Интеллектуальные транспортные системы. Системы обнаружения пешеходов и предотвращения столкновений. Требования к эксплуатационным характеристикам и методы испытания	TK 57	С 2021-06-01 до 2024-06-01
27	ПНСТ 554-2021. Интеллектуальные транспортные системы. Системы искусственного интеллекта для автоматизации управления автомобильными транспортными средствами. Методы испытаний. Общие положения	TK 164	С 2022-03-01 до 2023-03-01
28	ПНСТ 555-2021. Интеллектуальные транспортные системы. Системы искусственного интеллекта для автоматизации управления автомобильными транспортными средствами. Классификация и общие технические требования	TK 164	С 2022-03-01 до 2023-03-01
29	ОДМ 218.11.005-2021. Методические рекомендации по метрологическому обеспечению измерений, испытаний и контроля в дорожном хозяйстве		Без ограничений
30	ОДМ 218.9.011-2016. Рекомендации по выполнению обоснования интеллектуальных транспортных систем		Без ограничений
31	ОДМ 218.2.032-2013. Методические рекомендации по учету движения транспортных средств на автомобильных дорогах		Без ограничений

4.2.3. Испытания систем искусственного интеллекта на автомобильном транспорте

Технический комитет 164 также проделал фундаментальную работу в области испытания систем искусственного интеллекта на автомобильном транспорте.

Таблица 6. Перечень действующих ГОСТ и ПНСТ в части испытаний систем искусственного интеллекта на автомобильном транспорте

Nº п/п	Наименование документа	Профиль- ный ТК	Срок действия
1	ГОСТ Р 70249-2022. Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Высокоавтоматизированные транспортные средства. Термины и определения	TK 164	Без ограничений
2	ГОСТ Р 70250-2022. Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Варианты использования и состав функциональных подсистем искусственного интеллекта	TK 164	Без ограничений
3	ГОСТ Р 70251-2022. Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к испытанию алгоритмов обнаружения и распознавания препятствий	TK 164	Без ограничений
4	ГОСТ Р 70251-2022. Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к испытанию алгоритмов обнаружения и распознавания препятствий	TK 164	Без ограничений
5	ГОСТ Р 70251-2022. Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к испытанию алгоритмов обнаружения и распознавания препятствий	TK 164	Без ограничений
6	ГОСТ Р 70253-2022. Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к испытанию алгоритмов обнаружения и реконструкции структуры перекрестков	TK 164	Без ограничений

Nº п/п	Наименование документа	Профиль- ный ТК	Срок действия
7	ГОСТ Р 70254-2022. Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к испытанию алгоритмов прогнозирования поведения участников дорожного движения	TK 164	Без ограничений
8	ГОСТ Р 70255-2022. Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к испытанию алгоритмов обнаружения и распознавания дорожных знаков	TK 164	Без ограничений
9	ГОСТ Р 70256-2022. Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к испытанию алгоритмов контроля обочины и полосы движения	TK 164	Без ограничений
10	ГОСТ Р 59277-2020. Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта	TK 164	Без ограничений
11	ГОСТ Р 59385-2021. Информационные технологии. Искусственный интеллект. Ситуационная видеоаналитика. Термины и определения	TK 164	Без ограничений
12	ГОСТ Р 59391-2021. Средства мониторинга поведения и прогнозирования намерений людей. Аппаратнопрограммные средства для колесных транспортных средств. Классификация, назначение, состав и характеристики средств фото- и видеофиксации	TK 164	Без ограничений
13	ГОСТ Р 59898-2021. Оценка качества систем искусственного интеллекта. Общие положения	TK 164	Без ограничений
14	ПНСТ 553-2021. Информационные технологии. Искусственный интеллект. Термины и определения	TK 164	C 2022-03-01 до 2023-03-01

В стадии разработки у ТК 164 следующие ГОСТ:

- Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Средства мониторинга состояния водителя. Методика испытаний;
- Информационные технологии. Искусственный интеллект. Ситуационная видеоаналитика. Эксплуатационные характеристики и методология проведения испытаний;

- Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления Интеллектуальной транспортной инфраструктурой. Общие требования;
- Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к структуре и архитектуре V2X взаимодействия;
- Системы управления Интеллектуальной транспортной инфраструктурой. Требования к испытанию алгоритмов прогнозирования характеристик транспортного потока;
- Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления Интеллектуальной транспортной инфраструктурой. Требования к испытанию алгоритмов прогнозирования характеристик дорожных условий;
- Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления Интеллектуальной транспортной инфраструктурой. Требования к испытанию алгоритмов распознавания автомобильных номеров;
- Искусственный интеллект для навигационных систем. Искусственный интеллект для систем точного позиционирования реального времени (RTK⁴⁵). Примеры использования;
 Искусственный интеллект. Системы операционной аналитики по-
- Искусственный интеллект. Системы операционной аналитики потоков пространственно-временных данных на основе искусственного интеллекта. Основные положения;
- Искусственный интеллект. Системы операционной аналитики потоков пространственно-временных данных на основе искусственного интеллекта. Термины и определения;
- Оценка качества систем искусственного интеллекта. Методы оценки.

Искусственный интеллект и машинное зрение выводят сбор данных и анализ дорожного трафика на новый уровень.

Нейросеть же может распознавать транспортные средства с гораздо большей достоверностью, различать типы грузовых машин (мусоровоз, поливочно-чистильная или снегоуборочная техника), что позволяет

⁴⁵ Real Time Kinematic (RTK, в переводе с англ. — «кинематика реального времени») — совокупность приемов и методов получения плановых координат и высот точек местности сантиметровой точности с помощью спутниковой системы навигации посредством получения поправок с базовой станции, принимаемых аппаратурой пользователя во время съемки.

понять, с какой целью они проехали по данному участку дороги, и дает возможность контролировать работу городских служб. Существуют также детекторы, которые в заданных областях обнаруживают остановку TC, начало затора, начало движения TC и окончание затора⁴⁶.

4.3. Проблемы стандартизации испытаний ИТС

Стандарты необходимы для обеспечения совместимости между взаимодействующими сторонами в процессе дорожного движения, особенно когда продукты разных производителей должны взаимодействовать друг с другом.

В период быстро развивающейся индустрии автоматизированных, подключенных, электрических и гибридных ТС возможность создавать реальные сценарии тестирования, устранять возможные сбои и максимально повышать вероятность утверждения стандартов в течение относительно короткого времени помогает быстрее выводить продукты на рынок. Поэтому стандарты должны быть своевременными, ориентированными на рынок и разрабатываться соответствующим образом, чтобы поддерживать политику своего государства в области международной стандартизации.

Автомобильные технологии также требуют расширения до технологий беспроводной интеллектуальной инфраструктуры. Функции автоматизации, такие как считывание и обработка данных, уже включают высокоскоростное подключение для обеспечения автономности. Тем не менее только небольшая часть автономности регулируется и стандартизирована.

Собранная информация о стандартах направлена на предоставление обзора существующих решений и подходов. Анализ пробелов выявит важные аспекты, которые не были рассмотрены, и поможет составить необходимый план будущих мероприятий стандартизации.

В настоящее время в разных странах проводится множество мероприятий по утверждению стандартов, используемых при разработке и тестировании подключенных и автоматизированных систем. ОЕМ-производители создают системы для глобального рынка, но необходимо учитывать различие предпочтений региональных пользователей и их регламенты.

96

.

⁴⁶ http://www.techportal.ru/review/security-on-transport/its/

Тут все не так просто. Например, есть исключительные случаи, когда обязанность обеспечивать безопасность дорожного движения и отдельные положения правил дорожного движения не могут быть выполнены одновременно. Часть набора сценариев будет нести ситуацию дилеммы, когда столкновение неизбежно независимо от решения, принятого ВАТС. Какой выбор в ситуации, если ВАТС может сбить пешехода, который неожиданно выходит на дорогу непосредственно перед транспортным средством, или оно должно выехать на встречную полосу движения? Должно ли ВАТС иметь возможность превышать ограничение скорости, чтобы избежать бокового удара на перекрестке? Водители-люди иногда предпочитают маневры, которые способствуют их мобильности, а не соблюдению правил дорожного движения.

Разработчики должны дать точное определение данному сценарию ⁴⁷. Хотя часть ученых считают, что ситуации этических дилемм вообще не надо учитывать при разработке алгоритмов движения ВАТС, полагая, что правила дорожного движения и этика воплощают одни и те же ценности безопасности. Хотя эти ситуации создают противоречия с правилами дорожного движения, на самом деле они не создают противоречий с законом. Чтобы оправдать такие нарушения правил дорожного движения в суде, ответчик должен доказать в юридическом смысле, что нарушение было необходимо, чтобы избежать большего вреда. Вопрос: а кто будет ответчиком в суде, если ВАТС двигалось в беспилотном режиме? Надо к тому же учесть, что Россия не является страной прецедентного права.

4.4. Проблемы в области связи

В основе любой интеллектуальной транспортной системы лежит сеть передачи данных. Без надежной связи невозможно обеспечить ни управление периферийным оборудованием, ни сбор информации, необходимой для принятия необходимых управленческих решений, ни взаимодействие с ВАТС. Связь позволяет обеспечить не только сбор информации, но и управление светофорными объектами, табло переменной информации и другими компонентами инструментальных ИТС.

⁴⁷ J. Christian Gerdes & Sarah M. Thornton, Implementable Ethics for Autonomous Vehicles, in AUTONOMOUS DRIVING 87, 87–102 (J. Christian Gerdes et al., eds., 2013).

В нормативно-технических документах определены четыре типа среды передачи данных с целью выполнения требований связи между дорожно-транспортной инфраструктурой, подсистемами ИТС, узлами ВАТС и водителем:

- проводные (фиксированные фиксированные);
- глобальные беспроводные (фиксированные подвижные);
- выделенные для связи на короткие расстояния (фиксированные подвижные);
- связь ТС между собой (подвижные подвижные).

Элементы дорожной инфраструктуры кооперативных систем должны обеспечивать передачу данных между транспортными средствами и дорожной инфраструктурой на расстоянии не менее 400 м от их установки со скоростью передачи данных не ниже 10 Мбит/с и задержкой (на уровне радиоинтерфейса) не больше 0,004 с, обеспечивать высокоточное позиционирование ТС с абсолютной погрешностью, не превышающей 0,15 м. Должны обеспечивать передачу данных между транспортными средствами и дорожной инфраструктурой с условием, что ТС двигаются со скоростью до 140 км/ч.



Рис. 3. Общая телекоммуникационная архитектура ИТС Рисунок из открытых источников

Пока одновременное выполнение всех данных требований организационно и технически крайне сложно.

Оценка методов связи между транспортными средствами с дорожной инфраструктурой является основной темой, которая должна быть рассмотрена органами по стандартизации.

Изначально технологии связи позволяют устройствам в данных сетях V2X лишь обмениваться информацией, без элементов управления транспортными средствами или какой-либо координации движения, так как скорости обмена информации слишком низкие для оперативного управления движением. И только сейчас разрабатываются технологии связи, позволяющие вмешиваться в управление автомобилем автоматизированным системам без участия человека.

DSRC-V2X (Dedicated short-range communications) — этот стандарт был основан на технологии Wi-Fi сети и появился впервые в 2010 году (802.11а). Потом были новые разработки по улучшению протоколов связи (802.11р, 802.11bd), увеличению скорости, сокращению времени задержек и увеличению скорости движения подключаемых объектов. В настоящее время в стадии разработки и тестирования находится стандарт 802.11bd.

В 2014 появился первый рабочий стандарт C-V2X (Cellular-V2X, он же LTE-V2X) на базе стандартов LTE сотовой связи (релиз 14). После появления 15 релиза стандартов сотовой связи с описанием технологии 5G появился новый стандарт NR-V2X (New radio V2X), который развивается и тестируется по настоящее время (релиз 16), и уже начинается внедрение сетей 5G. В стадии начальной разработки находится релиз 17 стандарта сотовой связи уже с технологией 6G.

Для обеспечения сервисов управления BATC возможно применить лишь стандарты начиная с DSRC-V2X 802.11bd и 5G NR-V2X, так как только с этих стандартов возможно обеспечить время задержки пакетов данных в районе 1 мс.

Время задержки пакетов данных очень критично в данной системе, поскольку на скорости 100 км/ч автомобиль за 1 мс проезжает 0,3 м, а учитывая, что обмен данными для управления движением складывается из отправки запроса, его обработки, направления ответа, обработки ответа, механической реакции, это уже 5–10 мс и более, т. е. метры дистанции. Это значит, что ВАТС может двигаться несколько метров фактически по устаревшим данным своего позиционирования относительно других ТС и инфраструктуры дороги или с устаревшими данными о событиях вокруг него.

Управление и движение ВАТС определяется не только данными сети V2X, но и своими датчиками и алгоритмами. Именно взаимная координация транспортного потока должна происходить посредством сети V2X.

Одновременно критичным является доплеровское смещение частоты сигнала между движущимися транспортными средствами или неподвижными объектами. Учитывая, что данные стандарты связи работают на частотах порядка 6 ГГц, величина смещения частоты может достигать нескольких кГц (для низкочастотного диапазона 6 ГГц при скорости 120 км/ч изменение частоты около 300 Гц, при высокочастотном диапазоне 30 ГГц и встречном движении на таких же скоростях — уже 3 кГц), а это помехи и нарушение в канале связи.

Такие протоколы связи используют специальные алгоритмы для повышения устойчивости к данным условиям, по сути эти алгоритмы устойчивости связи являются основными для определения максимальной скорости движения подключенных к сети V2X объектов. В стандартах DSRC-V2X 802.11bd и 5G NR-V2X обеспечивается устойчивая связь на скоростях до 500 км/ч.

Так как стандарты DSRC-V2X 802.11bd и 5G NR-V2X разрабатывались под разные варианты использования, у них разные технические характеристики для V2X.

Изначально сети Wi-Fi, на которых основан стандарт DSRC-V2X, планировались для подключения к ним статических объектов (домашние и офисные пользователи, ограниченные площадки, малоподвижные объекты), в то время как стандарты сотовой связи, тот же 5G NR-V2X, с самого начала разрабатывались для подвижных объектов (покрытия сетью связи больших территорий с передвигающимися по ним объектам, включая автотранспорт). Из-за этого в технологиях разная устойчивость к изменению частоты в доплеровском смещении, а значит, к возникновению помех в канале связи, и в данной ситуации стандарт сотовой связи более устойчив, особенно на высоких частотах, так как его алгоритмы оценки каналов более надежны и адаптированы к таким условиям работы.

Также, из-за разных начальных требований к условиям работы, стандарт 5G NR-V2X обладает большей дальностью связи по сравнению со стандартом DSRC-V2X. Но в ходе дальнейших разработок DSRC-V2X эти значения могут быть нивелированы с точки зрения применения для задач V2X. Стандарт 5G NR-V2X имеет возможность подключения большего количества пользователей на одну базовую станцию (антенну), чем DSRC-V2X.

Помимо технических отличий, есть и коммерческие. Технология DSRC-V2X фактически появилась первой и успела захватить часть рынка устройств V2X (массовое коммерческое внедрение началось уже в 2019, а локальное применение с 2015, например в системе взимания платы).

С точки зрения перспективного развития нужно учитывать еще один важный аспект использования технологий V2X — инфраструктура. Для разворачивания сети DSRC-V2X требуется строительство сети базовых станций, в то время как C-V2X уже сейчас может быть внедрена на базе сетей LTE, а дальше, при появлении 5G сетей, можно будет развернуть NR-V2X.

Для V2X на базе сотовых сетей не потребуется строительства своей собственной антенной сети базовых станций, достаточно будет лишь развивать саму сервисную платформу и подключать к ней транспортные средства. Пользователям не придется менять привычные сервисы, доступные им сейчас через мобильные сети связи.

Помимо изучения того, какое дополнительное программное и аппаратное обеспечение требуется для поддержки выбранного подхода, промышленность и правительства столкнулись с трудностями при внедрении унифицированной коммуникационной технологии. Прямая связь V2X на короткие расстояния необходима для связи с другими транспортными средствами и близлежащими объектами.

Имеет огромный смысл развивать одинаковые стандарты в единой транспортной сети дорог Российской Федерации.

Стоит отметить, что данные стандарты имеют различие в подключении к внешним информационным и аппаратным ресурсам.

Стандарт DSRC-V2X использует подключение типа «точка-точка», что хорошо для ускорения процедуры обмена данными без авторизации в сети (между автомобилями и инфраструктурой дороги), но не имеет возможности подключения к глобальной сети без организации дополнительных каналов связи. А стандарты C-V2X и NR-V2X имеют возможность как подключения «точка-точка» (интерфейс PC5 без сим-карт, как DSRC-V2X), так и широкополосное подключение к глобальной сети для получения различного контента или для технических нужд, например для обновления цифровых карт дороги в поездке или удаленного мониторинга и управления. Стандарты DSRC-V2X и C-V2X в режиме «точка-точка» работают на одной частоте, можно предположить, что будет разработано оборудование инфраструктуры дороги, поддерживающее оба стандарта со стороны автомобилей.

Учитывая вышесказанное, в данный момент целесообразно использовать DSRC-V2X локально только для системы взимания платы и как резервный вариант для связи V2V, V2I (автомобиль-автомобиль/ инфраструктура) 48 .

В мире также прорабатываются два подхода к связи V2X: DSRC для Соединенных Штатов или ITS-G5 (Wi-Fi 802.11p) для Европы и сотовая связь C-V2X на основе LTE (возможно, позже это изменится на 5G).

Гармонизированные спецификации C-ITS, выпуск 1.4 (C-Roads):

Основываясь на сотрудничестве с консорциумом CAR 2 CAR Communication Consortium 49 , гармонизированные спецификации C-ITS ориентированы на связь I2V (от инфраструктуры к транспортному средству), обеспечивая высокий уровень обслуживания C-ITS Day-1, профилированный в соответствии с отчетом EC Phase 1 C-IT Deployment Platform:

- RWW предупреждение о дорожных работах;
- встроенные в транспортное средство знаки IVS;
- OHLN другие уведомления об опасных местах;
- GLOSA зеленый индикатор оптимальной скорости.

Опубликованные спецификации являются основой для развертывания сервисов C-ITS, управляемых инфраструктурой, по всей Европе и будут расширяться с каждым новым выпуском.

Первые реализации ITS-G5 уже действуют в нескольких государствах-членах платформы C-Roads 50 и будут соответствующим образом обновлены в ходе инициативы по внедрению C-Roads.

Согласованный профиль связи для служб C-ITS находится в открытом доступе (https://www.c-roads.eu/platform/get-in-touch.html).

Объединение источников знаний позволяет всем заинтересованным сторонам получить более четкое представление о том, какими будут последствия автоматизации дорожного движения.

 $^{^{48}}$ Справка «Описание технологий V2X» Минтранса России.

⁴⁹ https://www.car-2-car.org/

⁵⁰ C-ROADS — это онлайн-симулятор политики, предложенный Организацией Объединенных Наций, который позволяет пользователям тестировать и визуализировать долгосрочные последствия стратегий для различных региональных групп.

4.5. Проблемы информационной безопасности и приватности

Транспортные коммуникации — это огромная сеть технологий, стандартов, информационных систем, которые осуществляют взаимодействие между собой. При повышении уровня автоматизации ТС все больше начинают циркулировать пользовательские данные, в том числе конфиденциальные, в сетях инфраструктуры. Информатизация ТС достигла такого уровня, что управление такими критическими системами автомобиля, как системы безопасности ABS, ASC, ESP, EBD, блок управление двигателем, уже возможно извне по беспроводным каналам связи, поэтому собственная безопасность автомобиля (информационная безопасность внутренних каналов взаимодействия ТС) является одним из ключевых рисков, который необходимо учитывать во всей транспортной инфраструктуре.

В связи с этим возможны следующие направления исследований в области информационной безопасности движения ТС, в том числе ВАТС:

- собственная информационная безопасность ТС;
- информационная безопасность внешней транспортной инфраструктуры;
- безопасность транспортных путей;
- экологическая безопасность;
- создание комплексной и эффективной нормативно-правовой базы с учетом проведения организационно-технических мероприятий по подготовке и аттестации сотрудников, проведения проверок готовности персонала и пр.
 - Общие уязвимости⁵¹:
- программные ошибки. Подключенные транспортные средства сегодня содержат более 100 миллионов строк кода;
- отсутствие контроля над исходным кодом;
- увеличение использования различных приложений;
- потребность в постоянных обновлениях программного обеспечения. Существует риск того, что эти обновления могут быть упущены или что злоумышленники могут заразить обычные обновления;
- возрастание количества каналов утечки информации.

⁵¹ International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 7, no. 2, 2019.

Информационная безопасность внешней транспортной инфраструктуры — наиболее актуальная задача при создании беспилотных ТС. Большое количество данных, как телеметрии, так и конфиденциальных пользовательских данных, обусловливает необходимость создания информационно-защищенной беспроводной и проводной сети, интегрирующей всю транспортную инфраструктуру.

За последние несколько лет произошли значительные изменения в области систем автомобильной связи.

В сообществе разработчиков стандартов ИТС хорошо понимают, что безопасность и защита частной пользовательской информации являются необходимым условием для развертывания технологии. Без интеграции надежных и практичных механизмов повышения безопасности и конфиденциальности системы связи могут быть нарушены или отключены даже не особо профессиональными злоумышленниками.

Говоря о системах кооперативных ИТС, нельзя не затронуть тему безопасности коммуникаций и защиты приватности пользователей. Вряд ли кому-нибудь понравится открыто передавать информацию о своих передвижениях. Очевидно, что система должна быть защищена от несанкционированного использования, которое может спровоцировать неправильную реакцию автомобилей и стать причиной ДТП.

Эти задачи решаются системой ITS Security, которая обеспечивает анонимность передаваемых данных, авторизует пользователей и ограничивает права доступа к используемым сервисам. Протоколы ITS Security также стандартизованы ETSI и IEEE и должны обязательно применяться всеми участниками C-ITS. Система авторизации пользователей европейской C-ITS едина в рамках Европы, построена на общих принципах и при этом достаточно гибка, чтобы учесть требования отдельных участников 52.

Проблемы, связанные с конфиденциальностью, возникают в основном из-за взаимосвязи автоматизированных автомобилей, что делает их просто еще одним устройством, которое может собирать любую информацию о человеке. Этот сбор информации включает отслеживание пройденных маршрутов, записи голоса, видеозаписи, предпочтений в медиа, которые применяются в автомобиле, моделей поведения и многих других потоков информации.

 $^{^{52}}$ https://itsjournal.ru/articles/international-experience/evropeyskiy-koridor-dlyaumnykh-avto/

5. ИТС-полигоны. Зарубежный и отечественный опыт формирования системы испытаний ИТС

В настоящее время практически в каждой развитой стране проходят испытания ИТС, в том числе кооперативных, подготавливающие базу для реального использования ВАТС.

Некоторые из них ограничены одной площадкой, другие участком автомобильной дороги, районом или даже городом, а другие охватывают сразу несколько стран-участников.

Основная цель всех этих проектов — добиться устойчивой совместной работы оборудования из разных стран и подготовиться к развертыванию глобальной системы ИТС во всем мире.

Рассмотрим наиболее интересные из них.

5.1. Испытательные полигоны США

США не подписали Венскую конвенцию о дорожном движении 1968 года. Это та самая конвенция, которая обязывает водителя находиться внутри машины во время движения и которая блокирует испытания беспилотников в обычной жизни во многих странах. Соединенные Штаты не связывали себя такими обязательствами, поэтому теперь имеют полное право выпустить беспилотники на дороги.

Федеральное правительство США выпустило такой программный документ, как «Руководство по политике в отношении автомобилей с автопилотом и Автоматизированная система вождения 2.0: Видение безопасности».

Палата представителей также приняла «Закон об автоматическом вождении».

Более десятка штатов США открыли общественные дорожные испытания. В одной только Калифорнии в 2019 году тестировалось почти 700 беспилотных автомобилей Waymo, GM Cruise, китайских Baidu, AutoX, Pony.Ai, WeRide и множества других компаний. Пять производителей

имеют разрешение проводить тесты на территории штата без страхующего водителя — это Waymo, Nuro, GM Cruise, Zoox и Auto X^{53} .

1 сентября 2016 года Департамент транспорта США (U. S. Department of Transportation, сокр. USDOT) подписал три соглашения на общую сумму более 45 миллионов долларов для проведения работ по разработке, установке и тестированию пилотной программы внедрения подключенных ТС (Connected Vehicle Pilot Deployment Program) на трех площадках: Вайоминг, Нью-Йорк и Тампа.

В 2017 году министр транспорта США Энтони Фокс объявил, что Департамент транспорта определил 10 экспериментальных площадок для испытаний, чтобы стимулировать тестирование и обмен информацией об автоматизированных транспортных технологиях. Эти обозначения испытательных полигонов будут способствовать инновациям, которые могут безопасно трансформировать личную и коммерческую мобильность, расширить возможности и открыть новые двери для людей и сообществ, находящихся в неблагоприятном положении⁵⁴.

Назначенные испытательные полигоны коллективно сформируют сообщество практиков в области безопасного тестирования и развертывания. Предполагается, что эта группа практиков будет открыто делиться передовым опытом безопасного проведения испытаний и эксплуатации по мере их разработки, позволяя участникам и широкой общественности быстрее учиться и ускорять темпы безопасного развертывания.

Интересно, что в конце 2022 года Палата представителей Соединенных Штатов утвердила предложенный президентом Джо Байденом инфраструктурный план на сумму свыше \$1 трлн. В том числе \$11 млрд пойдет на программы транспортной безопасности. На эти средства запланировано разработать и внедрить к 2026 году во все новые авто кнопку дистанционного выключения⁵⁵.

Сам по себе этот механизм открывает широчайшие возможности по контролю со стороны государства за человеком. Еще раз стоит призадуматься...

Испытательные полигоны позволяют получить критическое представление об оптимальном использовании больших данных с помощью

https://mag.auto.ru/article/countriesforautonomous/
 https://www.transportation.gov/briefing-room/dot1717

⁵⁵ https://bloknot.ru/obshhestvo/dorozhny-j-kontrol-avtomobili-budut-otklyuchatdistantsionno-bez-soglasiya-vladeltsa-852753.html

автоматизированных испытаний ТС и послужат основой для создания сообщества практиков вокруг их исследований.

Все назначенные испытательные полигоны имеют различное оборудование, которое может использоваться для оценки безопасности, управления различными дорогами и условиями, а также для управления различными типами ТС. Они были отобраны из конкурсной группы, включающей более 60 претендентов. Среди претендентов были академические учреждения, государственные департаменты транспорта, города, а также частные организации и партнерства.

Назначенными испытательными полигонами являются:

- 1. Американский центр мобильности (АСМ).
- 2. Город Питтсбург и Пенсильванский институт транспорта имени Томаса Д. Ларсона.
- 3. Партнерство испытательных полигонов Техаса.
- 4. Испытательный центр армии США в Абердине.
- 5. Управление транспорта Контра Коста (ССТА) и станция ГоМентум.
- 6. Ассоциация местных органов власти округа Сан-Диего.
- 7. Группа развития района Айова-Сити.
- 8. Университет Висконсин-Мэдисон.
- 9. Партнеры по автоматизированным транспортным средствам в Центральной Флориде.
- 10. Управление магистралей Северной Каролины.

5.1.1. Испытательный полигон Mcity. Мичиган

Испытательный комплекс Mcity (Mcity Initiative for Advancing Connected and Autonomous Vehicles), созданный при Мичиганском университете, расположен на участке площадью 32 акра и включает в себя около 16 акров дорог и транспортной инфраструктуры.

Сайт: https://mcity.umich.edu/

В Мсіту лаборатории позволяют проводить всестороннее тестирование, оценку и демонстрацию ВАТС, а также технологий, лежащих в их основе.

Тестирование новых технологий в безопасной контролируемой среде имеет важное значение перед развертыванием автоматизированных транспортных средств на улицах общего пользования.

Полномасштабная лаборатория на открытом воздухе имитирует широкий спектр сложностей, с которыми сталкиваются транспортные средства в городских и пригородных условиях, и предоставляет



Рис. 4. Полигон Mcity Источник: https://mcity.umich.edu/

подключенную инфраструктуру и операционную систему для использования в качестве испытательного стенда умного города.

Особенности полигона Mcity:

- современные приборы и датчики по всему комплексу обеспечивают сеть для сбора данных об активности трафика с использованием беспроводной связи, волоконной оптики, Ethernet и высокоточной кинематической системы позиционирования в реальном времени;
- запатентованная технология тестирования дополненной реальности позволяет физическим испытательным машинам взаимодействовать с виртуально подключенными транспортными средствами в режиме реального времени;
- развернутая сеть 5G и связь «транспортное средство ко всему» (V2X) по всему объекту;
- облачное программное обеспечение Mcity OS;

- множество видов различных дорожных покрытий, разнообразие дорожной разметки и типов переходов (например, пешеходных, железнодорожных);
- 300 метров по прямой дороги, плюс подъездные пандусы, повороты, кольцевая развязка, транспортное кольцо и городские улицы;
- светофоры и дорожные знаки, а также имитация фасадов зданий и деревьев;
- настил, имитирующий мост, подземный переход, ограждения и барьеры;
- рабочие места в приспособленных помещениях и на открытых тестовых зонах;
- тестовые транспортные средства.

Сценарии тестирования могут быть сконфигурированы в соответствии с конкретными потребностями пользователей Mcity, оценивающих передовые транспортные средства и технологии мобильности⁵⁶.

5.1.2. Американский центр мобильности. Мичиган

Американский центр мобильности (American Center of Mobility — АСМ) — это исследовательский центр автомобильной автоматизации площадью 500 акров (200 га) и федеральный испытательный полигон, расположенный в городке Ипсиланти, штат Мичиган.

Сайт: www.acmwillowrun.org

Американский центр мобильности был создан в 2017 году как совместная инициатива штата Мичиган в партнерстве с Ann Arbor SPARK, Business Leaders for Michigan, Департаментом транспорта штата Мичиган, Корпорацией экономического развития штата Мичиган, Мичиганским университетом и городом Ипсиланти как способ ускорения исследований ВАТС на региональном и национальном уровнях.

Центр построен в местечке Ипсиланти-Тауншип на части территории исторического аэропорта Willow Run и фордовского завода времен Второй мировой, где выпускались бомбардировщики.

Штат освободил Центр от налогов на недвижимость на 15 лет и пообещал участвовать в финансировании работ.

Участки трассы US Highway 12 и подъезды к бывшему производственному комплексу были перепрофилированы для создания испытательного трека. На территории комплекса были построены дополнительные дороги и коммуникации.

⁵⁶ https://mcity.umich.edu/

ACM — это глобальный центр тестирования интеллектуальной мобильности, предоставляющий платформу интеграции новых технологий для транспорта в намеренно сложных условиях.

АСМ предлагает следующие настраиваемые тестовые среды:

- комплексная система:
 - первая в мире специализированная сеть 5G CAV (глобальный испытательный стенд AT & T);
 - закрытая сеть передачи данных для поддержки тестирования и разработки продукта;
 - облачные сервисы для передачи больших объемов данных;
- профессиональные инженерные услуги;
- испытательное оборудование;
- частные лаборатории;
- технологические наборы инструментов.

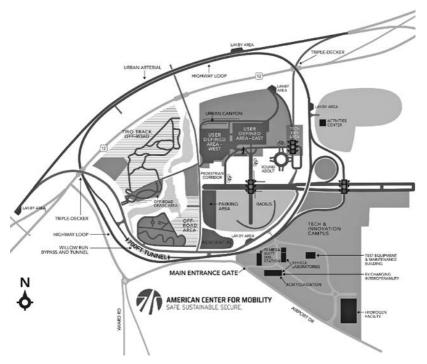


Рис. 5. Общая схема полигона АСМ

Источник: https://acmwillowrun.org/wp-content/uploads/2023/02/ACM012232ACMsitemap.png

ACM считается лидером в области исследований и разработок новых технологий мобильности, получателем многочисленных технических исследовательских грантов от правительства США.

Среди спонсоров — корпорация Visteon и исследовательский институт Toyota Research Institute, которые первыми начали проводить здесь свои тесты.

Среди инвесторов Центра — компании Ford Motor и AT&T, исследовательское отделение Hyundai — Hyundai America Technical Center. Кроме того, American Center for Mobility заключил соглашение о партнерстве с 15 университетами, в рамках которого будут проводиться исследования и учебные программы.

Проект стоимостью \$135 млн (из них 110 млн уже получено от различных компаний) предусматривает возведение штаб-квартиры Центра, технопарка для его клиентов и небольшого полигона, воспроизводящего городскую среду.



Рис. 6. Вид сверху полигона ACM Источник: https://acmwillowrun.org/ wp-content/uploads/2023/02/ ACMO12232ACMsitemap.png



Рис. 7. Фото тоннеля для испытаний ВАТС Источник https://www.drive2.ru/e/Bs1XAEAAAhE

Испытательный трек включает в себя изогнутый туннель длиной 700 футов (210 м), петлю шоссе протяженностью 2,5 мили (4,0 км), трассу для бездорожья, две двойные эстакады и перекрестки с круговым движением. Трек имеет название Powered by Intertek, поскольку Intertek выступает в качестве партнера по эксплуатации и техническому обслуживанию.

В январе 2020 года АСМ открыла свой Технологический парк, предназначенный для инкубации стартапов и офисов партнеров, а также для проведения мероприятий и демонстраций. В дополнение к испытательному треку и исследовательскому центру в Ипсиланти (США), АСМ также управляет Детройтским центром интеллектуальной парковки в Детройте в партнерстве с Ford, Bedrock и Bosch.

5.1.3. Испытательный полигон Waymo. Калифорния

Испытательный полигон Waymo⁵⁷ находится на военно-воздушной базе Касл, списанном военном объекте, где пилоты проходили подготовку в годы Второй мировой войны, а во времена холодной войны здесь дислоцировалось крыло Стратегического воздушного командования страны. Google арендует его с 2014 года. Фирма арендовала

 $^{^{57}}$ Waymo — дочернее предприятие Google по производству беспилотных автомобилей.

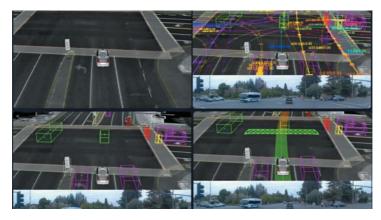


Рис. 8. Выдержка из отчета команды Waymo Источник: https://habr.com/ru/companies/itelma/articles/528012/

80 акров у Merced Country за 456000 долларов, выплачиваемых ежемесячными платежами в размере 19000 долларов.

На своем участке компания создала сеть улиц, транспортных развязок, проездов, пешеходных переходов и даже железнодорожный переезд, чтобы создать широкий спектр сценариев для своих автомобилей. Наличие собственной разветвленной транспортной инфраструктуры позволяет инженерам Waymo производить многократные тесты, чтобы наблюдать за поведением программного обеспечения в тщательно контролируемых ситуациях.



Рис. 9. Maшинa Waymo на испытаниях Источник: https://robogeek.ru/files/blogs/0006/3014/_cache/fit650x800-waymofakesity.jpg



Рис. 10. Дисплеи в салоне минивэнов демонстрируют изображение, которое призвано «построить доверие» между пассажирами и автопилотом

Источник: https://s.yimg.com/ny/api/res/1.2/vAUS3R.gim4U0SRP904RFg-/YXBwaWQ9aGlnaGxhbmRlcjt3P TIOMDA7aD0xNTIw/https://media.zenfs.com/en-US/homerun/businessinsider.com/be1e8801ccdac219854c 7da49b14f214

В салоне автомобиля на спинке первого ряда сидений установлены экраны, на которых отображается сам автомобиль, а также некоторые элементы окружающей среды, которые он воспринимает (другие ТС, пешеходы, дорожная разметка и светофоры)⁵⁸.

Полигон имеет различные условия вождения, включая жилые улицы, дороги в стиле скоростных автомагистралей, тупики и автостоянки.

5.1.4. Испытательный полигон Almono Uber. Пенсильвания

Uber создала собственное беспилотное подразделение в 2015 году, а в 2017 году компания построила полигон для испытания ВАТС. Сайт: https://www.uber.com

Питтсбург помог компании арендовать большой участок недалеко от города для тестовой трассы⁵⁹. Нужно обратить внимание, что

https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.dcc1a9b7-64958c5b-e5704fc3-74722d776562/https/www.yahoo.com/entertainment/waymo-apos-ceo-says-self-070100426.html

⁵⁹ https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.4fc27e26-63985967-4f905594-74722d776562/https/www.nytimes.com/2016/09/11/technology/no-driver-bring-it-on-how-pittsburgh-became-ubers-testing-ground.html



Рис. 11. Общий вид полигона Uber Источник: https://www.thedrive.com/content/2017/10/uberatg-hero.jpg?quality=85

правила дорожного движения штата явно не запрещали автомобили без водителя.

Площадка полигона полностью повторяет городскую среду: на ней есть автобусные остановки, пешеходные переходы, дома и дорожные знаки 60

Инфраструктура полигона включает в себя гигантскую круговую развязку, перемещающиеся машины, имитирующие других участников дорожного движения, и манекены, которые без предупреждения появляются на проезжей части. Также на полигоне расположены контейнеры, предназначенные для имитации зданий, что позволяет обучить машины работать даже тогда, когда надвигающиеся сооружения блокируют их линию обзора.

Площадь полигона составляет 170 000 кв. км. Однако в Uber уже заявили, что в будущем она будет расширена.

На полигоне задействовано порядка 500 сотрудников, в течение нескольких лет Uber планирует расширить штат испытателей до 1000 человек и увеличить инвестиции до 1 миллиарда долларов за десятилетие.

В большинстве случаев имитируются ситуации, которые намного сложнее тех, которые могут встретиться в реальности. На полигоне

⁶⁰ https://auto.vercity.ru/autonews/51160_uber_postroil_gorod_dlya_ispytaniya_bespilotnikov/

есть препятствия и манекены, которые могут двигаться и пересекать улицу перед автомобилем.

В качестве ВАТС Uber использует автомобили Volvo, оснащенные беспилотной системой. Кроме этого, в парке Uber находятся Ford Fusion с гибридной силовой установкой. В салоне каждого из них находятся водитель и инженер, которые при необходимости могу взять управление на себя.

Летом 2019 года Uber и Volvo представили серийную версию беспилотного кроссовера Volvo XC90.

В 2020 году компания Uber, некогда считавшаяся пионером в области систем автономного вождения, не смогла добиться желаемых результатов, то есть запустить коммерческое беспилотное такси, и теперь продала разрабатывавшее его подразделение ATG (Advanced Technologies Group). Покупателем стал американский стартап Aurora, также занимающийся разработкой беспилотников⁶¹.

5.2. Испытательные полигоны Европейского союза

В 2013 году была разработана правовая основа для организации Европейской транспортной сети (Trans-European transport network, TEN-T). Она включает положения, касающиеся непосредственно ко-оперативных ИТС. Методические рекомендации TEN-T устанавливают структурную основу для разработки до 2030 года.

В 2015 году Европейской комиссией (DG MOVE) внедрения совместных автоматизированных транспортных систем в Европейском союзе была организована платформа C-ITS (C-ITS PLATFORM OF THE EUROPEAN COMMISSION).

Развертывание C-ITS — это эволюционный процесс, который нужно начинать с менее сложных приложений ITS.

Существуют три основные оперативные задачи, для решения которых предназначены службы C-ITS:

 предоставлять информацию участникам дорожного движения для повышения безопасности дорожного движения и комфорта во время поездки;

 $^{^{61}}$ https://www.kolesa.ru/news/u-nikh-ne-poluchilos-uber-rasstaetsya-s-bespilotnym-podrazdeleniem

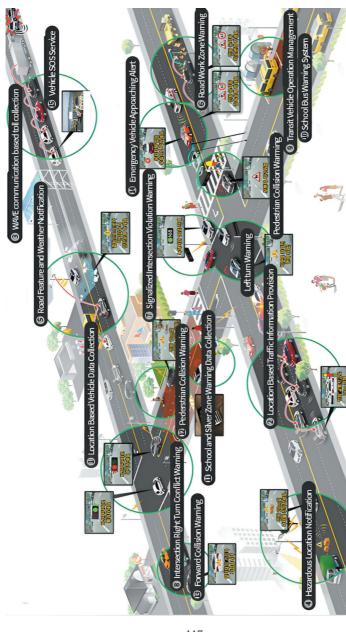


Рис. 12. Общий принцип кооперативных ИТС (C-ITS) Источник: https://c-its.kr/resource/images/cits/english/intro_concept_img.png

Таблица 6. Основные фазы платформы внедрения C-ITS в Европейском союзе

Сервисы Day 1	Сервисы Day 1.5
Предупреждение об опасной ситуации на дороге: • экстренное торможение; • опасное сближение с другим ТС; • медленное или стоящее ТС; • приближение к зоне плотного движения; • приближение к зоне дорожных работ; • сложные погодные условия	Информационные системы управления парковкой
 Безопасность на перекрестках: информация о времени до включения зеленого сигнала; информация об оптимальной скорости безостановочного проезда перекрестка; предупреждение о возможном нарушении ПДД на перекрестке; обеспечение приоритетного проезда для специального транспорта 	Информация о зарядке электромобиля
Информационные сервисы: информация о дорожных знаках; информация о текущем ограничении скорости; информация об оптимальной скорости в условиях плотного движения; сбор статистической информации 	Интеллектуальная маршру- тизация
	Контроль доступа к закры- тым площадкам
	Обнаружение пешехода
	Риск столкновения
	Приближение мотоцикла
	Опасное вождение
	Управление зоной загрузки

Карта с базовыми станциями C-ITS выложена на pecypce https://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/map/maps.html

- определять регуляторные границы, в которых идет информирование участников дорожного движения о конкретных обязательствах, ограничениях или запретах;
- предоставлять предупреждения участникам дорожного движения о возможных инцидентах и их точном характере (по возможности).

В рамках платформы внедрения C-ITS были выделены сервисы «первого дня» (day 1) — первой фазы и «1,5 дня» (day 1.5).

Услуги, относящиеся к этапам day 2 и day 3+, изучаются в рамках проектов НИОКР, в ходе которых генерируются знания для разработки соответствующих настраиваемых функций и стандартов.

Услуги первого этапа внедрения сосредоточены на обмене информацией, способствующей дальновидному вождению. Услуги второго этапа улучшают качество обслуживания и обмениваются информацией о восприятии и осведомленности. Третий этап (day 3+) добавляет дополнительные сложные услуги, такие как обмен намерениями, поддержка переговоров и сотрудничество, которые прокладывают путь к совместному безаварийному автоматизированному вождению.

5.2.1. Проект C-Roads

Чтобы обеспечить одинаково высокий уровень сервисов C-ITS на всей территории Европы, в 2016 году был создан C-Roads 62 , европейский суперпроект кооперативных ИТС, включающий более 19 странучастников и несколько стран-наблюдателей.

Платформа C-Roads — это совместная инициатива европейских государств-членов и дорожных операторов по тестированию, внедрению и эксплуатации услуг C-ITS в отношении трансграничной совместимости и гармонизации систем и услуг.

Основные члены проекта: Австрия, Бельгия / Фландрия, Бельгия / Валлония, Чешская Республика, Дания, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Венгрия, Ирландия, Италия, Нидерланды, Норвегия, Португалия, Словения, Испания, Швеция и Соединенное Королевство.

Ассоциированные члены: Хорватия, Израиль, Новая Зеландия, Австралия, Швейцария и Турция.

Проект призван расширить взаимодействие европейских пилотных проектов дорожной инфраструктуры, обеспечить совместимость оборудования различных производителей и функционирование сервисов ИТС при пересечении национальных границ.

Платформа работает над согласованными спецификациями, связывает национальные пилотные проекты C-Roads и городские узлы C-Roads, поддерживает транснациональное тестирование и гармонизацию услуг, а также проводит специальные рабочие группы по организационным и техническим аспектам.

_

⁶² https://www.c-roads.eu/platform/events.html

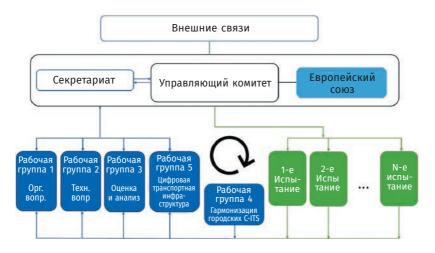


Рис. 13. Платформа C-Roads — структура управления Источник: https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/media/Dokumente/ToR_C_Roads_Platform_ V2.0_final.pdf

Основная цель — связать проекты пилотного развертывания C-ITS в государствах-членах:

- разрабатывать, распространять и публиковать общие технические спецификации (включая общие коммуникационные профили);
- обеспечивать совместимость с помощью межсайтового тестирования:
- разрабатывать системные тесты на основе общих профилей связи, сосредоточив внимание на гибридном комплексе связи, который представляет собой комбинацию ETSI ITS-G5 и существующих сотовых сетей.

Участники привержены единому Техническому заданию⁶³.

В рамках C-Roads производится унификация списка доступных сервисов, уточняются версии используемых стандартов, создаются тестовые спецификации и программы сертификации ⁶⁴.

C-Roads находится в тесной кооперации с другими организациями, такими как ETSI и Car-2-Car Communication Consortium, активно

⁶³ https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/media/Dokumente/ToR_C_Roads_ Platform_V2.0_final.pdf

⁶⁴ https://crg-cloud.its-an.de/index.php/s/Pmq8taNBjLM438Q

использует результаты предыдущих и текущих проектов — например, InterCor, C-ITS Corridor 65 , Scoop.

Историческая справка: Scoop@F — проект, объединяющий французских автопроизводителей, дорожных операторов, операторов сотовой связи. Голландские, испанские, португальские компании также принимают участие в проекте. Уже выпущено несколько тысяч автомобилей, оборудованных системой Scoop, сотни километров автомагистралей и обычных дорог покрыты сетью передающих станций. В настоящее время проект перешел во вторую фазу, предусматривающую использование гибридных технологий G5 и сотовой связи.

C-ITS Corridor — пилотный проект, связывающий Голландию, Германию и Австрию. В его рамках создается коридор от Вены через Франкфурт до Роттердама, покрытый сетью ИТС G5. Каждая страна ответственна за свой участок дорог. На сегодняшний момент проект также вошел во вторую фазу, объединяющую технологии G5 и мобильной связи.

Nordic Way — скандинавский проект, объединяющий участников из Финляндии, Норвегии, Швеции и Дании. В нем использовалась только мобильная связь. Сейчас активно развивается проект Nordic Way 2, в рамках которого ведется работа над использованием протоколов ИТС G5.

Crocodile — ИТС-проект, в который входят страны Восточной Европы: Чешская Республика, Венгрия, Польша, Румыния, Словения, а также Австрия, Германия, Италия и Греция. Вначале проект также полагался только на мобильную связь, но запуск Crocodile 2 открывает возможности использования сервисов кооперативных ИТС66.

5G-CARMEN (https://www.5gcarmen.eu/avpit) — будет построен коридор с поддержкой 5G из Болоньи в Мюнхен для проведения международных испытаний технологий 5G для четырех случаев использования: совместное маневрирование, информирование о ситуации, потоковое видео и экологичное вождение.

Развертывание C-ITS сталкивается со многими важными нерешенными проблемами, такими как юридические, организационные, административные, регулирующие аспекты, технические вопросы и вопросы стандартизации, а также вопросы внедрения и закупок.

Миссия C-Roads — поддерживать обязательство Европейской комиссии и Европейского партнерства для обеспечения долгосрочной основы координации исследований и разработок и крупномасштабных мероприятий по тестированию инфраструктуры для ВАТС.

Чтобы гармонизация работала должным образом, платформа C-Roads разделила тестовые среды на внутренние (в одной стране)

⁶⁵ https://intercor-project.eu/

⁶⁶ https://itsjournal.ru/articles/international-experience/evropeyskiy-koridor-dlya-umnykh-avto/?ysclid=lc2dgp17o1682817959

и трансграничные, в которых участвуют две или более стран, операторов или производителей. Требования в профилях также были разделены на три различные категории.

Категория C1: требования, обозначенные как C1, относятся к местному внедрению и должны быть протестированы в стране внедрения.

Категория С2: требования, обозначенные как С2, имеют отношение к трансграничной совместимости, но могут быть протестированы в среде одной страны, оператора или производителя. Однако они являются необходимым условием для дальнейшего трансграничного тестирования.

Категория С3: требования, обозначенные как С3, должны быть подтверждены с помощью реальных трансграничных испытаний.

Чтобы гарантировать гармонизацию и сопоставимость результатов, каждое принимающее государство-член обязано использовать общий шаблон и общий процесс для представления всех результатов трансграничных испытаний C-Roads.

Bce партнеры C-Roads в настоящее время создали и протестировали свои пилотные внедрения, и на данный момент были проведены многочисленные трансграничные тесты.

Тесты такого рода гарантируют, что все TC в Европе говорят на одном и том же «C-ITS языке» и могут взаимодействовать друг с другом и дорожной инфраструктурой. Тесты такого рода имеют большое значение для гармонизации C-ITS по всему Европейскому союзу, а также представляют собой основу для последующих сервисов, поддерживающих подключенное и автоматизированное вождение.

Все партнеры осуществляют перекрестное тестирование.

Чтобы выполнить перекрестное тестирование и проверку между двумя или более испытательными площадками, каждая испытательная площадка должна выполнить определенные предварительные условия.

5.2.2. Проекты консорциума 5G-MOBIX

Этот проект получил финансирование от исследовательской и инновационной программы Европейского союза Horizon 2020 в рамках грантового соглашения (https://www.5g-mobix.com).

Консорциум 5G-MOBIX специально создан с учетом оценки технологий 5G для автоматизированной мобильности, удовлетворения потребностей в стандартизации и предоставления рекомендаций и вариантов сценариев развертывания 5G для автоматизированной мобильности.

Консорциум рассчитывает на крупные исследовательские организации, активно участвующие в национальных и европейских проектах 5G, операторов связи, производителей телекоммуникационных и ИТ-технологий, поставщиков автомобилей, производителей оборудования, дорожных операторов, государственные органы, отвечающие за управление дорожным движением, транспортные отрасли, а также городские советы и малые и средние предприятия, как внутри, так и за пределами Европы.

Эти организации обладают не только опытом работы с технологиями 5G и автоматизированной мобильностью, но и полномочиями по проведению местных и региональных исследований и развитию бизнеса в области 5G и автоматизированной мобильности.

Различные протоколы, сценарии и функции 5G тестируются в условиях различного трафика, покрытия сети и спроса на услуги, а также с учетом неотъемлемо различных юридических, деловых и социальных аспектов на каждом объекте. Их производительность оценивается в контексте:

- 1) трансграничных проблем, то есть проблем, связанных с бесперебойной трансграничной функциональностью в 5G, начиная от телекоммуникационной инфраструктуры, безопасности приложений и заканчивая вопросами конфиденциальности и регулирования;
- 2) наиболее перспективных решений, определенных для их решения. Целостный взгляд инициативы 5G-MOBIX на оценку учитывает широкий спектр технических аспектов (от радио, сети до уровня приложений), факторы взаимодействия, а также альтернативные подходы к конкретным техническим решениям.

Консорциум 5G-MOBIX объединяет 58 партнеров из 13 стран ЕС, Турции, Китая и Южной Кореи и проводит испытания в двух трансграничных коридорах и на шести местных испытательных площадках.

Трансграничные коридоры

• Трансграничный коридор Испания — Португалия

В 2018 году Испания и Португалия подписали соглашение о создании двух наземных транспортных коридоров, где будут проходить испытания беспилотных ТС. Автомобили с автоматическим управлением будут циркулировать между Порту и Виго (154 км) и между Эворой и Меридой (163 км) 67 .

 $^{^{67}\} https://espanarusa.com/ru/news/article/633467?ysclid=lc1znvhis6466166361$

Изучаются проблемы бесперебойного взаимодействия между несколькими операторами из разных стран.

Основной рассматриваемый вариант использования будет базироваться на преимуществах технологии 5G, позволяющей частным автоматизированным TC успешно передвигаться по различным сложным городским маршрутам, в то время как другие варианты использования включают междугородние сценарии и для общественного транспорта.

• Трансграничный коридор Греция — Турция

Коридор расположен на юго-восточных границах Европы.

Уникальные условия делают его плодотворным полигоном для тестирования вариантов использования ИТС в пограничных условиях EC.

Поскольку эти коридоры являются основными торговыми артериями, то прорабатывается вариант использования грузовых беспилотных автомобилей.

Испытательные площадки

• Финляндия. Городской испытательный полигон Эспоо в кампусе Университета Аалто в Отаниеми

Городской испытательный полигон Эспоо расположен в кампусе Университета Аалто в Отаниеми, район Эспоо, в Финляндии. Отаниеми — родина крупнейших и ведущих исследовательских и высокотехнологичных компаний Финляндии, а также оживленного скандинавского стартап-сообщества. Таким образом, испытательный полигон в Эспоо имеет стратегическое расположение, позволяющее продемонстрировать концепцию 5G-МОВІХ таким национальным силам и обеспечить автоматизированную мобильность в странах Северной Европы.

Кроме того, уникальный местный климат позволит проводить испытания в условиях продолжительных и суровых зимних сезонов, характерных для северных стран. Городской испытательный полигон в Эспоо в первую очередь будет ориентирован на варианты использования среды с несколькими операторами связи, учитывая, что по финскому законодательству автоматизированное ТС всегда должно быть подключено к двум сетям.

Франция

Французская городская испытательная площадка состоит из двух локаций: первая представляет собой испытательный трек, расположенный в Версаль Сатори, где проходят все предварительные

(и дополнительные) тесты и испытания; вторая — демонстрационная площадка VEDECOM, расположенная между кампусом Политехнического университета Париж-Сакле и железнодорожной станцией Масси-Палезо.

Первый проходит по закрытым дорогам (частным испытательным трассам), второй состоит из городских и сельских дорог (доступны как отдельные полосы, так и открытая дорога).

• Германия

Инфраструктура 5G-MOBIX в Германии состоит из двух открытых и городских коридоров (т. е. автоматизированные ТС сосуществуют с обычными ТС), один из которых расположен в Берлине, другой — в Штутгарте. Два испытательных участка представляют собой взаимодополняющий набор коридоров, обеспечивающих разный уровень управляемости, динамичности и плотности смешанного городского движения, состоящего из традиционных и автоматизированных ТС, а также других участников дорожного движения, таких как пешеходы и велосипедисты.

Очень плотная дорожная среда Берлинского коридора обеспечивает идеальные возможности тестирования для различных вариантов использования ВАТС в городских и открытых условиях с богатым количеством оцифрованной уличной инфраструктуры. Уменьшенный коридор, расположенный в Штутгарте, позволяет тестировать выявленные варианты использования в частично контролируемой среде.

• Нидерланды

Голландский испытательный политон для городских и автомагистралей находится в высокотехнологичном районе Эйндховен-Хелмонд, также называемом Брейнпорт. Это место было центром развертывания C-ITS и других технологических разработок для автоматизированного вождения, и в результате здесь имеется множество испытательных центров для испытаний.

Рассматриваемая дорожная сеть представляет собой комбинацию дорог местного значения и (междугородних) городских дорог с оборудованными перекрестками C-ITS и автомагистралью протяженностью 6 км с полным покрытием C-ITS и видеонаблюдением.

Объединяя разнообразие городских, междугородних дорог и автомагистралей с высокой долей установок C-ITS, голландское испытание касается обеспечения высокого уровня вождения ВАТС на перекрестках, поддержки смешанного движения 4-го уровня ВАТС на

междугородних дорогах и автомагистралях, а также предоставления услуг беспилотного парковщика в жилых помещениях и кампусах. Технологии 5G обеспечат новые функции вождения автоматизированного ТС и (совместные) функции предотвращения столкновений, а также дополнительно будут использовать существующую (совместную) информацию о дорогах и источники из устаревших ТС.

Эти полнофункциональные испытательные площадки способны поддерживать расширенные функциональные возможности подключенной автоматизированной мобильности с поддержкой 5G (CAM), основанные на разработке, развертывании и интеграции:

- 10 полностью работающих сетей 5G-NSA и 3 5G-S;
- 24 полностью работающих GNB 5G, работающих в нескольких диапазонах, включая диапазоны mmW;
- 17 TC уровня SAE 3+;
- 21 бортовой модуль (OBU), оснащенный чипсетами 5G;
- 22 MEC / Edge узла, подключенные к сетям 5G;
- 18 устройств дорожной инфраструктуры (RSU);
- 11 центров ИТС / облачных приложений;



Рис. 14. Общий вид испытательного полигона Брейнпорт Источник: https://www.5g-mobix.com/assets/descriptions/_width802/Netherlandsl__trial1.png

• множество встроенных датчиков и специализированного оборудования, такого как лазеры, лидары, дорожные радары, UHD-камеры, датчики приближения, рентгеновские сканеры, датчики GNNS, спутниковые модемы, смартфоны/планшеты и т. д.

Набор дополнительных пользовательских историй позволяет проводить углубленное исследование множества трансграничных проблем САМ, например непрерывности обслуживания и сеансов, задержек между PLMN 68 , передачи статуса приложения через границу, безопасности/конфиденциальности и т. д. В ходе испытаний тестируется множество соответствующих технологий/функций/средств 5G, а также различные конфигурации сетей и приложений.

Измерения позволяют оценить удобство работы пользователей на уровне САМ, а также производительность 5G на разных уровнях (приложение, транспорт, доступ) и сегментах сети (доступ, границы и плоскости).

Оценка и анализ производительности исследуют такие аспекты, как: роуминг от NSA/SA до SA/NSA 69 , GRX 70 против прямого сетевого соединения, домашняя маршрутизация против локальной маршрутизации, альтернативы подключения между MEC, решения с несколькими PLMN / несколькими SIM-картами, передача на спутник, мультиразвертывание различных приложений, решения для управления данными и многое другое.

5.3. Испытательные полигоны Южной Кореи

В Южной Корее к 2024 году соответствующей инфраструктурой для безопасного движения ВАТС должны обзавестись 100% платных дорог — это 5500 километров 71 .

Власти собираются обеспечить беспроводную связь между TC и придорожной инфраструктурой на всем протяжении пути⁷².

⁶⁸ PLMN (Public land mobile network) — зона обслуживания мобильной сети.

⁶⁹ За общим обозначением 5G на самом деле скрываются два подхода к развертыванию сетей: non-standalone (NSA, неавтономный стандарт) и standalone (SA, автономный).

⁷⁰ GRX (Global Roaming Exchange) — сеть для обмена пакетными данными роуминговых абонентов мобильных сетей.

 $^{^{71}\} https://www.frmtr.com/motorlu-araclar-genel-konular/7248985-surucusuz-otomobil-sehri-k-city-operasyona-basladi.html$

⁷² https://mag.auto.ru/article/countriesforautonomous/

После платных дорог придет очередь остальных, к 2030 году все 110 000 км дорог Южной Кореи должны быть картированы.

В нацпроекте прописаны ориентиры на количество ВАТС на улицах. К 2025 году 9% всех продаваемых в стране ТС должны иметь частичную или полную автоматизацию движения, а к 2030 году доля таких машин должна вырасти до 54%.

В Южной Корее есть два очень интересных испытательных полигона: Yeonggwang urban и K-City.

Yeonggwang urban

Испытательный полигон в городе Йонгванг в Южной Корее пользуется преимуществами высокотехнологичной южнокорейской промышленности и доступности технологий.

Основной задачей полигона Yeonggwang является апробация решений, направленных на удовлетворение спроса пользователей в условиях высокой мобильности (включая автобусы, поезда, метро или автомобили) с использованием широкополосной точки доступа в ТС и удаленного управления с помощью оператора-человека.

K-City

В октябре 2017 года корейское правительство открыло полигон для испытаний беспилотных автомобилей. Комплекс K-City занимает площадь 360 тысяч квадратных метров. В общей сложности



Рис. 15. Общий вид испытательного полигона Yeonggwang Источник: https://www.5g-mobix.com/assets/descriptions/_width802/Korea_-pilot-20.1.JPG

в строительство будет инвестировано 11 миллиардов вон (около десяти миллионов долларов)⁷³.

Южнокорейский город для ВАТС К-Сіту расположен примерно в 30 км к югу от Сеула. Этот частный город, созданный при поддержке правительства страны.

Этот объект, который считается крупнейшим в мире, включает в себя все элементы, с которыми автономные ТС будут сталкиваться в реальных условиях. Город, который, как было заявлено, будет использоваться в основном местными автомобильными брендами, предлагает разработчикам автономных ТС возможность тестирования в этой безопасной среде, вместо того чтобы выходить на реальные дороги и создавать большие риски

K-City моделирует разные условия для вождения: город, сельская местность, автомагистрали и стоянки. Благодаря передовым технологиям связи между ТС на полигоне можно будет воссоздать типичные реальные дорожные ситуации, а также перекрестки и тоннели. Это позволит протестировать ситуации с высоким риском аварии, чтобы обеспечить большую безопасность, как для водителей, так и для пешеходов.

Предусмотрен и целый ряд «головоломок», которые должны затруднить работу автопилотов: многочисленные перекрестки, отрезки выделенных полос для общественного транспорта, «сломанные» машины на обочинах и даже возведенные в чистом поле тоннели, в которых нет приема сигнала GPS. Полигон будут вводить в эксплуатацию постепенно.

Свои системы автопилота на полигоне K-City собираются испытывать фирмы Hyundai, Kia, Naver, Samsung и SK Telecom.

Samsung уже начал тесты ВАТС на дорогах Южной Кореи. Для этого компании пришлось получать специальное разрешение у правительства. Для работ на полигоне это будет необязательно.

Компания Samsung Electronics объявила о подписании Меморандума о взаимопонимании (MoU) с Корейским агентством по безопасности перевозок (KOTSA) с целью сотрудничества в области телекоммуникационных технологий следующего поколения и создания инновационных технологий для автономного вождения. Партнеры оборудуют сетями связи 4G LTE, 5G и Tele-To-Everything (V2X), а также

 $^{^{73}}$ https://smartcity.go.kr/en/%ea%b8%80%eb%a1%9c%eb%b2%8c-%ec%8a%a4%eb%a7%88%ed%8a%b8%eb%8f%84%ec%8b%9c/k-city-network/



Рис. 16. Общая схема испытательного полигона для BATC K-City Источник: http://www.businesskorea.co.kr/news/photo/201711/23508_18018_0.png

соответствующей ІТ-инфраструктурой корейский испытательный полигон для тестирования технологий автономного вождения K-City 74 .

Благодаря доступу к различным телекоммуникационным сетям, включая 5G, 4G и V2X, в одном месте K-City позволит максимально реалистично воссоздать реальные условия для испытания технологий автономного вождения.

5.4. Испытательные полигоны Японии

Японское правительство активно содействует реализации проекта «Интеллектуальный подключенный автомобиль».

В июне 2017 года японское полицейское управление выпустило «Стандарт обработки разрешений на дорожные испытания системы дистанционного автопилота», позволяющий ТС проводить испытания без водителя.

Интересным полигоном ИТС в Японии является полигон Subaru.

⁷⁴ https://news.samsung.com/ru/samsung-и-kotsa-построят-полигон-5g-v2x-для-тестиров



Рис. 17. Общий вид испытательного полигона для BATC Subaru Фото: https://www.drive.ru/news/subaru/59f6d36cec05c48d4900002a.html



Рис. 18. Центр управления испытательного полигона Subaru Фото: https://images.drive.ru/i/0/59f6d36cec05c48d4900001e

В 2017 году корпорация Subaru завершила строительство двух участков для испытаний автономных машин и систем помощи водителю на полигоне Бифука, который с 1995 года работает на острове Хоккайдо 75 .

Изначально комплекс площадью 361 гектар создавался для тестирования ТС в зимних условиях, в 2003 был добавлен скоростной участок длиной 4,2 км.

5.5. Испытательный полигон Сингапура

В отличие от крупных стран, где производители в первую очередь нацелены решить задачи запуска автономных грузоперевозок и сервисов роботакси, Сингапур сосредоточился на общественном транспорте без водителей. В маленьком городе-государстве нет необходимости для дальних поездок, а большая плотность застройки не оставляет места для парковок.

Поэтому Сингапур высокими налогами дестимулирует владение любым личным транспортом: и бензиновым, и электрическим. По крайней мере, в этом состоит долгосрочная цель программы «В любую точку за 45 минут», которую объявил город. Возможность добраться из произвольного пункта А в произвольный пункт Б в Сингапуре за 45 минут должна стать реальностью к 2040 году. Этой цели и будут служить общественные беспилотники.

Для этого в стране активно развивается нормативная база. Сейчас 1000 км дорог на западе страны — десятая часть всех улиц Сингапура — открыты для свободного тестирования беспилотников.

Одновременно с этим правительство организовало программу переподготовки для сотни водителей автобусов: они получили возможность освоить навыки инженеров по безопасности для беспилотников 76 .

В Сингапуре создан комитет по движению самоуправляемых автомобилей для надзора за исследованиями и испытаниями самоуправляемых автомобилей. В начале 2017 года в Сингапуре начала функционировать служба автоматического вождения маршрутных автобусов в пределах разрешенного участка.

⁷⁵ https://www.drive.ru/news/subaru/59f6d36cec05c48d4900002a.html

⁷⁶ https://mag.auto.ru/article/countriesforautonomous/

Страна напрямую финансирует разработки из бюджета: в 2020 году государство выделило 6 млн сингапурских долларов (\$4,3 млн) на испытания беспилотников. При этом наладить самостоятельное производство беспилотных автобусов Сингапур вряд ли сможет: здесь слишком мало места для возведения полноценных заводов. Однако город с хорошо образованным населением в будущем надеется привлечь крупные компании, которые помогут в развитии беспилотного транспорта и смогут открыть местные исследовательские центры.

Пока крупные производители еще массово не тестируют в Сингапуре беспилотный транспорт, однако первые R&D центры здесь уже организовали компания Motional (совместное предприятие Hyundai и Aptiv) и китайская Desay. Благодаря активной господдержке и высокому уровню принятия новых технологий населением международная компания KPMG поставила Сингапур на первое место в рейтинге готовности стран к беспилотному транспорту.

Центр передового опыта в области тестирования и исследований автономных TC-NTU (CETRAN — https://cetran.sg/) был открыт



Рис. 19. Вид сверху испытательного полигона CETRAN Фото https://cetran.sg/test-center/

в 2017 году Наньянским технологическим университетом Сингапура (NTU Singapore), Управлением наземного транспорта (LTA) и JTC.

CETRAN напрямую не разрабатывает новые технологии для ИТС, скорее, он проводит фундаментальные исследования того, как эти системы должны работать, разрабатывает требования к тестированию и устанавливает международные стандарты для ИТС.

CETRAN управляет центром ИТС-тестирования площадью 1,8 га, построенным корпорацией ЈТС для поддержки разработки и внедрения ИТС-технологий в Сингапуре.

Установка доступна для использования в качестве испытательного стенда разработчиками ИТС-технологий и используется непосредственно компанией CETRAN для проведения физических испытаний ИТС.

Испытательный центр, построенный в соответствии со стандартами сингапурских дорог общего пользования, обеспечивает типичные особенности городской среды.

5.6. Испытательные полигоны Китая

КНР стала одной из первых стран, которая ввела единые правила передвижения беспилотников по всей стране.

В 2019 году Министерство промышленности и информационных технологий, Министерство общественной безопасности и Министерство транспорта Китая совместно выпустили «Правила управления дорожными испытаниями интеллектуальных сетевых ТС (Trial)», в которых содержится ряд требований к тестовым приложениям, аудитам и субъектам управления тестированием, водителям-испытателям и испытательным ТС.

Местный бизнес активно участвует в создании ВАТС. Правительство Китая настоятельно рекомендует автопроизводителям внедрять технологии автономного вождения.

В отличие от США, в Китае пока не разрешено проводить такие поездки без страхующего водителя. По всей стране создано более 70 испытательных зон 77 .

Они расположены в том числе в следующих городах: Пекин, Шанхай, Шэньчжэнь, Чунцин, Хух-Хото, Шэньян, Чанчунь, Харбин,

⁷⁷ https://news.rambler.ru/other/40328234-kitay-sozdast-novye-kompleksnye-pilotnye-zony-transgranichnoy-elektronnoy-kommertsii/

Нанкин, Наньчан, Ухань, Чанша, Наньнин, Хайкоу, Гуйян, Куньмин, Сиань, Ланьчжоу, Сямэнь, Таншань, Уси, Вэйхай, Чжухай, Дунгуань и Иу.

В городах, которые уже внедрили методы управления дорожными испытаниями, были созданы соответствующие рабочие группы, названия у них разные, характер и обязанности в основном те же.

Основные обязанности рабочих групп для проведения испытаний:

- 1. Разработка программ испытаний.
- 2. Выдача уведомлений об испытаниях.
- 3. Организация работ по оценке проведенных испытаний.
- 4. Решение вопросов по координации действий.

Предлагается следующий минимальный перечень основных сценариев для проведения испытаний:

- 1. Предупреждение об аварии на дороге.
- 2. Предотвращение столкновения на перекрестке.
- 3. Информирование об ограничении скорости.
- 4. Предупреждение об опасных ситуациях на дороге.
- 5. Предупреждение об ограничениях на дороге.
- 6. Предупреждение о дорожных работах.

В некоторых случаях были наняты сторонние институты (агентства), которые являются конкретными учреждениями-исполнителями регулирующих органов.

Правительство Китая считает, что дорожные испытания являются незаменимым звеном в разработке и применении технологии интеллектуальных подключенных ТС. Функция автопилота требует большого количества тестов и проверок и должна быть полностью протестирована в реальных дорожных условиях, прежде чем она будет официально представлена на рынке.

Согласно Национальной дорожной карте интеллектуальных технологий для автомобильной отрасли, доля рынка ВАТС в Китае в 2025 году составит около 15%, а к 2025–2030 годам рыночная доля полностью беспилотных ТС приблизится к $10\%^{78}$.

В национальных Правилах управления дорожными испытаниями интеллектуальных сетевых ТС выдвигаются требования из семи пунктов к характеру испытательной установки, сфере деятельности, способности минимизировать несчастные случаи, способности

⁷⁸ China-SAE. «Technology roadmap for energy saving and new energy vehicles [M],» Beijing: Mechanical Industry Press, 2016. (in Chinese)

оценивать тесты, способности удаленного мониторинга, способности анализировать записи событий и соответствия законам и нормативным актам:

- это должно быть независимое юридическое лицо, зарегистрированное на территории Китайской Народной Республики;
- компетентность предприятия, связанная с интеллектуальным управлением ТС, в том числе производство автомобилей и запчастей к ним, а также проведение технологических испытаний и исследований;
- возможность компенсации за личные и имущественные потери, которые могут возникнуть во время тестирования;
- наличие процедур оценки тестирования функции автоматического вождения;
- возможность осуществлять удаленный мониторинг тестируемых ТС в режиме реального времени;
- возможность записывать, анализировать и воспроизводить события тестового ТС;
- другие положения, предусмотренные законами, постановлениями и правилами КНР⁷⁹.

Испытуемые TC средства должны быть зарегистрированы и пройти обязательный техосмотр, а TC должно иметь режим человекомашинного управления и функцию записи данных.

Таблица 7. Требования местных властей городов КНР к проведению испытаний

Город	Требования
Шанхай	Соответствуют национальным Правилам
Пекин	Более жесткие требования к характеру юридического лица испытуемого. Испытуемый должен пообещать установить устройство наблюдения и согласиться на ежедневное наблюдение уполномоченной третьей стороны
Шэньчжэнь	Немного отличаются формулировки требований

⁷⁹ Shanghai Intelligent Network Linked Vehicle Road Test Management Measures (Trial). (in Chinese); Chongqing Autopilot Road Test Management Regulations. (in Chinese); Beijing Municipality Automated Vehicle Road Test Management Regulations (Trial). (in Chinese); Changchun Intelligent Network Linked Vehicle Road Test Management Measures. (in Chinese); Intelligent Networked Vehicle Road Test Management Specification (Trial).

Город	Требования
Чанша	Добавлена статья «Необходимость приобретения страховки ответственности за безопасность производства»
Чанчунь	Соответствуют национальным Правилам
Чунцин	Расширено требование к испытуемому. Испытуемым является компания по производству комплектных ТС, производитель модифицированных ТС, компания по производству запчастей и комплектующих, предприятие электронной информации, научно-исследовательский институт/колледж, транспортная компания или другое технологическое предприятие, имеющее технологию автономного вождения и возможности разработки продукта или производства

Таблица 8. Требования местных властей городов к тест-драйву и транспортным средствам

Город	Требования
Шанхай	1. Нет четкого требования к подписанию трудовых договоров. 2. Добавлено требование о том, чтобы опыт вождения водителя- испытателя в системе автопилота составлял более 50 часов, из которых более 40 часов относятся к опыту вождения ВАТС
Пекин	Водитель-испытатель должен управлять испытательным транспортным средством в опасных условиях более 50 часов
Шэньчжэнь	Нет четких требований к водителю-испытателю
Чанша	Соответствуют национальным Правилам
Чанчунь	Добавлены следующие требования: 1. У владельца ВАТС не должно быть серьезных нарушений правил дорожного движения и сообщений о потере управляемости ВАТС за последний год. 2. Добавлено требование о том, чтобы опыт вождения водителяиспытателя в режиме работы ТС «автопилот» составлял более 50 часов, из которых более 40 часов относятся к опыту вождения ВАТС
Чунцин	Добавлены следующие требования: 1. Водитель-испытатель должен пройти профессиональную подготовку по дорожным испытаниям в течение не менее 50 часов, включая профессиональную подготовку управления испытательным ТС в опасных сценариях. 2. Водители-испытатели должны обладать знаниями по характеристикам тестового ТС

В требованиях к испытательным ТС безопасность испытаний рассматривается как основное требование, как в национальных, так и в местных правилах организации испытаний.

Это главным образом отражается в том факте, что испытуемое ТС должно соответствовать требованиям проекта обязательного осмотра и не должно снижать показатели безопасности ТС средства. Кроме того, оно должен иметь режимы ручного управления и автопилота, которые должны быть гарантированы, чтобы водитель мог немедленно переключать ручной режим в опасных ситуациях.

Кроме того, в целях обеспечения безопасности общественных дорожных испытаний в Шанхае, Пекине и Чанше также требуется, чтобы ТС были оснащены устройствами, обеспечивающими функции напоминания. Когда система автопилота не срабатывает, устройство должно немедленно напомнить водителю-испытателю о необходимости принять управление ${\rm TC}^{80}$.

Другим важным требованием является то, что на испытуемом ТС должно быть установлено оборудование для контроля его состояния и хранения записей. Это требование совпадает с национальным регламентом в спецификациях трех городов Чанчунь, Чанша и Шанхай. Сохраненные данные включают режим управления ТС, его положение и статус движения, так что в случае дорожно-транспортного происшествия можно выполнить анализ аварии.

Чтобы усилить нормативное участие в проведении дорожных испытаний ИТС, национальные и местные требования требуют от компании подать заявку на процесс тестирования, главным образом для проверки целостности материалов.

Немного особняком стоит испытательная зона в городе Уси (Wuxi). Там прежде всего отрабатываются новые технологии в области скоростных систем связи. Для испытаний выделена огромная территория в 170 кв. км. Задействовано 240 перекрестков, 100 автомобилей, 5 магистралей городского значений и одна скоростная магистраль. Предполагается передача 40 видов дорожной информации и проработка 26 сценариев.

В этом проекте приняло участие более двух десятков крупных фирм, автостроительных и IT компаний. По сути, это главная площад-ка тестирования C-V2X широко известной в России компании Huawei.

⁸⁰ Bowei Zou, Wenqiang Li and Danni Wang. Analysis on current situation of China's intelligent connected vehicle road test regulations. China Automotive Technology and Research Center Co., Ltd., Tianjin, China.

Китайцы отлично понимают, что «с наскока» безопасную инфраструктуру не создашь, требуется консолидация усилий многих интересантов, и сколько времени уйдет на отработку алгоритмов V2X, никто прогнозировать не берется.

Очень важным является требование о том, что для допуска беспилотных ТС на дороги общего пользования компаниям необходимо предоставить материалы по проведению испытаний без выезда на дороги общего пользования, а также протоколы испытаний функций автопилота, выданные сторонними испытательными агентствами, которые признаны национальными властями.

5.6.1. Испытательный полигон Apollo Park. Пекин

26 мая 2020 года китайская компания Baidu объявила о завершении строительства Apollo Park в зоне экономического развития Ичжуан в Пекине. В настоящее время Apollo Park является крупнейшей в мире базой для тестирования автовождения и координации, парк будет выполнять пять функций: хранение ТС и их запчастей, дистанционное управление большими данными, диспетчерская служба, техническое обслуживание и калибровка, а также тестирование.

Пекин, технологический и инновационный центр Китая, является стратегическим местом для развития искусственного интеллекта и автономного вождения. Будучи первым городом в Китае, который отрегулировал и открыл зоны тестирования автономного вождения, Пекин обладает комплексной инфраструктурой и политикой, способствующими быстрому развитию отрасли. В 2019 году Пекин занял первое место в Китае по количеству лицензий на испытания и категориям ТС, а также по разнообразию сценариев испытаний. Кроме того, Пекин издал самые строгие требования безопасности для испытаний пилотируемого автономного вождения.

Завершение создания базы ускорит развитие и применение технологий автономного вождения и совместной работы TC Apollo.

Проект Apollo Park начали готовить с конца 2018 года. База занимает площадь 13 500 кв. м, вмещает более 200 ТС для тестирований. База охватывает весь процесс от исследований и разработок до испытаний автономных ТС.

Она находится в районе экономико-технологического освоения в юго-восточном пригороде Пекина. Ожидается, что эта база ускорит применение технологии беспилотного вождения.



Рис. 20. Центр управления испытательного полигона Apollo Park Источник http://russian.people.com.cn/n3/2020/0528/c31517-9695362.html

База была оснащена более чем 200 тестовыми автомобилями с автономным вождением. Кроме того, там оборудован склад для хранения запчастей и аксессуаров. База имеет облачное управление большими объемами данных и сетевыми операциями. Она также располагает такими функциями, как обслуживание и калибровка, разработка и тестирование.

Власти Пекина выпустили подробные правила проведения тестирования автономных ТС в декабре 2019 года. Они дали зеленый свет дорожным тестированиям для таких ТС с пассажирами в салоне.

Из соображений безопасности тестируемые TC оборудованы самописцами данных автоматического вождения и аварийной системой, позволяющей человеку отключить беспилотный режим. Это предусмотрено в соответствующем регламенте пекинской мэрии 81 .

Испытания без водителя в Ичжуане, Пекине и Саннивейле показывают, что плотность движения в Пекине примерно в 15 раз выше, чем в Калифорнии. В результате масштабное применение вождения автономного ТС в Китае будет затруднено.

Количество ТС, площадок и заказов увеличилось более чем на 50% за шесть месяцев 2020 года с начала беспилотных испытаний в Ичжуане. Одно роботакси способно совершать 28 поездок в день.

140

⁸¹ http://russian.news.cn/2020-06/04/c_139114469.htm

В четвертом квартале 2021 года служба роботакси Baidu Apollo Go совершила уже 213 000 поездок, что почти вдвое больше, чем в предыдущем квартале. В третьем и четвертом кварталах 2020 года было размещено более 300 000 заказов. На данный момент Apollo Go начала свою коммерческую деятельность в Пекине, Чунцине и Янцюане. Жители Пекина могут оплачивать роботакси с помощью е-CNY, цифровой валюты Китая 82.

Пекинское подразделение сервиса обслуживает 700 км (435 миль) и использует 40 беспилотных автомобилей, 100 пунктов приема/высадки — это не услуга «от двери до двери», а скорее услуга «от станции до станции».

В конце ноября 2021 года Baidu получила разрешение на запуск платных услуг роботакси без водителя, в рамках которых компания будет использовать не более 100 ТС в одном из районов китайской столицы. В заявлении компаний говорится, что это будет первое коммерческое развертывание сервиса Apollo Go на открытых дорогах.

Впервые крупный город в стране разрешил оператору взимать плату с клиентов за поездки на ранее бесплатных беспилотных такси. Клиенты смогут вызвать один из 67 автомобилей ежедневной службы в более чем 600 пунктах приема и высадки в промышленных и жилых районах Пекина. Сервис роботакси Apollo Go начал свою работу в пригородном районе Пекина, Ичжуан. Тарифы будут сопоставимы с премиальными тарифами сервиса такси Didi.

2 мая 2021 года состоялся официальный запуск первого в Китае платного сервиса беспилотных такси — Apollo Go. Ранее он работал в тестовом режиме и был доступен ограниченному количеству поль-

зователей, а теперь им могут воспользоваться все желающие в возрасте от 18 до 60 лет.

Машины в Apollo Go полностью самоуправляемые — за рулем нет человека, контроль за ТС ведется дистанционно из специального центра. В случае возникновения внештатных ситуаций специалисты Baidu

⁸² https://chinastocks.net/internet-ru/bidu-ru/l4-ot-baidu-apollo/



Рис. 21. Aвтобус Apollo Go Источник https://cleantechnica.com/2020/09/11/ baidu-launches-apollo-go-robotaxis-in-beijingcangzhou-changsha/



Puc. 22. Taкси Apollo Go Источник https://www.tadviser.ru/ index.php/Продукт: Apollo_Go

берут на себя дистанционное управление ТС. При необходимости пассажир может связаться с оператором по сотовой связи 5G.

Стоимость проезда составляет 30 юаней (около \$4,5). Заказать беспилотное такси можно в мобильном приложении. Перед посадкой пассажир проходит процедуру идентификации.

Когда подъезжает беспилотное такси, пассажиры занимают свои места, но ТС начнет движение только после того, как все пристегнут ремни безопасности, а двери будут закрыты.

5.6.2. Испытательные полигоны в Шанхае

В 2020 году власти Шанхая подписали соглашение о создании совместных пилотных полигонов для автономных (беспилотных) ТС с тремя китайскими провинциями — Цзянсу, Чжэцзян и Аньхой 83 .

Согласно подписанному соглашению, экономические и информационные отделы местных органов власти договорились совместно разработать серию стандартов для интеллектуальных светофоров, станций связи 5G, дорожных карт с высоким разрешением и платформ управления дорожным движением.

Китайские провинции сосредоточат свое внимание в первую очередь на строительстве интеллектуальной инфраструктуры для беспилотного общественного транспорта, автономных уборочных машин, а также грузовых машин, занятых междугородними перевозками.

По состоянию дел на конец 2022 года в Шанхае в общей сложности открыто 926 участков тестовых дорог для беспилотных автомобилей.

142

.

⁸³ https://news.myseldon.com/ru/news/index/237497755



Рис. 23. Схема национальной экспериментальной зоны в Цзядин Источник: https://russianblogs.com/ images/320/ce136ba13b823e

65a59f0b1abfc18fc0.JPEG

Основных испытательных полигонов/зон в Шанхае три:

1) Национальная экспериментальная зона интеллектуальных подключенных ТС в районе Цзядин создана в 2018 году.

Протяженность дорожной сети для испытаний TC составляет 5,6 $\,\mathrm{km}^{84}$. Тестовая дорога относится к зоне с высокой безопасностью и низким уровнем риска.

Цзядин стал первым районом, где проходят испытания ВАТС на скоростных магистралях, включая шанхайскую кольцевую дорогу G1503 и скоростную магистраль G2 Пекин — Шанхай 85 .

⁸⁴ https://russianblogs.com/article/31031144166/

⁸⁵ https://rossaprimavera.ru/news/f78bb8dd?ysclid=lbphl5dirv278708693



Рис. 24. Фото общей зоны комплексных испытаний Источник: фото автора



Рис. 25. Фото ангара, имитирующего тоннель, и мостового сооружения в зоне комплексных испытаний

Источник: фото автора

- 2) Зона комплексных испытаний и демонстрации ВАТС Линганг в новом районе Пудун.
- 3) Открытая испытательная зона в районе Фэнсянь. Это испытательная зона для ВАТС с шестью практическими применимыми сценариями, включая жилой район, промышленную зону, кампус, живописное место и городской район, открылась в Шанхае в 2021 году с целью ускорения развития интеллектуальных технологий автомобильной промышленности.



Рис. 26. Беспилотные тележки перевозят контейнеры в Шанхайском порту *Источник: фото автора*

На территории центра проложено 7,8 км открытых дорог на поверхности, 960 метров различных внутренних проездов, а также 1,11 км подземных дорог на парковочных площадях. Подземные парковки при этом оснащены камерами, различными сенсорами с применением связи 5G, технологий искусственного интеллекта, больших баз данных и облачных сервисов, что позволяет повысить точность автономного вождения. Все это делает данный центр единственным в Китае, на базе которого можно будет протестировать движение беспилотного TC в условиях подземной парковки 86.

К настоящему времени уже подписаны соглашения о запуске в новой зоне порядка 30 проектов в области испытания ТС с технологией автономного вождения с общим объемом инвестиций на сумму около 20 млрд юаней (3,1 млрд долларов). Центр создан совместно правительством района Фэнсянь, компанией Lingang Group («Линьган груп») и Шанхайским транспортным университетом.

В будущем Шанхай планирует создать еще один полигон для ИТС в районе Джядинг площадью 463 квадратных километра.

Очень перспективной городские власти видят организацию контейнерных перевозок с помощью беспилотных ТС.

Яншань — глубоководный морской грузовой порт, одна из частей порта Шанхай, расположенный в 32 км от материка на одноименном

⁸⁶ https://bigasia.ru/content/news/science_and_education/v-kitae-poyavilas-pilotnaya-zona-umnogo-vozhdeniya/

архипелаге (провинция Чжэцзян, КНР) в заливе Ханчжоувань Восточно-Китайского моря 87 .

В целом порт Шанхая является крупнейшим в мире портом по грузообороту. Шанхайский порт — элемент политики центрального правительства КНР по развитию портовой инфраструктуры. Он является типичной китайской моделью частно-государственного партнерства.

5.6.3. Национальные испытательные зоны в Шэньчжэне и Чанше

В марте 2021 года Главное управление Постоянного комитета Шэньчжэньского муниципального собрания народных представителей опубликовало для общественного обсуждения «Положение об управлении интеллектуальными подключенными транспортными средствами в особой экономической зоне Шэньчжэня». В нем объясняется уровень технологий автономности ТС, дорожных испытаний, демонстрационных приложений, а также доступа и регистрации подключенных ${\rm TC}^{88}$.

Дорожные испытания или демонстрационные приложения ВАТС подлежат оценке безопасности, рассмотрению и утверждению соответствующими муниципальными властями; и водитель может не потребоваться, если приняты соответствующие меры безопасности.

В июне район Пиншань в Шэньчжэне официально открыл маршрут для роботакси. Общая протяженность дорог для тестирования ВАТС в Шэньчжэне составляет около 145 километров. Всего выдано 93 извещения о проведении дорожных испытаний и демонстрационном применении.

Город Чанша в провинции Хунань в центральном Китае, примыкающий к району Большого залива Гуандун-Гонконг-Макао, также прилагает все усилия для развития ВАТС. Чанша является одним из первых городов в Китае, выдавших лицензии на проведение дорожных испытаний для ВАТС.

В 2018 году в Чанше была создана испытательная площадка ВАТС национального уровня. Чанша руководствовалась пятилетним планом развития индустрии интеллектуальных подключенных ТС в провинции Хунань (2021–2025).

В 2019 году в Чанше запустили сеть беспилотных такси. Для реализации совместного проекта властями города и корпорацией

⁸⁷ https://ru.wikipedia.org/wiki/Порт_Яншань

⁸⁸ https://www.neuvition.com/media/intelligent-connected-vehicles-in-china.html



Рис. 27. Роботакси в Шэньчжэне Фото https://www.neuvition.com/media/intelligent-connected-vehicles-in-china.html



Рис. 28. Испытания BATC в Чанше Фото https://russianblogs.com/article/4821638053/

искусственного интеллекта Baidu планируется выпуск 100 самоуправляемых машин 89 .

В данном проекте хотят изучить возможность использования беспилотных TC как санитарных машин 90 .

⁸⁹ https://bigasia.ru/content/news/society/v-kitae-sozdadut-set-bespilotnykh-taksi/

⁹⁰ https://russianblogs.com/article/4821638053/

5.6.4. Испытательный полигон Donghai (Bosch)

Сейчас в собственности Bosch находится более десяти испытательных полигонов в разных странах мира.

Испытательные площадки Bosch предлагают различные условия, в которых возможно эффективно проводить испытания ТС и различных систем при любых условиях. Также есть возможность смоделировать вождение в разных погодных условиях для всех типов ТС. Это включает в себя множество испытательных треков: для разных скоростей и различных уклонов, с большим сцеплением с дорогой или почти без, имитирующих землю или лед.

Летом 2013 года Bosch открыл испытательный полигон в городе Дунхай (провинция Цзянсу, Китай). Здесь будут проводиться круглогодичные испытания антиблокировочных систем ABS, электронных систем курсовой устойчивости ESP, а также передовых систем помощи водителю для мотоциклов, легковых и грузовых автомобилей весом до 45 тонн.



Рис. 29. Схема полигона Donghai Источник: https://abs-magazine.ru/article/bosch-otkril-ispitateljniy-poligon-v-kitae

Полигон Donghai занимает площадь 890 га с испытательными треками высокого стандарта, различными дорожными покрытиями и коэффициентами трения. Испытательная площадка занимает 40 га. Всего на полигоне 6 треков с различными коэффициентами сцепления покрытия.

Зона динамических испытаний

Круговая зона, которая включает в себя парковку, конференц-зал, трассу ускорения и зону испытаний. Круговая зона может использоваться для маневров торможения, смены полосы движения, движения по кругу или слалома. Для езды по кругу разметка имеет разные радиусы. Кроме того, область имеет маркировку для курса обработки.

Испытания и измерения тормозных свойств

Испытания тормозных систем могут проводиться на специально затопляемых трассах с различными поверхностями и коэффициентами трения.

Трек для измерения тормозных свойств обладает следующими покрытиями:

- аквапланирующий бассейн;
- бетон;
- полированный бетон;
- асфальт;
- керамическая плитка.

Управляемость ТС может быть проверена в экстремальных дорожных ситуациях. Для этой цели создано множество различных сложных крутых поворотов на трассе. Чтобы создать влажную асфальтовую поверхность для соответствующих испытаний, разбрызгиватели устанавливаются с обеих сторон внутренней полосы движения. Многие дороги соединяют внутреннюю полосу с внешней полосой, поэтому тестовый маршрут можно гибко планировать.

Обеспечение безопасности на полигоне

Центр управления — это команда менеджеров, ответственная за координацию всех тестовых треков и тестовых водителей. Аварийноспасательный автомобиль вызывается для оказания поддержки в случае неисправности TC.

5.7. Анализ зарубежного опыта в части построения полигонов и испытаний кооперативных ИТС

На основании анализа мирового опыта применения полигонов, тестовых площадок, зон и т. п. в общем виде можно сформулировать следующие задачи, стоящие перед испытателями кооперативных ИТС.

- Выявление проблем эксплуатации ВАТС на дорогах общего пользования, в том числе связанных с обеспечением безопасности дорожного движения:
 - выявление проблем, связанных с ограничением сенсорной системы ВАТС: надежность распознавания дорожной сцены в плохих дорожных условиях;
 - выявление проблем, связанных с логикой управления транспортными средствами высокой степени автоматизации и беспилотными транспортными средствами: проблемы идентификации степени опасности объектов, прогнозирования коллизий, выбора оптимальной траектории движения;
 - выявление проблем, связанных с взаимодействием нескольких BATC.
- Выявление проблем взаимодействия беспилотных ТС с традиционными участниками дорожного движения, включая уязвимых участников:
 - исследование влияния коллизий на вероятность возникновения ДТП;
 - исследование влияния инвариантности получаемой участником дорожного движения информации на вероятность возникновения ДТП;
 - исследование особенностей причин возникновения ДТП с участием пешеходов, велосипедистов, а также моно- и двухколесных электрических ТС;
 - выявление потенциальных проблем, связанных с точностью распознавания дорожной сцены ВАТС;
 - выявление потенциальных проблем, связанных с взаимодействием ВАТС и беспилотных ТС между собой: инвариантность прогнозных траекторий и определение приоритета;
 - выявление потенциальных проблем, связанных с дискриминацией ВАТС и беспилотных ТС водителями и другими участниками дорожного движения;
 - исследование возможной реакции ВАТС и беспилотных ТС на нарушение правил дорожного движения и агрессивное вождение

- традиционных участников дорожного движения, в том числе пешеходов и велосипедистов.
- Анализ возможных рисков, возникающих при движении ТС с промежуточными уровнями автоматизации на дорогах общего пользования:
 - связанных с возможными провокационными действиями со стороны традиционных участников дорожного движения, а также связанных с непривычным для участников дорожного движения поведением ВАТС и беспилотных ТС;
 - связанных с недостаточным и избыточным уровнем доверия к системам автономного управления TC, а также ошибок в восприятии ответственности за управление BATC;
 - в точности определения статуса внутри салона ВАТС и беспилотного ТС: состояние водителя;
 - связанных с опасением совершения противоправных и/или противозаконных действий, терактов с личным или общественным беспилотным ТС.
- Выявление проблем совместимости и связи в технологиях взаимодействия «ВАТС — дорожная инфраструктура»:
 - совместимость оборудования различных производителей элементов технологий взаимодействия «ВАТС дорожная инфраструктура»;
 - соответствие оборудования действующей системе технической стандартизации;
 - проблемы, связанные с ограничением частотного диапазона, и возможности (ограничения) выделенного частотного диапазона для технологий взаимодействия «ВАТС — дорожная инфраструктура»;
 - экспериментальное исследование преимуществ и недостатков конкурентных технологий взаимодействия «ВАТС дорожная инфраструктура»;
 - взаимное влияние систем связи технологий взаимодействия «BATC дорожная инфраструктура» и других систем связи.
- Возможность использования существующих и перспективных технологий информационного взаимодействия «беспилотное транспортное средство дорожная инфраструктура» в Российской Федерации (с учетом действующих нормативных документов по импортозамещению). Преимущества и недостатки каждого из выбранных решений, с учетом текущего состояния дел в Российской Федерации.

6. Отечественные полигоны и тестовые зоны

В ближайшее время транспортные тестовые полигоны могут стать необходимостью для производителей «умного», подключенного и беспилотного транспорта в России.

Согласно Транспортной стратегии России до 2030 года, высокоавтоматизированный и беспилотный транспорт позволит повысить эффективность и безопасность грузовых и пассажирских перевозок, а также удовлетворенность конечных пользователей услуг, будет способствовать снижению себестоимости перевозок на 15% и повышению пропускной способности инфраструктуры до 10%.

Беспилотные ТС уже активно тестируются на дорогах общего пользования в разных регионах мира, включая Россию.

Для отработки взаимодействия беспилотников, а также «умных» и подключенных ТС с инфраструктурой и другими ТС сегодня по всему миру создаются новые тестовые полигоны.

Компании придерживаются двух подходов: открытие отдельных полигонов с имитирующей инфраструктурой либо формирование тестовых зон внутри города.

Для обеспечения возможности тестирования и сертификации ВАТС необходимо создание отдельных закрытых полигонов, обеспечивающих возможность проводить испытания в различных условиях движения с использованием оборудования интеллектуальной дорожной инфраструктуры. После проведения всех испытаний возможно создание пилотных зон движения ВАТС на территории города.

6.1. Прошедшие за последние годы проекты по испытаниям ИТС и попытки по их формированию в России

• Калужский комплексный дорожно-испытательный полигон

В 2016 году между Минтрансом и Росавтодором в Калуге было подписано соглашение о создании комплексного полигона в Калужской области. К большому сожалению, дальше соглашения дело не пошло — в первую очередь по причине отсутствия инвесторов на данный проект.

Предполагалось, что полигон будет располагаться в 100 км от Москвы и 60 км от Калуги, неподалеку от автопромышленного кластера. Специализироваться испытательный комплекс будет на инновационных технологиях дорожного строительства, в частности на сверхпрочных материалах дорожного полотна, а также на системах автономного вождения. На территории испытательного комплекса предполагалось построить гоночную трассу, гостиничный комплекс и другие объекты инфраструктуры. Что касается испытаний автономных ТС, то внутри трассы планировалось создать макет города⁹¹.

Национальный технологический конкурс «Зимний город»

В декабре 2019 года в рамках конкурса прошли испытания беспилотных технологий в условиях, приближенных к реальным, в том числе к метеоусловиям, характерным для средней полосы России (на базе полигона НАМИ). Для конкурса были привлечены российские разработчики, способные проектировать и создавать системы автономного движения ⁹².

Соревнования были организованы РВК, Фондом «Сколково» и Агентством стратегических инициатив в рамках технологического конкурса Up Great «Зимний город». Конкурс проходил в целях реализации Национальной технологической инициативы. Технологический барьер техконкурса Up Great «Зимний город» не был преодолен, но результаты финальных испытаний показали, что российские технологии имеют все перспективы для конкуренции на рынке беспилотников.

Проект «Караван»

В мае-июне 2018 года на специально подготовленном участке федеральной трассы А-290 Новороссийск — Керчь (автодорожный подход к Крымскому мосту со стороны Краснодарского края) состоялся премьерный тестовый проезд беспилотных автомобилей. Проект «Караван» был направлен на своевременное создание федеральной автодорожной инфраструктуры для передвижения беспилотного и электрического транспорта ⁹³.

Местом проведения был выбран пятикилометровый участок автодорожного подхода к Крымскому мосту федеральной трассы М-25 Новороссийск — Керченский пролив (км 33,7 — км 38,5) с транспортной развязкой км 33,7.

https://rosavtodor.gov.ru/press-center/news/16125?ysclid=lc39zvm683239095735
 https://swsu.ru/nauka/index.php? ELEMENT_ID=43012&ysclid=lc39jrly79559242250

⁹³ https://mintrans.gov.ru/press-center/news/8657?ysclid=lc3a2pccwk81286149

В проекте приняли участие 12 организаций:

- Федеральное дорожное агентство;
- ПАО «КАМАЗ»
- ФГУП «НАМИ»:
- ООО «СтарЛайн»;
- ФГБОУ ВО «МАДИ»;
- АО «РИРВ»;
- АО «КБ Панорама»;
- НПО «Регион»;
- ПАО «Вымпелком»:
- инжиниринговый центр НИЯУ МИФИ;
- ООО «СорбГрупп»;
- OOO «Kypcyc».

В тестовом проезде приняли участие 5 беспилотных ТС: два грузовика «КАМАЗ», прототип электрического шаттла «НАМИ-КАМАЗ», легковые автомобили НПО «СтарЛайн» и университета «МАДИ», АО «РИРВ», АО КБ «Панорама» на шасси «Шкода Суперб» и «Форд Фокус 2».

Пилотный проект на территории Первой Градской больницы имени Н. И. Пирогова. Москва

Пилотный проект связан с пандемией и выполнялся МАДИ вместе с Мостранспроектом и Агентством инноваций города Москвы на территории Первой Градской больницы имени Н. И. Пирогова. Беспилотный автомобиль перевозил медицинские пробы, в том числе анализы на COVID-19, от места их сбора до лабораторий. Территория больницы является достаточно обширной, между корпусами и лабораториями большое расстояние — 500–800 м. Появление беспилотного автомобиля позволило сэкономить время, повысить эффективность медперсонала и уровень дисциплинированности внутренних процессов за счет строгого расписания движения беспилотного автомобиля.

 Выполнение работ по обеспечению покрытия первоочередных объектов транспортной инфраструктуры сетями связи с обеспечением широкополосной беспроводной передачи данных и голоса на автодороге А-181 Скандинавия — Выборг — граница с Финляндской Республикой на участке км 47+571 — км 65+000

В 2020–2021 годах Минтрансом России проведены испытания оборудования мобильного широкополосного беспроводного доступа на автодороге А-181 «Скандинавия» Санкт-Петербург — Выборг — граница с Финляндской Республикой на участке км 47+571 — км 65+000.

Работы выполнялись в целях развития транспортного комплекса Российской Федерации за счет применения перспективных технологий мобильного широкополосного беспроводного доступа для обеспечения возможности безопасного движения ВАТС.

Пилотный проект «Умная дорога и умная магистраль» в Перми

В 2021 году несколько перекрестков в городе были оснащены дорожными устройствами V2X, а несколько трамваев — бортовыми V2X-устройствами. Перекресток также оснащается «умным» светофорным контроллером.

В рамках проекта реализованы такие приложения как: приоритетный проезд общественного транспорта в случае отставания от графика, предупреждение проезда на красный свет, движение с рекомендуемой скоростью, предупреждение о наличии пешехода на дороге, обеспечение продления фазы светофора для перехода дороги группой детей и школьников, а также предотвращение коллизий на перекрестках (то есть предупреждение о столкновении с другими участниками дорожного движения) ⁹⁴.

Полигон для тестирования беспилотного транспорта в Новой Москве

В 2020 году руководство Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры Москвы сообщило о желании запустить полигон для тестирования беспилотного транспорта. Планировалось, что площадку организуют в Новой Москве. На площади 2 га полностью воспроизведут городскую среду: здесь появится имитация различных видов дорог, кругового движения, дорожных знаков и разметки, пешеходных переходов и светофоров. Полигон обустроят под открытым небом, поэтому на площадке будут те же условия, что и на обычных улицах. Испытания беспилотных автомобилей можно будет проводить как в сухую погоду, так и в снег, гололедицу и дождь.

Тестировать беспилотные автомобили на полигоне смогут любые команды по предварительной записи. Городской институт Мостранспроект разработает и предоставит участникам высокоточную карту — цифровой двойник полигона. На карте будет отображена вся

-

⁹⁴ https://ict.moscow/news/transport-test-sites/

информация о границах дорог, разворотах, ограничениях скорости, остановках, разметке⁹⁵.

К большому сожалению, проект пока так и не реализован.

• Создание пилотной зоны на скоростной автомобильной дороге М-11 «Москва — Санкт-Петербург» для проведения тестирования технологий и инфраструктуры для движения беспилотного, подключенного и электрического транспорта

Премьер-министр РФ Дмитрий Медведев распорядился до 30 ноября 2018 года начать тестирование технологий беспилотного автотранспорта на трассе М-11 «Москва — Санкт-Петербург», такое поручение было дано по итогам заседания президиума Совета при президенте России по модернизации экономики и инновационному развитию 96 .

Пилотный участок был определен: это обход Вышнего Волочка на скоростной автодороге М-11 «Москва — Санкт-Петербург» в Тверской области. В 2018 году было разработано и утверждено Министерством транспорта соответствующее техническое задание на создание данной пилотной зоны. Финансирование данного проекта так и не было открыто, однако данная идея не пропала и фактически трансформировалась в более глобальный проект: «Беспилотные логистические коридоры» на автомобильной дороге М-11 «Нева», о котором речь пойдет далее.

• Проект «Умная дорога» на транзитном пути Китай — Европа и проект «Приморье-2»

Анонсированные проекты «Китай — Россия», которые предполагалось запустить в 2020 году, пока увязли в бюрократической рутине и отсутствии финансирования, но с технической точки зрения они были крайне интересны своей трансграничностью и показательностью в следующем:

- 1. Пересечение границ нескольких «областей» с совершенно разным техническим оснащением и подходом к организации движения ВАТС.
- 2. Обеспечение организации входа/выхода ВАТС в транспортный поток.

 $^{^{95}\} https://ntinews.ru/news/khronika-rynkov-nti/autonet/v-novoy-moskve-otkroyut-poligon-dlya-bespilotnykh-avtomobiley.html$

⁹⁶ https://russianhighways.ru/press/news/58852/

- 3. Гармонизация движения ВАТС внутри транспортного потока в пределах каждой «области», с соблюдением национальных стандартов и правил дорожного движения.
- 4. Правовое регулирование движения ВАТС в каждой «области». На первом этапе реализации проекта планировалось реализовать беспилотное движение на участке «Благовещенск Хэйхэ».

6.2. Текущие и перспективные проекты по испытаниям ИТС в России

6.2.1. Основные отечественные нормативно-правовые документы в части испытаний ИТС

- 1. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года и на период до 2035 года, утвержденная Распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р.
- 2. Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».
- 3. Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 258-ФЗ «Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций в Российской Федерации».
- 4. Федеральный закон от 2 июля 2021 г. № 331-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона "Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций в Российской Федерации"».
- 5. Постановление Правительства РФ от 29 декабря 2022 г. № 2495 «Об установлении экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций и утверждении Программы экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций по предоставлению транспортных услуг с использованием высокоавтоматизированных транспортных средств на территориях отдельных субъектов Российской Федерации» ⁹⁷.

⁹⁷ Ранее действовало, но потеряло свою силу 1 марта 2022 г. Постановление Правительства РФ от 26 ноября 2018 г. № 1415 «О проведении эксперимента по опытной эксплуатации на автомобильных дорогах общего пользования высокоавтоматизированных транспортных средств».

- 6. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 марта 2020 г. № 724-р «О Концепции обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования».
- 7. Единый план по достижению национальных целей развития Российской Федерации на период до 2024 года и на плановый период до 2030 года, утвержденный Распоряжением Правительства Российской Федерации от 1 октября 2021 г. № 2765-р.
- 8. Перечень инициатив социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 года, утвержденный Распоряжением Правительства Российской Федерации от 6 октября 2021 г. № 2816-р.
- 9. Проект «Беспилотные логистические коридоры» в составе Стратегического направления в области цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года, утвержденный Распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2021 г. № 3744-р.
- 10. Постановление Правительства Российской Федерации от 17 октября 2022 г. № 1849 «Об установлении экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций и утверждении Программы экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций по эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств в отношении реализации инициативы "Беспилотные логистические коридоры" на автомобильной дороге общего пользования федерального значения М-11 "Нева"».
- 11. Комплекс мероприятий по тестированию и поэтапному вводу в эксплуатацию на дорогах общего пользования высокоавтоматизированных транспортных средств без присутствия инженераиспытателя в салоне транспортного средства, предусматривающих их опытную коммерческую эксплуатацию в отдельных субъектах Российской Федерации, утвержденный Первым заместителем Председателя Правительства Российской Федерации 12 марта 2021 г., № 2189п-П50.
- 12. Концепция создания и функционирования национальной сети интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах общего пользования, утвержденная Распоряжением Минтранса России от 30 сентября 2022 г. № АК-247-р.
- 13. План мероприятий («дорожная карта») национальной технологической инициативы «Автонет».

14. План мероприятий («дорожная карта») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации Национальной технологической инициативы по направлению «Автонет».

6.2.2. Центр испытаний «НАМИ»

Главным государственным тестовым полигоном для беспилотного транспорта в России является полигон НАМИ, на котором уже проводятся различные тестирования беспилотных автомобилей.

Полигон находится в Дмитровском районе Московской области и является одним из крупнейших в Европе и единственным в странах СНГ полнопрофильным исследовательским и испытательным центром по решению проблем автомобилестроения. В настоящее время площадь полигона составляет 25 кв. км. Комплекс испытательных дорог позволяет моделировать различные условия движения 98.

Центр испытаний «НАМИ» осуществляет полный комплекс услуг, связанных с испытаниями, в целях получения сертификатов соответствия и одобрений типа ТС для выпуска в обращение на территории Таможенного союза:

- конструкций легковых и грузовых автомобилей, автобусов, прицепов и полуприцепов, мотоциклов, мопедов, троллейбусов, специализированного подвижного состава, электромобилей, двигателей внутреннего сгорания, а также комплектующих изделий, запасных частей и принадлежностей к ним;
- колесных сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним;
- дорожных и мостовых ограждений, опор дорожных знаков.

Часть большого комплексного полигона выделена в отдельную площадку — полигон для беспилотного транспорта.

Предполагается тестирование движения ВАТС в автономном режиме в разное время года и в разное время суток, с соблюдением ПДД в условиях городской инфраструктуры, при возможном отсутствии дорожной разметки, низкой различимости дорожного полотна, при наличии дорожного трафика и помех движению, со скоростью и уровнем безопасности среднестатистического водителя.

⁹⁸ https://nami.ru/



Рис. 30. Полигон НАМИ для беспилотного транспорта Источник: https://yandex.ru/maps/geo/posyolok_avtopoligon/53060342/?l=sat%2Cstv%2Cst a&ll=37.312941%2C56.348919&source=serp_navig&z=18

При проездах ВАТС имитируются следующие условия городской среды:

- движение пешеходов и других автомобилей;
- движение на регулируемых и нерегулируемых перекрестках;
- метель (с помощью снежной пушки).

6.2.3. Полигонно-тестовый комплекс МАДИ «Умная дорога»

Комплекс расположен на территории учебного полигона МАДИ. Основные направления деятельности комплекса:

Разработка экспериментальных образцов. Тестирование научных гипотез и математических моделей.

Сценарии цифровой инфраструктуры, реализованные на базе комплекса:

- подсистема информирования о фазах светофорных объектов;
- подсистема предотвращения столкновения;



Рис. 31. Полигонно-тестовый комплекс «Умная дорога» Источник: https://www.madi.ru/uploads/images/2021/05/28/1622212885_photo_2021-04-20_16-36-08_novyyrazmer.jpg

- подсистема информирования о ДТП;
- система информирования о метеоусловиях;
- получение информации от впередистоящего автомобиля⁹⁹.

Специалисты МАДИ использовали программу имитационного моделирования Ansys VRXPERIENCE для постановки базового сценария создания аварийной ситуации. Это достаточно сложная задача, поскольку ДТП — это стечение многих обстоятельств, которые необходимо было учесть. Сложно создать условия, при которых оба ТС не могли видеть друг друга до самой аварийной ситуации. Создание этих условий снизило количество физических экспериментов и позволило сэкономить около 20% времени специалистов. Специализированное программное обеспечение также использовалось для подтверждения различных гипотез 100.

⁹⁹ Презентация А. И. Воробьева ФГБУ ВО МАДИ «Проведение экспериментов на полигонно-тестовых площадках по исследованию технологий, обеспечивающих безопасное движение высокоавтоматизированных транспортных средств (ВАТС)».

¹⁰⁰ https://news.myseldon.com/ru/news/index/256578510

6.2.4. Полигон в технопарке «Калибр»

В технопарке «Калибр», который находится на улице Годовикова в Останкинском районе Москвы, появился открытый полигон для тестирования автономного транспорта. «Калибр» был открыт в 2015 году на территории одноименного завода по производству контрольно-измерительных приборов.



Рис. 32. Вид испытательной трассы в технопарке «Калибр» Источник: https://autoreview.ru/images/Article/1603/Article_160313_860_575.jpg



Рис. 33. Грузовое TC «Эвокарго» Источник: https://atb3.ru/news/bespilotnye-gruzoviki/

Трасса длиной 400 метров воспроизводит городскую среду, на ней есть условная автобусная остановка, пешеходные переходы, разметка, соответствующая ГОСТу, а также круговое движение.

К сожалению, светофорное регулирование на данном полигоне не предусмотрено.

Фактически это небольшая площадка для тестирования беспилотных грузовых ТС компании «Эвокарго». Малотоннажник EVO-1 полностью основан на российских разработках, оснащен гибридной системой питания от электрических батарей и водородных топливных элементов, поддерживает технологии взаимодействия с подключенной инфраструктурой «умной» дороги 101.

Потенциальные покупатели беспилотника — владельцы складских комплексов и логистические компании. На первом этапе грузовые ТС «Эвокарго» будут использоваться на закрытых территориях.

Грузовик «Эвокарго» был разработан с нуля как беспилотный. В нем отсутствуют дорогостоящие системы, рассчитанные на водителя: кабина, кресла, средства кондиционирования, подвеска, приборы водителя и пассажира. Машина самостоятельно принимает решения о маневрах, объезде препятствий в соответствии с дорожной ситуацией.

Готовый образец испытывали на полигонах и на закрытых территориях предприятий в 2021 году. На протяжении опытной эксплуатации беспилотник совершил более 3 тыс. рейсов при нулевой аварийности. Машина перевозила 40 паллет ежедневно со скоростью более 8 км/ч. В среднем EVO-1 работала 22 часа в сутки, на подзарядку уходило около 2 часов.

6.2.5. Сколково

В 2018 году запущен инновационный полигон для испытаний беспилотного транспорта с использованием сети $5G^{102}$.

Была открыта «Станция мониторинга» — высокотехнологичная база для испытаний беспилотных ТС, которая включает в себя диспетчерский центр, помещения для хранения и зарядки беспилотных автобусов. Таким образом, компании-разработчики получили возможность

¹⁰¹ https://stimul.online/articles/innovatsii/ekosistema-dlya-bespilotnogo-gruzovika/

https://sk.ru/news/skolkovo-stal-pervym-v-rossii-ispytatelnym-poligonom-bespilotnikov-v-seti-5g/



Рис. 34. Испытания автобуса второго поколения НАМИ-КАМАЗ 1221 проекта «Шаттл»

Источник: https://www.yuga.ru/media/bc/6e/1427__cf1u3x4.jpg



Рис. 35. Робот-курьер «Яндекс.Ровер» Источник: https://www.readerone.ru/upload/iblock/239/239382be99034cb65eba8e7232793519.jpg

наглядно демонстрировать степень готовности технологий, а также в реальных условиях проводить динамические демонстрации беспилотной техники. Во время движения все телеметрические данные беспилотных автобусов, данные параметров движения и видеофиксации в высоком разрешении передаются по сетям 5G в режиме реального времени в командный пункт «Станции мониторинга».

Аналогичную зону тестирования беспилотного транспорта с сетью 5G в Казани запустил сотовый оператор «Мегафон». Испытать

беспилотник в Казани могли все желающие. Запуск тестовой зоны был приурочен к началу Чемпионата мира по футболу.

Весной 2020 года «Яндекс» вывел робота-курьера для перевозки небольших грузов (документов и посылок) в Сколково.

«Ровер» передвигается по тротуарам, он самостоятельно планирует движение, следит за окружающей обстановкой и объезжает препятствия. Маршруты пролегают между офисами администрации и отделением «Почты России», куда робот также возит корреспонденцию. Сотрудники центра «Сколково» могут управлять роботом со смартфона: ставить задачи, блокировать и разблокировать, следить за движением на карте.

6.2.6. Университет Иннополис

Университет Иннополис специализируется на образовании в области информационных технологий и робототехники. С 2015 года кампус университета располагается в городе Иннополис, Татарстан.

На базе Университета функционирует Центр технологий компонентов робототехники и мехатроники, он в свою очередь состоит из различных научно-исследовательских лабораторий и отделов, в том числе там есть и Лаборатория беспилотных технологий.

В Иннополисе существуют специальные беспилотные зоны, где проводятся тестирования автономных автомобилей. Университет Иннополис обкатывает собственный беспилотник, приспособленный к существующей инфраструктуре дорог. Помимо городских условий, он хорошо приспособлен для передвижения по бездорожью ¹⁰³.

Здесь же в Иннополисе машины Яндекса «работают» автономными такси.

С августа 2018 года сервис доступен жителям для передвижения в пределах Иннополиса. Все поездки проходят с пустым водительским сиденьем, но в салоне на пассажирском кресле сидит инженер-испытатель (это требование закона).

¹⁰³ https://spec.innopolis.university/uv



Рис. 36. Такси «Яндекс» Источник: https://www.tadviser.ru/images/thumb/d/ df/Yandponpnoex-Taxi.jpg/840px-Yandponpnoex-Taxi.jpg

На данный момент «Яндекс» уже потратил на проект 2,2 миллиарда рублей, а парк автономных машин компании достиг 160 экземпляров.

В сентябре 2020 года «Яндекс» выделил свой беспилотный бизнес в самостоятельную структуру — Yandex Self-Driving Group (Yandex SDG). Головная компания пообещала инвестировать в Yandex SDG \$100 млн, а также выдать ей заем в размере \$50 млн на развитие беспилотных технологий.

6.2.7. Полигон «Яндекса»

Полигон начал работу летом 2019 года. Расположен он в г. Ступино Московской области. Раньше здесь была стоянка старой техники, от которой осталась лишь заасфальтированная площадка 104 .

Полигон «Яндексу» нужен для целого ряда задач:

- он позволяет отработать базовые сценарии, описывающие большинство стандартных дорожных ситуаций;
- протестировать новые версии алгоритмов без опасности сбить пешехода или врезаться на большой скорости в другой автомобиль с людьми;
- полигон нужен для подготовки водителей-испытателей;
- все новые беспилотники сначала в течение нескольких дней обкатывают на полигоне, чтобы проверить их на работоспособность и корректность.

Полигон условно поделен на несколько частей.

Самая большая — это комбинация из улиц, сложных перекрестков, кругового движения, затяжного поворота и тоннеля. Здесь ТС беспрерывно ездят по условному городу и небольшому шоссе, уступая друг другу дорогу, следуя указаниям дорожных знаков, разгоняясь на длинных участках и сбавляя скорость перед поворотами. Так команда инженеров проводит базовый тест работы сенсоров и датчиков при нормальном движении в вымышленном городе — без неожиданных сюрпризов, нарушающих правила водителей и перебегающих дорогу пешеходов, но с теряющимся сигналом спутниковой навигации и контейнерами, перекрывающими обзор на перекрестках.

Размер полигона составляет примерно 600 на 300 метров.

-

¹⁰⁴ https://dzen.ru/a/XgpjKo8BEQCtKWnl



Рис. 37. Полигон «Яндекса» Источник: https://s0.rbk.ru/v6_top_pics/media/img/5/74/756249606485745.jpg

Вторая часть полигона состоит из светофоров, пешеходных переходов, конусов и прочих препятствий, которые могут неожиданно возникнуть на пути автомобиля. Однако здесь ВАТС взаимодействует в первую очередь с виртуальными участниками дорожного движения. Программное обеспечение генерирует на пути машины различные опасные ситуации: проезжающую на красный сигнал светофора машину, пешехода, неожиданно вышедшего на дорогу, незапланированный ремонт асфальта.

Визуализация всего происходящего выводится на iPad, установленный на передней панели. На экране можно видеть автомобиль, перемещающийся по карте, а также все объекты вокруг, будь то другие машины или люди.

Самое главное, что показывает визуализация, — это логика действий алгоритмов. На экране постоянно виден текущий планируемый маршрут и потенциальные маршруты. Например, помимо текущего маршрута по своей полосе алгоритм показывает, как будет выглядеть маршрут, если ТС решит перестроиться в другой ряд. Кроме того, на экран выводятся причины остановок и маневров.

6.2.8. Пилотная зона «Умная дорога» в Самарской области

Благодаря технологии строительства, использующей микротрубки, в которые осуществляется прокладка оптоволокна, в 2020 году в регионе была запущена пилотная зона «Умной дороги» с реализацией новых сервисов для водителей и выработкой сценариев управления

дорожным движением, основанных на технологиях искусственного интеллекта.

Многоцелевое назначение проложенной сети позволяет на той же самой оптоволоконной инфраструктуре запускать сервисы геотехнического мониторинга состояния автодорожного покрытия с возможностью принимать превентивные меры; сервисы «акустического мониторинга» для детектирования большого числа дорожных событий; сервисы операторов сотовой связи, правительственных структур и т. д.

В рамках реализации проекта по созданию программно-аппаратного комплекса «Умная дорога» доработаны аппаратные средства, создано с помощью RSU радиопокрытие участка автомобильной дороги по стандарту V2X в диапазоне 5,9 ГГц, оснащены транспортные средства ОВU, доработано и внедрено отечественное программное обеспечение V2X Smart Core и V2X AV Platform. Кроме того, два перекрестка оснащены радарами и камерами для контроля передвижений участников дорожного движения на пересечении проезжих частей — наиболее опасных участках дороги. Решение интегрировано с уже внедренной на данном участке автомобильной дороги системой «Акустического мониторинга», позволяющей детектировать события на автодороге, определять параметры транспортного потока, обогащая решение дополнительными событиями для повышения безопасности дорожного движения.

6.2.9. Пилотная зона кооперативных ИТС на ЦКАД

Испытания проводятся по адресу: Пушкинский район. В непосредственной близости от существующей автомобильной дороги A-107 «ММК» к северо-востоку от транспортной развязки на пересечении A-107 «ММК» с автодорогой M-8 «Холмогоры» (Ярославское шоссе) — это Пусковой комплекс № 3 автомобильной дороги A-113 «ЦКАД».

Площадка центрального пункта управления находится в составе линейного объекта A-113 «ЦКАД» (этап строительства № 3), в районе ПК554 (справа).

Опытную эксплуатацию кооперативных ИТС проводит ООО «Единый оператор ЦКАД» с целью определения фактических значений количественных и качественных характеристик оборудования. Проведение опытной эксплуатации системы и анализ результатов опытной эксплуатации служит для доработки (при необходимости) программного обеспечения, дополнительной наладки (при необходимости) технических средств.

Две машины аварийных комиссаров на ЦКАД оснащены специальными бортовыми устройствами (EVK-3300), с помощью специального программного обеспечения отечественного производства происходит обмен данными с придорожной инфраструктурой с помощью периферийных устройств кооперативных систем RSU (антенны RIS-9260 — 67 шт.).



Рис. 38. Работа кооперативных ИТС на ЦКАД Источник: фото автора

6.2.10. Полигон на автодороге Казань — Оренбург км 0+415 в Казани

В 2018 году для определения требований к инфраструктуре для беспилотного, подключенного и электрического транспорта, проведения тестирования и создания пилотных проектов на автомобильных дорогах, находящихся в доверительном управлении Государственной компании «Российские автомобильные дороги», были проведены комплексные испытания на тестовом полигоне, целью которых было тестирование технологии и инфраструктуры для движения беспилотного, подключенного и электрического транспорта в тестовой среде, безопасной для других участников дорожного движения.

Задачами комплексных испытаний стали:

- 1. Проверка реализации базовых сценариев коммуникации придорожной инфраструктуры с ТС.
- 2. Проверка реализации базовых сценариев информирования водителя.
- 3. Апробация разработанной концепции Пилотной системы и автомобильных сервисов, предоставляемых на базе технологии Cellular-V2X (далее C-V2X).
- 4. Проверка соответствия заявленным требованиям автомобильного бортового оборудования в части поддержки сервисов и обеспечения связи с использованием технологий V2X.
- 5. Проверка соответствия заявленным требованиям элементов телекоммуникационной инфраструктуры в части обеспечения связи с использованием технологий V2X.

В рамках проведения комплексных испытаний проводилось тестирование элементов телекоммуникационной инфраструктуры V2X. Придорожный блок RSU предназначен для передачи информации между дорожной инфраструктурой и подключенными ТС. Придорожный блок RSU неподвижен во время работы и установлен вдоль дороги.

Придорожный блок RSU обеспечивал обмен данными между элементами подсистем мониторинга параметров транспортных потоков, видеонаблюдения, метеомониторинга, информирования участников дорожного движения.

Состав информации, получаемой от подключенной инфраструктуры:

Государственной компанией на полигоне в Казани, республика Татарстан, были проведены первые комплексные испытания по тестированию технологий и инфраструктуры для движения беспилотного, подключенного и электрического транспорта.

Для проведения испытаний были развернуты элементы транспортной инфраструктуры в виде придорожного блока RSU, обеспечивающего передачу информации между дорожной инфраструктурой и подключенным TC, оборудованным бортовым модулем. Управление и наблюдение за проведением испытаний осуществлялось непосредственно на тестовом полигоне.

На тестовом участке находились зоны с ухудшением сигнала сотового оператора, что позволило проанализировать работу систем и сформировать требования к каналам передачи данных.

Для определения координат ТС и позиционирования его на те-

Для определения координат ТС и позиционирования его на тестовом участке также были применены спутниковые навигационные приемники, с возможностью определения координат в высокоточном режиме и получения корректирующей информации от придорожных контроллеров.

В рамках проведения комплексных испытаний осуществлялось проведение следующих сценариев взаимодействия придорожного блока RSU и бортового оборудования TC:

- предупреждение водителя об опасном сближении при выезде с второстепенной дороги;
- предупреждение водителя о выходе пешехода на проезжую часть при ограниченности обзора другими ТС (остановка общественного транспорта);
- информирование водителя об изменениях ограничений скоростного режима в зависимости от различных условий;

- соблюдение и информирование водителя о весогабаритных параметрах ТС в автоматическое режиме;
- унификация решений систем взимания оплаты проезда с онлайнинформированием и контролем лицевого счета: платные участки дорог, парковочные зоны;
- приоритетный проезд перекрестков;
- расчет и информирование водителя об оптимальной скорости движения в «зеленой» фазе светофора;
- заблаговременное предупреждение водителя об ухудшении погодных условий и снижении скоростного режима для безопасного проезда.

6.2.11. Испытания «СберАвтоТех»

В 2021 году «Сбер» представил прототип беспилотного электромобиля — SberAutoTech ФЛИП с максимальным, пятым уровнем автономности по международной классификации SAE. У модели стандартные для легковой машины габариты (3,62 м на 1,95 м), но благодаря отсутствию водительского места емкость ФЛИПа на 40% больше аналогов, а пассажировместимость — 6 человек. Кроме того, возможен выпуск грузовой и грузопассажирской модификаций этой модели 105 .

Во ФЛИП встроена система распознавания лиц. Безопасность движения автономного ТС обеспечивается за счет комплекса лидаров, радаров и камер, которые в режиме реального времени распознают пешеходов, препятствия, окружающие объекты. Технология позволяет электромобилю «коммуницировать» как с дорожной инфраструктурой, так и с другими ФЛИПами.

Тестирование ФЛИПов с августа 2022 года продолжается на базе собственного инжинирингового центра «СберАвтоТех», открытого в Москве. Именно на этой площадке ведутся ключевые работы по разработке беспилотной технологии, здесь работают команды разработчиков и специалистов по эксплуатации над разработкой софта и алгоритмов, ведется работа с легковым беспилотными легковыми и грузовыми TC^{106} .

wg2fup529777915

¹⁰⁵ https://www.gtlk.ru/press_room/drone/

https://www.gikk.tu/press_room/drone/

https://expert.ru/expert/2022/41/sberavtotekh-shag-vpered-dva-v-kyuvet/?ysclid=lc1t



Рис. 39. ФЛИП, 6-местный полностью беспилотный электромобиль от SberAutoTech Источник: https://so.rbk.ru/ v6_top_pics/resized/590xH/ media/

ima/3/59/756221013555593.ipa



Рис. 40. Беспилотное TC «Сбербанка» Источник: https://so.rbk.ru/ v6_top_pics/resized/590xH/ media/ img/1/71/756086271800711.

«Обычные» беспилотные автомобили «Сбера» выполнены по классической схеме. Основой служит серийный Kia Ceed SW, а «обвес» состоит из круговых лидаров, камер и радаров.

Весной 2022 года в районе стадиона «Газпром Арена» в Санкт-Петербурге беспилотники «Сбера» принимали пассажиров и далее следовали по круговому маршруту, проезжая станцию метро «Крестовский остров» 107 .

Беспилотные автомобили «Сбера» стали первыми, выехавшими на улицы Северной столицы. В рамках тестирования не менее двух машин курсировали по маршруту на Крестовском острове.

В декабре 2022 года Sber
Auto Тесh начала использовать беспилотники для перевозки людей в Москве
 — пока только сотрудников сервиса.

Беспилотники курсируют между инжиниринговым центром SberAutoTech и станцией МЦК — 3ИЛ.

¹⁰⁷ https://nplus1.ru/blog/2022/06/17/sberautotech

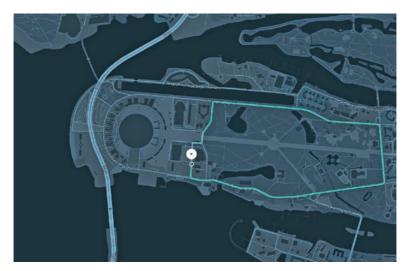


Рис. 41. Схема маршрута беспилотника SberAutoTech в Санкт-Петербурге Источник: https://habr.com/ru/news/t/669482/



Рис. 42. Схема маршрута беспилотника SberAutoTech в Москве Источник: https://leonardo.osnova.io/ebe54bff-2a67-5a7f-bce9-301bafcbbaad/

Они перемещаются полностью в автономном режиме, маневрируя с учетом дорожной ситуации и соблюдая ПДД. В соответствии с российским законодательством в салоне на месте водителя находится инженер-испытатель. Однако его взаимодействие с пользователями сведено к минимуму 108 .

6.2.12. Специальная зона для тестирования роботов и беспилотных грузовиков в Нижегородской области

Пока об этой зоне мало что известно. В открытых источниках была информация о том, что НПО «Андроидная техника» готовится открыть во второй половине 2023 года специальный «полигон» для испытаний в России роботов различного назначения и «безэкипажных» грузовых автомобилей 109 .

Пока предполагается, что зона появится в технопарке, уже создаваемом в городе Бор Нижегородской области на базе завода «Боравтостекло». Для обеспечения работы площадки НПО «Андроидная техника» и НИИМА «Прогресс» уже разрабатывают «комплексированную» навигационную систему «Консул», позволяющую одновременно использовать не только спутниковые, но и наземные системы навигации для управления техникой.

6.2.13. Тестирование беспилотников КАМАЗ на Восточно-Мессояхском месторождении и Магнитогорском металлургическом комбинате

Весной 2020 года на Восточно-Мессояхском месторождении (ЯНАО, Гыданский п-ов) успешно прошли испытания беспилотных грузовых автомобилей КАМАЗ, которые безаварийно преодолели 2,5 тыс. км.

Совместный проект «Газпром нефти» и группы компаний «КА-МАЗ» был реализован при поддержке правительства Ямало-Ненецкого автономного округа в арктической автономии и сложных природно-климатических условиях Заполярья. Главная цель испытаний — подтвердить потенциальную эффективность использования беспилотных

¹⁰⁸ https://habr.com/ru/news/t/661139/

 $^{^{109}\} https://3dnews.ru/1078709/v-2023-godu-v-rossii-poyavitsya-spetsialnaya-zona-dlyatestirovaniya-robotov-i-bespilotnih-gruzovikov$



Рис. 43. Испытания беспилотных КАМАЗов в Арктике Источник: https://kamaz.ru/press/releases/bespilotniki_kamaz_proshli_ispytaniya_v_arktike/

TС, позволяющих повысить безопасность грузоперевозок и оптимизировать снабжение труднодоступных регионов 110 .

В декабре 2022 года Магнитогорский металлургический комбинат начал испытания автомобиля КАМАЗ с системой автономного управления на своих промплощадках 111 .

Грузовая модель КАМАЗ-43118 отрабатывает технологический маршрут перевозки огнеупоров со складов управления подготовки производства на строительную площадку коксовой батареи № 12. Полноприводный беспилотный автомобиль грузоподъемностью 10 тонн использует для ориентации в пространстве датчики, камеры и радары, а также данные навигационной системы и заложенные в программу инструкции.

Во время испытаний все действия автомобиля-робота контролирует оператор, занимающий пассажирское место. Беспилотник оборудован системой ограничения скорости и адаптивным круиз-контролем, может считывать информацию с дорожных знаков и проезжать перекрестки, не создавая помех для других участников движения, а на железнодорожных переездах автомобиль распознает запрещающий сигнал светофора и останавливается, чтобы пропустить поезд.

 $^{^{110}\} https://kamaz.ru/press/releases/bespilotniki_kamaz_proshli_ispytaniya_v_arktike/$

¹¹¹ https://tass.ru/ekonomika/16695705

6.2.14. Развертывание сетей V2X на общественном транспорте в Санкт-Петербурге

Летом 2022 года в Санкт-Петербурге началась реализация первого в России коммерческого проекта по развертыванию сетей V2X на городском пассажирском транспорте.

Первые 35 перекрестков в городе были оснащены оборудованием RSU TEDIX-R1 в сентябре 2022 года. Планируется доведение количества перекрестков, оснащенных оборудованием V2X (RSU), до 70. Проект является первым коммерческим и самым массовым примером внедрения V2X технологий в стране.

Город планирует закупить 138 трамваев, на которых с конвейера будут предустановлены устройства V2X-OBU, обеспечивающие связь с дорожной инфраструктурой. Также в планах дальнейшее оснащение троллейбусов.

Основная задача проекта — обеспечение приоритетного проезда общественного транспорта через регулируемые перекрестки путем



Рис. 44. Пример установки RSU в Санкт-Петербурге

Источник: https://tedix.ru/news/v-sanktpeterburge-nachalas-realizaciya-pervogo-vrossii-kommercheskogo-proekta-porazvertyvaniyu-setej-v2x-na-obshhestvennomtransporte/ управления фазами переключения светофоров, что позволит строго соблюдать установленные на маршрутах графики движения. С помощью технологии V2X управление фазами переключения светофоров можно осуществлять в режиме реального времени (задержки не превышают 30 мс). А благодаря применению RTK-навигации местоположение транспорта определяется с точностью в 10 см¹¹².

За счет приоритетного проезда планируется не только нивелировать опоздания, но и увеличить пассажиропоток и сократить

https://tedix.ru/news/v-sanktpeterburge-nachalas-realizaciyapervogo-v-rossii-kommercheskogoproekta-po-razvertyvaniyu-setej-v2xna-obshhestvennom-transporte/

минимальное необходимое количество транспорта на линии, а значит — сберечь городской бюджет.

Оснащение перекрестков и трамваев оборудованием V2X приводит в среднем к экономии 5 минут на каждые 10 км маршрута за счет приоритетного проезда перекрестков общественным транспортом. Это эквивалентно экономии около 120 млн рублей за счет покупки городом меньшего числа трамваев на маршруте длиной от 20 км.

При оснащении оборудованием V2X автобусов и троллейбусов достигается соблюдение временного графика маршрута с отклонением не более 5 минут в 90% случаев при движении в потоке транспорта.

Первые RSU установлены в Калининском, Кировском, Красносельском и Приморском районах.

Технологическим партнером и поставщиком RSU оборудования TEDIX выступил Fort Telecom (Пермь), поставщиком V2X-стека стала компания «Среда» (Санкт-Петербург), а генеральным подрядчиком и поставщиком автоматизированных систем управления дорожным движением стала компания «РИПАС СПБ» (Санкт-Петербург)¹¹³.

6.2.15. Пилотная зона ИТС на территории Республики Татарстан в Алабуге

Целями создания пилотной зоны являются:

- апробация технологий ИТС для подтверждения заявленных производителем функциональных, технических характеристик и выдачи заключения о возможности их применения на автомобильных дорогах общего пользования;
- проведение экспериментов по интеграции инструментальных подсистем и элементов ИТС для обеспечения их кроссфункционального взаимодействия;
- создание научно-методической и нормативно-технической базы для реализации положений Комплекса мероприятий по тестированию и поэтапному вводу в эксплуатацию на дорогах общего пользования ВАТС без присутствия инженера-испытателя в салоне транспортного средства, предусматривающих их опытную коммерческую эксплуатацию в отдельных субъектах Российской

 $^{^{113}}$ https://vc.ru/transport/508506-menshe-probok-vyshe-bezopasnost-kak-v-rossii-vnedryaetsya-v2x

Федерации, утвержденного Первым заместителем Председателя Правительства Российской Федерации А. Р. Белоусовым 12 марта 2021 г. № 2189п-П50;

• определение по результатам проведенных экспериментов оптимальных технологий, обеспечивающих движение ВАТС в реальных дорожно-транспортных условиях, для внесения их в Реестр новых и наилучших технологий, материалов и технологических решений повторного применения.

В пилотной зоне должны апробироваться технологии ИТС, испытываться различные типы и модели ВАТС, а также отрабатываться их взаимодействие с дорожно-транспортной инфраструктурой, системами высокоточного позиционирования и цифровой динамической картой дорожного движения.

Пилотная зона создается на территории особой экономической зоны промышленно-производственного типа «Алабуга» и прилегающего участка региональной автомобильной дороги общего пользования 16К-0804. При развитии пилотной зоны в нее могут включаться дополнительные участки автомобильных дорог общего пользования по согласованию с владельцами дорог.

Соучредителями пилотной зоны являются:

- Федеральное дорожное агентство (Росавтодор);
- федеральное автономное учреждение «Российский дорожный научно-исследовательский институт» (ФАУ «РОСДОРНИИ»);
- Министерство транспорта и дорожного хозяйства Республики Татарстан;
- государственное бюджетное учреждение «Безопасность дорожного движения» (ГБУ «БДД»);
- акционерное общество «Особая экономическая зона промышленнопроизводственного типа «Алабуга» (АО «ОЭЗ «Алабуга»);
- государственное казенное учреждение «Главное управление содержания и развития дорожно-транспортного комплекса Татарстана при Министерстве транспорта и дорожного хозяйства Республики Татарстан» (ГКУ «Главтатдортранс»).

В рамках решения задачи по проведению экспериментов предполагается выполнить комплекс исследований по следующим направлениям:

- высокоточное позиционирование;
- динамическая цифровая карта дорожного движения;
- сценарии, маршруты и режимы движения ВАТС;

- ситуационная осведомленность ВАТС;
- коммуникационная надежность;
- информационная безопасность;
- конструктивная надежность;
- функциональная надежность.

Предварительный перечень экспериментов, возможных к реализации на пилотной зоне:

- для каждого сценария, сервиса, службы и подсистемы выполняются следующие виды испытаний:
 - испытания на определение функциональных возможностей элементов ИТС, в том числе направленных на обеспечение движения ВАТС,
 - испытания на измерение физических величин различных параметров, получаемых от периферийного оборудования и различных элементов ИТС,
 - испытания на информационную безопасность,
 - имитация различных видов угроз и сценарии обеспечения информационной безопасности,
 - тест на совместимость оборудования различных производителей (Interoperability test),
 - экспериментальные исследования нормируемых параметров при разработке нормативных документов;
- тестирование работоспособности системы высокоточного позиционирования при различных условиях и режимах движения;
- тестирование технологии связи при различных условиях и режимах движения;
- тестирование режимов передачи данных от ДЦКДД на ВАТС;
- использование ДЦКДД при движении ВАТС;
- определение достаточного объема данных ДЦК ДД для формирования маршрутов движения ВАТС;
- тестирование различных протоколов взаимодействия ДЦКДД и ВАТС;
- тестирование технологий детектирования динамических объектов;
- тестирование различных конфигураций инфраструктуры ИТС при различных условиях и режимах движения ВАТС;
- тестирование возможности обеспечения движения ВАТС при обеспечении ситуационной осведомленности за счет ИТС;
- тестирование алгоритмов работы ДЦКДД и инфраструктуры ИТС для обеспечения безопасного и эффективного движения ВАТС;

- тестирование необходимых параметров пропускной способности сети передачи данных для обеспечения информационного обмена между ВАТС и ИТС;
- определение задержек передачи данных и надежности каналов передачи данных при различных условиях и параметрах движения для различных видов связи;
- тестирование заявленных производителями элементов ИТС тактико-технических характеристик;
- тестирование информационной системы «ИТС ДЦКДД ВАТС» на защиту от различных угроз, в том числе от несанкционированного вторжения, подмены координат, перехвата управления;
- тестирование компонентов системы «ИТС ДЦКДД ВАТС» на функциональную безопасность.

В рамках решения задачи по апробации технологий ИТС, в том числе обеспечивающих безопасное движение ВАТС, на пилотной зоне может быть обеспечена возможность апробации таких направлений технического развития как:



Рис. 45. Общий вид пилотной зоны Источник: презентация ФАУ «РОСДОРНИИ»



Рис. 46. Пример оцифрованного участка пилотной зоны Источник: презентация ФАУ «РОСДОРНИИ»

- высокоточное позиционирование;
- цифровая картографическая продукция на основе высокоточных геодезических измерений;
- цифровая картографическая продукция на основе съемки местности при помощи лидаров;
- анализ и обработка облаков точек лазерного сканирования, включая геопривязку фотоматериалов (панорамных и лианеризированных снимков) и формирование калибровочных файлов для лианеризированных снимков;
- формирование дорожного графа;
- создание цифровой модели дороги, цифровых проектов организации дорожного движения и цифровых двойников дороги;
- обработка треков движения ТС;
- дорожное видеонаблюдение и видеоаналитика;
- мониторинг параметров транспортного потока;
- метеомониторинг и метеопрогнозирование;
- высокоточное детектирование мобильных объектов на основе лидарной съемки;
- высокоточное детектирование мобильных объектов на основе радиолокационных технологий;

- DSRC, C-V2X, ETSI ITS G5 и другие различные стандарты связи;
- нейронные сети;
- верхнеуровневое ПО для взаимной интеграции подсистем и элементов ИТС, а также ПО, обеспечивающее ситуационную осведомленность ВАТС.

6.2.16. Проект «Беспилотные логистические коридоры» на автомобильной дороге M-11 «Нева»

В октябре 2022 года на трассе M-11 «Нева» установлен экспериментальный правовой режим (ЭПР) по осуществлению автономных грузоперевозок, который позволит проводить тестирование специализированных беспилотников на десятикилометровом участке магистрали.

В рамках ЭПР в течение трех лет будут апробированы цифровые инновации по коммерческой эксплуатации беспилотных грузовых ТС — как с водителем-испытателем, так и при удаленном управлении движением с участием инженера-испытателя и диспетчера. Оборудование и программное обеспечение, используемые для движения и контроля за ним, позволят в любой момент осуществить остановку беспилотного грузового ТС, находящегося под контролем диспетчера 114.

Все беспилотные грузовики имеют декларацию производителя о безопасности и заключения о соответствии требованиям технического регламента Таможенного союза, выданные испытательной лабораторией по итогам испытаний на полигоне; кроме того, они постоянно проходят предрейсовый или предсменный контроль технического состояния, снабжены диагностической системой контроля.

Для движения беспилотников без участия водителей и присутствия инженера-испытателя на борту по всей трассе М-11 протяженностью более 660 км планируется создание специальных хабов на подъездах к Москве и Санкт-Петербургу.

14 июня 2023 года первые беспилотные грузовики КАМАЗ начали перевозить грузы по трассе М-11 Москва — Петербург в рамках экспериментального правого режима. В проекте участвуют крупнейшие перевозчики: ПЭК, Globaltruck и «Газпромнефть-снабжение».

¹¹⁴ https://www.economy.gov.ru/material/news/pravitelstvom_zapushchen_novyy_epr_ dlya_bespilotnogo_gruzovogo_avtotransporta_na_trasse_m_11.html



Рис. 47. Беспилотные грузовики КАМАЗ на M-11 «Нева» Источник: https://storage.myseldon.com/news-pict-be/BE646FB8BDCF70CAA196AE7058E2BA83

Всего в рейс вышло четыре цифровых магистральных тягача, которые в составе автопоезда с полуприцепом будут осуществлять грузоперевозки между двумя городами. Автомобили созданы на базе магистрального тягача КАМАЗ-54901. Модель оснащена системами связи, навигации, технического зрения, обработки входящей информации. Управление тормозной и рулевой системы, двигателя и АКПП осуществляется с применением электронной каншины.

Машины будут работать между логистическими терминалами Москвы и Санкт-Петербурга по концепции hub-to-hub, без заездов в города. Протяженность маршрута составит 650 км¹¹⁵.

https://kamaz.ru/press/releases/kamaz_zapustil_magistralnye_tyagachi_na_trasse_m_11_neva_v_bespilotnom_rezhime/

7. Организация испытаний

7.1. Общая классификация. Виды испытаний

Поскольку строгой классификации испытательных полигонов в целом и в частности полигонов ИТС пока не существует, в рамках данной книги рассмотрим опыт классификации различных натурных опытно-экспериментальных научных испытаний в области дорожного хозяйства.

Автомобильные дороги — это сложные и комплексные инженерные сооружения, включающие в себя не только дорожные конструкции на земляном полотне, но также искусственные сооружения и дорожное обустройство.

В комплексе технических проблем ИТС, требующих решения с использованием полигонов, рассмотрим проблемы всего жизненного цикла транспортных сооружений на стадиях их проектирования, строительства и эксплуатации.

Испытание — экспериментальное определение количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата воздействия на него, при его функционировании, при моделировании объекта и (или) воздействий.

Вид испытаний — классификационная группировка испытаний по определенному признаку.

Виды исследований (испытаний), в зависимости от способа получения информации об объекте испытаний на основе одного или нескольких физических принципов, подразделяют на методы исследований (испытаний).

В целом все испытания принято классифицировать по следующим принципам:

- назначению;
- уровню проведения;
- этапу разработки;
- приемке готовой продукции;
- условиям и месту проведения;
- продолжительности;



Рис. 48. Пример подготовки одного из испытаний — установка препятствий перед беспилотником Источник: фото Waymo https://habrastorage.org/r/w1560/webt/k3/ki/lg/

источник. фото waymo nttps://nabrastorage.org///w1500/webt/к5/к//g k3kilgveniznij4pd3h04ya7eca.jpeg

- виду и результату воздействия;
- определяемым характеристикам объекта. Нас прежде всего интересуют исследовательские испытания. Исследовательские испытания проводятся для изучения опреде-

Исследовательские испытания проводятся для изучения определенных характеристик свойств объекта, и их целью являются:

- определение или оценка показателей качества функционирования испытуемого объекта в определенных условиях его применения;
- выбор наилучших режимов работы объекта или наилучших характеристик свойств объекта;
- сравнение множества вариантов реализации объекта при проектировании и аттестации;
- построение математической модели функционирования объекта (оценка параметров математической модели);
- отбор существенных факторов, влияющих на показатели качества функционирования объекта;
- выбор вида математической модели объекта (из заданного множества вариантов).

Особенностью исследовательских испытаний является факультативный характер их проведения, и они, как правило, не применяются при сдаче готовой продукции.



Определительные испытания проводят для определения значений характеристик объекта с заданными значениями показателей точности и достоверности.

Сравнительные испытания проводят для сравнения характеристик свойств аналогичных или одинаковых объектов. На практике иногда возникает необходимость сравнить качество аналогичных по характеристикам или даже одинаковых изделий, но выпускаемых, например, различными предприятиями. Для этого испытывают сравниваемые объекты в идентичных условиях.

Контрольные испытания проводятся для контроля качества объекта. Испытания этого вида составляют наиболее многочисленную группу испытаний 117 .

¹¹⁶ https://studfile.net/preview/6407388/page:6/

¹¹⁷ https://cfrs.ru/terms/opytno-konstruktorskie-ispytaniya-delyatsya-na-issledovatelskie-i. html



Таблица 9. Систематизация видов испытаний по основным признакам в табличном виде по ГОСТ 16504-81¹¹⁸

Признак вида испытаний	Вид испытаний
Назначение испытаний	Исследовательские
	Контрольные
	Сравнительные
	Определительные
Уровень проведения испытаний	Государственные
	Межведомственные
	Ведомственные

¹¹⁸ ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.

Признак вида испытаний	Вид испытаний
Этапы разработки продукции	Доводочные
	Предварительные
	Приемочные
Испытания готовой продукции	Квалификационные
	Предъявительские
	Приемо-сдаточные
	Периодические
	Инспекционные
	Типовые
	Аттестационные
	Сертификационные
	Лабораторные
Условия и место проведения испытаний	Стендовые
	Полигонные
	Натурные
	Испытания с использованием моделей
	Эксплуатационные
Продолжительность испытаний	Нормальные
	Ускоренные
	Сокращенные
Вид воздействия	Механические
	Климатические
	Термические
	Радиационные
	Электрические
	Электромагнитные
	Магнитные
	Химические
	Биологические

Признак вида испытаний	Вид испытаний
Результат воздействия	Неразрушающие
	Разрушающие
	Испытания на стойкость
	Испытания на прочность
	Испытания на устойчивость
Определяемые характеристики объекта	Функциональные
	Испытания на надежность
	Испытания на безопасность
	Испытания на транспортабельность
	Граничные испытания
	Технологические испытания

Примечания:

- 1. Испытания могут иметь два и более признака из перечисленных. В необходимых случаях наименование испытаний включает перечисление этих признаков видов испытаний, например межведомственные периодические стендовые испытания на надежность и т. п.
- Категория испытания, характеризуемая организованными признаками и принятием решений по результатам оценки объекта в целом, включает виды испытаний, определяемые уровнем их проведения, этапами разработки, а также все испытания готовой продукции.

7.2. Принципы создания комплексных испытательных полигонов

Для построения комплексного полигона ИТС выделяются шесть основных принципов.

1. Принцип системного соответствия целям и задачам

Комплексный полигон и его элементы рассматриваются как единая система, ориентированная на достижение цели. При этом учитывается весь состав участников взаимодействия в области ИТС и технологической платформы «ВАТС — дорожная инфраструктура», их роль и цели.

2. Принцип сравнения с эталонной референсной системой

Нормирование параметров технических элементов и технологий ИТС и технологической платформы «беспилотное транспортное средство — дорожная инфраструктура» осуществляется через сравнение

с работой эталонной референсной модели системы ИТС, которая является частью комплексного полигона.

3. Принцип функциональной организации участников многоуровневой, территориально распределенной, международной системы

Комплексный полигон, как и сама национальная система локальных проектов ИТС, является частью национальной и международной кооперации и системы стандартизации в области ИТС и технологической платформы «беспилотное транспортное средство — дорожная инфраструктура».

4. Принцип стандартизации и согласованности проектных и технических решений

Комплексный полигон, его компоненты и система тестов должны быть стандартизованы и сертифицированы, а нормируемые параметры — стандартизованы и согласованы для применения в локальных проектах ИТС на территории $P\Phi$.

5. Принцип модульности

Комплексный полигон состоит из модульных компонентов (площадок, лабораторий и др.), позволяющих проводить разнообразные исследования параметров ИТС и технологической платформы «беспилотное транспортное средство — дорожная инфраструктура», которые, в свою очередь, должны иметь избыточные, согласующиеся технические решения, предоставляющие возможность произвольной их комбинации для достижения необходимых технических, бюджетных требований и требований по обеспечению безопасности.

6. Принцип эволюционного развития

Развитие комплексного полигона должно происходить согласованно с развитием технических решений и технологий в области ИТС и технологической платформы «беспилотное транспортное средство — дорожная инфраструктура».

7.3. Типовые способы проведения испытаний

Качество испытания определяется достоверностью полученных сведений. Чем выше достоверность, тем выше качество.

Значительное число видов испытаний ИТС на воздействие механических, климатических, биологических, радиационных и других

внешних факторов в лабораторных условиях приводит к необходимости установления способов (последовательности) их выполнения.

Стандартизировать единую последовательность испытаний для всех элементов ИТС крайне сложно. В общем случае последовательность проведения испытаний зависит от стадии жизненного цикла локального проекта ИТС и определяется целью испытаний, назначением изделия, местом его установки и условиями эксплуатации.

Способы проведения испытаний

А) Последовательный способ

Введением понятия «способ проведения испытаний» подчеркивается, что не все изделия выборки подвергаются последовательно различным видам испытаний.

Последовательность проведения испытаний играет важную роль. Установление единой последовательности проведения испытаний для различных объектов вряд ли оправдано. Оптимальная последовательность проведения испытаний зависит от назначения объекта, места его установки и предполагаемых условий эксплуатации. Поэтому последовательность проведения испытаний конкретного объекта указывается в технических условиях или программе испытаний.

Б) Параллельный способ

Наряду с последовательным способом может быть и параллельный, когда изделия выборки подвергаются одновременно (параллельно) различным видам испытаний.

При параллельном способе проведения испытаний образец подвергается одновременному воздействию различных внешних воздействующих факторов одновременно (параллельно) на нескольких выборках. Такой способ позволяет получить большой объем информации за значительно более короткий промежуток времени, чем последовательный. Однако параллельный способ требует существенно большего числа испытываемых изделий, чем последовательный.

В) Параллельно-последовательный способ

Возможен и так называемый параллельно-последовательный способ, при котором все виды испытаний разбиваются на определенное число групп и соответственно на такое же число групп разбивается выборка изделий; группы изделий испытываются параллельно, в то время как в группах испытания изделий проводятся последовательно.

Компромиссным между последовательным и параллельным способами проведения испытаний является последовательно-параллельный

способ, позволяющий в каждом конкретном случае более эффективно использовать преимущества того или иного способа и находить наиболее оптимальные варианты их сочетания. Однако каждый из рассмотренных способов проведения испытаний предусматривает, как правило, раздельное воздействие на объект внешних факторов, что является существенным отличием от реальных условий его эксплуатации.

Г) Комбинированные испытания

Возможен способ комбинированных испытаний, при котором испытуемое изделие подвергается одновременно воздействию двух или более определенных внешних факторов.

7.4. Источники неопределенностей при проведении испытаний

Источники неопределенностей при проведении испытаний ИТС можно сгруппировать по главным направлениям: технологические факторы, законодательные и юридические политики, а также общественное мнение.

1. Технологические факторы

- 1.1. Факторы, которые могут привести к нестандартному поведению:
- датчики и система контроля производительности;
- погрешность некоторых специальных коммуникаций (Wi-Fi, DSRC, 4G, 5G), которые нужны для успешной реализации;
- погрешность датчиков, которые обрабатывают данные и управляют ТС;
- поведение ТС при движении в различных транспортных потоках, безопасное движение и пропускная способность дороги.
- 1.2. Факторы, влияющие на стоимость:
- возможность и простота обслуживания системы со временем;
- функциональность, которая гарантирует программную и аппаратную безопасность подключенного/автоматизированного транспортного средства;
- сложность разработки и изготовления датчиков обработки и контроля.

Стратегические факторы включают в себя законодательную и юридическую политику, оценку степени риска, политику издержек и логистическую политику использования ВАТС.

2. Законодательная и юридическая политика

- Разрешение на испытания на дорогах общего пользования;
- разрешение на эксплуатацию на дорогах общего пользования;
- определение ответственности;
- политика конфиденциальности;
- до какой степени можно внедрять оборудование для беспилотного транспортного средства, чтобы не нарушать юрисдикционные границы;
- требования по обмену данными об испытаниях среди производителей и операторов ТС;
- требования для оборудования транспортного средства. Могут быть дополнительные требования для большегрузных автомобилей. Элементы оценки степени риска включают:
- требования защиты данных;
- требования безопасности. Элементы структуры издержек включают:
- программы лояльности для внедрения беспилотных ТС;
- пользовательские затраты на содержание ТС (покупка, страхование, регистрация, топливо и т. д.). Элементы физического окружения включают:
- правила взаимодействия автоматизированных ТС и других пользователей дорог (приоритетность движения и т. п.);
- инфраструктурные решения для поддержки подключенных и автоматизированных ТС.

Результаты воздействия стратегических факторов определяют степень использования автоматизированных ТС. Эти факторы оказывают влияние на технологический прогресс и сроки выхода на рынок, т. к. они серьезно затрагивают бизнес-модель. Если воздействие стратегических факторов будет минимизировано, это станет большим стимулом в разработке нового оборудования для интеграции в автоматизированные ТС.

3. Общественная реакция

- Ценность и компромиссы:
 - привлекательность многозадачности (т. е. выполнение каких-либо задач, не следя за дорогой);
 - время нахождения в многозадачности;
 - готовность делиться данными о поездках;

- готовность больше платить для улучшения обслуживания (относительно обычного транспортного средства, поездки в такси, поездки в общественном транспорте и др.).
- Готовность управлять элементами:
 - готовность ездить в автоматизированном или беспилотном транспортном средстве;
 - готовность «уступить контроль» в управлении (при использовании беспилотных или частично автоматизированных ТС);
 - поддержание навыков управления TC при внедрении частичной/полной автоматизации.
- Нахождение в смешанной среде:
 - поведение других водителей на обычных TC в присутствии автоматизированных TC;
 - взаимодействие с уязвимыми водителями.
- Совместное использование транспортных средств:
 - готовность ездить на общественных ТС, а не на личном ТС;
 - готовность ездить совместно с другими людьми.

Общественная реакция определяет скорость ввода подключенных и впоследствии беспилотных ТС в повседневную жизнь, включая как покупку личных ТС, так и использование общественного транспорта. Также общественная реакция определяет скорость перехода с обычных ТС на автоматизированные транспортные средства.

Описанные факторы повлияют на запуск и внедрение беспилотных ТС несколькими способами. Например, объем работ по разработке беспилотных ТС будет зависеть от технологий и общественного мнения.

Цена беспилотных ТС будет зависеть от технологических и стратегических факторов. Скорость их ввода зависит от технологий, общества и стратегий. Также эти факторы повлияют на ценообразование для ВАТС.

Все эти факторы стратегии могут способствовать или препятствовать развитию технологий.

8. Общий подход к проведению испытаний ИТС

8.1. Цели создания полигонов / тестовых зон

Главная цель испытаний: гарантировать безопасность дорожного движения при надежной работе систем TC, что требует новых стратегий и концепций, методов и инструментария для проведения тестов, включая использование экспериментального оборудования.

Учитывая очень острую чувствительность общества к экспансии человеко-машинных систем, для формирования доверия общества к технологиям автоматизированного вождения требуется хорошо проработанная концепция и механизм для процедур испытаний и сертификации подключенных и автоматизированных автомобилей.

Для проведения испытаний ИТС или ее элементов, устройств, систем и изделия в целом требуются разные уровни:

- имитационное моделирование;
- лабораторные испытания;
- испытательный полигон;
- дорога общего пользования.

Моделирование. Для достижения оцениваемых результатов путем моделирования важно определить требуемую сложность моделей.

Имитационное моделирование — это частный случай математического моделирования. Существует класс объектов, для которых по различным причинам не разработаны аналитические модели, создание аналитической модели принципиально невозможно, не разработаны методы решения полученной модели либо решения неустойчивы. В этом случае аналитическая модель заменяется имитатором или имитационной моделью 119.

Знание способностей, пренебрегаемых эффектов и ограничений имитационной модели делает процесс проектирования эффективным.

 $^{^{119}\ \}mathrm{https://ru.wikipedia.org/wiki/}$ Имитационное_моделирование

Следующим шагом является использование доступного программного обеспечения для моделирования дорожных ТС и дорожных ситуаций.

Во время моделирования различных датчиков автоматических TC важно проанализировать различные условия эксплуатации, которые влияют на надежность восприятия окружающей среды. У каждого типа датчика есть свои недостатки, например, погодные условия сильно влияют на визуальные возможности датчиков на основе видео. С другой стороны, помехи также могут быть смоделированы в зависимости от типа дороги или дорожных знаков.

Пабораторные испытания. Работа компонентов и подсистем ИТС может быть проанализирована в лабораторных испытаниях. Лабораторные тесты дают гораздо более актуальную информацию об этих свойствах, чем симуляции.

В полной мере натурные условия работы ИТС (влияние реальных природно-климатических и эксплуатационных факторов в течение длительного времени) могут быть реализованы только на специальных комплексных полигонах (тестовых зонах) ИТС.

Испытательный полигон — территория и испытательные сооружения на ней, оснащенные средствами испытаний и обеспечивающие испытания объекта в условиях, близких к условиям эксплуатации объекта ¹²⁰.

Дорога общего пользования. Автомобильные дороги в зависимости от вида разрешенного использования подразделяются на автомобильные дороги общего пользования и автомобильные дороги необщего пользования.

К автомобильным дорогам общего пользования относятся автомобильные дороги, предназначенные для движения транспортных средств неограниченного круга лиц 121 .

Множество дорог, пригодных для движения ВАТС, должны разделяться минимум на 3 группы:

- 1. Дороги на ограниченных, закрытых территориях.
- 2. Автомагистрали.
- 3. УДС городов.

120 ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения

¹²¹ Федеральный закон от 8 ноября 2007 г. № 257-ФЗ (ред. от 28 апреля 2023 г.) «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

В качестве независимых структурных переменных в множестве вариантов ИТС, принимающих дискретные значения, принимаются типы дорог, цифровые модели дорог и уровни задач управления. Каждая переменная во множестве вариантов ИТС имеет несколько значений, что при построении структурного множества дает большое число вариантов построения ИТС, при этом стоит учитывать, что не все они могут быть работоспособны, и поэтому каждый из вариантов следует рассматривать как отдельный случай.

Основные цели создания полигонов / тестовых зон ИТС:

- Проведение испытаний сервисов для дорожной инфраструктуры, а также автомобилей с высокой степенью автоматизации и беспилотных автомобилей, поддержки автомобильных сервисов на базе технологий связи V2X следующих категорий:
 - сервисы повышения безопасности дорожного движения;
 - сервисы повышения эффективности управления дорожным движением;
 - сервисы поддержки движения подключенных автомобилей, автомобилей с высокой степенью автоматизации функций управления и беспилотных ТС;
 - сервис точного позиционирования.
- Создание целевой архитектуры технического решения на базе технологий V2X, готовой к тиражированию.
- Создание модели взаимодействия сервисов на базе технологий V2X.
- Формирование проекта общих требований к дорожной инфраструктуре дорог Российской Федерации для движения подключенного и беспилотного транспорта.
- Подготовка отчетов о результатах проведения тестирования пилотной зоны и рекомендаций по возможному применению целевой архитектуры технического решения на базе технологий V2X на автодорогах Российской Федерации для движения подключенного и беспилотного транспорта.

Основные задачи полигонов ИТС:

- 1. Экспериментальная отработка, обоснование и подтверждение нормируемых параметров компонентов ИТС, закладываемых в проекты национальных стандартов в сфере развития ИТС.
- 2. Стандартизация элементов дорожной инфраструктуры и ВАТС на базе экспериментально обоснованных нормируемых параметров.



Рис. 50. Основные задачи проведения испытаний ИТС

- 3. Создание и испытания образцов оборудования и технологий ИТС с целью выявления наиболее перспективных по характеристикам технических и технологических решений.
- 4. Организация и проведение на базе аккредитованных испытательных лабораторий обязательной сертификации компонентов ИТС на соответствие требованиям национальных стандартов и иных нормативно-технических документов в области технического регулирования Российской Федерации и технических регламентов Таможенного союза для допуска на автомобильные дороги общего пользования.

Возможности испытательного полигона ИТС должны использоваться в механизме реализации пилотных проектов в сфере ИТС совместно с зонами тестовой эксплуатации внедряемых технологий и комплексных технологических решений ИТС в целях снижения проектных рисков и повышения эффективности реализации проектов внедрения.

Современный испытательный полигон обязательно должен быть оснащен передовыми технологическими устройствами для тестирования взаимодействия TC с окружением 122 .

¹²² https://rosdornii.ru/upload/iblock/085/ilzabdsnsqmaewwv85354kw4ad504awq/ Kurguzov.pdf

Обеспечивающий элемент «Тестовые зоны ИТС» — это интегрированный комплекс исследовательских лабораторий, участков дорог общего пользования, частных автомобильных дорог общего и необщего пользования, сооружений, зданий и устройств, цифровых сервисных и эталонных платформ, дающий возможность проводить необходимые виды профильных и комплексных испытаний функциональнотехнологических элементов ИТС и их взаимодействия, в том числе в формате платформы ИТС-ВАТС, включая применяемые для их создания аппаратно-программные решения и специализированное периферийное оборудование, в условиях, гарантирующих сопоставимость результатов, полученных в разное время и обеспечивающих отсутствие помех и безопасность испытаний.

Целью создания тестовых зон ИТС является научно-техническая и экспериментально-технологическая поддержка процессов разработки и формирования нормативно-технического и методологического обеспечения в сфере развития ИТС и взаимодействия интеллектуальной дорожно-транспортной инфраструктуры с высокоавтоматизированными и полностью автоматизированными ТС.

В Российской Федерации уже разработана Концепция создания и функционирования национальной сети ИТС на автомобильных дорогах общего пользования 123 .

Необходимо понимать, что ввиду повышения уровня автоматизации транспортных систем будет увеличиваться и поток передаваемых и обрабатываемых данных, увеличивается объем конфиденциальной информации, требуются новые технологии в обеспечении информационной безопасности ИТС, новые аппаратные системы и компонентная база, новые подходы в области обработки информации.

Основные глобальные научно-технологические направления, реализация которых необходима для создания полноценной инфраструктуры ИТС:

- сенсорика (усовершенствование камер, лидаров и радаров);
- технологии искусственного интеллекта;
- усовершенствование навигационной системы;
- создание новой и усовершенствование текущей компонентной базы.

¹²³ https://mintrans.gov.ru/documents/2/12057

Назначение тестовых зон ИТС:

- экспериментальная отработка, обоснование и подтверждение нормируемых параметров компонентов и оборудования ИТС и технологической платформы ИТС-ВАТС, закладываемых в проекты национальных стандартов в сфере развития ИТС;
- испытания образцов оборудования и компонентов ИТС и технологической платформы ИТС-ВАТС с целью выявления наиболее перспективных по характеристикам технических и технологических решений.

Основные принципы построения тестовых зон ИТС:

- конструктивные и функциональные элементы тестовых зон ИТС должны рассматриваться как единая система, ориентированная на достижение цели испытаний ИТС;
- инфраструктурные и функциональные компоненты тестовых зон ИТС должны соответствовать или превышать требования национальных стандартов, действующей нормативно-правовой и нормативно-технической базы Российской Федерации.

Возможности тестовых зон ИТС должны использоваться в механизме реализации пилотных проектов в сфере ИТС совместно с зонами опытной эксплуатации внедряемых технологий и комплексных технологических решений ИТС в целях снижения проектных рисков и повышения эффективности реализации проектов внедрения ¹²⁴.

8.2. Испытательный полигон ИТС

8.2.1. Опытная эксплуатация испытательных полигонов

Целями опытной эксплуатации являются:

- проверка работоспособности испытательного комплекса;
- фиксация сбоев, ошибок, недостатков, возникающих и выявленных в ходе опытной эксплуатации;
- обеспечение возможности точного позиционирования ТС;
- апробация модели управления дорожным движением;

¹²⁴ Распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 30 сентября 2022 г. № АК-247-р «Об утверждении Концепции создания и функционирования национальной сети интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах общего пользования».

- апробация модели взаимодействия сервисов между участниками транспортно-логистической деятельности и инфраструктурой, в том числе подключенного и беспилотного транспорта;
- предложение целевой архитектуры технического решения для управления транспортной инфраструктурой посредством внедрения цифровых технологий и платформы цифрового обеспечения с возможностью масштабирования.
 - Задачи, решаемые в ходе опытной эксплуатации:
- оперативное устранение причин сбоев, ошибок, недостатков, возникающих в процессе опытной эксплуатации;
- внесение изменений в проектную и эксплуатационную документацию по итогам опытной эксплуатации.

Программа опытной эксплуатации испытательного комплекса определяет следующее.

- Объем опытной эксплуатации:
 - этапы опытной эксплуатации;
 - последовательность проведения опытной эксплуатации;
 - требования по испытаниям программных средств;
 - работы по завершении опытной эксплуатации.
- Условия и порядок проведения опытной эксплуатации:
 - ограничения в условиях проведения опытной эксплуатации;

 - требования к техническому обслуживанию системы;
 меры по обеспечению безопасности опытной эксплуатации;
 - порядок привлечения экспертов;
 - требования к персоналу.
- Материально-техническое обеспечение опытной эксплуатации:
 - метрологическое обеспечение опытной эксплуатации;
 - отчетность и порядок устранения недостатков;
 - методика проверки работоспособности испытательного комплекса;
 - методика проверки соответствия испытательного комплекса требованиям нормативных документов;
 - методика проверки реализации функций испытательного комп-

Проверка работоспособности испытательного комплекса, проверка соответствия функциональности испытательного комплекса и фиксация сбоев, ошибок, недостатков, возникающих и выявленных в ходе опытной эксплуатации, осуществляются в соответствии с программой и методикой, определенной в Программе опытной эксплуатации.

Дополнительно при проведении опытной эксплуатации испытательного комплекса осуществляется накопление данных, передаваемых между сервисной V2X-платформой, бортовым оборудованием, RSU, внешними и смежными системами. Вышеназванные данные сохраняются в сервисной V2X-платформе для последующего анализа в соответствии с регламентом, определенным в Программе опытной эксплуатации.

8.2.2. Сервисы V2X

На сегодняшний момент наиболее популярными являются восемь сервисов V2X:

1) Cooperative driver assistance system (CoDAS)

Логичным будет объединение датчиков для улучшения активно взаимодействующих передовых систем помощи водителю (ADAS) с информацией, полученной через C2X. Кооперативные функции (CoDAS) реализуются на двух или более TC за счет активного взаимодействия (кооперации). TC сотрудничают путем согласования общих стратегий вождения и тактических маневров 125.

2) Priority

В отличие от безусловного (preemption), условный приоритет (priority) предоставляется ТС по возможности, при сохранении оптимального режима работы перекрестка. Условный приоритет, как правило, предоставляется общественному транспорту, но в последнее время планируется обеспечивать условный приоритет грузовому транспорту, особенно движущемуся в колоннах.

Ниже приводится несколько примеров условного приоритета:

- отображение дополнительных или продленных зеленых сигналов на перекрестке для транспорта, движущегося по расписанию или в приоритетном режиме;
- специальная фаза для оказания помощи транспорту при регулируемом выезде на магистраль;
- пропуск колонны грузового транспорта через пункт оплаты проезда на скоростной магистрали.

3) Platooning

Platooning — перспективный сервис ИТС, который динамически формирует автоколонны TC и позволяет им двигаться в координации,

 $^{^{125}\} https://mediatum.ub.tum.de/doc/1285218/1285218.pdf$

сохраняя небольшую дистанцию. Изначально сервис реализовывался как полностью автономный за счет обеспечения коммуникаций машина-машина посредством технологии V2V, но по мере развития кооперативных технологий связи и высокоточной навигации, в том числе для организации взаимодействия с дорожными контроллерами, становится возможным обеспечить таким кластерам приоритетный проезд перекрестков.

4) Green Light Optimized Speed Advisory (GLOSA)

Для оптимизации транспортных потоков на перекрестках применяется сервис рекомендации скоростного режима движения — Green Light Optimal Speed Advisory (GLOSA), который рекомендует оптимальную скорость для проезда следующего светофора на зеленый свет, если это возможно. В противном случае сервис выдает рекомендацию остановиться вместе с индикацией времени до следующей зеленой фазы. Для GLOSA есть также идеи по оптимизации потока движения на следующих светофорах или даже по повышению уровня автоматизации таким образом, чтобы скорость движения TC автоматически подстраивалась под оптимальный профиль скорости 126.

5) Electronic Emergency Brake Light (EEBL)

Электронный аварийный стоп-сигнал (electronic emergency brake light, EEBL) является одним из рассматриваемых сервисов, который помогает водителю, если резко тормозящий автомобиль впереди загораживается другим ТС или даже находится за поворотом или изгибом дороги. Наряду с предупреждением здесь также решается задача повышения уровня автоматизации за счет комбинирования информации о потенциальной опасности с другими ADAS.

6) Emergency Vehicle Warning (EVW)

Наряду с EEBL сейчас исследуется применение предупреждения об экстренном транспортном средстве (emergency vehicle warning, EVW), которое сообщает водителю о приближающемся спецтранспорте (пожарные автомобили, скорая помощь и т. д.) и позволяет своевременно отреагировать соответствующим образом.

7) Intersection Movement Assist (IMA)

Посредством сервиса помощи в движении на перекрестке (intersection movement assist, IMA) обеспечивается возможность

¹²⁶ https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-27928-8_89

предупредить водителя, если при проезде через перекресток возникает опасность, связанная с поперечным движением или встречным поворотом транспортного средства.

8) Local Dynamic Map (LDM)

Беспроводные сообщения, передаваемые по сети V2X окружающими TC, собираются на локальной динамической карте (Local Dynamic Map, LDM). Приложение получает информацию от LDM о новых TC и их обновлении, сообщения содержат, среди прочего, данные о положении TC. Для локализации используется дифференциальный ГНСС с повышенной точностью определения местоположения.

8.2.3. Базовый состав испытательного полигона ИТС

Чем больший объем разных дорожных ситуаций будет отработан на полигоне в тестовом режиме, тем более безопасным будет затем движение беспилотного ТС на дороге общего пользования. Конечно, ИТС и технологии V2X тоже нуждаются в тестировании, но для автономных автомобилей это является просто обязательным условием.

Испытательные полигоны ИТС рекомендуется формировать из:

- сервисной V2X-платформы и динамической цифровой карты;
- элементов телекоммуникационной инфраструктуры RSU;
- автомобильного бортового оборудования OBU, устанавливаемого в TC, используемые для проведения испытаний;
- специализированных мобильных приложений;
- центра управления (ЦУ).

Оператору сервисной V2X-платформы рекомендуется ориентироваться на следующие основные группы сервисов:

- предоставление информации, необходимой для обеспечения сервисов V2X;
- повышение точности позиционирования на основе информации от RSU;
- мониторинг работоспособности систем управления беспилотных ТС;
- снижение аварийности и повышение эффективности перевозок за счет использования V2I;
- обнаружение и предотвращение вторжений в бортовое оборудование:
- дополнительные сервисы для подключенных к системе автомобилей.

8.2.3.1. Сервисная V2X-платформа

Сервисная V2X-платформа для обеспечения движения ВАТС должна обеспечивать реализацию функций, предусмотренных международными и отечественными требованиями к безопасности.

Сервисная V2X-платформа должна быть интегрирована:

- с элементами телекоммуникационной инфраструктуры RSU, установленными на участке дорожной сети, где проходят испытания;
- с системой управления дорожным движением.

Сервисная V2X-платформа предназначена для решения следующих основных задач:

- автоматический сбор, предварительная обработка и сохранение данных, накапливаемых при проведении тестирования автомобильных сервисов, в том числе данных, поступающих от:
 - автомобильного бортового оборудования;
 - элементов телекоммуникационной инфраструктуры V2X;
 - ИТС пилотного участка, включая центр управления и периферийные устройства (метеостанции, детекторы транспорта, камеры видеонаблюдения и т. д.). Стандарт обмена данными протокол Datex II и любой другой взаимосогласованный;
 - других внешних систем и источников информации;
- выполнение сценариев сервисов следующих категорий:
 - сервисы повышения безопасности дорожного движения;
 - сервисы повышения эффективности управления дорожным движением;
 - сервисы поддержки движения автомобилей с высокой степенью автоматизации функций управления и беспилотных TC;
 - сервисы информирования водителя;
 - дополнительные сервисы для владельца автомобильной дороги;
- автоматизация обмена данными со следующими объектами и субъектами в соответствии с логикой (сценариями) выполнения сервисов:
 - автомобильное бортовое оборудование;
 - элементы телекоммуникационной инфраструктуры V2X;
 - элементы ИТС пилотного участка, включая центр управления и периферийные устройства (метеостанции, детекторы транспорта, камеры видеонаблюдения и т. д.);
 - мобильные устройства (на базе iOS, Android) пользователей с установленными специализированными мобильными приложениями;

- автоматический анализ накопленных в системе данных в реальном времени и в пакетном режиме. Генерация отчетов и других материалов, характеризующих ход проведения и результаты проведения тестирования;
- автоматизация процесса мониторинга состояния и загрузки (производительности) используемого серверного, телекоммуникационного и абонентского оборудования;
- автоматическая отчетность о состоянии и загрузке (производительности) используемого оборудования;
- обеспечение информационной безопасности;
- сервисная V2X-платформа должна поддерживать обмен данными с оборудованием, установленным в ТС, посредством следующих технологий передачи данных (не ограничиваясь):
 - IEEE 802.11p (ETSI ITS-G5);
 - 3GPP GSM/EDGE/WCDMA/LTE; 5G (при наличии).

Сервисная V2X-платформа должна состоять из следующих подсистем:

- подсистема сервисов;
- интеграционная шина;
- динамическая цифровая карта дорожного движения;
- подсистема аналитики данных;
- веб-портал;
- подсистема мониторинга и контроля функционирования;
- подсистема информационной безопасности.

Интеграционная шина (брокер сообщений) должна обеспечивать централизованный и унифицированный событийно-ориентированный гарантированный обмен сообщениями между подсистемами сервисной V2X-платформы, предусматривает возможность горизонтального масштабирования сервисной V2X-платформы.

Динамическая цифровая карта дорожного движения должна обеспечивать сбор, хранение и обработку данных. Эта подсистема должна содержать в себе базы данных, предназначенные для хранения данных, и обеспечивать архивацию данных по заданным алгоритмам.

Подсистема аналитики данных должна содержать компоненты, реализующие алгоритмы аналитики накопленных данных для реализации сервисов, а также для оценки результатов тестирования.

Веб-портал должен позволять получать доступ к результатам тестирования, настройкам сценариев тестирования и сервисов.

Подсистема мониторинга и контроля функционирования должна обеспечивать мониторинг состояния всех компонент сервисной V2X-платформы, проверку на работоспособность отдельных компонент и сервисной V2X-платформы в целом, оповещение персонала об отклонениях в работе сервисной V2X-платформы.

Подсистемой информационной безопасности должны обеспечиваться конфиденциальность, целостность и доступность информации, циркулирующей в процессе ее обработки, передачи и хранения, целостность и устойчивость функционирования сервисной V2X-платформы с учетом оценки существующих угроз информационной безопасности, определения нарушителей безопасности, их возможностей, целей и способов реализации атак на ресурсы сервисной V2X-платформы.

Взаимодействие сервисной V2X-платформы со смежными системами должно осуществляться на основе стандартизованных протоколов (не ограничиваясь):

- Datex II;
- REST over HTTP(S) RFC7231 (Internet Engineering Task Force, 2014), RFC6101 (Internet Engineering Task Force, 2011);
- WebSockets RFC6455 (Internet Engineering Task Force, 2011).

В качестве смежных интегрируемых систем выступают (при условии предоставления необходимых доступов и протоколов интеграции) элементы ИТС пилотных участков, включая центр управления и периферийные устройства (метеостанции, детекторы транспорта, камеры видеонаблюдения и т. д.).

Перечень интегрируемых смежных систем должен быть уточнен на этапе технического проектирования.

Совместимость сервисной V2X-платформы с бортовым оборудованием и с элементами телекоммуникационной инфраструктуры V2X (RSU) обеспечивается посредством использования следующих стандартов (не ограничиваясь):

- CEN EN 12253:2004;
- ETSI EN 302 637-2 V1.3.2 (2014-11);
- ETSI EN 302 637-3 V1.2.2 (2014-11);
- ETSI EN 302 665 V1.1.1 (2010-09);
- ETSI TS 101 539-1 V1.1.1 (2013-08);
- ETSI TS 101 539-3 V1.1.1 (2013-11);
- ETSI TS 102 636 (все части);
- ETSI TS 102 636-6-1 V1.1.1 (2011-03);

- ETSI TS 102 637-1 V1.1.1 (2010-09);
- ETSI TS 102 723-11 V1.1.1 (2013-12);
- ETSI TS 102 894-1 V1.1.1 (2013-08);
- ETSI TS 102 894-2 V1.2.1 (2014-09);
- IEEE Std 802.11p-2010;
- ISO 21210:2012:
- ISO 29281:2011;
- ISO/TS 19091:2017.

Смежные интегрируемые системы должны содержать средства интеграции, реализующие REST/WS.

Сервисная V2X-платформа должна предусматривать возможность реализации дополнительных сценариев (приложений) третьими сторонами.

Сервисная V2X-платформа должна обеспечивать возможность работы с динамической цифровой картой дорожного движения.

Динамическая цифровая карта дорожного движения должна как минимум содержать сведения об объектах дорожной инфраструктуры:

- геометрические характеристики основных элементов автомобильной дороги (осевая линия с координатной и высотной привязкой, количество полос движения и их ширина, ширина обочины, радиусы углов поворота и т. д.);
- технические средства организации дорожного движения;
- элементы ИТС;
- иные объекты дорожной и транспортной инфраструктуры.

Функции объектов испытаний, предоставляемые сервисы и используемые технологии перечислены ниже.

Дорожная станция K-ИТС (RSU):

- поддержка сети К-ИТС;
- технологии GeoNetworking, ETSI ITS G5, LTE C-V2X;
- сервис САМ;
- поддержка сервиса распределенной передачи информации (DENM)¹²⁷;
- поддержка инфраструктурных сервисов К-ИТС;
- сервисы IVI, SPaT, MAP;

¹²⁷ ETSI EN 302637-3 (V1.3.1): «Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specifications of Decentralized Environmental Notification Basic Service».

- предоставление доступа к удаленным ресурсам;
- технологии ETSI ITS G5, LTE C-V2X;
- поддержка вариантов использования (сервисов) К-ИТС. Передвижная станция К-ИТС (V-RSU):
- поддержка сети К-ИТС;
- технологии GeoNetworking, ETSI ITS G5, LTE C-V2X;
- сервис САМ;
- поддержка распределенной передачи сообщений (DENM);
- поддержка инфраструктурных сервисов К-ИТС;
- сервисы IVI, SPaT, MAP;
- поддержка вариантов использования (сервисов) К-ИТС. Центральная станция К-ИТС:
- поддержка распределенной передачи сообщений (DENM);
- поддержка инфраструктурных сервисов К-ИТС;
- сервисы IVI, SPaT, MAP;
- поддержка вариантов использования (сервисов) К-ИТС.

8.2.3.2. Динамическая цифровая карта дорожного движения (ДЦКДД)

Данный раздел написан Виталием Петровичем Миронюком, сам я осуществил только общую редактуру. Глубоко признателен Виталию Петровичу за данный труд и в целом за содействие в появлении на свет этой книги.

Создание цифровых карт для обеспечения безопасного движения ВАТС имеет достаточно большую историю, связанную с описанием специализированной географической информации.

Работы в данном направлении ведутся практически 20 лет и затрагивают различные аспекты создания карт в цифровом виде: начиная с терминов, определений, словарей, каталогов, кодирования и онтологий, классификации, вопросов связанных с описанием и определением местоположения и позиционирования, описания модели данных, методологии 128, координатной и линейной привязки, пространственные, концептуальные схемы, качества данных описания, визуализации, географических объектов и их метаданные, архитектуры баз данных, интерфейсов, информационных систем, используемых языков

 $^{^{128}}$ ISO 19110:2016. Географическая информация — методология каталогизации объектов.

разметки и других IT аспектов, а также описание объектов, которые являются источниками пространственных данных 129 .

На территории Европейского союза на уровне государственных учреждений уже сформирована инфраструктура сбора, обработки, хранения пространственных данных, созданы цифровые карты, развиты сервисы и оказываются услуги бизнесу и физическим лицам, основанные на местоположении географических объектов.

Дальнейшее отраслевое использование цифровых карт и сервисов, основанных на местоположении географических объектов, сейчас стало активно развиваться применительно к функциям и сервисам ИТС 130 . Что в свою очередь легло в основу формирования локальных динамических карт (Local Dynamic Map, LDM) как одного из сервисов V2X-платформы.

В Российской Федерации функции, связанные с геодезическими и картографическими работами, созданием государственных топографических карт и топографических планов, а также научной и исследовательской деятельностью в части фундаментальных и прикладных задач космической геодезии возложены на ППК «Роскадастр» ¹³¹.

В настоящее время ППК «Роскадастр» планирует к 2024 году создать Единую цифровую платформу пространственных данных. В рамках этих работ ППК «Роскадастр» проводит мероприятия, направленные на подготовку документов, в том числе нормативно-технических, которые должны регулировать сферу создания цифровых карт.

К сожалению, создание и развитие отраслевого фонда пространственных данных в отношении автомобильных дорог Российской Федерации сталкивается со значительными трудностями ввиду отсутствия единых правил цифрового представления окружающего мира.

Данный тезис находит свое подтверждение, если провести простой анализ определений терминов, описывающих цифровые карты для обеспечения движения ВАТС.

В частности, для таких карт используют термин «локальная динамическая карта» (далее — LDM).

 $^{^{129}}$ ISO 19156:2011. Географическая информация — наблюдения и измерения.

¹³⁰ ISO 20524-1:2020. Интеллектуальные транспортные системы — файлы географических данных (GDF) GDF5.1 — Часть 1: Независимые от приложений картографические данные, совместно используемые несколькими источниками.

 $^{^{131}}$ Федеральный закон от 30 декабря 2021 г. № 448-ФЗ «О публично-правовой компании «Роскадастр».

Определения LDM, представленные в разных источниках, не сильно, но все же отличаются друг от друга. Например, в ISO 14296:2016 под LDM понимается концептуальное хранилище данных, встроенное в станцию ИТС и содержащее топографическую информацию, информацию о положении и статусе ¹³².

По версии Европейского института телекоммуникационных стандартов LDM — это концептуальное хранилище данных, содержащее информацию, которая имеет отношение к работе приложений ИТС и связанной с этим безопасности дорожного движения ¹³³.

Единственной и наверно основной характеристикой LDM является то, что она представляет собой хранилище данных, и дальше уточнятся, какие данные может в себе содержать это хранилище: информацию о работе приложений ИТС (положение и статус) и информацию, связанную с безопасностью дорожного движения.

Если же провести анализ отечественных определений цифровых карт для обеспечения безопасного движения ВАТС, то здесь как термины, так и их определения имеют достаточно широкий диапазон вариантов.

Например, в Концепции обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования, утвержденной Распоряжением Правительства РФ от 25 марта 2020 г. № 724-р, используется термин «цифровая модель дороги», которая определяется как часть интеллектуальной транспортной системы, обеспечивающая ситуационное осведомление и управление беспилотными транспортными средствами и функционирующая в полностью автоматическом режиме на всех этапах технологического цикла.

Другой термин и его определение представлены в проекте ГОСТ Р «Интеллектуальные транспортные системы. Динамическая цифровая карта дорожного движения. Архитектура динамической цифровой карты дорожного движения высокоавтоматизированных транспортных средств».

Здесь уже используется термин «динамическая цифровая карта дорожного движения», которая определена как часть интеллектуальной

 $^{^{132}\,}$ ISO 14296:2016. Интеллектуальные транспортные системы — Расширение спецификаций картографической базы данных для приложений кооперативного ИТС.

¹³³ ÉTSI EN 302 895 (2014) Интеллектуальные транспортные системы (ITS); Автомобильная связь; базовый набор приложений; локальная динамическая карта (LDM).

транспортной системы, основанная на *геоинформационной модели дороги* и дорожного движения, обеспечивающая в полностью автоматическом режиме повышение ситуационной осведомленности подключенных, высокоавтоматизированных и беспилотных транспортных средств.

В отношении того, что LDM является частью ИТС, мнения западных и отечественных подходов полностью совпадают. В остальном различия довольно существенны.

В первую очередь западные коллеги в определениях делают акцент на том, что LDM является хранилищем данных, которое обеспечивает управление данными (сбор, обработку, обновление, хранение и предоставление доступа), которые поступают от различных приложений с информацией о ситуации на автомобильной дороге, связанной с дорожной безопасностью. Таким образом, предполагается, что данный сервис используется всеми участниками движения, в том числе ВАТС с разными уровнями автоматизации.

Определения, которые пока применяются в отечественной практике, предполагают использование LDM только BATC с разными уровнями автоматизации. Кроме этого, под самой LDM в России, как описано выше, понимают некую модель, это цифровая модель автомобильной дороги или геоинформационная модель дороги.

Соответственно, использование какой бы то ни было модели предполагает определение ее структуры, перечня элементов, описания их графического и атрибутивного состава.

Поэтому проекты отечественных нормативно-технических документов в этой сфере сейчас перегружены именно такими элементами. С учетом того, что нужно для цифрового представления пространства, в которое вписана дорога и ситуации на самой дороге, еще много аспектов остается за кадром. Прежде всего это вопросы, связанные со словарями, каталогами, классификацией, кодированием и онтологиями. Как уже было отмечено выше, большая часть этих вопросов относится к компетенции ППК «Роскадастр».

Для наведения системного порядка в данной области необходимо:

- описание, визуализации объектов, относящихся и размещенных на автомобильных дорогах, возможно не только в двухмерном, но и в трехмерном виде, а также метаданных и атрибутивной информации;
- четкое описание объектов, которые являются источниками данных подсистем ИТС с точки зрения данных, которые они создают;

- однозначное определение вопросов линейной привязки объектов и событий на автомобильных дорогах и основывающихся на ней аспектов определения местоположения и позиционирования;
- описание модели и архитектуры баз данных, интерфейсов приложений:
- описание структуры и времени передаваемой информации данных и документов, которые должны быть размещены в LDM; решение вопросов, связанных с качеством поступающих в сервис
- данных, описаны требования к их верификации, валидации и актуальности.

Поскольку поставщиками и потребителями данных и информации LDM наряду с большим количеством участников движения могут выступать предприятия и организации различных ведомств, очень важно обеспечить единые требования ко всем перечисленным выше аспектам. Единые требования, а, следовательно, единые подходы к созданию программного обеспечения, информационных систем позволяют проводить мероприятия по автоматизации управления данными и информацией (сбор, обработка, интеграция, предоставление и аналитика).

Рассмотрим более подробно опыт создания, актуализации и об-

служивания LDM для BATC западных компаний.

Основой или первоисточником карт для ВАТС здесь выступают стандартные цифровые карты — традиционная электронная карта улиц, регулярно используемая людьми, которую предоставляют многочисленные создатели карт, включая Google Maps, Garmin, OpenStreetMap, Apple Марѕ, Яндекс и 2ГИС. Это топометрические карты, на которых закодированы структура улиц, названия и приблизительные расстояния. В настоящее время такие карты повсеместно используются в обычных ТС. К сожалению, эти встроенные карты обычно не имеют возможно-

сти подключения к внешним устройствам и обновляются по запросу владельца ТС или только тогда, когда ТС возвращается в дилерский центр для обслуживания.

В результате частота обновления составляет максимум один или два раза в год. Такая низкая частота обновления означает, что эти карты очень ограниченно могут применяться для автоматизированных транспортных средств.

Расширенная цифровая карта может быть определена как стандартная цифровая карта, в которую были включены некоторые дополнительные типы данных, которые могут использоваться усовершенствованными системами помощи водителю (ADAS), а также могут быть полезны для систем полностью автоматизированного транспортного средства. Дополнения включают ограничения скорости движения, радиусы углов поворота дороги и радиусы примыканий, съездов, характеристики продольного профиля, структуру полос движения и дорожные знаки (например, знаки остановки) 134.

Следующим типом карт, которые расширяют возможности их применения ВАТС, являются карты высокой точности.

В этих картах наряду с данными об автомобильной дороге используется трехмерное представление мира вокруг автомобиля. Это представление может быть создано с помощью различных датчиков, включая LiDAR, радар и камеры. Стоит подчеркнуть, что нет строгих рекомендаций относительно того, что представляет собой карта высокой точности. Однако такие ведущие производители карт высокой точности как TomTom, Deepmap, Here, Waymo, Aptiv и др., пришли к согласованному мнению, что основным признаком карт высокой точности является высокая точность их позиционирования, порядка $10~{\rm cm}^{135}$.

Карта высокой точности состоит из пять основных слоев, которые включают в себя:

- 1. Базовый слой карты вся карта высокой точности располагается поверх стандартной карты улиц.
- 2. Слой геометрических данных. В данном случае геометрический слой содержит 3D представление окружающего мира вдоль сети автомобильных дорог. Это 3D представление создается с помощью таких датчиков, как LiDAR и камеры, и как правило представлено минимальной ячейкой размером $5 \times 5 \times 5$ см. Минимальные ячейки называют вокселями — это маленькие кубики, используемые для представления трехмерных пространств — они являются альтернативой облакам точек с меньшим объемом памяти.
- 3. Семантический слой содержит все семантические данные, включая положение разметки полос движения, направление движения и положение дорожных знаков. В семантическом слое есть три подслоя:
 - 3.1. Слой дорожного графа слой дорожного графа в семантическом слое содержит все сегменты дороги и взаимосвязи количество полос, направление движения по каждой полосе, а также взаимосвязи между всеми полосами по всей дорожной сети. Этот слой иногда называют логическим слоем.

 $^{^{134}}$ TomTom, ADAS Map Highly accurate map content for driver assistance. 135 Waypoint — The official Waymo blog: Building maps for a self-driving car.



Рис. 51. Структура карты высокой точности

Источник: Stephen Hausler and Michael Milford. Map creation, monitoring and maintenance for automated driving — Literature Review. Report prepared by Queensland University of Technology and iMOVE CRC and supported by the Cooperative Research Centres program, an Australian Government initiative 11 December. 2020

- 3.2. Слой геометрии полос движения содержит геометрию полос движения с точностью до 10 см. В картах высокой точности это также включает такие детали, как классификация по группам и номер разметки.
- 3.3. Семантические особенности наконец, семантический слой включает все остальные элементы обустройства автомобильной дороги, которые использует водитель при управлении транспортным средством, такие как светофоры, пешеходные переходы и дорожные знаки. В картах эти данные представлены не только как трехмерные объекты с координатной и высотной привязкой и их основными геометрическими характеристиками, но также учитываются их динамические данные (состояние и циклы светофорных объектов, пешеходных переходов, например: «пешеход на переходе», «пешеход приближается к переходу», «переход свободен»).
- 4. Слой состояния дорожной сети этот слой дополняет семантический слой, включая данные о транспортно-эксплуатационном состоянии автомобильных дорог (на основании данных диагностики), которые в том числе могут собираться от других подключенных автомобилей или участников дорожного движения. Эти данные используются для описания и формирования стратегии поведения (сценариев) ВАТС.
 - Например, среднее время, необходимое для проезда того или иного перекрестка, в том числе оборудованного светофором, что

позволяет прогнозировать поведение водителя. Другим предварительным параметром может является вероятность столкновения с припаркованными автомобилями на обочине узкой дороги, что позволяет подключенному автомобилю повысить свою «осторожность» во время движения, подготовиться к маневрам, чтобы в том числе избежать столкновения с пешеходами, которые появляются или могут появиться между припаркованными автомобилями, или выехать на встречную полосу, чтобы объехать припаркованный автомобиль на узкой улице.

Эти сценарии поведения, как правило, являются наиболее проблематичными с точки зрения их формализации для применения в современных ВАТС, поскольку они включают социальные нормы, которые люди врожденно принимают во время вождения, но которые трудно явно закодировать.

5. Слой данных, получаемых в реальном времени — последний слой является единственным слоем, разработанным для обновления в реальном времени, чтобы отражать изменяющиеся условия в дорожной сети. Сюда входит определение местоположения и описание таких инцидентов, как пробки, аварии и дорожные работы.

Наибольшую популярность по части структуры карт для ВАТС получил подход, который был реализован в рамках проекта SAFESPOT 136 .

Результаты проекта легли в основу разработанного Европейским институтом по стандартизации в области телекоммуникаций стандарта ETSI TR 863102^{137} .

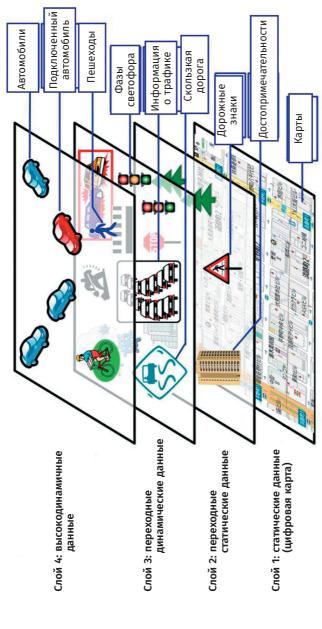
Термин, который используется в указанном выше стандарте, — локальная динамическая карта (Local Dynamic Map, LDM), которая содержит разнообразные дорожные характеристики и разделена на четыре различных слоя, а именно:

- высокодинамичные данные;
- переходные динамичные данные;
- переходные статичные данные;
- постоянные статичные данные.

Структура локальной динамической карты согласно ETSI TR 863102 представлена на рис. 52.

¹³⁶ http://www.safespot-eu.org/

¹³⁷ ETSI TR 863102. Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Local Dynamic Map (LDM); Rationale for and guidance on standardization.



Источник: Shimada H., Yamaguchi A., Takada H. and Sato K. Implementation and Evaluation of Local Dynamic Map in Safety Driving Systems // J. Transp. Technol. 2015. N. S. N 2. P. 102–112 Рис. 52. Структура локальной динамической карты в соответствии с ETSI

В Российской Федерации базовым термином для обозначения цифровых карт для высокоавтоматизированных транспортных средств является динамическая цифровая карта дорожного движения (ДЦКДД).

Динамическая цифровая карта дорожного движения — часть интеллектуальной транспортной системы, основанная на геоинформационной модели дороги и дорожного движения и обеспечивающая в автоматическом режиме повышение ситуационной осведомленности транспортных средств 138 .

ДЦКДД должна выполнять следующие функции:

- построение оптимального маршрута движения;
- расчет оптимальных и безопасных параметров движения;
- перераспределение транспортных потоков ВАТС;
- реконструкция дорожной сцены ВАТС;
- обеспечение информационного обмена с ВАТС по защищенным каналам связи, в том числе с использованием шифрования;
- построение условий движения;
- синхронизация управляющих воздействий;
- хранение, обработка данных статических и динамических объектов:
- повышение ситуационной осведомленности ВАТС. Архитектура ДЦКДД как правило состоит из следующих под-
- подсистема сервисов;
- интеграционная шина;
- подсистема сбора и обработки данных;
- подсистема аналитики;
- web-портал;

систем:

- подсистема мониторинга и контроля функционирования;
- подсистема информационной безопасности.

Подсистема сервисов должна обеспечивать исполнение алгоритмов для реализации общей функциональности ДКЦДД.

¹³⁸ Постановление Правительства Российской Федерации от 17 октября 2022 г. № 1849 «Об установлении экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций и утверждении Программы экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций по эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств в отношении реализации инициативы "Беспилотные логистические коридоры" на автомобильной дороге общего пользования федерального значения М-11 "Нева"».

Интеграционная шина (брокер сообщений) должна обеспечивать централизованный и унифицированный событийно-ориентированный гарантированный обмен сообщениями между подсистемами ДЦКДД на принципах сервис-ориентированной архитектуры и предусматривает возможность горизонтального масштабирования системы.

Подсистема сбора и обработки данных должна обеспечивать сбор, хранение и обработку данных. Подсистема должна содержать базы данных, предназначенные для хранения данных, и обеспечивает архивацию данных по заданным алгоритмам, шлюзы интеграции со внешними и смежными системами.

Все модули платформы сбора и обработки данных должны быть интегрированы с подсистемой мониторинга и контроля работоспособности.

Подсистема аналитики данных содержит компоненты, реализующие алгоритмы аналитики накопленных данных для реализации различных сервисов.

Web-портал (APM оператора ДЦКДД) должен позволять получить доступ ко всей функциональности.

Подсистема мониторинга и контроля функционирования должна обеспечивать мониторинг состояния всех компонентов ДЦКДД и оповещение персонала об отклонениях в работе системы.

Подсистема информационной безопасности должна обеспечивать защиту данных и компонентов ДЦКДД от внешних и внутренних воздействий.

Развитие цифровых карт для обеспечения движения ВАТС у нас и за рубежом пока двигается по разным направлениям.

Зарубежные коллеги на основании достаточно большого количества проектов, проводимых как частными компаниями, так и на уровне государственных организаций и проектов считают, что цифровая карта является сервисом V2X платформы, но развивается отдельно, и следует поэтапно уточнять требования к ее слоям.

Отечественный опыт предусматривает создание динамической карты, которая включает в себя программный и информационный компоненты

Программный компонент состоит из средств ведения базы данных ДЦКДД и сервисов для публикации слоев данных, модулей для формирования и передачи информации V2X.

Информационный компонент в свою очередь состоит из описания информационной и логической модели ДЦКДД, системы

классификации и кодирования информации, протоколов информационного взаимодействия и форматов данных, данных элементов ИТС, К-ИТС, ВАТС, информации о участниках движения и препятствиях, слоев пространственных данных и траекторий движения ВАТС.

Чей подход будет наиболее эффективным и востребованным, покажет время.

8.2.3.3. Элементы телекоммуникационной инфраструктуры

Придорожный блок (RSU) — это физическое устройство, расположенное на опорах вдоль дорог или в специально отведенных местах (заправочные станции, автостоянки и рестораны). RSU оснащен по меньшей мере сетевым устройством для беспроводной связи малой дальности, основанным на радиотехнологии IEEE 802.11р, а также другими сетевыми устройствами для подключения к ИТС.

Элементы телекоммуникационной инфраструктуры RSU предназначены для использования в рамках создания пилотной системы для проведения испытаний технологий и сервисов для TC с высокой степенью автоматизации и беспилотных TC. RSU устанавливаются в пределах пилотного участка автомобильной дороги.
Основными функциями RSU являются:

- расширение диапазона связи пиринговой сети посредством перераспределения информации в ОВU, когда ОВU входит в диапазон связи RSU. Эта функциональность включает в себя случай, когда RSU напрямую пересылает данные по цепочке с несколькими переходами через ТС;
- возможность выполнения приложений, таких как предупреждение, прием информации от объектов инфраструктуры (например, предупреждение о низком мосте, предупреждение о рабочей зоне);
 возможность взаимодействия с другими RSU для распространения информации о безопасности движения. Распространение инфор-
- мации по пиринговой сети через OBU.

RSU работает в диапазоне прямой связи малой дальности 5,9 ГГц, совместимом с системами автомобиля, что обеспечивает очень низкую задержку, необходимую для быстрого обмена информацией, что осо-

бенно актуально для предотвращения столкновений.

Стандартный RSU упакован в прочный атмосферостойкий корпус, пригодный для установки на открытом воздухе, подключен через PoE (Power over Ethernet) к контроллеру сигналов дорожного движения, оснащен устройством связи с транспортными средствами и системой

ГНСС для определения времени и местоположения. Также RSU включает в себя локальную точку доступа Wi-Fi для удаленного обслуживания и дополнительную сотовую сеть LTE для обратной передачи данных в центр ИТС.

8.2.3.4. Техническое оснащение ВАТС

Автомобильное бортовое оборудование предназначено для использования в рамках создания испытательного полигона для проведения испытаний технологий и сервисов для автомобилей с высокой степенью автоматизации и беспилотных автомобилей. Бортовое оборудование может устанавливаться на ТС в конфигурации дополнительного оборудования.

Бортовое оборудование предназначено для осуществления информационного обмена между транспортным средством, элементами телекоммуникационной инфраструктуры RSU. Бортовое оборудование должно поддерживать возможность передачи информации между транспортным средством и RSU посредством использования IEEE 802.11р (ETSI ITS-G5). Опционально бортовое оборудование может поддерживать возможность передачи данных между транспортным средством и сервисной V2X-платформой посредством использования сети подвижной радиотелефонной связи стандартов GSM/WCDMA/LTE; 5G (при наличии).

Бортовое оборудование должно поддерживать работу в бортовых сетях с напряжением от 12 до 24 В, что соответствует ГОСТ 33991-2016 и применяется на легковых и грузовых автомобилях мировых производителей.

Принципиально важным процессом в контуре управления ВАТС является сбор информации об окружающей обстановке.

Он осуществляется при помощи средств технического зрения ВАТС и может включать радиолокационные, оптические, ультразвуковые и иные датчики, предназначенные для формирования представления окружающей обстановки.

При этом необходимо учитывать условия получения информации о различных объектах. Объекты, находящиеся в зоне видимости средств технического зрения комплекса ВАТС, будем называть объектами 1-го плана.

Такими объектами могут быть транспортные средства, включая безмоторные, различные предметы на дороге и вблизи нее, люди, животные и т. д. Кроме этих объектов ВАТС может получать информацию

о ТС, не являющихся объектами 1-го плана, оснащенных средствами связи V2V, V2I. Транспортные средства, находящиеся в зоне действия связи V2V ВАТС, но не являющиеся объектами 1-го плана, будем называть ТС 2-го плана, а ТС, находящиеся вне этой зоны, — ТС 3-го плана. Получение информации об этих ТС возможно, если они оснащены необходимыми средствами связи, либо если информация о ТС, не имеющих такого оснащения, передается находящимися вблизи ТС, имеющими необходимую аппаратуру.

Границы зоны обзора средств технического зрения ВАТС определяются, во-первых, дальностями действия датчиков, а во-вторых, находящимися внутри зоны обзора объектами, которые могут перекрывать видимость других объектов, расположенных дальше от ВАТС. В результате некоторые объекты, не относящиеся к 1-му плану, могут находиться ближе к ВАТС, чем объекты 1-го плана, что необходимо учитывать при обработке данных об окружающей обстановке.

Функционирование системы управления в общем виде можно описать следующим образом.

Средства технического зрения ВАТС собирают информацию об объектах 1-го плана. Средства связи V2V и V2I получают данные о ТС 2-го и 3-го планов. Через средства связи также поступают данные цифровой модели дороги из ГИС.

Средства навигации определяют координаты местоположения ВАТС с использованием данных ГНСС и результатов автономных измерений, проводимых, например, инерциальной навигационной системой, а также средствами технического зрения.

В совокупности эта информация составляет данные об окружающей обстановке и местоположении ВАТС, поступающие в бортовой вычислительный комплекс, где решаются задачи обнаружения и реагирования на объекты и события, которые, как отмечалось выше, включают мониторинг окружающей среды вождения (обнаружение, распознавание и классификация объектов и событий и подготовка к необходимому реагированию) и выполнение соответствующего реагирования ¹³⁹.

В результате формируется цифровое представление окружающей обстановки, т. е. описание размещенных на образе участка УДС

¹³⁹ Connected Vehicle Deployment Technical Assistan: Roadside Unit (RSU) Lessons. Learned and Best Practices, 2020 (dot_50749_DS1.pdf).

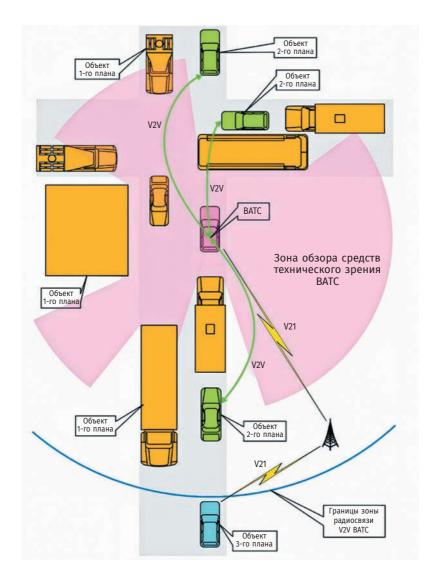


Рис. 53. Схема сбора информации об окружающей обстановке автоматически управляемым транспортным средством *Источник https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/50749*

объектов 1-го плана, ТС 2-го и при необходимости 3-го плана. Образ участка УДС формируется по данным цифровой модели дороги.

Цифровое представление окружающей обстановки используется для решения задачи прогнозирования изменений окружающей обстановки и определения параметров дальнейшего движения ВАТС. При этом используется также информация, поступающая от датчиков состояния ВАТС, необходимая для определения возможностей ВАТС по достижению требуемых параметров движения, а также для реагирования на определенные состояния ВАТС, например требующие перехода в состояние минимального риска.

Данные о прогнозируемых параметрах движения, а также о состоянии ВАТС передаются через средства связи окружающим TC (система V2V) и в ИТС для мониторинга дорожного движения и необходимого реагирования.

Датчики (сенсоры) управления движением включают (но не ограничиваются):

- средства определения местоположения и параметров движения TC с использованием радионавигационных полей, включая абонентские терминалы спутниковых радионавигационных систем;
- средства инерциальных навигационных систем, включая гироскопы и акселерометры;
- средства определения местоположения ТС и контроля окружающей дорожно-транспортной ситуации с использованием пассивных средств получения изображений в видимом, инфракрасном и других диапазонах длин волн;
- средства определения местоположения ТС и контроля окружающей дорожно-транспортной ситуации с использованием активных лазерных, радиолокационных и иных средств получения изображений;
- средства измерения расстояния до объектов на основе лазерных, радиолокационных и иных дальномеров;
- средства получения информации об объектах дорожной инфраструктуры, включая дорожные знаки и разметку, на основе пассивных и активных средств.

Стандарт ISO 23150, который определяет логический интерфейс между сенсорами и fusion-системой, обеспечивающей совместную обработку данных от разных датчиков, был опубликован в качестве предварительного в мае 2021 года. Контент, предусмотренный стандартом, использует логические и абстрактные выражения, а не строго определенный коммуникационный контент.

В качестве активных устройств используются видеокамеры, радары, лидары, ультразвуковые устройства, информация от которых агрегируется во fusion-системах и передается в центр ИТС.

Не существует универсального решения по гарантированному использованию определенного набора сенсоров — каждая компания, занимающаяся разработкой fusion-систем, сама определяет набор датчиков, наиболее удовлетворяющих требований алгоритмов, заложенных в математический аппарат обнаружения препятствий, позиционирования и т. д.

8.2.3.5. Мобильные приложения

Во многих сценариях проведения испытаний предполагается участие наблюдателей, которые смогут отмечать требуемые события для сравнения с результатами, получаемыми автоматизированными транспортными системами. С этой целью предлагается разработать специальные мобильные приложения или использовать какие-либо готовые приборы отметки событий.

Для обеспечения испытаний инфраструктуры и сервисов для автомобилей с высокой степенью автоматизации и беспилотных TC очень желательно иметь следующие приложения:

- мобильное приложение для проведения тестирования. Это мобильное приложение должно обеспечивать возможность управления сценариями тестирования и просмотра статистической информации, накопленной в результате тестирования;
- мобильное приложение «Макет пользовательского интерфейса водителя транспортного средства». Данное мобильное приложение должно отображать предупреждения и информационные сообщения, предназначенные для водителя или испытателя.
 - Каждое мобильное приложение должно состоять из:
- уровня презентации;
- уровня бизнес-логики;
- уровня данных;
- подсистемы авторизации.

Уровень презентации должен отвечать за отображение пользовательского интерфейса и информации в нем. Уровень презентации непосредственно взаимодействует с пользователем и уровнем бизнеслогики.

Уровень бизнес-логики должен отвечать за работу с сущностями, логикой и алгоритмами работы с сущностями и организацию рабочих процессов (потоков). Уровень бизнес-логики взаимодействует с уровнем презентации и уровнем данных.

Уровень данных должен отвечать за получение, отправку и хранение данных. Уровень данных взаимодействует с внешней средой и уровнем бизнес-логики.

Подсистема авторизации должна отвечать за управление пользователями и ролями, авторизацию пользователей в системе. Подсистема авторизации должна взаимодействовать со всеми уровнями мобильного приложения и подсистемой информационной безопасности.

Интерфейс мобильного приложения должен соответствовать рекомендациям по созданию пользовательских интерфейсов каждой из мобильных платформ и обеспечивать удобный доступ к основным функциям и операциям приложения. Ввод-вывод данных приложения, прием управляющих команд и отображение результатов их исполнения должны выполняться в интерактивном режиме.

Все надписи экранных форм мобильного приложения, а также сообщения, выдаваемые пользователю (кроме системных сообщений), должны быть выполнены на русском либо на английском языке, в зависимости от установленного пользователем языка. Должен быть предусмотрен механизм локализации интерфейса на другие европейские языки без изменения кодов ПО.

Необходимо разработать узнаваемый на всех мобильных платформах дизайн для мобильных приложений, учитывая специфику привычного интерфейса пользователя на конкретной платформе.

Мобильные приложения должны быть разработаны для текущих актуальных версий операционных систем Android и iOS.

8.2.3.6. Центр управления испытательных комплексов

Назначением центра управления является осуществление контроля за движением TC, оснащенных бортовыми устройствами, на участке создаваемой пилотной зоны и управления режимами работы дорожной инфраструктурой.

Функциями центра управления должны являться:

- обеспечение непрерывного контроля за движением TC, оснащенных бортовым устройством, осуществляющих движение в рамках созданной пилотной зоны;
- управление режимами работы V2X-платформы;

- визуализация оперативной дорожной обстановки пилотной зоны;
- возможность управления движением беспилотных TC, оснащенных бортовым устройством и осуществляющих движение на создаваемой пилотной зоне;
- аналитика транспортного потока, фиксированного RSU, а также внешними системами для прогнозирования дорожной обстановки.

ПО центра управления должно иметь графический интерфейс пользователя для выполнения всех предусмотренных задач.

8.3. Определение основных сценариев испытаний кооперативных ИТС

Сценарий: общее описание действий, совершаемых субъектами ¹⁴⁰. Сценарные методы испытаний для К-ИТС в основном состоят из четырех аспектов: сценариев испытаний, процедур, оборудования и критериев, с помощью которых можно оценить ее работу.

Среди этих аспектов разработка тестовых сценариев является наиболее фундаментальной, поскольку их целостность и репрезентативность имеют решающее значение для оценки производительности автоматизированной системы вождения. Сценарии испытаний служат основой для разработки соответствующих процедур, оборудования и критериев.

В приоритете при разработке сценариев должны быть забота о людях, соблюдение правил дорожного движения и убеждение, что ТС максимально избегает решений, связанных с необоснованным риском.

¹⁴⁰ ПНСТ 460-2020. Интеллектуальные транспортные системы. Кооперативные интеллектуальные транспортные системы. Часть 1. Роли и ответственность в контексте архитектуры кооперативных интеллектуальных транспортных систем.



Рис. 54. Учет противоречий для формирования сценариев

Источник: Journal of Law and Mobility | University of Michigan Law School (umich.edu)

Сценарии ищут решения, которые являлись бы юридически и этически обоснованными и технически осуществимыми.

С самого начала создания системы сценариев испытаний К-ИТС они должны быть ориентированы на решение самых важных задач.

• Предупреждение об опасной ситуации на дороге:

- экстренное торможение;
- опасное сближение с другим ТС;
- медленное или стоящее ТС;
- приближение к зоне плотного движения;
- приближение к зоне дорожных работ;
- сложные погодные условия.

• Безопасность на перекрестках:

- информация о времени до включения зеленого сигнала;
- информация об оптимальной скорости безостановочного проезда перекрестка;
- предупреждение о возможном нарушении ПДД на перекрестке;
- обеспечение приоритетного проезда для специального транспорта.

• Информационные сервисы:

- информация о дорожных знаках;
- информация о текущем ограничении скорости;
- информация об оптимальной скорости в условиях плотного движения;
- сбор статистической информации.

Другие приложения, такие как информация о ближайших заправочных и зарядных станциях, поиск и бронирование парковочных мест, кооперативная навигация и т. д., могут быть запущены позже. Тестирование сценариев должно проводиться в различных условиях: погода, видимость, дорожное покрытие (различное сцепление с дорогой), время суток, плотность транспортного потока, конфигурация дороги и т. п.

Для создания требуемых погодных или световых условий можно не только использовать возможности окружающей среды, но и контролировать данные, получаемые сенсорами или передаваемые сенсорами, а также задавать требуемые данные при использовании дополнительных источников информации. В последнем случае можно формировать поведение ИТС, отправляя требуемые данные о конфигурации транспортного пути и карты в зависимости от требуемых в тестах условий.

В рамках тестирования рекомендуется использовать не только данные, автоматически получаемые от оборудования, но и опросники для водителей и других участников для определения удобства интерфейсов и т. п.

Еще очень важной особенностью является плотная увязка сценариев со стандартами автоматизированного вождения.

Самым интересным здесь является проект PEGASUS¹⁴¹.

PEGASUS поставляет стандарты автоматизированного вождения, продвигаемые Федеральным министерством экономики и энергетики (BMWi) Германии.

Немецкая автомобильная промышленность придерживается мнения, что стандартизированная процедура в области испытаний и экспериментов необходима для обеспечения и утверждения более высоких уровней автоматизации. По этой причине проект PEGASUS объединил автомобильные компании, поставщиков, малые и средние компании, а также исследовательские центры.

Основные цели проекта PEGASUS:

- определение стандартизированной процедуры испытаний и экспериментов с автоматизированными системами ТС в моделировании, на испытательных стендах и в реальных условиях;
- разработка непрерывной и гибкой цепочки инструментов для защиты автоматизированного вождения;
- интеграция тестов в процессы разработки на ранней стадии;
- создание межпроизводственного метода защиты высокоавтоматизированных функций вождения.

Также во многих сценариях записи информации о каких-либо событиях (например, о нахождении в ключевых точках водителя или пешеходов, о получении информации или для учета реальных опасных ситуаций с угрозой аварии или отклонения от ожидаемого поведения) предлагается разработать и использовать специальное мобильное приложение. Причем для того, чтобы не отвлекать водителя, за отслеживание событий может отвечать наблюдатель, находящийся также в ТС или вне его.

Для каждого из перечисленных сценариев нужно разработать минимальный состав участников, однако следует учесть, что подразумевается персонал, непосредственно занятый в тестировании.

¹⁴¹ https://www.pegasusprojekt.de/en/about-PEGASUS

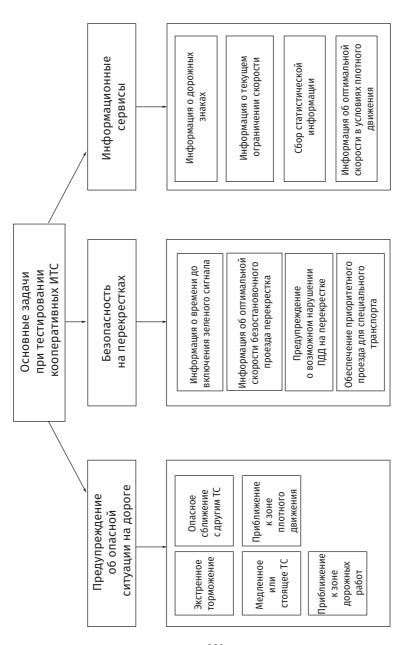


Рис. 55. Основные задачи при тестировании кооперативных ИТС

Для всех сценариев требуется наличие обслуживающего систему персонала (системный администратор, оператор пилотной системы, монтажник телекоммуникационного оборудования).

Тестирование работы кооперативных ИТС согласно данным мировой нормативной и научной литературы включает большое количество разнообразных испытаний, описанных в следующих документах/проектах:

- ISO/WD 34501:2022 Road vehicles Terms and definitions of test scenarios for automated driving systems.
- ISO/DIS 34502 Road vehicles Scenario-based safety evaluation framework for Automated Driving Systems.
- ISO/AWI 34503 Road vehicles Taxonomy for operational design domain for automated driving systems.
- ISO/AWI 34504 Road vehicles Scenario attributes and categorization.
- ISO/WD TR 8234 Pre-crash classification systems.
- GB/T #### Intelligent and connected vehicles Operational design condition for automated driving system.
- 5GAA C-V2X Use Cases: Methodology, Examples and Service Level Requirements.
- C-Roads и CAR 2 CAR (C2C-CC); (Day-1).
- MAVEN (Managing Automated Vehicles Enhances Network) ISO/WD 34501:2022 Road vehicles — Terms and definitions of test scenarios for automated driving systems ¹⁴².
- 5GAA C-V2X Use Cases: Methodology, Examples and Service Level Requirements 143 .
- C-Roads и CAR 2 CAR (C2C-CC); (Day-1).
- MAVEN (Managing Automated Vehicles Enhances Network)¹⁴⁴.

Что же касается определения сценариев дорожного движения, ISO работал над несколькими стандартами и/или техническими отчетами в группах TC22/SC33/WG9, TC22/SC36/WG7 и других группах.

Для тестирования V2X на УДС города автор предлагает выбрать наиболее релевантные для Российской Федерации сценарии, применяемые в современной мировой практике.

 $^{^{142}\} https://www.iso.org/standard/78950.html$

¹⁴³ https://www.gsma.com/iot/resources/c-v2x-use-cases-methodology-examples-and-service-level-requirements/

¹⁴⁴ http://www.maven-its.eu

Nº п/п	C-Roads ¹⁴⁵ и CAR 2 CAR (C2C-CC); (Day-1)	MAVEN (Managing Automated Vehicles Enhances Network) ¹⁴⁶	ISO/WD 34501 ISO/DIS 34502 ISO/AWI 34503 ISO/AWI 34504	
1	Предупреждение об опасной ситуации на дороге: экстренное торможение	UC1: Platoon initialization (Инициа- лизация колонны)	Помощь при повороте налево на перекрестке	
2	Предупреждение об опасной ситуации на дороге: опасное сближение с другим ТС	UC2: Joining a platoon (Присоединение к ко- лонне)	Помощь при проезде перекрестка	
3	Предупреждение об опасной ситуации на дороге: медленное или стоящее ТС	UC3: Travelling in a platoon (Движение в колонне)	Экстренное инфор- мирование о тормо- жении	
4	Предупреждение об опасной ситуации на дороге: приближение к зоне плотного движения	UC4: Leaving a platoon (Покидание колонны)	Согласование скоро- стей движения	
5	Предупреждение об опасной ситуации на дороге: приближение к зоне дорожных работ	UC5: Platoon break-up (Распад колонны)	Смена полосы движения	
6	Предупреждение об опасной ситуации на дороге: сложные погодные условия	UC6: Platoon termination (Расформирование ко- лонны)	Предупреждение об авариях	
7	Безопасность на перекрестках: информация о времени до включения зеленого сигнала	UC7: Speed change advisory (GLOSA) (Реко- мендации скорости движения)	Предупреждение о требуемых (рекомендованных) скоростях	

https://crg-cloud.its-an.de/index.php/s/Pmq8taNBjLM438Q
 http://www.maven-its.eu
 https://5gaa.org/content/uploads/2019/07/5GAA_191906_WP_CV2X_UCs_ v1-3-1.pdf

¹⁴⁸ https://www.its.dot.gov/pilots/cv_pilot_apps.htm

Таблица 10. Перечень основных сценариев испытаний в различных зарубежных проектах

5GAA — «C-V2X Use Cases: Methodology, Examples and Service Level Requirements» ¹⁴⁷	Сценарии, тестируемые Департаментом транспорта США ¹⁴⁸
Система помощи при повороте на- лево на перекрестке	Электронный сигнал экстренного торможения (Emergency Electronic Brake Lights, EEBL)
Система помощи при проезде пере- крестка	Предупреждение о столкновении по ходу движения (Forward Crash Warning):
Предупреждение об аварийной остановке	Помощь при движении через перекрестки (Intersection Movement Assist, IMA)
Предупреждение о заторовой ситуации (пробке)	Предупреждение о слепых зонах (Blind Spot Warning)
Обновление программного обеспечения. Эксплуатация и управление транспортного средства	Предупреждение о смене полосы (Lane Change Warning)
Удаленный мониторинг состояния транспортного средства	Предупреждение о транспортных средствах, поворачивающих направо перед автобусом (Vehicle Turning Right in Front of Bus Warning)
Предупреждение об опасном ме- стоположении	Предупреждение о проезде на красный свет (Red Light Violation Warning)

Nº п/п	C-Roads ¹⁴⁵ и CAR 2 CAR (C2C-CC); (Day-1)	C-Roads ¹⁴⁵ 2 CAR (C2C-CC); (Day-1) MAVEN (Managing Automated Vehicles Enhances Network) ¹⁴⁶		
8	Безопасность на перекрестках: информация об оптимальной скорости безостановочного проезда перекрестка	UC8: Lane change advisory (Рекомендация смены полос)	Предупреждение о тумане	
9	Безопасность на перекрестках: предупреждение о возможном нарушении ПДД на перекрестке	UC9: Emergency situations (Экстренные ситуации)	Предупреждение о гололеде на дороге	
10	Безопасность на перекрестках: обеспечение приоритетного проезда для специального транспорта	UC10: Priority management (Управле- ние приоритетами)	Предупреждения о движении на опас- ном участке	
11	Информационные сервисы: ин- формация о дорожных знаках	UC11: Queue length estimation (Оценка длины очередей)	Интеллектуальное управление съездами на развязках	
12	Информационные сервисы: информация о текущем ограничении скорости	UC12: Local level routing (Локальная маршрути- зация)	Помощь при слиянии транспортных пото- ков	
13	Информационные сервисы: информация об оптимальной скорости в условиях плотного движения	UC13: Network coordination — green wave (Координирование проезда перекрестков)	Трансляция сигналов знаков переменной информации на борт автомобиля	
14	Информационные сервисы: сбор статистической инфор- мации	UC14: Signal optimization (Оптимизация режимов регулирования)	Предупреждение о состоянии дорож- ного полотна	
15		UC15: Negotiation («Об- суждение» маневров)	Система предупреж- дения о сигнале све- тофора	
16		UC16: Detect non- cooperative road users (Обнаружение непод- ключенных участников)	Предупреждение о проведении дорож- ных работ	

5GAA — «C-V2X Use Cases: Methodology, Examples and Service Level Requirements» ¹⁴⁷	Сценарии, тестируемые Департаментом транспорта США ¹⁴⁸
Согласование скорости	Соблюдение скоростного режима (Speed Compliance)
Совместное использование датчи- ков ТС и дорожной инфраструктуры	Соблюдение скоростного режима на поворотах (Curve Speed Compliance)
Маневр пропуска. Водитель основного транспортного средства, сигнализирует о намерении пропустить удаленное ТС. При использовании полосы встречного движения предоставляется видеопоток о дорожной ситуации впереди	Соблюдение скоростного режима в зонах про- изводства дорожных работ (Speed Compliance in Work Zone)
Предупреждение о смене полосы движения	Соответствие габаритов транспортных средств (Oversize Vehicle Compliance, сокр. OVC)
Предупреждение о любом риске столкновения с уязвимым участником дорожного движения	Экстренные оповещения и информация об эвакуации (Emergency Communications and Evacuation Information)
	Нахождение пешеходов на регулируемом переходе (Pedestrian in Signalized Crosswalk Warning)
	Мобильная система оповещения пешеходов (Mobile Accessible Pedestrian Signal System)

8.4. Общие подходы к разработке сценариев испытаний кооперативных ИТС

Логически структурированные сценарии необходимы для облегчения обработки большого количества переменных и обеспечения возможности тестирования этих сценариев.

Согласно ISO/DIS 34502 «Дорожные транспортные средства. Сценарная система оценки безопасности автоматизированных систем вождения» выделено три типа критических сценариев:

- сценарии, связанные с восприятием;
- сценарии, связанные с трафиком;
- сценарии, связанные с управлением транспортным средством.

Как правило, в любом сценарии есть действующие лица. Как пример: в сценарии на рис. 58 есть два действующих лица, действующее лицо 1 — транспортное средство, действующее лицо 2 — пешеход, который собирается перейти улицу.

Целью этого сценария является спецификация поведения рассматриваемого транспортного средства (действующее лицо 1) в ответ на заданные действия пешехода (действующее лицо 2). В этом сценарии есть два триггера.

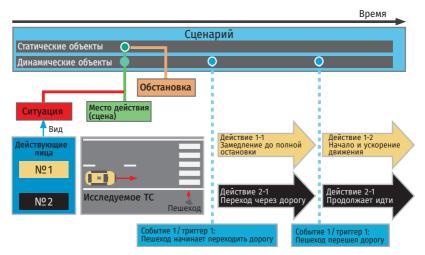


Рис. 56. Пример взаимосвязи релевантных условий сценария Источник: ISO/DIS 34502 «Дорожные транспортные средства. Сценарная система оценки безопасности автоматизированных систем вождения»

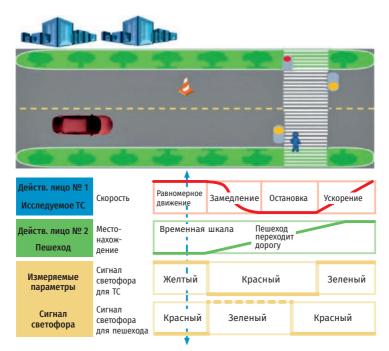


Рис. 57. Пример снимка сценария

Источник: ISO/DIS 34502. «Дорожные транспортные средства. Сценарная система оценки безопасности автоматизированных систем вождения»

Триггер — это событие, которое инициирует или завершает некое действие.

На запуск сценария указывает триггер 1, соответствующий моменту начала перехода улицы пешеходом. В то же время испытуемое ТС движется с заданной скоростью для целей тестирования.

В этом случае сцена появления пешехода на улице становится ситуацией с точки зрения рассматриваемого транспортного средства. Ожидаемое поведение ТС, находящегося под управлением ADS, заключается в замедлении до полной остановки, пока пешеход не закончит безопасный переход дороги. Пешеход, прибывающий на противоположную сторону дороги, может быть триггером 2 для следующей серии действий в сценарии. Рис. 56 иллюстрирует взаимосвязь между несколькими соответствующими возможными сценариями.

Сцена — это моментальный снимок сценария, который состоит как из статических объектов, так и из динамических.

Статический объект — сущность, которая не претерпевает изменения состояния во время сценария.

Динамический объект — сущность, которая претерпевает изменения состояния во время сценария.

Природа сущности может быть разной в разных сценариях. Одна и та же сущность может быть динамической в одном сценарии и статической в другом.

Например, дерево, как правило, является статическим объектом, но сценарий, направленный на проверку реакции автоматизированной системы вождения на внезапное падение дерева, делает его динамическим объектом. Светофор является статическим объектом, если свет не меняется в сценарии, и динамическим объектом, если он меняется.

Категория сценария — набор сценариев, которые имеют одну или несколько общих характеристик.

Конкретный сценарий — сценарий, описанный с явными значениями параметров, описывающих физические атрибуты.

Значения параметров состоят из значений по умолчанию, случайно выбранных значений или значений, выбранных на основе инженерной оценки.

В случае конкретных сценариев все атрибуты сценария должны быть тщательно рассчитаны и назначены пользователем вручную. Например, установите скорость автомобиля 1 на 10 км/ч и начните маневр смены полосы движения в определенном месте XYZ.

Все атрибуты, включая карты, скорости ТС, расстояния, ускорения и места маневров, должны быть указаны в конкретном сценарии. Законы физики налагают множественные зависимости между набором атрибутов сценария, например, расстояние является произведением скорости и времени, или среднее ускорение равно разности скоростей, деленной на время.

Пользователи также должны выбрать правильное местоположение в соответствии с характером и атрибутами сценария. Например, для врезки необходимо как минимум две полосы движения сценария, а различные настройки скорости требуют участков дороги разной длины. Неспособность предоставить согласованный набор атрибутов или местоположений, скорее всего, приведет к бессмысленному сценарию с потерей человеческих и машинных ресурсов ¹⁴⁹.

https://www.foretellix.com/how-do-you-get-more-out-of-your-logical-scenarios-and-how-do-abstract-scenarios-take-productivity-and-safety-to-a-new-level/

Погический сценарий — сценарий, описанный с включением параметров, где значения некоторых параметров определены в рамках конкретных диапазонов.

Как и на предыдущем уровне абстракции, пользователь должен указать набор местоположений и атрибутов, но есть одно существенное дополнение — отдельные атрибуты можно не назначать в пределах полностью указанного диапазона. Например, вместо жестко заданной скорости до 45 км/ч можно указать диапазон скоростей от 10 до 90 км/ч. Выбор значения может исходить из агрегированных распределений реальных данных или быть предвзятым, чтобы создать сложные условия.

Логические сценарии представляют собой значительное улучшение по сравнению с конкретными сценариями, поскольку они охватывают желаемое пространство параметров сценария, но они вводят в заблуждение как пользователей, так и поставщиков. Из-за этого рушится надежда проектной группы получить необходимый крупномасштабный набор тестов и заменить утомительную ручную работу. Без инструмента, способного к правильным выводам и распространению значений, логические сценарии могут привести к огромному количеству бессмысленных сценариев.



Рис. 58. Связь функционального сценария, абстрактного сценария, логического сценария и конкретного сценария

Источник: ISO/DIS 34502 «Дорожные транспортные средства. Сценарная система оценки безопасности автоматизированных систем вождения»



Рис. 59. Пример взаимосвязи функционального сценария, абстрактного сценария, логического сценария и конкретного сценария

Логический сценарий				Конкретный сценарий			
«перестроение в левый ряд»				«перестроение в левый ряд»			
Описани в области				Описание нас [.] сценария			
Модель дороги				Модель дороги			
Полоса движения	[2,	4, 3,75] м		Полоса движения 3,75 м			۸
Радиус кривизны	(15	50, 500) м		Радиус кривизны		500 M	1
Ограничение скорости	[10	00, 120, 130] км/ч		Ограничение скоро	сти	120 кг	м/ч
Инфраструктура				Инфраструктура			
Знак ограничения с	Знак ограничения скорости Тип			Знак ограничения скорости 120 км/ч			
Объект			Объект				
Скоростной диапазо	Скоростной диапазон (30, 100) км/ч Скоростной диапазон между ТС (50, 150) м		Скорость ТС №1 98 км/ч			98 км/ч	
				Скорость ТС №2		109 км/ч	
Разность скоростей		(10, 15) км/ч		Дистанция между ТС №1 и ТС №2		97 км/ч	
TC №2 и TC №3			Разность скоростей TC I		C №1	и TC №3	3 13 км/ч
Разность скоростеи ТС №2 и ТС №3	Разность скоростей ТС №2 и ТС №3			Разность скоростей ТС №1 и ТС №3		3 7 км/ч	
Природные условия			Природные услови	1Я			
Яркость	Яркость [3000, 10 000] лк Видимость [15, 25] км			Яркость	700	0 лк	
Видимость			Видимость 18 км				
Температура	[15, 3	30] °C		Температура 28 °C			
Цифровая инфорг	Цифровая информация			Цифровая информ	лация	1	

Источник: ISO/DIS 34502 «Дорожные транспортные средства. Сценарная система оценки безопасности автоматизированных систем вождения»

Абстрактный сценарий — формализованное декларативное описание, полученное из функционального сценария. Декларативное описание на абстрактном уровне позволяет сосредоточить внимание на соответствующих аспектах сценария, опуская детали, которые не важны для причинно-следственной связи.

Абстрактные сценарии предоставляют пользователю полную свободу выражать любую желаемую зависимость, используя любую форму ограничений, включая диапазоны. Ограничения могут быть следующими.

- Ограничения по перекрестным атрибутам например, скорость NPC должна быть ниже разрешенной скорости локации.
- Абстрактные ограничения местоположения например, создать врезку рядом с перекрестком. Обратите внимание, что сценарий не задействует конкретный перекресток, но требует, чтобы перекресток находился поблизости.
- Ограничение по времени и исполнению смена полосы движения должна происходить с интервалом в два раза быстрее, чем предыдущий раз. Есть несколько способов реализовать такой запрос, но пользователь просто хочет зафиксировать ограничения по времени.
- Поток управления и композиционное ограничение например, сценарий должен сочетать включение и встречное движение.

Абстрактные сценарии обеспечивают подход, основанный на цели, при котором пользователь может запросить любой желаемый сценарий (установить цель для инструмента), доверяя инструменту для получения нескольких согласованных результатов.

Функциональный сценарий — сценарий, описанный на естественном языке на концептуальном уровне, в общем случае без конкретных физических значений. Функциональные сценарии — ориентированы на людей.

Функциональные сценарии — это неформальные описания желаемых сценариев, включая цель, мотивацию и намерение. Например, неформальное описание может предусматривать, что для проверки TC в сценариях аварийных ситуаций мы должны заставить TC совершить маневр, чтобы избежать этой опасности.

Примеры оформления конкретных сценариев испытаний кооперативных ИТС приведены в таблицах $11-20^{150}$.

 $^{^{150}\} https://5gaa.org/content/uploads/2019/07/5GAA_191906_WP_CV2X_UCs_v1-3-1.pdf$

Таблица 11. Сценарий 1. Помощь при повороте налево на перекрестке. Условия проверки сценария

Название сценария	Помощь при повороте налево на перекрестке (Left Turn Assist)		
Содержание	Помощь при повороте налево и приближающемся поперечном трафике на перекрестке		
Категория	Безопасность, автономное вождение		
Дорожная среда	Перекрестки		
Краткое описание	Предупреждение водителя о возможности столкновения с при- ближающимся в поперечном направлении транспортным сред- ством по полосе, которую необходимо пересечь		
Участники	 Целевое транспортное средство (ЦТС). Поперечное транспортное средство 1 (ПТС1). Поперечное транспортное средство 2 (ПТС2) 		
Роли участников	 ЦТС представляет собой транспортное средство, остановившееся для поворота налево на перекрестке. ПТС1 представляет собой транспортное средство поперечного направления, приближающееся к ЦТС справа. ПТС2 представляет собой транспортное средство поперечного направления, приближающееся к ЦТС слева 		
Роль дорожной инфраструктуры	 Дороги определяются разметкой и геометрией. Перекрестки определяются разметкой и геометрией. Светофоры и знаки приоритета контролируют право проезда транспорта через перекресток (если есть). Локальные законы и правила дорожного движения 		
Роль других участников	Не применимо		
Цель	• Предотвращение бокового столкновения между ЦТС и ПТС1. • Предотвращение бокового столкновения между ЦТС и ПТС2		
Потребности	 Водителю ЦТС необходимо знать, есть ли риск столкновения с ПТС1, приближающимся к нему справа. Водителю ЦТС необходимо знать, есть ли риск столкновения с ПТС2, приближающимся к нему слева 		
Допущения	 Предполагаемое направление ПТС1 через перекресток известно или может быть определено на основе траектории. Предполагаемое направление ПТС2 через перекресток известно или может быть определено на основе траектории 		

Название сценария	Помощь при повороте налево на перекрестке (Left Turn Assist)
Схема сценария	Left Turn Assist Scenario crash zones Left Turn Assist Scenario application zone Adjacent Traffic from the Left Scenario application zone Scenario crash zones
Начальные условия	ЦТС останавливается на перекрестке или движется к нему. ЦТС сигнализирует о своем намерении повернуть налево. Определяются параметры зоны сценария (scenario application zone): местоположение ЦТС; обозначения и геометрия полос; геометрия перекрестка; установленные ограничения скорости; дорожные условия (при наличии)
Выполнение сценария	

Таблица 12. Сценарий 1. Контролируемые характеристики сценария

Характеристика	Единица измерения	Значение	Пояснения
Дистанция	[M]	350	Максимальная предполагае- мая дистанция связи обес- печивает реакцию на уровне ~ 5 с (при макси- мальной скорости движе- ния)
Обмен данными	Качество информации	300 байт на сообщение	Обмен обычными сообщени- ями (например, САМ, BSM)
Задержка	[мс]	100	Типовая задержка обычного сообщения
Надежность	%	90	Для однократных обычных сообщений (например, САМ, BSM) без ретрансляции эта надежность достаточна, чтобы обеспечить требование ETSI о вероятности < 5% при неудачной передаче двух последовательных сообщений
Скорость движения	[m/c]	33,3	Каждое из транспортных средств может ехать со скоростью до 120 км/ч
Плотность транспортного потока	[транспортное средство / км кв.]	1500	Предполагается, что такой случай использования в большинстве случаев будет иметь место
Позиционирование	[M]	1,5 (3σ)	Наиболее вероятный сценарий для варианта использования
Требуемая интероперабельность / нормативное регулирование / стандартизация	[да / нет]	Да/Да/Да	Для выполнения позиционирования с точностью до полосы движения необходимо обеспечить точность позиционирования около 1 м

Таблица 13. Сценарий 2. Помощь при проезде перекрестка. Условия проверки сценария

Название сценария	Помощь при проезде перекрестка (Intersection Movement Assist)				
Содержание	Автомобиль начинает движение через перекресток. Водитель предупреждается, если проезд через перекресток небезопасен				
Категория	Безопасность, автономное вождение				
Дорожная среда	Перекрестки				
Краткое описание	Предупреждение водителя транспортного средства, который останавливается и намеревается продолжить движение прямо через перекресток: о трафике, приближающемся к перекрестку слева; о трафике, приближающемся к перекрестку справа; о встречном трафике, намеревающемся повернуть налево				
Участники	 Целевое транспортное средство (ЦТС). Поперечное транспортное средство 1 (ПТС1). Поперечное транспортное средство 2 (ПТС2). Встречное транспортное средство 3 (ВТС) 				
Роли участников	 ЦТС представляет собой транспортное средство, остановившееся на перекрестке. ПТС1 представляет собой транспортное средство поперечного направления, приближающееся к ЦТС слева. ПТС2 представляет собой транспортное средство поперечного направления, приближающееся к ЦТС справа. ВТС представляет собой встречное транспортное средство 				
Роли дорожной инфра- структуры	 Дороги определяются разметкой и геометрией. Перекрестки определяются разметкой и геометрией. Светофоры и знаки приоритета контролируют право проезда транспорта через перекресток (если есть). Локальные законы и правила дорожного движения 				
Роли других участников	Не применимо				
Цель	 Предотвращение бокового столкновения между ЦТС и ПТС1. Предотвращение бокового столкновения между ЦТС и ПТС2. Предотвращение встречного столкновения между ЦТС и ВТС 				

Допущения • Предполагаемое направление ПТС1 через перекресток извет предполагаемое направление ПТС2 через перекресток извет предполагаемое направление ВТС через перекресток извет предполагаемое направление в предполагаемое на предполагаемое направление в предполагаемое на пр	Название сценария	Помощь при проезде перекрестка (Intersection Movement Assist)				
Допущения • Предполагаемое направление ПТС1 через перекресток извет предполагаемое направление ПТС2 через перекресток извет предполагаемое направление ВТС через перекресток извет предполагаемое направление в предполагаемое на предполагаемое направление в предполагаемое на пр	с ПТС1, приближающимся к нему слева. • Водителю ЦТС необходимо знать, есть ли риск столкнове с ПТС2, приближающимся к нему справа. • Водителю ЦТС необходимо знать, есть ли риск столкнове					
scenario application zone Intersection Movement Assist Adjacent Traffic from the scenario application zor схема сценария scenario crash zones Intersection Movement Assist Oncoming Traffic	Допущения	 Предполагаемое направление ПТС1 через перекресток известно. Предполагаемое направление ПТС2 через перекресток известно. 				
scenario application zone		scenario application zone Intersection Movement Assist Scenario application zone Scenario application zone Intersection Movement Assist Scenario application zone Oncoming Traffic Scenario application zone				

Название сценария	Помощь при проезде перекрестка (Intersection Movement Assist)
Начальные условия	ЦТС останавливается на перекрестке. Определяются параметры зоны сценария (scenario application zone): местоположение ЦТС; обозначения и геометрия полос; геометрия перекрестка; установленные ограничения скорости дорожные условия (при наличии)
Выполнение сценария	 ПТС1/ПТС2/ВТС имеет преимущество проезда: Траектория ПТС1/ПТС2/ВТС через перекресток оценивается с использованием: местоположения и динамики ПТС1/ПТС2/ВТС; состояния сигнала поворота ПТС1/ПТС2/ВТС; обозначения и геометрии полос; геометрии перекрестка. Траектория ЦТС через перекресток оценивается на основе: местоположения ЦТС; расчетного ускорения ЦТС; обозначения и геометрии полос; геометрии перекрестка. Если есть риск столкновения, основанный на расчетных траекториях ЦТС и ПТС1/ПТС2/ВТС, то: ЦТС предупреждается об опасности столкновения с ПТС1/ПТС2/ВТС, приближающимся справа/слева/ навстречу. Иначе, если у ЦТС есть преимущество проезда: Расстояние до остановки/траектория ПТС1/ПТС2/ВТС оценивается с использованием: местоположения и динамики ПТС1/ПТС2/ВТС; состояния сигнала поворота ПТС1/ПТС2/ВТС; обозначения и геометрии полос; геометрии перекрестка; дорожных условий (при наличии). Если есть риск, что ПТС1/ПТС2/ВТС не сможет остановиться перед перекрестком: ЦТС предупреждается об опасности столкновения с ПТС1/ПТС2/ВТС, приближающимся справа/слева/ навстречу

Таблица 14. Сценарий 2. Контролируемые характеристики сценария

Характеристика	Единица измерения	Значение	Пояснения
Дистанция	[M]	мин. 100	Тормозной путь с замедлением 0,4g со 100 км/ч
Обмен данными	Качество информации	300 байт на сооб- щение	Вычисление траекторий на основе обмена данными в информационных сообщениях (например, САМ, BSM). Изменения кинематики участвующих транспортных средств могут потребовать обновления (или периодического обмена) этой информации в пределах допустимой задержки
Задержка	[MC]	100	Не очень критична по времени, но должна оставаться ниже 100 мс, чтобы быть эффективной/сопоставимой с другими ADAS
Надежность	%	99,99	Необходимость надежно рас- считывать траекторию во из- бежание столкновений
Скорость движения	[m/c]	33,3	Каждое из транспортных средств может ехать со скоростью до 120 км/ч
Плотность транс- портного потока	[транспортное средство / км кв.]	12 000	Предполагаемая максимальная плотность
Позиционирование	[M]	1,5 (3σ)	Требуется для точного расчета траектории и оценки риска столкновения в сравнении с размером транспортного средства
Требуемая интероперабельность / нормативное регулирование / стандартизация	[да/нет]	Да/Да/Да	Интероперабельность между реализациями производителей, гарантируемая стандартизацией

Таблица 15. Сценарий 3. Экстренное информирование о торможении. Условия проверки сценария

Название сценария	Экстренное информирование о торможении (Emergency Break Warning)			
Содержание	Предупреждение об экстренном торможении по ходу движения			
Категория	Безопасность, автономное вождение			
Дорожная среда	Дорога			
Краткое описание	Предупреждение водителя об автомобиле, который находится по пути следования и экстренно замедляется			
Участники	 Целевое транспортное средство (ЦТС). Попутное транспортное средство (ПТС)			
Роли участников	 ЦТС представляет собой транспортное средство, движущееся следом за ПТС. ПТС представляет собой транспортное средство, движущееся впереди ЦТС и одновременно экстренно замедляющееся 			
Роли дорожной инфраструктуры	Не применимо			
Роли других участников	Не применимо			
Цель	• Предотвращение продольного столкновения между ЦТС и ПТС			
Потребности	• Водителю ЦТС необходимо знать, есть ли риск столкновения с экстренно останавливающимся перед ним ПТС			
Допущения	Предположения потребуются для следующей информации: безопасная для следования дистанция ЦТС; безопасная для торможения дистанция ЦТС; безопасная для торможения дистанция ПТС			
Схема сценария	Emergency Break Warning — No Congestion drv d _{RV} scenario application zone			
	d _{HVf} d _{HVs}			

Название сценария	Экстренное информирование о торможении (Emergency Break Warning)			
	Emergency Break Warning — Congestion			
	d_{HVs} scenario application zone d_{HVf} d_{RV}			
	• d_{RV} — дистанция между ЦПТ и ПТС; • $d_{HV\!f}$ — безопасная для следования дистанция до ПТС; • $d_{HV\!S}$ — безопасная для торможения дистанция до ПТС			
Начальные	• ЦТС следует за ПТС. • Определяются параметры зоны сценария (scenario application zone): • местоположение и динамика ЦТС;			
условия	 безопасная для следования дистанция ЦТС; безопасная для торможения дистанция ЦТС; 			
	обозначения полос и геометрия дороги;дорожные условия (при наличии)			
Выполнение	• ПТС применяет экстренное торможение. • Если ЦТС находится в зоне сценария:			
сценария	 водитель ЦТС предупреждается об экстренном торможении движущегося впереди ПТС 			

Таблица 16. Сценарий 3. Контролируемые характеристики сценария

Характеристика	Единица измерения	Значение	Пояснения
Дистанция	[M]	360	При допущениях $V_{\Pi TC}$ = 25 м/с, $V_{\Pi TC}$ = 50 м/с и a = 0,4 g это минимальное расстояние (400 мс или 20 метров), на котором водитель ЦТС должен быть предупрежден, чтобы избежать столкновения
Обмен данными	Качество инфор- мации	200–400 байт на сообщение	Должно быть доставлено в ЦТС сообщение, которое содержит информацию об экстренном торможении ПТС. Оно также содержит другую информацию, касающуюся ПТС, такую как местоположение, скорость, ускорение и т. д.
Задержка	[MC]	120	В идеальном случае информация об экстренном торможении должна быть передана как можно быстрее. У современных радаров и систем технического зрения время обнаружения составляет 100–300 мс, что обеспечивает V2X сходные характеристики. Кроме того, эта задержка представляется разумной для требуемого уровня надежности. Например, задержка в 100 мс приводит к тому, что до полной остановки от начальной скорости 50 м/с ЦТС проезжает дополнительно 5 м, и это расстояние заложено в расчет
Надежность	%	99,99	Сообщение об экстренном торможении должно быть доставлено в ЦТС с высочайшей надежностью
Скорость движения	[m/c]	69,4	Предполагаемая максимальная скорость 120 км/ч
Плотность транспортного потока	[транспорт- ное сред- ство / км кв.]	12 000	Предполагаемая максимальная плот- ность

Характеристика	Единица измерения	Значение	Пояснения
Позициони- рование	[M]	1,5 (3σ)	Водитель ЦТС должен знать, находится ли экстренно останавливающееся ПТС на одной с ним полосе
Требуемая интеропера- бельность / нормативное регулирова- ние / стандар- тизация	[да/нет]	Да/Да/Да	Для получения сообщения от ПТС должна быть обеспечена функциональная совместимость

Таблица 17. Сценарий 4. Согласование скоростей движения. Условия проверки сценария

Название сценария	Согласование скоростей движения (Speed Harmonization)		
Содержание	Рекомендация водителю оптимальной скорости движения для согласования транспортного потока, минимизации выбросов и обеспечения плавности хода		
Категория	Экономия топлива, экология, автономное вождение		
Дорожная среда	Дорога		
Краткое описание	Информирование водителя о рекомендуемой скорости движения на основе параметров трафика, дорожных условий и информации о погоде		
Участники	 Целевое транспортное средство (ЦТС). Попутное транспортное средство (ПТС)		
Роли участников	• ЦТС движется по дороге и получает информацию о рекомендациях		
Роли дорожной инфраструктуры	Дороги определяются разметкой и геометрией.Скоростные ограничения привязаны к дороге и полосе		
Роли других участников	Не применимо		

Название сценария	Согласование скоростей движения (Speed Harmonization)			
Цель	 Информирование водителя ЦТС об оптимальной скорости, что- бы обеспечить комфортную езду и уменьшить необходимость частого ускорения и замедления. Продвижение экологичного стиля вождения. Уменьшение риска столкновений из-за пробок на дорогах 			
Потребности	Водителю ЦТС необходимо знать рекомендация по оптимальной скорости движения для согласования транспортного потока, минимизации выбросов и обеспечения плавности хода			
Допущения	• Водители ПТС движутся с рекомендованной скоростью на участке дороги согласованной скорости движения			
Схема сценария	Speed Harmonization speed harmonization road segment d_{HVf} scenario application zone $d_{HVf} - 6 e s o n a c ha g n g n c n e g o s a hu g n c n e g $			
Начальные условия	ЦТС движется по дороге. Определяются параметры зоны сценария (scenario application zone): местоположение и динамика ЦТС; безопасная для следования дистанция ЦТС; обозначения полос и геометрия полос; установленные ограничения скорости движения. Определяются параметры участка дороги согласованной скорости движения: местоположение и динамика ПТС; безопасная для следования дистанция ПТС; обозначения полос и геометрия полос; дорожные условия (при наличии)			
Выполнение сценария	В случае, если участок дороги согласованной скорости движения находится в зоне сценария: сообщить водителю ЦТС рекомендованную скорость движения			

Таблица 18. Сценарий 4. Контролируемые характеристики сценария

Характеристика	Единица измерения	Значение	Пояснения
Дистанция	[M]	123/59/26	Значение рассчитывается как сумма тормозного пути ЦТС и d_{RVJ} . Оно может быть выведено из типичной формулы тормозного пути со скоростью стационарных транспортных средств (т. е. ЦТС). Формула тормозного пути = (время человеческой реакции) \times скорость + скорость 2 / ($2 \times \mu \times g$), где μ представляет коэффициент трения, а g — гравитационное ускорение. Для получения значений выборки использовались следующие предположения: μ = 0,8, g = 9,8 [m / c 2], время человеческой реакции = 1,0 [c]
Обмен данными	Качество информации	300 байт на сообщение	Информация может быть обработана на борту ЦТС для определения рекомендуемой скорости движения (если только зависит от скорости/положения ЦТС). Информация может быть обработана внешней системой, которая определяет для ЦТС рекомендованную скорость. Предполагается, что 300 байт достаточно для передачи информации о скорости и местоположении
Задержка	[MC]	2500/1800/1400	Задержка должна быть достаточно низкой, чтобы обеспечить плавную регулировку, столкновения могут быть предотвращены бортовыми датчиками или другими средствами. Точное значение можно получить из d_{RVF} , разделенной на разность скоростей между ЦТС и ПТС

Характеристика	Единица измерения	Значение	Пояснения
Надежность	%	80	Значение должно быть сравнительно ниже, чем значение для других случаев использования с точки зрения безопасности
Скорость движения	[m/c]	69,4/33,3/19,4	Допустимые скорости движения на магистрали, за городом и в городе
Плотность транспортного потока	[транс- портное средство / км кв.]	12 000	Предполагаемая максимальная плотность
Позициониро- вание	[м]	1,5 (3σ)	Необходимая для позиционирования в полосе, предполагая, что для каждой полосы движения применяются разные пределы скорости
Требуемая интероперабельность / нормативное регулирование / стандартизация	[да/нет]	Да/Да/Да	Интероперабельность между реализациями производителей, гарантируемая стандартизацией

Таблица 19. Сценарий 5. Смена полосы движения. Условия проверки сценария

Название сценария	Смена полосы движения (Lane Change Warning)	
Содержа- ние	Помощь водителю транспортного средства, который планирует сменить полосу движения	

Название сценария	Смена полосы движения (Lane Change Warning)		
Категория	Безопасность, автономное вождение		
Дорожная среда	Дорога		
Краткое описание	Предупреждение водителя, намеревающегося изменить полосу движения: о нехватке места или риске столкновения с транспортным средством, приближающимся сзади в желаемой полосе; о нехватке места или риске столкновения с транспортным средством, движущимся впереди в желаемой полосе; о том, что этот маневр запрещен на данном участке дороги		
Участники	 Целевое транспортное средство (ЦТС). Приближающееся транспортное средство (ПТС). Догоняемое транспортное средство (ДТС) 		
Роли участников	 ЦТС готовится к смене полосы движения. ПТС движется сзади ЦТС с большей скоростью в желаемой полосе. ДТС движется впереди ЦТС с меньшей скоростью в желаемой полосе 		
Роли дорожной инфра- структуры	Дороги определяются разметкой и геометрией		
Роли других участников	Не применимо		
Цель	Предотвращение столкновения между ЦТС и ПТС, между ЦТС и ДТС		
Потреб- ности	Водителю ЦТС необходимо знать: о нехватке места или риске столкновения с транспортным средством, приближающимся сзади в желаемой полосе; о нехватке места или риске столкновения с транспортным средством, движущимся впереди в желаемой полосе; о том, что этот маневр запрещен на данном участке дороги		

Название сценария	Смена полосы движения (Lane Change Warning)			
Допущения	 Предположения потребуются для следующей информации: безопасная для следования дистанция ЦТС; безопасная для следования дистанция ПТС, равная безопасной для следования дистанции ЦТС 			
Схема сценария	Lane Change Warning Leading Vehicle Scenario application zone Leading Vehicle Scenario application zone Scenario application zone RVI HIV Lane Change Warning Not Permitted Lane change not permitted road segment			
	scenario application zone $d_{HV\!f}$ • $d_{HV\!f}$ — безопасная для следования дистанция ПТС • l_{HV} — длина ЦТС			

Название сценария	Смена полосы движения (Lane Change Warning)
Начальные условия	Bодитель ЦТС сигнализирует о намерении сменить полосу движения. Cмена полосы на участке дороге разрешена. Oпределяются параметры зоны сценария (scenario application zone): местоположение и динамика ЦТС; длина ЦТС; безопасная для следования дистанция ЦТС; обозначения полос и геометрия полос; дорожные условия (при наличии)
Выполне- ние сценария	В случае, если ПТС находится в зоне сценария:

Таблица 20. Сценарий 5. Контролируемые характеристики сценария

Характеристика	Единица измерения	Значение	Пояснения
Дистанция	[M]	83 (ЦТС — ПТС) 28 (ЦТС — ДТС)	Дистанция определяется разницей между скоростями ЦТС (100 км/ч) и ПТС (120 км/ч); ЦТС и ДТС
Обмен данными	Качество информации	300 байт на сообщение	Скорость, местоположение по гло- бальной навигационной спутниковой системе (ГНСС), пройденная траекто- рия, включенный сигнал поворота, сообщение безопасности (например, BSM)

Характеристика	Единица измерения	Значение	Пояснения
Задержка	[MC]	400	Зависит от количества повторений и частоты следования сообщений
Надежность	%	99,9	Уровень надежности должен быть достаточным для того, чтобы изменение полосы движения воспринималось без отсутствия ошибок. Ложноположительные срабатывания более проблематичны, чем ложноотрицательные
Скорость дви- жения	[m/c]	28 и 33 (ЦТС и ПТС) 11 и 14 (ЦТС и ДТС)	Допустимые скорости движения
Плотность транспортного потока	[транспорт- ное сред- ство / км кв.]	12 000	Предполагаемая максимальная плот- ность
Позициониро- вание	[M]	1,5 (3σ)	Для обеспечения точного позиционирования в полосе необходимо обеспечить погрешность позиционирования около 1,5 м
Требуемая интер- операбель- ность / норма- тивное регули- рование / стан- дартизация	[да/нет]	Да/Да/Да	Требуется взаимодействие между различными ОЕМ-производителями. Следует установить, что каждое транспортное средство должно периодически сообщать о своем присутствии (в виде трансляции). Стандартизация требуется для того, чтобы формат траекторий был общим для всех участников дорожного движения

9. Имитационное моделирование при проведении испытаний ИТС

Имитационная модель — логико-математическое описание объекта, которое может быть использовано для экспериментирования на компьютере в целях проектирования, анализа и оценки функционирования объекта.

Для подтверждения соответствия высокоавтоматизированных TC требованиям нормативных документов необходимо воспроизвести при испытаниях BATC чрезвычайно большое количество возможных дорожных ситуаций.

Воспроизведение части дорожных ситуаций в натурных условиях требует значительных затрат материальных средств и времени. В этой связи возникает необходимость оценки функционирования ВАТС в широком диапазоне условий методами математического моделирования и полунатурных испытаний.

Имитационное моделирование — метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему (построенная модель описывает процессы так, как они проходили бы в действительности), с которой проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе. Такую модель можно «проиграть» во времени, как для одного испытания, так и заданного их множества. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов. По этим данным можно получить достаточно устойчивую статистику.

С помощью хорошо разработанных имитационных моделей можно размещать виртуальные ТС в виртуальных средах, подключать виртуальные датчики, добавлять виртуальные измерительные приборы и миллионы раз выполнять широкий спектр тестов. Такие модели позволяют изучить, как беспилотные автомобили могут работать при самых разных сценариях. Данные этих испытаний дают представление о том, как работают беспилотные ТС, прежде чем их отправят в реальный мир.

Используя имитационное моделирование, можно быстро исследовать многочисленные способы визуализации информации, поступающей от датчиков автомобиля для информирования пассажира о том, что происходит в любой точке во время поездки. Можно показать клиентам текущую траекторию движения автомобиля по улице, а также наличие светофоров, пешеходов и других ${\rm TC}$ на дороге 151 .

¹⁵¹ Михайлов В. Г. Использование имитационного моделирования для отладки беспилотных автомобилей // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. 2020. № 3. С. 112–120.

10. Лабораторная база

Мировая практика организации исследований, испытаний и сертификации в области ИТС показывает необходимость создания научно-исследовательских лабораторий, основные задачи которых заключаются в экспериментальной проверке множества вероятных сценариев и технических параметров разрабатываемых подсистем ИТС, а также экспериментальной проверке ИТС и ее компонентов на работоспособность, надежность, долговечность и информационную безопасность.

Научно-исследовательские лабораторно-полигонные комплексы являются важным звеном в разработке, сертификации и эксплуатации оборудования и сервисов ИТС, интеллектуальной дорожной инфраструктуры, предназначенной для обеспечения движения ВАТС, а также в разработке нормативно-технических требований на этапе постановки научно-исследовательских экспериментов.

Лучше всего, когда лабораторная база формируется на базе передвижных комплексов.

Передвижная лаборатория обычно представляет собой специально оборудованный кузов, в котором размещается специальное оборудование, предназначенное для проведения лабораторных испытаний в полевых условиях.

Преимуществом натурных испытаний с помощью передвижных лабораторий является возможность проверки непосредственно на месте большого количества сценариев функционирования ИТС.

В целом объектами испытаний являются инструментальная подсистема ИТС, элемент ИТС или применяемые в них технические и технологические решения.

Инструментальная подсистема ИТС: система транспортной телематики, направленная на решение одной или нескольких задач комплексной подсистемы.

Элемент подсистемы ИТС: неделимый с функциональной точки зрения блок информационного, телематического или аппаратного обеспечения подсистем интеллектуальной транспортной системы,

рассматриваемый как единое целое и обладающий системными свойствами 152 .

Соответственно передвижным лабораториям ИТС можно поручить:

- проверку современных технологий и выбор наиболее оптимальных инструментальных подсистем ИТС;
- проверку соответствия заявленных функциональных характеристик реальному положению дел;
- проверку соответствия заявленных технических характеристик реальному положению дел;
- проверку качества изготовления периферийного оборудования ИТС;
- проверки совместимости различных элементов ИТС между собой;
- оценку информационной защищенности ИТС как объектов критической информационной инфраструктуры.

В мае 2023 года Минтранс утвердил перечень типовых отраслевых объектов критической информационной инфраструктуры, функционирующих в сфере транспорта 153 .

В список объектов КИИ в числе прочих вошли автоматизированные системы, обеспечивающие управление дорожным движением; автоматизированные системы, предназначенные для управления техническими средствами обеспечения транспортной безопасности; информационные системы, предназначенные для сбора данных; автоматизированные системы управления, предназначенные для взимания платы на платных дорогах; информационные системы, предназначенные для оплаты и контроля проезда; автоматизированные системы, обеспечивающие управление диспетчерских грузоперевозок и контроля транспорта и др.

 $^{^{152}}$ ГОСТ Р 56829-2015 Интеллектуальные транспортные системы. Термины и определения.

¹⁵³ https://mintrans.gov.ru/documents/7/12506

11. Компетенции для испытаний ИТС

С учетом роста активности работ по цифровизации транспортного комплекса Российской Федерации в рамках данного направления должны быть предусмотрены и реализованы мероприятия, обеспечивающие комплексную базовую «цифровую» подготовку, включая сферу ИТС, пользователей и специалистов дорожной отрасли по следующим примерным тематикам:

- формирование базы знаний в сфере цифровых технологий, ориентированных на использование в составе ИТС дорожнотранспортного комплекса;
- создание учебных площадок на базе тестовых зон ИТС, функционирующих в режиме промышленной эксплуатации ИТС для обучения пользователей и профильных специалистов в целях получения практических навыков работы в среде ИТС;
- формирование системы взаимодействия с учебными заведениями для подготовки кадров по специальностям, необходимым для работы в условиях функционирования ИТС, разработка программ обучения и систем мотивации специалистов для привлечения на работу в дорожно-транспортный комплекс по направлению ИТС;
- развитие системы непрерывного, дополнительного образования работников дорожно-транспортного комплекса, прохождения профильными специалистами программ переподготовки и повышения квалификации, формирование продвинутых цифровых навыков профильных специалистов по направлению ИТС;
- организация учебно-методического центра ИТС, разработка совместных учебных программ с ведущими технологическими компаниями и организациями, работающими в сфере дорожного хозяйства, для подготовки специалистов, владеющих комплексными компетенциями в сфере управления дорожно-транспортным комплексом, транспортного планирования, организации и безопасности дорожного движения и цифровых технологий в сфере ИТС;
- создание и реализация механизмов консультационной, методической и экспертной поддержки работников дорожного хозяйства по

вопросам внедрения цифровых решений и сопровождения процессов цифровой трансформации дорожно-транспортного комплекса, включая формирование новых компетенций с учетом внедрения и использования информационных и телематических технологий, технологий промышленного интернета вещей, обработки и анализа больших данных, систем моделирования, нейронных сетей, искусственного интеллекта и технологий облачных вычислений.

Выполнение данных мероприятий позволит существенно снизить существующий в настоящее время, особенно в субъектах Российской Федерации, кадровый дефицит и обеспечить эффективную кадровую поддержку реализации мероприятий по формированию национальной сети ИТС как составной части цифровой трансформации дорожнотранспортного комплекса ¹⁵⁴.

¹⁵⁴ Концепция создания и функционирования национальной сети интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах общего пользования, утвержденная Распоряжением Минтранса России от 30 сентября 2022 г. № АК-247-р.

12. Подводя итоги

Интеллектуальные транспортные системы и ВАТС могут обеспечить более безопасные, энергоэффективные, экологически чистые и комфортные режимы движения.

Испытания не только напрямую влияют на модернизацию автомобильной продукции и технологий, но и участвуют в изменении всей отрасли и системы создания добавленной стоимости в автомобилестроении и смежных отраслях.

Сравнивая и анализируя отечественные и зарубежные правила проведения дорожных испытаний, государство должно создать понятную и обоснованную систему тестирования различных наработок частных производителей. Данная система тестирования должна первоначально развиваться на основе закрытых полигонов, и только достигнув уверенности в обеспечении безопасности, выходить на дороги общего пользования.

Кроме того, производители оборудования также должны обладать возможностями обеспечения безопасности уязвимых групп и компенсационными возможностями в случае дорожно-транспортных происшествий.

В технологическом плане система испытаний ИТС должна обеспечить системную поддержку развития, внедрения и широкого использования технологий ИТС в Российской Федерации, формирование вектора их дальнейшего развития, оптимизации сроков и ресурсов, необходимых для достижения актуального уровня зрелости в указанной сфере.

Анализ полученных данных в ходе проведенных испытаний позволяет детализировать требования к инфраструктуре, предполагаемой к размещению на дорогах общего пользования Российской Федерации.

В целом проведение испытаний позволяет:

- обоснованно сформировать сервисы ИТС, которые необходимы для обеспечения безопасной эксплуатации ТС на дорогах общего пользования и которые будут востребованы пользователями;
- подготовить наиболее эффективные технологические решения, обеспечивающие взаимодействие ВАТС и дорожной инфраструктуры;

- определить круг функциональных возможностей тестируемых технологий и инфраструктуры для движения беспилотного, подключенного и электрического транспорта;
- определить достаточный набор элементов инфраструктуры и программного обеспечения V2X для реализации пилотного тестирования технологий и инфраструктуры на автомобильной дороге;
- определить требования для каналов передачи данных, необходимых для взаимодействия элементов инфраструктуры;
- оценить возможности «глубокой» интеграции V2X инфраструктуры с существующей инфраструктурой ИТС на дорогах общего пользования Российской Федерации;
- оценить перспективы интеграции V2X инфраструктуры с инфраструктурой системы взимания платы на дорогах общего пользования Российской Федерации;
- оценить потенциальные перспективы улучшения показателей безопасности и качества использования сервисов V2X на дорогах общего пользования Российской Федерации.

Испытания, помимо этого, напрямую должны влиять на стандартизацию в области ИТС.

России нужно взяться за разработку целого блока стандартов по кооперативным интеллектуальным транспортным системам, плотно гармонизированным с зарубежными аналогами.

Для обеспечения безопасного движения как внутреннего, так и транзитного транспорта нужно оперативно выработать обоснованные требования к инфраструктуре и автомобилям для возможности применения единых сервисов ИТС.

Список использованных источников

- Федеральный закон от 8 ноября 2007 г. № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
- Федеральный закон от 10 декабря 1995 г. № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения».
- Федеральный закон от 14 февраля 2009 г. № 22-ФЗ «О навигационной деятельности».
- 4. Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».
 - 5. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».
 - 6. Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 258-ФЗ «Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций в Российской Федерации».
 - 7. Федеральный закон от 02 июля 2021 г. № 331-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона «Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций в Российской Федерации».
 - 8. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р.
 - 9. Распоряжение Правительства РФ от 25 марта 2020 г. № 724-р «О Концепции обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования».
- 10. Распоряжение Правительства РФ от 30 июля 2010 г. № 1285-р (ред. от 2 августа 2011 г.) «Об утверждении Комплексной программы обеспечения безопасности населения на транспорте».
- 11. Распоряжение Правительства РФ от 04 ноября 2017 г. № 2438-р «Об утверждении перечня документов по стандартизации, обязательное применение которых обеспечивает безопасность

- дорожного движения при его организации на территории Российской Федерации».
- 12. Постановление Правительства РФ от 29 декабря 2022 г. № 2495 «Об установлении экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций и утверждении Программы экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций по предоставлению транспортных услуг с использованием высокоавтоматизированных транспортных средств на территориях отдельных субъектов Российской Федерации».
- 13. Единый план по достижению национальных целей развития Российской Федерации на период до 2024 года и на плановый период до 2030 года, утвержденный Распоряжением Правительства Российской Федерации от 1 октября 2021 г. № 2765-р.
- 14. Перечень инициатив социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 года, утвержденный Распоряжением Правительства Российской Федерации от 6 октября 2021 г. № 2816-р.
- 15. Проект «Беспилотные логистические коридоры» в составе Стратегического направления в области цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года, утвержденным распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2021 г. № 3744-р.
- 16. Постановление Правительства Российской Федерации от 17 октября 2022 г. № 1849 «Об установлении экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций и утверждении Программы экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций по эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств в отношении реализации инициативы "Беспилотные логистические коридоры" на автомобильной дороге общего пользования федерального значения М-11 "Нева"».
- 17. Комплекс мероприятий по тестированию и поэтапному вводу в эксплуатацию на дорогах общего пользования высокоавтоматизированных транспортных средств без присутствия инженера-испытателя в салоне транспортного средства, предусматривающих их опытную коммерческую эксплуатацию в отдельных субъектах Российской Федерации, утвержденный Первым заместителем Председателя Правительства Российской Федерации, 12 марта 2021 г. № 2189п-П50.
- 18. Концепция создания и функционирования национальной сети интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах общего пользования, утвержденная Распоряжением Минтранса России от 30 сентября 2022 г. № АК-247-р.

- 19. План мероприятий («дорожная карта») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации Национальной технологической инициативы по направлению «Автонет».
- 20. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог».
- 21. ГОСТ Р ИСО 14813-1-2011 Интеллектуальные транспортные системы. Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем. Часть 1. Сервисные домены в области интеллектуальных транспортных систем, сервисные группы и сервисы.
- 22. ГОСТ Р 56294-2014 Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем.
- 23. ГОСТ Р 56350-2015 Интеллектуальные транспортные системы. Косвенное управление транспортными потоками. Требования к динамическим информационным табло.
- 24. ГОСТ Р 56351-2015 Интеллектуальные транспортные системы. Косвенное управление транспортными потоками. Требования к технологии информирования участников дорожного движения посредством динамических информационных табло.
- 25. ГОСТ OI ML R 76-1-2011 Государственная система обеспечения единства измерений. Весы неавтоматического действия. Метрологические и технические требования.
- 26. ГОСТ 24.104-85 Автоматизированные системы управления.
- 27. ГОСТ 24.501-82 Автоматизированные системы управления дорожным движением. Общие требования.
- 28. ГОСТ 24.701-86 Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Надежность автоматизированных систем управления. Основные положения.
- 29. ГОСТ 34.003-90 Автоматизированные системы. Термины и определения.
- 30. ГОСТ 34.201-89 Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем.
- 31. ГОСТ 34.401-90 Средства технические периферийные автоматизированных систем дорожного движения.
- 32. ГОСТ 34.601-90 Автоматизированные системы. Стадии создания.
- 33. ГОСТ 34.602-89 Техническое задание на создание автоматизированной системы.
- 34. ГОСТ 34.603-92 Виды испытаний автоматизированных систем.
- 35. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005 Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем.

- 36. ГОСТ 34.201-89 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначения документов при создании автоматизированных систем.
- 37. ГОСТ 34.601-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания.
- 38. ГОСТ 34.602-89 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы.
- 39. ГОСТ 34.603-92 Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем.
- 40. ГОСТ Р 50597-93 Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения.
- 41. ГОСТ 52766-2007 Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования.
- 42. ГОСТ 34.003-90 Автоматизированные системы. Термины и определения.
- 43. ГОСТ Р 55691-2013/ISO/TS 15624:2001 Системы управления и информации на транспорте. Системы оповещения о дорожных происшествиях (TIWS). Требования к системе.
- 44. ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.
- 45. ISO 21217:2010 Интеллектуальные транспортные системы Доступ к коммуникациям для наземных мобильных систем Архитектура.
- 46. ISO 19133:2005 Географическая информация Услуги на основе определения местоположения Отслеживание и навигация.
- 47. ISO 19101-1:2014 Географическая информационно-справочная модель Часть 1: Основы.
- 48. ISO 19101-2:2018 Географическая информация Эталонная модель Часть 2: Изображения.
- 49. ISO 19103:2015 Географическая информация язык концептуальных схем.
- 50. ISO 19104:2016 Географическая информация терминология.
- 51. ISO 19105:2022 Географическая информация соответствие и тестирование.
- 52. ISO 19107:2019 Географическая информация Пространственная схема.
- 53. ISO 19109:2015 Географическая информация Правила для схемы применения.

- 54. ISO 19110:2016 Географическая информация методология каталогизации объектов.
- 55. ISO 19111:2019 Географическая информация привязка по координатам.
- 56. ISO 19112:2019 Географическая информация привязка к пространству с помощью географических идентификаторов.
- 57. ISO 19115-1:2014 Географическая информация Метаданные Часть 1: Основы.
- 58. ISO 19115-2: 2019 Географическая информация Метаданные Часть 2: Расширения для сбора и обработки.
- 59. ISO/PRF 19115-3 Географическая информация Метаданные Часть 3: Реализация схемы XML для фундаментальных концепций.
- 60. ISO/TS 19115-3:2016 Географическая информация Метаданные Часть 3: Реализация схемы XML для фундаментальных концепций.
- 61. ISO 19116:2019 Услуги в области геоинформационного позиционирования.
- 62. ISO 19117:2012 Географическая информация Изображение.
- 63. ISO 19118:2011 Географическая информация Кодирование.
- 64. ISO/TR 19121:2000 Географическая информация изображения и данные с привязкой к сетке.
- 65. ISO 19123:2005 Географическая информация схема геометрии и функций покрытия.
- 66. ISO 19125-1:2004 Географическая информация Простой доступ к функциям Часть 1: Общая архитектура.
- 67. ISO 19126:2021 Географическая информация словари и регистры понятий объектов.
- 68. ISO 19128:2005 Географическая информация интерфейс сервера веб-карт.
- 69. ISO/TS 19129:2009 Географическая информация изображения, привязка к сетке и структура данных о покрытии.
- 70. ISO 19132:2007 Географическая информация Сервисы, основанные на местоположении Эталонная модель.
- 71. ISO 19133:2005 Географическая информация Сервисы, основанные на местоположении Отслеживание и навигация.
- 72. ISO 19134:2007 Географическая информация Услуги на основе определения местоположения Мультимодальная маршрутизация и навигация.
- 73. ISO 19136-1:2020 Географическая информация Язык разметки географии (GML) Часть 1: Основы.

- 74. ISO 19136-2:2015 Географическая информация Язык разметки географии (GML) Часть 2: Расширенные схемы и правила кодирования.
- 75. ISO 19137:2007 Географическая информация основной профиль пространственной схемы.
- 76. ISO/TS 19139-1:2019 Географическая информация реализация схемы XML Часть 1: Правила кодирования.
- 77. ISO 19141:2008 Географическая информация схема для движущихся объектов.
- ISO 19142:2010 Географическая информация Веб-сервис функций.
- 79. ISO 19144-1:2009 Географическая информация Системы классификации Часть 1: Структура системы классификации.
- 80. ISO 19144-2:2012 Географическая информация Системы классификации Часть 2: Метаязык растительного покрова (LCML).
- 81. ISO 19145:2013 Географическая информация Реестр представлений местоположения географических точек.
- 82. ISO 19146:2018 Географическая информация междоменные словари.
- ISO 19148:2021 Географическая информация Линейная привязка.
- 84. ISO/TS 19150-1:2012 Географическая информация Онтология Часть 1: Структура.
- 85. ISO 19150-2:2015 Географическая информация Онтология Часть 2: Правила разработки онтологий на языке веб-онтологий (OWL).
- 86. ISO 19150-4: 2019 Географическая информация Онтология Часть 4: Онтология сервиса.
- 87. ISO/PRF 19150-6 Географическая информация Онтология Часть 6: Реестр онтологий сервисов.
- 88. ISO 19154:2014 Географическая информация Повсеместный общедоступный доступ Эталонная модель.
- 89. ISO 19155-2:2017 Архитектура географических сведений идентификаторов мест (PI) Часть 2: Привязка идентификаторов мест (PI).
- 90. ISO 19155:2012 Архитектура географических информационных идентификаторов мест (PI).
- 91. ISO 19156:2011 Географическая информация Наблюдения и измерения.
- 92. ISO 19157:2013 Географическая информация Качество данных Часть 1: Общие требования.

- 93. ISO/TS 19157-2:2016 Географическая информация Качество данных Часть 2: Реализация схемы XML.
- 94. ISO/TS 19158:2012 Географическая информация Гарантия качества предоставления данных.
- 95. ISO 6709:2022 Стандартное представление местоположения географической точки по координатам выравнивание и позиционирование, сбор данных, анализ данных и отчетность.
- 96. ISO 20524-1:2020 Интеллектуальные транспортные системы файлы географических данных (GDF) GDF5.1 Часть 1: Независимые от приложений картографические данные, совместно используемые несколькими источниками.
- 97. ISO 20524-2:2020 Интеллектуальные транспортные системы Файлы географических данных (GDF) GDF5.1 Часть 2: Картографические данные, используемые в автоматизированных системах вождения, совместном ITS и мультимодальном транспорте.
- 98. Федеральный закон от 30 декабря 2021 г. № 448-ФЗ «О публично-правовой компании "Роскадастр"».
- 99. ISO 14296:2016 (en) Интеллектуальные транспортные системы Расширение спецификаций картографической базы данных для приложений кооперативного ИТС.
- 100. ОДМ «Рекомендации по структуре и элементам подсистем интеллектуальных транспортных систем, используемых на сети федеральных автомобильных дорог».
- 101. СТО АВТОДОР 8.2-2013 Элементы интеллектуальной транспортной системы на автомобильных дорогах Государственной компании.
- 102. СТО АВТОДОР 8.3-2013 Технические и организационные требования к системам связи и передачи данных на автодорогах Государственной компании «Российские автомобильные дороги».
- 103. СТО АВТОДОР 8.4-2013 Требования к проектной документации и типовым разделам технических заданий на строительство систем связи и передачи данных на автодорогах Государственной компании «Российские автомобильные дороги».
- 104. СТО АВТОДОР 8.5-2013 Технические и организационные требования к телекоммуникационным сервисам Государственной компании «Российские автомобильные дороги».
- 105. ПНСТ 460-2020 Интеллектуальные транспортные системы. Кооперативные интеллектуальные транспортные системы. Часть 1. Роли и ответственность в контексте архитектуры кооперативных интеллектуальных транспортных систем.

- 106. ETSI EN 302 895 (2014) Интеллектуальные транспортные системы (ITS); Автомобильная связь; базовый набор приложений; локальная динамическая карта (LDM).
- 107. ETSI NR 102 863 Интеллектуальные транспортные системы (ИТС); Автомобильная связь; базовый набор приложений; локальная динамическая карта (LDM); Обоснование и руководство по стандартизации.
- 108. Приказ Федерального агентства связи от 23 декабря 2016 г. № 278 «Об утверждении методик проведения сертификационных испытаний функциональных свойств технических средств связи, приема и передачи информации для обеспечения транспортной безопасности и формы сертификата соответствия».
- 109. Отчет по итогам анализа сегментов рынка направления НТИ «Автонет» 1: Телематические транспортные и информационные системы (платформы, системы управления, транспортные средства), включая описание основных характеристик и ключевых индикаторов рынка 2019 (Рынок телематических транспортных и информационных систем.pdf).
- 110. Артынов, А. П. Автоматизация управления транспортными системами / А. П. Артынов [и др.] / отв. ред. А. А. Воронов. М., 1984. 272 с.
- 111. Рэнкин, В. У. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения: справочник / В. У. Рэнкин [и др.]; пер. с англ. М., 1981. 592 с.
- 112. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учеб. для вузов / В. Ф. Бабков. М.: Трансп., 1993. 271 с.
- 113. Беляев, Э. И. Применение современных методов оптимизации транспортной системы // Инновации в науке: материалы науч.-практ. конф. / Э. И. Беляев, И. В. Макарова, Р. Г. Хабибуллин / под ред. Я. А. Полонского. Новосибирск: Сибирская ассоциация консультантов, 2012. 110 с.
- 114. Бахирев, И. А. Автомобилизация и потребности развития дорожно-уличной сети // Транспортное строительство. 2008. № 10. C. 2–5.
- 115. Власов, В. М. Телематика на автомобильном транспорте / В. М. Власов [и др.]. М.: МАДИ, 2003. 173 с.
- 116. Воробьев, А. И. Методика определения мест установки системы фото- и видеофиксации и дополнительных элементов инфраструктуры / А. И. Воробьев, М. В. Гаврилюк // Вестник МАДИ. 2013. № 2 (33). С. 82–87.
- 117. Временные методические указания по определению экономической эффективности технических средств и систем управления

- дорожным движением // Всесоюз. науч.-исслед. ин-т безопасности дорож. движения Министерства внутр. дел СССР. М., 1982. 208 с.
- 118. Резван, И. И. Экспериментальное исследование малоразмерных сетей стандарта Wi-Fi / И. И. Резван // Вестник СибГУТИ. 2014. \mathbb{N} 4. 8 с.
- 119. Галабурда, В. Г. Единая транспортная система: учеб. для вузов / В. Г. Галабурда [и др.]. М.: Транспорт, 1996. 295 с.
- 120. Иносэ, Х. Управление дорожным движением / Х. Иносэ, Т. Хамада; пер. с англ. М. П. Печерского / под ред. М. Я. Блинкина. М., 1983. 248 с.
- 121. Карабанова, Л. Н. Развитие транспортной инфраструктуры города Магнитогорска / Л. Н. Карабанова. Коллекция ВЭГУ, 2000.
- 122. Комаров, В. В. Архитектура и стандартизация телематических и интеллектуальных транспортных систем. Зарубежный опыт и отечественная практика / В. В. Комаров, С. А. Гараган. М.: НТБ «Энергия», 2012.
- 123. Кожевников, В. И. Автоматизированная система управления дорожным движением / В. И. Кожевников [и др.] // Вестник СевКав ГТУ. 2003. № 1 (6). (Серия «Естественнонаучная»).
- 124. Коноплянко, В. И. Организация и безопасность дорожного движения: учеб. для вузов / В. И. Коноплянко [и др.]. Кемерово: Кузбассвузиздат, 1998. 236 с.
- 125. Отчет Московского автомобильно-дорожного института по Государственному контракту № УД-47/261 от 07.10.2009 на выполнение НИР по проекту: «Разработка концепции создания интеллектуальной транспортной системы на автомобильных дорогах федерального значения».https://pandia.ru/text/79/194/4282.php
- 126. Петров, В. В. Технология координированного управления транспортными потоками / В. В. Петров, Л. А. Якушин. М.: Издательство НИИ спецтехники МВД СССР, 1988.
- 127. Проблемы разработки автоматизированных систем управления дорожным движением: материалы Всесоюз. науч.-техн. семинара 18–20 окт. 1989 г. / под ред. Е. Б. Хилажева. Омск, 1990. 50 с.
- 128. Проблемы функционирования и развития инфраструктуры России в переходный период: сб. / под ред. В. Н. Лившица. М.: Фолиум, 1996. 136 с.
- 129. Рыбин, А. А. Методика выбора мероприятий по безопасности движения / А. А. Рыбин // Повышение качества организации движения и автомобильных перевозок: сб. науч. тр. / Моск. автомобил.-дорож. ин-т. М., 1986. С. 88–91.

- 130. Сильянов, В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В. В. Сильянов. М.: Транспорт, 1977. 301 с.
- 131. Антонов, А. В. Системный анализ: учеб. для вузов / А. В. Антонов. М.: Высш. шк., 2004.
- 132. Мовчан, В. П. Современные методы организации дорожного движения / В. П. Мовчан, Н. И. Артемов, Пермь, 2000. 299 с.
- 133. Эльвик, Р. Справочник по безопасности дорожного движения: Обзор мероприятий по безопасности дорожного движения / Р. Эльвик [и др.]; пер. с норв. под рук. У. Агаповой. Ин-т экономики трансп. (Осло). Осло; Копенгаген, 1996. 646 с.
- 134. Волкова, В. Н. Теория систем: учеб. пособие / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. М.: Высш. шк., 2006.
- 135. Троицкая, Н. А. Единая транспортная система: учеб. для студентов учреждений сред. проф. образования / Н. А. Троицкая. М.: Издательский центр «Академия», 2003. 240 с.
- 136. Жанказиев, С. В. Динамическое предоставление приоритета проезда для средств общественного транспорта / С. В. Жанказиев, П. Пржибыл, А. В. Шадрин // Автотранспортное предприятие. 2011. № 7. С. 24–27.
- 137. Жанказиев, С. В. Концептуальные подходы к созданию комплексного полигона ИТС / С. В. Жанказиев, А. И. Воробьев, Т. В. Воробьева // Транспорт РФ. 2020. № 3–4 (88–89). С. 31–35.
- 138. Жанказиев, С. В. МАДИ. Разработка проектов интеллектуальных транспортных систем: учеб. пособие. М.: МАДИ, 2016.
- 139. Козлов, Л. Н. О концептуальных подходах формирования и развития интеллектуальных транспортных систем в России / Л. Н. Козлов, Ю. М. Урличич, Б. Е. Циклис // Транспорт РФ. 2009. № 3–4 (22–23).
- 140. Козлов Л. Н. О приоритетах в формировании и развитии международных транспортных коридоров / Л. Н. Козлов // Евразийская Экономическая Интеграция. 2009. № 4 (5).
- 141. Климов, А. А. и др. Архитектура автономных (беспилотных) автомобилей и инфраструктура для их эксплуатации // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2018. № 14 (3). С. 727–736.
- 142. Покусаев, О. Н. и др. Мировой рынок автономных (беспилотных) автомобилей // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2018. № 14 (3). С. 737–747.
- 143. Шаклеин, А. Г. и др. Мотивы внедрения автономных (беспилотных) автомобилей в ЕС и США // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2019. № 7 (1).

- 144. Покусаев, О. Н. и др. Мировой рынок автономных (беспилотных) автомобилей // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2018. № 14 (3). С. 727–736.
- 145. Климов, А. А. и др. ВІМ и инженерные формализованные онтологии на цифровой железной дороге Европы в объединении EULYNX-экономика данных // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2018. № 6 (8).
- 146. Шадрин, С. С. Возможности использования бортовых сетей передачи данных автотранспортных средств в задачах интеллектуальных транспортных систем / С. С. Шадрин, А. М. Иванов // Автотранспортное предприятие. 2014. Май.
- 147. Синицын, Л. А. Безопасность движения. Автоматическая противогололедная установка / Л. А. Синицын, А. Г. Макушев, С. К. Котов // Транспорт РФ. 2006. № 7.
- 148. Бачманов, М. Д. Опыт применения современных детекторов транспорта в задачах управления транспортным потоком / М. Д. Бачманов // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2014. \mathbb{N} 2 (2), декабрь.
- 149. Тур, А. А. Математические подходы к обоснованию проектов информирования участников дорожного движения в интеллектуальных транспортных системах / А. А. Тур // Вестник МАДИ. 2012. № 1 (28). С. 109–113.
- 150. Михайлов, В. Г. Использование имитационного моделирования для отладки беспилотных автомобилей / В. Г. Михайлов // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. 2020. № 3. С. 112–120.
- 151. Рябова, Н. Ю. Роль государства в инновационном развитии страны / Н. Ю. Рябова // Вестник Омского университета. 2009. № 4. С. 44–47. (Серия «Экономика»).
- 152. Куприяновский, В. П. Цифровые транспортные коридоры ЕС 5G, платониг, ИТС и MaaS / В. П. Куприяновский, А. А. Климов, И. А. Соколов, О. Н. Покусаев // International Journal of Open Information Technologies. 2019. Vol. 7. N 8.
- 153. Кудрявцев, О. Н. Перспективы и тенденции развития V2X в контексте кооперативных ИТС: монография / О. Н. Кудрявцев. 2018.
- 154. Комиссина, И. Н. Стандартизация в Китае: современные тренды и перспективы развития / И. Н. Комиссина // Проблемы национальной стратегии. 2022. № 1 (70). С. 191–218.
- 155. Писарева, О. М. Развитие интеллектуальных транспортных систем в Российской Федерации: определение требований и организация создания полигонов тестирования информационной безопасности / О. М. Писарева, В. А. Алексеев, Д. Н. Медников,

- А. В. Стариковский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 5. С. 7–23.
- 156. Подготовка к будущему искусственного интеллекта / Исполнительный офис президента, Национальный совет по науке и технике, Комитет по технологиям США. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/preparing_for_the_future_of_ai.pdf
- 157. Fergus, A., Turner, D. Effectiveness of Variable Mandatory Speed Signs within the Wellington ATMS, New Zealand: Transfund New Zealand Research Report No. 253 [Τεκcτ]. Wellington: Transfund New Zealand, 2004.
- 158. TomTom, ADAS Map Highly accurate map content for driver assistance.
- 159. Waypoint The official Waymo blog: Building maps for a self-driving car.
- 160. https://blog.waymo.com/2019/09/building-maps-for-self-driving-car. html (дата обращения 17.07.2020).
- 161. Hausler S., Milford M. Map creation, monitoring and maintenance for automated driving: Literature Review. Report prepared by Queensland University of Technology and iMOVE CRC and supported by the Cooperative Research Centres program, an Australian Government initiative 11 December, 2020.
- 162. Chellapilla K. Rethinking Maps for Self-Driving. Maps are a key component to building... | by Lyft Level 5 | Lyft Level 5 | Medium // https://medium.com/lyftlevel5/https-medium-com-lyftlevel5-rethinking-maps-forself-driving-a147c24758d6 (дата обращения 17.07.2020).
- 163. Efland K., Rapp H. Semantic Maps for Autonomous Vehicles | by Lyft Level 5 | Lyft Level 5 | Medium // https://medium.com/lyftlevel5/semanticmaps-for-autonomous-vehicles-470830ee28b6 (дата обращения 28.10.2020).
- 164. ETSI TR 863102. Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Local Dynamic Map (LDM); Rationale for and guidance on standardization.
- 165. Connected Vehicle Deployment Technical Assistan: Roadside Unit (RSU) Lessons. Learned and Best Practices, 2020 (dot_50749_DS1. pdf).
- 166. Manuelle Strassenverkehrszählung 2005: Ergebnisse auf Bundesautobahnen [Электронный ресурс]. Manuelle/Temporäre Straßenverkehrszählung (SVZ) // офиц. caйт Bundesanstalt für Strassenwesen. https://www.bast.de/DE/Statistik/Verkehrsdaten/Manuelle-Zaehlung.html?nn=1820340.

- 167. Grahl, S., Sander, G. Ausstattung von Anschlussstellen mit dynamischen Wegweisern mit integrierter Stauinformation dWiSta: Begleitende Untersuchung zur Verbesserung des Verkehrsflusses und der Verkehrssicherheit im Raum Leipzig [Текст], Bergisch Gladbach // Verkehrstechnnik. Heft V162, 2007.
- 168. Rama, P. Effects of weather-controlled variable message signing on driver behaviour [Текст]. Espoo: Technical Research Centre of Finland, 2001.
- 169. M42 ATM Monitoring and Evaluation: Project Summary Report [Текст] / Highways Agency, Mott MacDonald. Rev. C. Hampshire, 2009.
- 170. Smart Motorway Safety: Evidence Stocktake and Action Plan [Текст] / Department for Transport. London, 2020.
- 171. Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways [Текст]: 2009 Edition: [incl. Rev. 1, 2 of 2012 & 3 of 2022] / The Federal Highway Adm. / U. S. Dept. of Transportation. Washington, D.C.: FHWA, 2012.
- 172. EN 12899-1:2007. Fixed, vertical road traffic signs Part 1: Fixed signs [Текст]. Brussel: CEN, 2007.
- 173. https://expert.ru/expert/2022/41/sberavtotekh-shag-vpered-dva-v-kyuve t/?ysclid=lc1twg2fup529777915
- 174. Safety from many angles // Paradise Drive. 2014, spring.
- 175. Fergus, A., Turner, D. Effectiveness of Variable Mandatory Speed Signs within the Wellington ATMS, New Zealand: Transfund New Zealand Research Report No. 253 [Τεκcτ]. Wellington: Transfund New Zealand, 2004.
- 176. Manuelle Strassenverkehrszählung 2005: Ergebnisse auf Bundesautobahnen [Электронный ресурс]. Manuelle/Temporäre Straßenverkehrszählung (SVZ) // офиц. caйт Bundesanstalt für Strassenwesen. https://www.bast.de/DE/Statistik/ Verkehrsdaten/Manuelle-Zaehlung.html?nn=1820340.
- 177. Grahl, S., Sander, G. Ausstattung von Anschlussstellen mit dynamischen Wegweisern mit integrierter Stauinformation dWiSta: Begleitende Untersuchung zur Verbesserung des Verkehrsflusses und der Verkehrssicherheit im Raum Leipzig [Текст]. Bergisch Gladbach // Verkehrstechnnik. Heft V162, 2007.
- 178. Nadler, F. et al. Einfluss Optischer Anzeigen auf Ablenkung, Ermüdung und Konzentration [Текст]. Wien, 2014.
- 179. Weather Controlled Road and Investment Calculations [Текст]. TI EL KaS 12/95 / Finnish National Road Administration. Kouvola, 1995.

- 180. Rama, P. Effects of weather-controlled variable message signing on driver behaviour [Текст]. Espoo: Technical Research Centre of Finland, 2001.
- 181. Smart Motorway Safety: Evidence Stocktake and Action Plan [Tekct] / Department for Transport. London, 2020.
- 182. M42 ATM Monitoring and Evaluation: Project Summary Report [Текст] / Highways Agency, Mott MacDonald. Rev. C. Hampshire, 2009.
- 183. 5G Automotive Vision. 5G PPP report. October 20, 2015.
- 184. C-ITS Platform Final report. January 2016.
- 185. Connected and Autonomous Vehicles: The future? // House Of Lords.
- 186. Technology Select Committee 2nd Report of Session 2016–17.
- 187. Management Plan 2014 / European Commission Directorate-General For Mobility And Transport.
- 188. Overview of D2D Proximity Services Standardization in 3GPP LT E. Workshop on Radio Access and Spectrum Session 2: Device-to-Device Communications and Public Safety. NOKIA.
- 189. Doupal, E. System centralniho rizeni dopravy v Bernu // Silnieni Obzor. 1993. N 7. P. 168–173.
- 190. Montgomery, F.O., Clark, S.D., May, A. D. Use of coordinated signal settings to reduce junction spill-back // IEE Colloquium on Electronics in Managing the Demand for Road Capacity, Digest No: 205. 1993. P. 1–10.
- 191. Newell, G. F. Mathematical models for freely flowing highway traffic // Operations Research 3. 1955. P. 176–186.
- 192. Quinn, D. J. A review of queue management strategies // Traffic Engineering and Control. 1992. Vol. 33, N 11.
- 193. The Europeans' questionnaire on public transport's upgrade // International Railway Journal. 1991. N 11.
- 194. Traffic management. Network. London Transport buses quarterly update. 1998. N 7.
- 195. Transport concept. Highway and Transportation. 1992. P. 26.
- 196. Ortuzar, J. D., Willumsen, L. G. Modeling Transport. Third Edition. Wiley, 2001.
- 197. Quick Response Freight Manual, Final Report. Cambridge Systematics. 1997.
- 198. Sustainable Transport. World Bank. Washington, D.C., 1996.
- 199. Highway Capacity Manual. TRB, National Research Council. Washington, D.C., 2000.
- Traffic Detector Handbook, Third Edition. Vol. 1. Publication No. FHWA-HRT-06-108, 2006.

- 201. Highway Capacity Manual. TRB, National Research Council. Washington, D.C., 2000.
- 202. Gerdes, J. C., Thornton, S. M. Implementable Ethics for Autonomous Vehicles // Autonomous Driving. 2013. N 87. P. 87–102.
- 203. Intelligent Vehicle Highway Systems: State of Art, prepared for Massachusetts Department of Highways / JHK and Associates, New York. NY, March 1993
- 204. Traffic Detector Handbook: Third Edition. Vol. 1. Publication No. FHWA-HRT-06-108, 2006.
- 205. Autonomous car development company Waymo [Электронный реcypc]: https://waymo.com
- 206. The Official NVIDIA Blog [Электронный ресурс]: https://blogs.nvidia.com
- 207. Tesla motors [Электронный ресурс]: https://www.tesla.com
- 208. DARPA [Электронный ресурс]: https://www.darpa.mil
- 209. Yandex Taxi Unveils Self-Driving Car Project [Электронный ресурс]: https://yandex.com/company/blog/yandex-taxi-unveils-self-driving-car-project
- 210. Cognitive Technology [Электронный ресурс]: https://www.cognitive.ru
- 211. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» [Электронный ресурс]: http://nami.ru
- 212. Официальный сайт ПАО «КАМАЗ» [Электронный ресурс]: https://kamaz.ru
- 213. Uber Blog [Электронный ресурс]: https://www.uber.com/blog/ourroad-to-self-driving-vehicles
- 214. Робототехника. Инженерно-технические кадры инновационной России [Электронный ресурс]: http://russianrobotics.ru
- 215. Национальная технологическая инициатива [Электронный ресурс]: http://www.nti2035.ru
- 216. Basler the power of sight [Электронный ресурс]: https://www.baslerweb.com/ru
- 217. STEREOLABS [Электронный ресурс]: https://www.stereolabs.com
- 218. Velodyne LiDAR [Электронный ресурс]: http://velodynelidar.com
- 219. Orient Systems [Электронный ресурс]: http://www.orsyst.ru
- 220. 5G-Mobix D2.1 5G-enabled CCAM use cases specifications, 5GMobix 2019.
- 221. Mobility 2030: Transforming the mobility landscape, © 2019 KP MG International Cooperative ("KPMG International").
- 222. Kupriyanovsky, V. et al. Intellectual mobility and mobility as a service in Smart Cities // International Journal of Open Information Technologies. 2017. N 5 (12). P. 77–122.

- 223. ENSEMBLE D2.1 Requirements Review from EU projects, ENSEMBLE, 2018.
- 224. ENSEMBLE D 2.2 Platooning use-cases, scenario definition and Platooning Levels, ENSEMBLE, 2018.
- 225. ENSEMBLE D 2.4 Functional specification for white-label truck, ENSEMBLE, 2019.
- 226. ENSEMBLE D 2.6 Functional specification for intelligent infrastructure & Platooning coordination services — Strategic and Services Layers, ENSEMBLE, 2018.
- 227. ENSEMBLE D 2.10 Iterative process document and Item Definition, ENSEMBLE, 2018.
- 228. ENSEMBLE D 2.8 Platooning protocol definition and Communication strategy, ENSEMBLE, 2018.
- 229. ENSEMBLE D 6.10 ENSEMBLE regulatory framework state of the art, ENSEMBLE, 2019.
- 230. Milestone 4 Common set of upgraded specifications for hybrid communication Specifications for IF2 for hybrid communication version 2.1, © InterCor Consortium, 22/01/2019.
- 231. DIRECTIVE 2010/40/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 7 July 2010 // eur-lex.europa.eu.
- 232. Reducing delay due to traffic congestion. [Social Impact]. IT S. The Intelligent Transportation Systems Centre and Testbed. SIOR, Social Impact Open Repository.
- 233. ETSI EN 302 636-4-1 V1.4.0 (2019-05) Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; GeoNetworking; Part 4: Geographical addressing and forwarding for point-to-point and pointto-multipoint communications; Sub-part 1: Media-Independent Functionality.
- 234. ETSI TR 103 257-1 V1.1.1 (2019-05) Intelligent Transport Systems (ITS); Access Layer; Part 1: Channel Models for the 5,9 GHz frequency band.
- 235. ETSI TS 103 600 V1.1.1 (2019-05) Intelligent Transport Systems (ITS); Testing; Interoperability test specifications for security.
- 236. ETSI EN 302 636-5-1 V2.2.1 (2019-05) Intelligent Transport.
- 237. Systems (ITS); Vehicular Communications; GeoNetworking; Part 5: Transport Protocols; Sub-part 1: Basic Transport Protocol.
- 238. ETSI EN 302 663 V1.3.0 (2019-05) Intelligent Transport Systems (ITS); ITS-G5 Access layer specification for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band.
- 239. ETSI EN 303 613 V1.1.0 (2019-05) Intelligent Transport Systems (ITS); LTE-V2X Access layer specification for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band.

- 240. ETSI EN 302 890-1 V1.2.1 (2019-04) Intelligent Transport Systems (ITS); Facilities layer function; Part 1: Services Announcement (SA) specification.
- 241. https://web.iso.org/standard/77811.html (дата обращения 11.02.2023).
- 242. https://www.iso.org/ (дата обращения 10.02.2023).
- 243. https://www.etsi.org / (дата обращения 11.02.2023).
- 244. https:// www.cen.eu / (дата обращения 11.02.2023).
- 245. https://www.lrfoundation.org.uk/en/news/majority-of-worlds-population-feel-self-driving-cars-are-unsafe/ (дата обращения 09.02.2023).
- 246. https://itsjournal.ru/articles/international-experience/evropeyskiy-koridor-dlya-umnykh-avto/ (дата обращения 09.02.2023).
- 247. https://www.connectedautomateddriving.eu/standards/standards-collection/ (дата обращения 07.02.2023).
- 248. https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.6e38c8d1-63bbd26a-28a79aaa-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Standardization_ Administration_of_China (дата обращения 01.02.2023).
- 249. http://russianhighways.ru (дата обращения 11.01.2023).
- 250. http://rosavtodor.ru/ (дата обращения 11.01.2023).
- 251. http://mintrans.ru (дата обращения 16.01.2023).
- 252. http://gor-tel.ru/contacts/ (дата обращений 05.03.2023).
- 253. http://airmagistral.ru/products/avtonomnyi-mobilnyi-transportnyi-svetofor (дата обращения 10.02.2023).
- 254. http://www.mobilevms.co.uk/ (дата обращения 11.03.2023).
- 255. http://vnovostroike.ru/sv/zsd-zapadnyy-skorostnoy-diametr/ (дата обращения 10.03.2023).
- 256. http://nch-spb.ru/ (дата обращения 11.02.2023).
- 257. http://www.whsd.ru/ (дата обращения 12.01.2023).
- 258. http://spb-projects.ru/showpage.php?id=100/ (дата обращения 11.12.2022).
- 259. http://gov.spb.ru/gov/terr/reg_kirovsk/stroitelstvo-v-rajone/stroitelstvo-zapadnogo-skorostnogo-diametra/ (дата обращения 11.12.2022).
- 260. http://www.itamain.com/nauchno-tehnicheskaya-biblioteka/quixote/ (дата обращения 17.03.2022).
- 261. http://www.chesworkshop.org/ches2014/presentations/CHES_2014_ Invited.pdf (дата обращения 09.08.2022).
- 262. http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=54706 (дата обращения 10.09.2020).
- 263. http://www.itsstandards.eu/ (дата обращения 19.10.2022).
- 264. http://www.icqc.eu/ru/CEN-TC.php (дата обращения 12.11.2022).
- 265. http://tk57.ru/ (дата обращения 11.11.2022).
- 266. http://www.ITSstandards.eu (дата обращения 11.11.2022).

- 267. http://translate.google.ru/translate?hl=ru&sl=en&u=http://its-standards.info/&prev=search (дата обращения 22.12.2022).
- 268. http://www.cvisproject.org/ (дата обращения 22.12.2022).
- 269. http://35.rkn.gov.ru/directions/p1401/p1407/ (дата обращения 23.12.2022).
- 270. http://www.rfs-rf.ru/grfc/norm_doc/verdict/004222 (дата обращения 26.11.2022).
- 271. https://translate.google.ru/ (дата обращения 21.11.2022).
- 272. http://www.recognize.ru/node/17 (дата обращения 05.11.2022).
- 273. http://m1-road.ru/ (дата обращения 05.11.2022).
- 274. http://www.mashinomania.ru/2012/10/blog-post_8344.html (дата обращения 10.11.2022).
- 275. http://www.gucmp.ru/index.php/novosti/499-o-vazhnosti-sistemy-vesogabaritnogo-kontrolya (дата обращения 08.10.2022).
- 276. http://space-team.com/tachograph-control/scheme (дата обращения 09.05.2022).
- 277. http://asupro.com/gps-gsm/fuel/soft-glonass-gps-monitoring-3.htm (дата обращения 02.12.2022).
- 278. http://www.slideshare.net/IBS_ru/ibs-36583833 (дата обращения 08.07.2022).
- 279. http://alpha-video.ru/articles/19547(дата обращения 27.12.2022).
- 280. http://www.spy-soft.net/otlichie-analogovyx-kamer-ot-ip-chem-ip-kamery-luchshe/(дата обращения 27.04.2022).
- 281. http://www.budgetrf.ru/Publications/Magazines/VestnikSF/2006/vestniksf303-15/vestniksf303-15030.htm, статья: И. Г. Мачульская, заместитель начальника отдела национальной безопасности, кандидат юридических наук (дата обращения 02.02.2023).
- 282. https://en.wikipedia.org/wiki/Self-driving_car#Anticipated_Level_2 (дата обращения 02.02.2023).
- 283. 国家标准化发展纲要 (Государственная программа развития стандартизации) // Жэньминь жибао. 2021. 11 октября. URL: http://politics. people.com.cn/n1/2021/1011/c1001-32249019.html (дата обращения 15.01.2023).
- 284. https://riss.ru/documents/1793/journal_221_70_09. pdf?ysclid=lc9gvxsnub537688351 (дата обращения 02.02.2023).
- 285. https://prc.today/rukovodyashhie-princzipy-interneta-transportnyh-sredstv-kitaya/ (дата обращения 22.01.2023).
- 286. https://www.cksit-rspp.ru/company/koordiniruemye-organizatsii/tk-mtk-22-informatsionnye-tekhnologii/ (дата обращения 25.01.2023).
- 287. https://www.sedcom.ru/topic6.html (дата обращения 22.01.2023).
- 288. http://www.tk57.ru/ (дата обращения 05.03.2023).
- 289. http://tc164.ru/page28499750.html (дата обращения 05.03.2023).

- 290. http://www.techportal.ru/review/security-on-transport/its/ (дата обращения 06.03.2023).
- 291. https://www.car-2-car.org/ (дата обращения 01.03.2023).
- 292. International Journal of Open Information Technologies. 2019. Vol. 7, N 2 (дата обращения 05.03.2023).
- 293. https://mag.auto.ru/article/countriesforautonomous/ (дата обращения 04.03.2023).
- 294. https://www.transportation.gov/briefing-room/dot1717 (дата обращения 15.01.2023).
- 295. https://mcity.umich.edu/ (дата обращения 15.01.2023).
- 296. https://mcity.umich.edu/our-vision/fast-facts/ (дата обращения 16.01.2023).
- 297. https://bloknot.ru/obshhestvo/dorozhny-j-kontrol-avtomobili-budut-otklyuchat-distantsionno-bez-soglasiya-vladel-tsa-852753.html (дата обращения 15.01.2023).
- 298. www.acmwillowrun.org (дата обращения 15.01.2023).
- 299. https://www.drive2.ru/e/Bs1XAEAAAhE (дата обращения 15.01.2023).
- 300. https://translated.turbopages.org/ (дата обращения 17.01.2023).
- 301. https://www.uber.com (дата обращения 15.01.2023).
- 302. https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.4fc27e26-63985967-4f905594-74722d776562/https/www.nytimes.com/2016/09/11/technology/no-driver-bring-it-on-how-pittsburgh-became-uberstesting-ground.html (дата обращения 22.01.2023).
- 303. https://auto.vercity.ru/autonews/51160_uber_postroil_gorod_dlya_ispytaniya_bespilotnikov/ (дата обращения 22.01.2023).
- 304. https://www.its.dot.gov/pilots/cv_pilot_apps.htm (дата обращения 21.01.2023).
- 305. https://crg-cloud.its-an.de/index.php/s/Pmq8taNBjLM438Q (дата обращения 19.01.2023).
- 306. https://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/map/maps.html (дата обращения 23.01.2023).
- 307. https://www.c-roads.eu/platform/events.html (дата обращения 23.01.2023).
- 308. https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/media/Dokumente/ ToR_C_Roads_Platform_V2.0_final.pdf (дата обращения 23.01.2023).
- 309. https://crg-cloud.its-an.de/index.php/s/Pmq8taNBjLM438Q (дата обращения 23.01.2023).
- 310. https://intercor-project.eu/ (дата обращения 23.01.2023).
- 311. https://itsjournal.ru/articles/international-experience/evropeyskiy-koridor-dlya-umnykh-avto/?ysclid=lc2dgp17o1682817959 (дата обращения 23.01.2023).

- 312. https://espanarusa.com/ru/news/article/633467?ysclid=lc1znvh is6466166361 (дата обращения 27.01.2023).
- 313. https://www.5g-mobix.com (дата обращения 28.01.2023).
- 314. https://www.frmtr.com/motorlu-araclar-genel-konular/7248985-surucusuz-otomobil-sehri-k-city-operasyona-basladi.html (дата обращения 29.01.2023).
- 315. https://mag.auto.ru/article/countriesforautonomous/ (дата обращения 18.01.2023).
- 316. https://smartcity.go.kr/en/%ea%b8%80%eb%a1%9c%eb%b2%8c-%ec%8 a%a4%eb%a7%88%ed%8a%b8%eb%8f%84%ec%8b%9c/k-city-network/ (дата обращения 18.01.2023).
- 317. https://autofreaks.com/127829/korea-planning-opening-self-driving-car-city/ (дата обращения 19.01.2023).
- 318. https://news.samsung.com/ru/ (дата обращения 27.01.2023).
- 319. https://autofreaks.com/127829/korea-planning-opening-self-driving-car-city (дата обращения 21.01.2023).
- 320. https://www.drive.ru/news/subaru/59f6d36cec05c48d4900002a.html (дата обращения 21.01.2023).
- 321. https://mag.auto.ru/article/countriesforautonomous/ (дата обращения 28.01.2023).
- 322. https://cetran.sg (дата обращения 24.01.2023).
- 323. https://news.rambler.ru/other/40328234-kitay-sozdast-novye-kompleksnye-pilotnye-zony-transgranichnoy-elektronnoy-kommertsii/ (дата обращения 01.02.2023).
- 324. China-SAE. Technology roadmap for energy saving and new energy vehicles [M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2016. (in Chinese) (дата обращения 28.01.2023).
- 325. Analysis on current situation of China's intelligent connected vehicle road test regulations Bowei Zou, Wenqiang Li and Danni Wang China Automotive Technology and Research Center Co., Ltd., Tianjin, China (дата обращения 25.01.2023).
- 326. http://russian.people.com.cn/n3/2020/0528/c31517-9695362.html (дата обращения 12.01.2023).
- 327. http://russian.news.cn/2020-06/04/c_139114469.htm (дата обращения 27.01.2023).
- 328. https://cleantechnica.com/2020/09/11/baidu-launches-apollogo-robotaxis-in-beijing-cangzhou-changsha/ (дата обращения 25.01.2023).
- 329. https://chinastocks.net/internet-ru/bidu-ru/l4-ot-baidu-apollo/ (дата обращения 29.01.2023).
- 330. https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Apollo_Go (дата обращения 28.01.2023).

- 331. https://news.myseldon.com/ru/news/index/237497755 (дата обращения 26.01.2023).
- 332. https://russianblogs.com/article/31031144166/ (дата обращения 22.01.2023).
- 333. https://rossaprimavera.ru/news/f78bb8dd?ysclid=lbphl5dirv278708693 (дата обращения 27.01.2023).
- 334. https://bigasia.ru/content/news/science_and_education/v-kitae-poyavilas-pilotnaya-zona-umnogo-vozhdeniya/ (дата обращения 18.01.2023).
- 335. https://ru.wikipedia.org/wiki/Порт_Яншань (дата обращения 12.01.2023).
- 336. https://www.neuvition.com/media/intelligent-connected-vehicles-in-china.html (дата обращения 12.01.2023).
- 337. https://www.neuvition.com/media/intelligent-connected-vehicles-in-china.html (дата обращения 10.01.2023).
- 338. https://russianblogs.com/article/4821638053/ (дата обращения 03.02.2023).
- 339. https://bigasia.ru/content/news/society/v-kitae-sozdadut-set-bespilotnykh-taksi/
- 340. https://russianblogs.com/article/4821638053/ (дата обращения 28.01.2023).
- 341. https://abs-magazine.ru/article/bosch-otkril-ispitateljniy-poligon-v-kitae (дата обращения 17.01.2023).
- 342. https://rosavtodor.gov.ru/press-center/news/16125?ysclid=lc39z vm683239095735 (дата обращения 15.01.2023).
- 343. https://swsu.ru/nauka/index.php?ELEMENT_ID=43012&ysclid=lc39jr ly79559242250 (дата обращения 28.01.2023).
- 344. https://mintrans.gov.ru/press-center/news/8657?ysclid=lc3a2pcc wk81286149 (дата обращения 27.01.2023).
- 345. https://ict.moscow/news/transport-test-sites/ (дата обращения 27.01.2023).
- 346. https://ntinews.ru/news/khronika-rynkov-nti/autonet/v-novoy-moskve-otkroyut-poligon-dlya-bespilotnykh-avtomobiley.html (дата обращения 22.01.2023).
- 347. https://russianhighways.ru/press/news/58852/ (дата обращения 23.01.2023).
- 348. https://news.myseldon.com/ru/news/index/256578510 (дата обращения 22.01.2023).
- 349. https://stimul.online/articles/innovatsii/ekosistema-dlya-bespilotnogo-gruzovika/ (дата обращения 22.01.2023).
- 350. https://atb3.ru/news/bespilotnye-gruzoviki/ (дата обращения 22.01.2023).

- 351. https://sk.ru/news/skolkovo-stal-pervym-v-rossii-ispytatelnym-poligonom-bespilotnikov-v-seti-5g/ (дата обращения 14.01.2023).
- 352. https://vc.ru/tech/123869-yandeks-vyvel-robota-kurera-dlya-perevozki-nebolshih-gruzov-za-predely-ofisa-on-nachal-rabotat-v-skolkovo (дата обращения 14.01.2023).
- 353. https://atb3.ru/news/bespilotnye-gruzoviki/ (дата обращения 14.01.2023).
- 354. https://spec.innopolis.university/uv (дата обращения 15.01.2023).
- 355. https://dzen.ru/a/XgpjKo8BEQCtKWnl (дата обращения 16.01.2023).
- 356. https://77drive.ru/company/news/sber_predstavil_bespilotnoe_taksi_flip/ (дата обращения 16.01.2023).
- 357. https://www.gtlk.ru/press_room/drone/ (дата обращения 17.01.2023).
- 358. https://expert.ru/expert/2022/41/sberavtotekh-shag-vpered-dva-v-kyuve t/?ysclid=lc1twg2fup529777915 (дата обращения 19.01.2023).
- 359. https://nplus1.ru/blog/2022/06/17/sberautotech (дата обращения 23.01.2023).
- 360. https://habr.com/ru/news/t/669482/ (дата обращения 20.01.2023).
- 361. https://sberautotech.ru/moscow (дата обращения 14.01.2023).
- 362. https://habr.com/ru/news/t/661139/ (дата обращения 12.01.2023).
- 363. https://3dnews.ru/1078709/v-2023-godu-v-rossii-poyavitsya-spetsialnaya-zona-dlya-testirovaniya-robotov-i-bespilotnih-gruzovikov (дата обращения 27.01.2023).
- 364. https://kamaz.ru/press/releases/bespilotniki_kamaz_proshli_ispytaniya_v_arktike/(дата обращения 26.01.2023).
- 365. https://kamaz.ru/press/releases/bespilotniki_kamaz_proshli_ispytaniya_v_arktike/ (дата обращения 25.01.2023).
- 366. https://tass.ru/ekonomika/16695705 (дата обращения 28.01.2023).
- 367. https://tedix.ru/news/v-sankt-peterburge-nachalas-realizaciya-pervogo-v-rossii-kommercheskogo-proekta-po-razvertyvaniyu-setej-v2x-na-obshhestvennom-transporte/ (дата обращения 29.01.2023).
- 368. https://tedix.ru/news/v-sankt-peterburge-nachalas-realizaciya-pervogo-v-rossii-kommercheskogo-proekta-po-razvertyvaniyu-setej-v2x-na-obshhestvennom-transporte/ (дата обращения 18.01.2023).
- 369. https://vc.ru/transport/508506-menshe-probok-vyshe-bezopasnost-kak-v-rossii-vnedryaetsya-v2x (дата обращения 16.01.2023).
- 370. https://www.economy.gov.ru/material/news/pravitelstvom_zapushchen_novyy_epr_dlya_bespilotnogo_gruzovogo_avtotransporta_na_trasse_m_11.html (дата обращения 15.01.2023).
- 371. https://studfile.net/preview/6407388/page:6/ (дата обращения 28.01.2023).
- 372. https://cfrs.ru/terms/opytno-konstruktorskie-ispytaniya-delyatsya-na-issledovatelskie-i.html (дата обращения 12.02.2023).

- 373. https://mintrans.gov.ru/documents/2/12057 (дата обращения 26.01.2023).
- 374. https://www.iso.org/standard/78950.html (дата обращения 13.01.2023).
- 375. https://www.gsma.com/iot/resources/c-v2x-use-cases-methodology-examples-and-service-level-requirements/ (дата обращения 19.01.2023).
- 376. http://www.maven-its.eu (дата обращения 24.01.2023).
- 377. https://crg-cloud.its-an.de/index.php/s/Pmq8taNBjLM438Q (дата обращения 22.01.2023).
- 378. https://5gaa.org/content/uploads/2019/07/5GAA_191906_WP_CV2X_ UCs_v1-3-1.pdf (дата обращения 22.01.2023).
- 379. https://www.foretellix.com/how-do-you-get-more-out-of-your-logical-scenarios-and-how-do-abstract-scenarios-take-productivity-and-safety-to-a-new-level/ (дата обращения 22.01.2023).
- 380. DSRCStandardsintheUS-Kenney-ProcIEEE-July2011 (DSRCStandardsintheUSKenney-ProcIEEE-July2011.pdf (дата обращения 25.12.2022).
- 381. https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/50749 (дата обращения 26.12.2022).
- 382. http://www.techportal.ru/review/security-on-transport/its/ (дата обращения 27.12.2022).
- 383. https://rosdornii.ru/press-center/news/novosti/v-osoboy-ekonomicheskoy-zone-alabuga-obsudili-sozdanie-pilotnoy-zony-dlya-vysokoavtomatizirovannykh-/ (дата обращения 11.05.2023).
- 384. https://rosdornii.ru/upload/iblock/085/ilzabdsnsqmaewwv85354kw4ad5 04awq/Kurguzov.pdf (дата обращения 18.05.2023).
- 385. https://rosdornii.ru/upload/iblock/aca/y5vrv5l32p7xlwky6q6ep1cvy8ueg 3kk/Vorobev-A.I..pdf/ (дата обращения 12.05.2023).
- 386. https://5gaa.org/content/uploads/2019/07/5GAA_191906_WP_CV2X_ UCs_v1-3-1.pdf (дата обращения 12.05.2023).
- 387. https://mediatum.ub.tum.de/doc/1285218/1285218.pdf (дата обращения 13.05.2023).
- 388. http://1234g.ru/novosti/v2v-v2i-v2x-v2p-v2g-v2d-connected-car (дата обращения 13.05.2023).
- 389. https://mintrans.gov.ru/documents/7/12506 (дата обращения 23.05.2023).
- 390. https://allgosts.ru/35/240/pnst_460-2020 (дата обращения 13.05.2023).
- 391. https://mooml.com/d/pnst/51446/ (дата обращения 14.05.2023).
- 392. https://dorinfo.ru/stat/analitika/ii-v-pomoshch-dorozhno-transportnomu-kompleksu-aspekty-razvitiya-its/ (дата обращения 14.05.2023).

- 393. http://rulibs.com/ru_zar/prose_classic/granin/0/j24.html (дата обращения 13.05.2023).
- 394. https://www.litres.ru/book/uriy-alekseevich-ber/narodnaya-mudrost-poslovicy-pogovorki-aforizmy-shutki-35736440/chitat-onlayn/page-2/ (дата обращения 11.05.2023).
- 395. https://www.osp.ru/winitpro/2018/12/13054722 (дата обращения 13.05.2023).
- 396. https://metrologu.ru/topic/18405-%D0%B8%D1%81%D0%BF%D1%8B %D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D 1%8B%D0%B9-%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%B4/ (дата обращения 12.05.2023).
- 397. https://metrcons.ru/info/articles/ispytatelnoe-oborudovanie/klassifikatsiya-ispytaniy-i-ispytatelnogo-oborudovaniya/ (дата обращения 13.05.2023).
- 398. https://studopedia.ru/10_250743_ispitaniya-klassifikatsiya-ispitaniy.html (дата обращения 12.05.2023).
- 399. https://normative_reference_dictionary.academic.ru/23902/испытания (дата обращения 08.05.2023).
- 400. https://studfile.net/preview/9541242/ (дата обращения 06.05.2023).
- 401. https://zoom.cnews.ru/news/item/567143 (дата обращения 07.05.2023).
- 402. https://exd.ru/index.php?id=2635 (дата обращения 10.05.2023).
- 403. https://referat.yabotanik.ru/tovarovedenie/organizaciya-i-tehnologii-ispytanij-pryanikov-zavarnyh/252483-3713530-page6.html (дата обращения 04.05.2023).
- 404. https://kartaslov.ru/книги/С_Горюнова_Организация_контроля_и_ испытаний_продукции/2 (дата обращения 04.05.2023).
- 405. https://ict.moscow/news/transport-test-sites/?category=4bd2ab6d-286b-4cec-84c4-89728dedb630 (дата обращения 05.05.2023).
- 406. https://egov.lenreg.ru/?p=1949 (дата обращения 17.05.2023).
- 407. https://d-russia.ru/obnarodovan-proekt-kontseptsii-obespecheniya-bezopasnosti-dorozhnogo-dvizheniya-s-uchastiem-bespilotnyh-avtomobilej.html (дата обращения 17.05.2023).
- 408. http://dialog-e.ru/market-news/1084/ (дата обращения 18.05.2023).
- 409. https://www.sipm.ru/ru/about-company/news/item/stroj-invest-proekt-podgotovit-analiticheskij-obzor-i-predlozheniya-posovershenstvovaniyu-regulirovaniya-v-sfere-obespecheniya-bezopasnosti-avtomobilnykh-perevozok-passazhirov-i-gruzov-privnedrenii-vysokoavtomatizirovannykh-transportnykh-sredstv (дата обращения 11.04.2023).
- 410. https://mintrans.gov.ru/press-center/news/9472 (дата обращения 11.04.2023).

- 411. https://standartgost.ru/g/pkey-14293722296 (дата обращения 11.04.2023).
- 412. https://www.cnews.ru/news/top/2020-03-30_pravitelstvo_predstavilo (дата обращения 19.04.2023).
- 413. https://d-russia.ru/pravitelstvo-utverdilo-koncepciju-obespechenija-bezopasnosti-dorozhnogo-dvizhenija-s-uchastiem-bespilotnyh-transportnyh-sredstv.html (дата обращения 19.04.2023).
- 414. https://ria.ru/20190815/1557552537.html (дата обращения 11.04.2023).
- 415. https://auto.rambler.ru/other/42669632-minpromtorg-razrabotal-proekt-dlya-obespecheniya-bezopasnoy-ezdy-bespilotnikov/ (дата обращения 11.04.2023).
- 416. http://government.ru/docs/all/137914/?page=18 (дата обращения 12.04.2023).
- 417. https://base.garant.ru/64999451/ (дата обращения 14.04.2023).
- 418. https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/activity/standardization (дата обращения 12.04.2023).
- 419. http://www.pult.gudok.ru/archive/detail.php?ID=1454921 (дата обращения 14.04.2023).
- 420. https://comuedu.ru/program/tehnologiya-big-data-na-transporte-bolshie-dannye-pomogli-poschitat.html (дата обращения 12.04.2023).
- 421. https://www.samgups.ru/news/anons_otkrytaya_lektsiya_tekhnologiya_bolshikh_555dannykh_na_sluzhbe_rzhd/ (дата обращения 22.04.2023).
- 422. https://integral-russia.ru/2017/03/16/epoha-avtonomnyh-bespilotnyh-avtomobilej-problemy-i-perspektivy/ (дата обращения 22.04.2023).
- 423. https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Автопилот_%28беспилотный_автомобиль%29 (дата обращения 23.04.2023).
- 424. http://vestnik-glonass.ru/news/tech/standarty-obespecheniya-svyazi-podklyuchennykh-avtomobiley-otrabotayut-v-nami/ (дата обращения 22.04.2023).
- 425. https://rulaws.ru/acts/Rasporyazhenie-Mintransa-Rossii-ot-30.09.2022-N-AK-247-r/ (дата обращения 24.05.2023).
- 426. https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Создание_национальной_ ИТС (дата обращения 22.04.2023).
- 427. https://itsjournal.ru/articles/special-report/natsionalnaya-set-intellektualnykh-transportnykh-sistem/ (дата обращения 22.04.2023).
- 428. https://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-10121995-n-196-fz-o/ (дата обращения 22.04.2023).
- 429. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8585/f3d408bd8d 09941f4d058bclbc3a9d8d4f86f33d/ (дата обращения 242.04.2023).

- 430. https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&document Id=370164
- 431. https://fstec.ru/dokumenty/vse-dokumenty/prikazy/prikaz-fstek-rossii-ot-18-fevralya-2013-g-n-21 (дата обращения 26.04.2023).
- 432. https://rg.ru/documents/2018/01/24/strategiya-site-dok.html (дата обращения 22.04.2023).
- 433. https://лодполе.78.мвд.рф/document/12477352 (дата обращения 22.04.2023).
- 434. https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1030976 (дата обращения 25.04.2023).
- 435. https://traditio.wiki/ISO (дата обращения 27.04.2023).
- 436. http://www.permcnti.ru/ISO_history.asp (дата обращения 25.04.2023).
- 437. https://studopedia.ru/7_115244_mezhdunarodnaya-organizatsiya-postandartizatsii-iso.html (дата обращения 25.03.2023).
- 438. https://infourok.ru/konspekt-po-discipline-osnovi-standartizacii-metrologii-i-upravleniya-kachestvom-produkcii-na-temu-mezhdunarodnie-organizacii-po-2903528.html (дата обращения 27.03.2023).
- 439. https://info.metrologu.ru/spravochnik/standartizatsiya/obschie-polozheniya/mezhdunarodnie_organizacii_standartizacii.html (дата обращения 27.04.2023).
- 440. https://infourok.ru/referat-na-temu-mezhdunarodnaya-organizaciya-po-standartizacii-iso-2012587.html (дата обращения 26.04.2023).
- 441. http://tmetall.narod.ru/standart/kaz/gl4.html (дата обращения 27.04.2023).
- 442. https://studfile.net/preview/4313242/ (дата обращения 27.03.2023).
- 443. https://sigma-soft.ru/news_vad.shtml?sec=news_vad&id=1350290621 (дата обращения 27.04.2023).
- 444. https://spravochnick.ru/standartizaciya/mezhdunarodnye_organizacii_po_standartizacii/mezhdunarodnaya_organizaciya_po_standartizacii_iso/ (дата обращения 27.02.2023).
- 445. https://studfile.net/preview/8992151/ (дата обращения 13.04.2023).
- 446. https://ru.wikipedia.org/wiki/Европейский_институт_телекоммуникационных_стандартов (дата обращения 17.04.2023).
- 447. https://www.itsrussiaforum.ru/2016/ru/media/?ELEMENT_ID=919 (дата обращения 16.04.2023).
- 448. http://wiki-org.ru/wiki/Европейский_институт_телекоммуникационных_стандартов (дата обращения 28.04.2023).
- 449. https://pptcloud.ru/raznoe/standartizatsiya-v-oblasti-upravleniya-infokommunikatsiyami (дата обращения 18.04.2023).
- 450. https://sos.net.ua/links/ (дата обращения 03.04.2023).

- 451. https://studizba.com/files/show/pdf/51233-31-komarov-v-v-garagan-s-a-arhitektura-i.html (дата обращения 28.04.2023).
- 452. https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1352623 (дата обращения 28.04.2023).
- 453. https://helpiks.org/1-55896.html (дата обращения 18.04.2023).
- 454. https://ru.glosbe.com/cs/ru/síťový%20uživatel (дата обращения 28.04.2023).
- 455. https://dzen.ru/a/X2CpAiSbMigrnjt8 (дата обращения 14.04.2023).
- 456. https://auto.rambler.ru/roadaccidents/46829296-intellektualnye-transportnye-sistemy-i-avtonomnoe-vozhdenie-v-cheshskoy-respublike/ (дата обращения 28.04.2023).
- 457. https://www.icqc.eu/ru/certifikacija-ce/standartizaciya (дата обращения 15.04.2023).
- 458. https://allgosts.ru/43/040/gost_r_iso_26262-4-2014 (дата обращения 17.04.2023).
- 459. https://standartgost.ru/g/ISO_19206-1:2018 (дата обращения 19.04.2023).
- 460. https://allgosts.ru/35/240/gost_r_59793-2021 (дата обращения 21.04.2023).
- 461. https://habr.com/ru/companies/angarasecurity/articles/671882/ (дата обращения 29.04.2023).
- 462. https://rostest.info/gost/001.035.080/gost-34.601-90/ (дата обращения 15.03.2023).
- 463. https://normative_reference_dictionary.academic.ru/35421/Методи-ка_испытаний (дата обращения 16.03.2023).
- 464. https://rg.ru/documents/2008/07/02/izmereniya-dok.html (дата обращения 17.03.2023).
- 465. https://tk-servis.ru/lib/84/ (дата обращения 10.03.2023).
- 466. https://normativ.su/catalog/rucdoc/141/398615/ (дата обращения 17.03.2023).
- 467. https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Rosstandarta-ot-11.12.2014-N-1965-st/ (дата обращения 18.03.2023).
- 468. http://tk57.ru/11-razrabatyvaemye-standarty.html (дата обращения 19.03.2023).
- 469. https://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=188835 (дата обращения 17.03.2023).
- 470. https://www.rts-tender.ru/poisk/gost/r-56293-2014 (дата обращения 17.03.2023).
- 471. https://ria-stk.ru/stq/adetail.php?ID=194233 (дата обращения 19.03.2023).

- 472. https://d-russia.ru/opublikovany-okonchatelnye-redakcii-trjoh-proektov-nacionalnyh-standartov-dlja-primenenija-ii-v-medicine.html (дата обращения 17.03.2023).
- 473. https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/aistandarts (дата обращения 21.03.2023).
- 474. https://allgosts.ru/11/040/gost_r_70253-2022 (дата обращения 22.03.2023).
- 475. https://legalacts.ru/doc/prikaz-rosstandarta-ot-05102022-n-1056-st-ob-utverzhdenii-natsionalnogo/ (дата обращения 18.03.2023).
- 476. https://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=246213 (дата обращения 18.03.2023).
- 477. https://gostassistent.ru/doc/a105b310-2d6f-43ac-8615-4f14c0879077 (дата обращения 18.03.2023).
- 478. https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=7068878 (дата обращения 23.03.2023).
- 479. https://trasscom.ru/blog/intellektualnye-transportnye-sistemy/ (дата обращения 19.03.2023).
- 480. https://allgosts.ru/11/040/gost_r_70254-2022 (дата обращения 19.03.2023).
- 481. https://gostassistent.ru/doc/8283e458-ae55-41b4-a086-0df2efaa396a (дата обращения 20.03.2023).
- 482. https://bloknot.ru/obshhestvo/dorozhny-j-kontrol-avtomobili-budut-otklyuchat-distantsionno-bez-soglasiya-vladel-tsa-852753.html (дата обращения 21.03.2023).
- 483. https://newsland.com/post/7399299-ssha-strana-gde-zhivut-bespilotnye-tekhnologii (дата обращения 24.03.2023).
- 484. https://www.drive.ru/news/5a32478cec05c4a45c00003b.html (дата обращения 24.03.2023).
- 485. https://www.kolesa.ru/news/u-nikh-ne-poluchilos-uber-rasstaetsya-s-bespilotnym-podrazdeleniem (дата обращения 22.03.2023).
- 486. https://itsjournal.ru/articles/international-experience/evropeyskiy-koridor-dlya-umnykh-avto/ (дата обращения 25.03.2023).
- 487. https://newsland.com/post/7399301-iuzhnaia-koreia-umnye-doroginatsproekt (дата обращения 24.03.2023).
- 488. https://autoreview.ru/news/v-yuzhnoy-koree-stroyat-gorod-dlya-ispytaniy-bespilotnikov (дата обращения 24.03.2023).
- 489. https://razborkadonskoe.ru/remont/google-car-pervyj-avtomobil-bez-voditelya.html (дата обращения 27.03.2023).
- 490. http://russian.people.com.cn/n3/2020/0528/c31517-9695362.html (дата обращения 24.03.2023).
- 491. http://www.baobaoname.com/a/188tiyuchongzhizhongx in/20200603/2668.html (дата обращения 28.03.2023).

- 492. https://www.industrialsafetyintegration.com/a/aomenduchangpingtaizh ucewangzhi/20200606/1771.html (дата обращения 24.03.2023).
- 493. https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:_Apollo_Go (дата обращения 25.03.2023).
- 494. https://www.zr.ru/content/news/595492-bosch-otkryl-poligon-v-kitae/ (дата обращения 26.03.2023).
- 495. https://parts-news.ru/news/ispytatelnyi-poligon-bosch-v-kitae.html (дата обращения 11.02.2023).
- 496. https://www.zr.ru/content/news/902659-rosavtodor-zajmetsyarazrabotko/ (дата обращения 12.02.2023).
- 497. https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:Московский_автомобильно-дорожный_государственный_технический_университет_%28MAДИ%29_%28Ansys_VRXperience%29 (дата обращения 27.03.2023).
- 498. https://club.cnews.ru/blogs/entry/madi_ispolzuet_ansys_vrxperience_dlya_testirovaniya_bespilotnyh_avtomobilej_na_virtualnom_poligone (дата обращения 27.03.2023).
- 499. https://mag.auto3n.ru/ansys-vrxperience-dlya-testirovaniya-bespilotnyh-avtomobilej/ (дата обращения 24.05.2023).
- 500. https://mintrans.gov.ru/press-center/news/8657 (дата обращения 27.03.2023).
- 501. https://rosautonet.ru/news/u-krymskogo-mosta-uspeshno-ispytany-rossiyskie-bespilotnye-avto (дата обращения 27.03.2023).
- 502. http://arpe.ru/news/Umnyy_bespilotnyy_avtomobil_StarLine_NPO_StarLayn/ (дата обращения 29.03.2023).
- 503. https://tass.ru/v-strane/5183339 (дата обращения 28.03.2023).
- 504. https://tass.ru/moskva/7461761 (дата обращения 02.04.2023).
- 505. https://carsecology.ru/2020/01/04/stalo-izvestno-gde-v-rossii-poyavitsya-novyj-poligon-dlya-testirovaniya-bespilotnogo-transporta/59197/ (дата обращения 02.04.2023).
- 506. https://news.drom.ru/78042.html (дата обращения 04.04.2023).
- 507. https://www.ferra.ru/news/techlife/v-rossii-otkroyut-poligon-dlyatestirovaniya-bespilotnykh-avtomobilei-04-01-2020.htm (дата обращения 05.04.2023).
- 508. https://www.molnet.ru/mos/ru/important/o_725747 (дата обращения 09.04.2023).
- 509. https://www.garant.ru/article/1471258/ (дата обращения 05.04.2023).
- 510. https://rosavtodor.gov.ru/about/upravlenie-fda/upravlenie-zemelnoimushchestvennykh-otnosheniy/normativnye-dokumenty (дата обращения 02.04.2023).
- 511. https://epp.genproc.gov.ru/ru/web/proc_91/activity/legal-education/explain?item=55062353 (дата обращения 07.04.2023).

- 512. https://rg.ru/documents/2017/12/30/fz443-site-dok.html (дата обращения 02.04.2023).
- 513. https://rdc.grfc.ru/2021/11/regulation_artificial_intelligence/ (дата обращения 03.04.2023).
- 514. https://base.spinform.ru/show_doc.fwx?rgn=149154 (дата обращения 04.04.2023).
- 515. https://rulaws.ru/goverment/Postanovlenie-Pravitelstva-RF-ot-29.12.2022-N-2495/ (дата обращения 24.05.2023).
- 516. http://government.ru/docs/all/145583/ (дата обращения 04.04.2023).
- 517. https://gkrfkod.ru/zakonodatelstvo/postanovlenie-pravitelstva-rf-ot-28042023-n-674/ (дата обращения 04.04.2023).
- 518. https://www.economy.gov.ru/material/directions/gosudarstvennoe_upravlenie/normativnoe_regulirovanie_cifrovoy_sredy/eksperimentalnye_pravovye_rezhimy/ (дата обращения 05.04.2023).
- 519. https://www.garant.ru/hotlaw/federal/1591190/ (дата обращения 07.04.2023).
- 520. https://remedium.ru/legislation/other/Postanovlenie-Pravitelstva-Rossiyskoy-Federatsii-ot-01-03-2023-332/ (дата обращения 04.04.2023).
- 521. https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&document Id=443458 (дата обращения 08.04.2023).
- 522. https://ict.moscow/news/transport-test-sites/ (дата обращения 06.04.2023).
- 523. https://www.drive.ru/news/598ab6faec05c4ba50000026.html (дата обращения 11.04.2023).
- 524. https://auto.mail.ru/article/65813-v-moskve-poyavilas-400-metrovaya-trassa-dlya-bespi/ (дата обращения 12.04.2023).
- 525. https://www.interfax-russia.ru/moscow/view/poligon-dlya-bespilotnikov (дата обращения 06.04.2023).
- 526. https://www.drive2.ru/c/480127591865385110/ (дата обращения 06.04.2023).
- 527. https://regnum.ru/news/2308411 (дата обращения 13.04.2023).
- 528. https://rt-online.ru/v-moskve-otkrylsya-pervyj-poligon-dlya-testirovaniya-bespilotnyh-mashin/ (дата обращения 06.04.2023).
- 529. https://www.begin.ru/novosti-i-stati/studentyi-smogut-testirovat-prototipyi-bespilotnyix-mashin/ (дата обращения 14.04.2023).
- 530. https://www.pnp.ru/economics/pomoshhnik-putina-rasskazal-skolko-budet-stoit-v-rossii-bespilotnyy-avtomobil.html (дата обращения 06.04.2023).
- 531. https://www.comnews.ru/content/115097/2018-09-27/rostelekom-dal-start-bespilotnym-elektrobusam (дата обращения 06.04.2023).

- 532. https://nplus1.ru/material/2019/08/13/yandex-self-driving (дата обращения 06.04.2023).
- 533. https://dzen.ru/a/XgpjKo8BEQCtKWnl (дата обращения 06.04.2023).
- 534. https://www.gtlk.ru/press_room/drone/ (дата обращения 07.04.2023).
- 535. https://3dnews.ru/1078709/v-2023-godu-v-rossii-poyavitsya-spetsialnaya-zona-dlya-testirovaniya-robotov-i-bespilotnih-gruzovikov (дата обращения 07.04.2023).
- 536. https://www.ixbt.com/news/2022/12/12/-v-rossii-otkrojut-speczonu-dlja-ispytanij-robotov-i-bespilotnyh-gruzovikov.html (дата обращения 07.04.2023).
- 537. https://php.ru/news/839961 (дата обращения 08.04.2023).
- 538. https://rg.ru/2022/12/12/v-rossii-poiavitsia-speczona-dlia-ispytanij-robotov-i-bespilotnyh-gruzovikov.html (дата обращения 11.04.2023).
- 539. https://news2035.ru/articles/markets/autonet/menshe-probok-vyshe-bezopasnost-kak-v-rossii-vnedryaetsya-v2x/ (дата обращения 11.04.2023).
- 540. https://www.economy.gov.ru/material/news/pravitelstvom_zapushchen_novyy_epr_dlya_bespilotnogo_gruzovogo_avtotransporta_na_trasse_m_11.html (дата обращения 12.04.2023).
- 541. https://решение-верное.pф/experimental-legal-regime-m-11-2022 (дата обращения 15.04.2023).
- 542. https://studizba.com/files/show/pdf/6415-2-tema-9-kontrol-i-ispytaniyares.html (дата обращения 11.04.2023).
- 543. https://serviceproekt.ru/internet/opytno-konstruktorskie-ispytaniya-delyatsya-na-issledovatelskie-i/ (дата обращения 17.04.2023).
- 544. https://studfile.net/preview/6407388/page:6/ (дата обращения 17.04.2023).
- 545. https://www.testprom.ru/ispitaniya-produktsii (дата обращения 18.04.2023).
- 546. https://libraryno.ru/2-2-1-vidy-ispytaniy-osn_standart_/ (дата обращения 12.04.2023).
- 547. https://base.garant.ru/3924275/f7ee959fd36b5699076b35abf4f52c5c/ (дата обращения 12.04.2023).
- 548. https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294851/4294851950.htm (дата обращения 15.04.2023).
- 549. http://vuzmen.com/book/315-metody-i-pribory-ispytanij-seregin-myu/5-2nbspnbspnbspnbspnbsp-klassifikaciya-ispytanij.html (дата обращения 05.04.2023).
- 550. http://ooobskspetsavia.ru/2015/11/06/klassifikaciya-ispytanij/ (дата обращения 06.04.2023).

- 551. https://studopedia.ru/10_288611_vidi-ispitaniy-na-vozdeystvie-vneshnih-faktorov-i-sposobi-ih-provedeniya.html (дата обращения 11.03.2023).
- 552. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72386/80895977 dd531939f3c1d5b4e9f3abc41f78dd99/ (дата обращения 15.04.2023).
- 553. https://dorinfo.ru/news/tendery-i-zakupki/u-trassy-m11-neva-poyavitsya-tsifrovoy-dvoynik/ (дата обращения 17.04.2023).
- 554. https://d-russia.ru/mintrans-podvjol-itogi-konkursa-na-sozdanie-cifrovogo-dvojnika-trassy-m-11-neva.html (дата обращения 18.04.2023).
- 555. https://www.cnews.ru/news/top/2023-03-16_trassu_m-11_neva_otsifruyut (дата обращения 24.04.2023).
- 556. https://rosdornii.ru/press-center/news/novosti/rosdornii-sozdast-tsifrovoy-dvoynik-avtomobilnoy-dorogi-m-11-neva/ (дата обращения 17.04.2023).
- 557. https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:Цифровой_двойник_трассы_M11_Москва-Петербург (дата обращения 19.04.2023).
- 558. https://otomkak.ru/platnuyu-trassu-moskva-peterburg-ocifruyut-za-300-millionov-chtoby-zapustit-bespilotnye-avto/ (дата обращения 20.04.2023).
- 559. https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73707148/ (дата обращения 19.04.2023).
- 560. http://garantinfo.ru/беспилотные-автомобили-как-планируе/ (дата обращения 21.04.2023).
- 561. http://1234g.ru/novosti/bespilotnyj-transport-dvinetsya-po-kontseptsii (дата обращения 22.04.2023).
- 562. https://meganorm.ru/Index2/1/4293722/4293722296.htm (дата обращения 28.04.2023).
- 563. https://www.militarynews.ru/story.asp?rid=1&nid=556022&lang=RU (дата обращения 21.04.2023).
- 564. https://tass.ru/ekonomika/8244569 (дата обращения 23.04.2023).
- 565. https://www.interfax.ru/russia/701280 (дата обращения 13.04.2023).
- 566. https://dzen.ru/a/YsbhVTnYsz-ZFtd- (дата обращения 14.04.2023).
- 567. http://government.ru/docs/all/143753/ (дата обращения 24.04.2023).
- 568. http://www.rugost.com/index.php?option=com_ content&view=article&id=108:34-4-8&catid=25:6 (дата обращения 27.04.2023).
- 569. https://intuit.ru/studies/courses/2195/55/lecture/15047?page=3 (дата обращения 27.04.2023).
- 570. https://rykovodstvo.ru/exspl/21122/index.html?page=10 (дата обращения 27.04.2023).

- 571. https://www.everythingrf.com/whitepapers/details/3617-C-V2X-Use-Cases-Methodology-Examples-and-Service-Level-Requirements (дата обращения 18.03.2023).
- 572. https://nfp2b.ru/2020/04/02/kak-ford-ispolzuet-imitatsionnoe-modelirovanie-pri-razrabotke-bespilotnyh-avtomobilejj/ (дата обращения 18.04.2023).
- 573. http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?doc_itself=&infostr=xO7q8+zl7fIg7vLu4f Dg5uDl8vH/IO3lIOIg7+7x6+Xk7eXpIPDl5ODq9ujo&nd=152005279& page=1&rdk=0 (дата обращения 22.03.2023).
- 574. https://rg.ru/documents/2007/11/14/dorogi-dok.html (дата обращения 05.05.2023).
- 575. http://government.ru/docs/all/139820/ (дата обращения 06.05.2023).
- 576. http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202210200037 (дата обращения 05.05.2023).
- 577. https://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-02072021-n-331-fz-o-vnesenii-izmenenii/ (дата обращения 04.02.2023).
- 578. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389015/ (дата обращения 04.02.2023).
- 579. https://www.alta.ru/tamdoc/22fz0331/ (дата обращения 04.02.2023).
- 580. https://sozd.duma.gov.ru/bill/922869-7 (дата обращения 06.02.2023).
- 581. https://www.klerk.ru/blogs/rosco/503872/ (дата обращения 06.02.2023).
- 582. https://standartgost.ru/g/ОДМ_218.9.015-2016 (дата обращения 06.02.2023).
- 583. https://regulation.gov.ru/FileData/GetDocContent/e50f140d-219c-42f5-9d80-2dd9111c98c7 (дата обращения 06.02.2023).
- 584. http://www.mosavtodor.ru/coordination/roadtraffic/management (дата обращения 07.02.2023).
- 585. https://техминимум.pф/post/83-chek-list_GIBDD_Prilozhenie_1 (дата обращения 08.02.2023).
- 586. https://base.garant.ru/71581120/ (дата обращения 07.02.2023).
- 587. https://repository.tno.nl/islandora/search/ author%3A%22Schmeitz%2C%20A.%22 (дата обращения 09.02.2023).
- 588. https://tienda.aenor.com/norma-din-en-303613-2020-03-319335323 (дата обращения 08.02.2023).
- 589. https://ieeexplore.ieee.org/xpl/dwnldReferences?arnumber=9345798 (дата обращения 09.02.2023).
- 590. https://www2.tkn.tu-berlin.de/bib/etsi_102636-4-1/ (дата обращения 09.02.2023).
- 591. https://allgosts.ru/35/240/gost_r_iso_14813-1-2011 (дата обращения 11.02.2023).

- 592. https://www.normacs.info/ntds/13222 (дата обращения 12.02.2023).
- 593. https://protect.gost.ru/document1.aspx?control=31&baseC=6&page= 50&month=6&year=2022&search=01&id=239192 (дата обращения 13.02.2023).
- 594. http://gostedu.ru/19257.html (дата обращения 15.02.2023).
- 595. https://gostassistent.ru/doc/80dbe790-ed09-4ecd-921f-c5d4cd65828b (дата обращения 15.02.2023).
- 596. https://ru.wikipedia.org/wiki/Real_Time_Kinematic (дата обращения 17.02.2023).
- 597. https://studylib.net/flashcards/set/gps_197839 (дата обращения 13.02.2023).
- 598. https://www.proz.com/kudoz/english-to-russian/agriculture/6177082-waas-sbas-vs-rtk.html (дата обращения 13.02.2023).
- 599. https://news.ati.su/news/2016/10/20/navigatsionnyj-priemnik-piksi-multi-v-100-raz-tochnee-gps-528672/ (дата обращения 13.02.2023).
- 600. http://iss-t.com/rtk/ (дата обращения 14.02.2023).
- 601. https://otvet.mail.ru/question/172308233 (дата обращения 14.02.2023).
- 602. https://aeromotus.ru/glossary/ (дата обращения 24.05.2023). 603. https://mcem.ru/articles/kompaniya-swift-navigation-anonsirovala-
- vypusk-vysokotochnogo-gnss-prijomnika (дата обращения 28.05.2023).
- 604. https://law.asia/legal-fallout-autonomous-vehicle-testing/ (дата обращения 24.05.2023).
- $605.\ https://rosavtodor.gov.ru/press-center/news/600711$ (дата обращения 25.05.2023).
- 606. https://www.elec.ru/library/gosts_t80/gost-16504-81/ (дата обращения 26.05.2023).
- 607. https://internet-law.ru/gosts/gost/30125/ (дата обращения 26.05.2023).
- 608. https://www.dokipedia.ru/document/5150667 (дата обращения 27.05.2023).

Общая признательность

Я глубоко признателен людям, оказавшим мне большое содействие в написании и издании данной книги. Они искренне оказывали мне огромную общую поддержку, давали ценные советы и критические замечания по доработке этой книги. Очень признателен руководству ФАУ «РОСДОРНИИ» и Ассоциации транспортных инженеров.

Особая благодарность Виталию Миронюку, Александру Виденёву, Ксении Муратовой, Елене Федосеенковой, Михаилу Белову, Николаю Торопову и Николаю Васильеву.



Ассоциация транспортных инженеров www.traffic-ing.ru

При содействии SIMETRA www.simetragroup.ru

Telegram-канал ТРАНСПОРТИР: @transportir Тел.: +7 (812) 309-25-40 Почтовый адрес: 191014, Санкт-Петербург, а/я 53

Библиотека транспортного инженера

Игорь Анатольевич Евстигнеев

ОСНОВЫ ИСПЫТАНИЙ КООПЕРАТИВНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Корректор Л. Н. Николаева

Оригинал-макет подготовлен OOO «КОСТА 3Д»

Подписано в печать 08.11.2023. Формат $60 \times 90^1/_{16}$. Гарнитура Minion. Объем 18,5 п. л. Тираж 300 экз. Заказ № 197232

Отпечатано в АО «Т8 Издательские Технологии». 109316, Москва, Волгоградский пр., д. 42, корп. 5 Тел.: 8 (499) 322-38-30.

